



Danvakmøde M 19501

Lokalgruppe Nordjylland

Vælg det rigtige ventilationsanlæg

Vælg det rigtige ventilationsanlæg – ud fra komfort luftkvalitet og driftsudgifter

 Temamøde / Danvak Nordjylland

 Aalborg Universitet, Thomas Manns Vej 23, 9220 Aalborg Øst

 23 / 01 - 2019  14:30  M 19501

På temamødet vises, at det optimale valg af ventilatorer, veksler og styring i store ventilationsaggregater medfører store besparelser i driftsudgifterne for brugerne.

Til boligventilation vises, at kombinationen af et aggregat med varmegenvinding samt naturlig ventilation kombineret med solafskærmning er optimalt – både komfortmæssigt og driftsøkonomisk.

Sted: Aalborg Universitet, Institut for Byggeri og Anlæg, Thomas Manns Vej 23, 9220 Aalborg Øst – seminarrum 1.104

Program

Kl.	Program
14:30	Velkommen <i>Leif Kjær Nielsen, Systemair A/S</i>
14:35	Fokus på det gode aggregatvalg og driftsudgifterne <i>Ulf Bang, Global Product Manager, Systemair A/S</i> Ved at fokusere på driftsmønsteret, kan der spares meget på driftsudgifterne for brugerne, og man sikrer også en bedre funktion af

	<p>aggregatet. Der vises en ny vej til et bedre resultat med nyudviklet konfigurationssoftware, som beregner realistiske driftsudgifter i for eksempel 25 år med det indbyggede livstids-kalkulations-program (LCC simulering).</p>
15:15	Pause/netværkstid – kaffe, the og kage
15:45	Beregningsnøjagtigheden af LCC-værktøjer <i>Specialist Energidesign & indeklima, Mads H. Wagner, MOE</i>
16:15	Designguide til diffus loftsindblæsning <i>Professor Per Heiselberg, Aalborg Universitet</i> <p>Diffus loftsindblæsning er velegnet til bolig, kontor og undervisningslokaler og til både mekanisk og naturlig ventilation. Med udgangspunkt i en nyligt udviklet designguide kan alle let dimensionere en optimal løsning.</p>
16:30	Boligventilation <i>Lektor Rasmus Lund Jensen, Aalborg Universitet</i> <p>Bolig 2020 kombinerer mekanisk ventilation med naturlig ventilation via automatiske ventilationsskoder og ovenlys. Systemerne styres efter CO₂, temperatur og luftfugtighed og er indbrudssikret.</p>
17:00	Afslutning

– Vi tager forbehold for ændringer i programmet –

Priser (ekskl. moms)

Ordinær

200 DKK

Tilmeld

Vælg det rigtige ventilationsanlæg – ud fra komfort luftkvalitet og driftsudgifter

Arrangementskode: M 19501

Dato: 23. januar 2019

Adresse: Aalborg Universitet, Thomas Manns Vej 23, 9220 Aalborg Øst

Indlægsholdere

Navn	Firma
Leif Kjær Nielsen	Systemair
Mads Hulmose Wagner	MOE
Per Heiselberg	Aalborg Universitet
Rasmus Lund Jensen	AAU
Ulf Bang	Systemair

Deltagere

Navn	Firma
Anne Kathrine Jensen	Studerende
Carl Peter Christensen	Air-CEVEX Inco
Dragan Nadj	Studerende
Finn Pretzmann	Pretzmann ApS
Finn Laursen	Bravida Danmark A/S
Ivan Nikolai	Studerende
Jørgen C. Nielsen	Arbejds miljø Centeret A/S
Kim Trangbæk Jønsson	Aalborg Universitet
Klaus Eliassen	Trox A/S
Leif Kjær Nielsen	Systemair A/S
Maja Jensen	Region Midtjylland
Michael Baden Sørensen	Aalborg Universitet - Campus Service
Mindaugas Mikalainis	Aalborg University
Niels Mulvad	Lindab A/S
Nils Kristian Kure Rasmussen	Studerende
Ole Larsen	Harde Larsen A/S

Deltagere

Navn	Firma
Per Christian Feld	Campus Service
Peter Møller	Aalborg universitet
Peter Krogh Jacobsen	Skive Kommune - Teknisk forvaltning
Randi Holm	Region Nordjylland
Rasmus Vinther Christensen	Brix og Kamp A/S
Rasmus Lund Jensen	Aalborg Universitet
Rasmus Westh Vilsbøll	Harde Larsen Rådgivende Ingeniører A/S
Rune Severinsen	AAU
Simon Melgaard	Studerende

Energi forbrug

Et teknisk indblik



Ulf Bang

Software area manager

AHU - Systemair Group

Systemair A/S

2002 - 2016

Udviklingschef aggregater

2016 - 2018

Global Product manager - Danvent DV

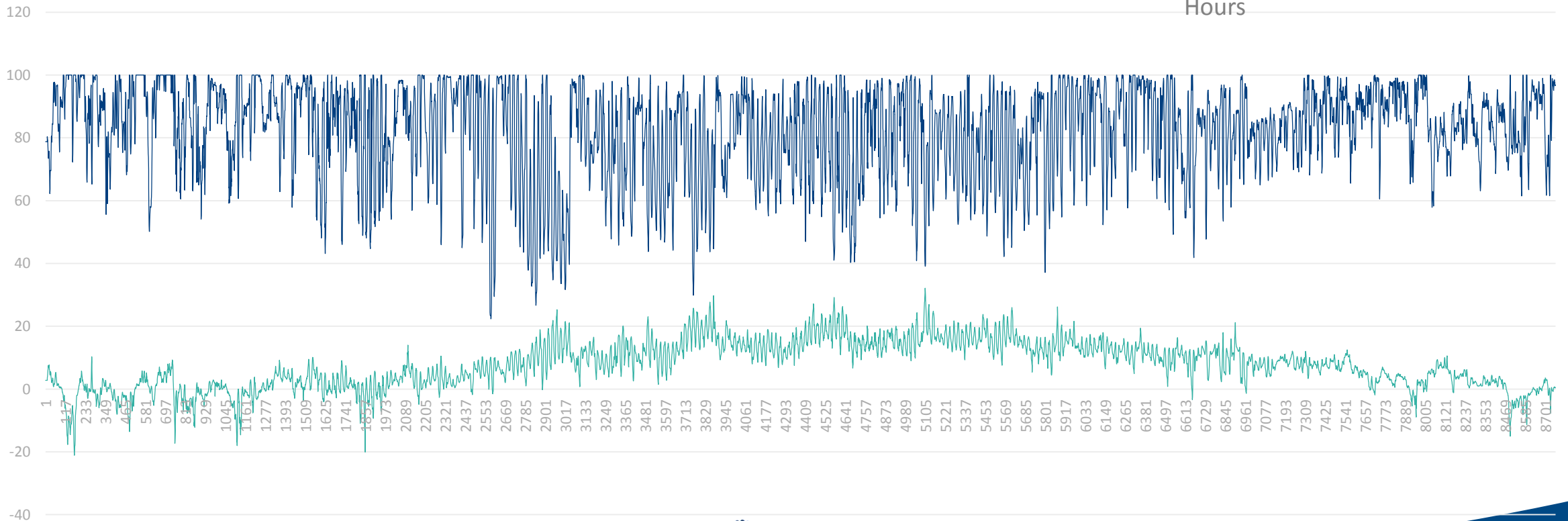
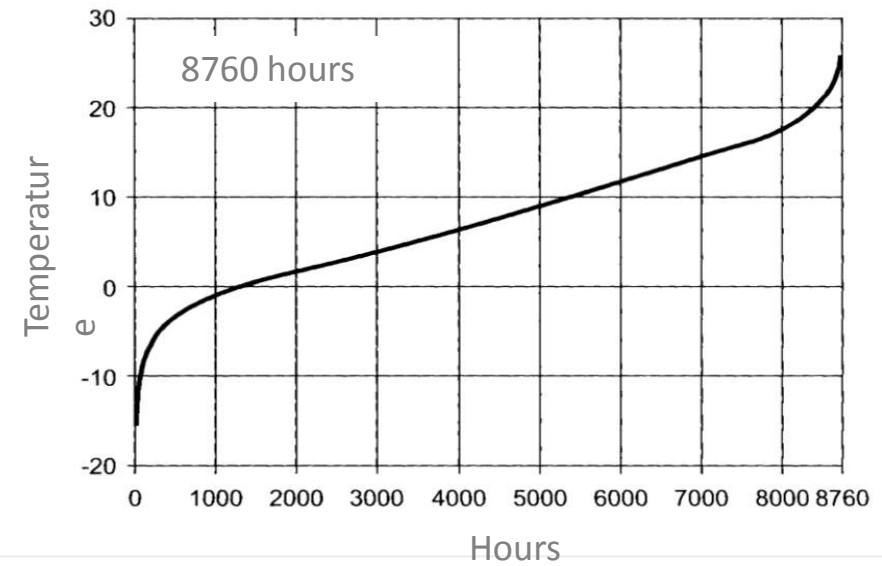
2018 -

Software area manager - AHU



Kompleks verden

- Vejrdata for Danmark (DRY)



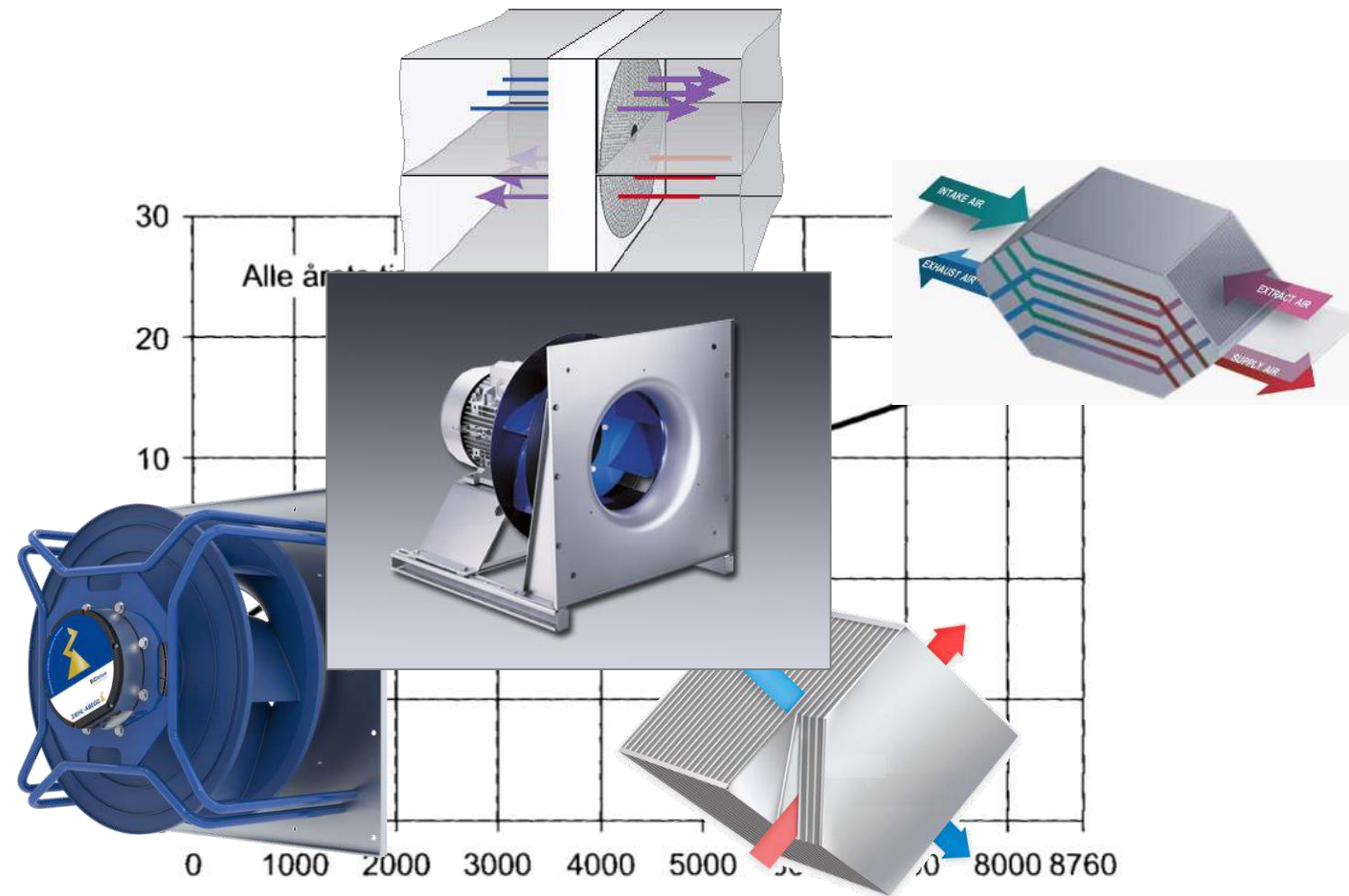
Kompleks verden

- Tilluft-temperatur og luftmængde



Kompleks verden

- Energi ramme beregninger
- VAV drift
- Lavt energiforbrug
- Valg af løsning
- Optimering



Kompleks verden

- EU forordninger
- EPBD; nZEB bygninger i 2020
- Behov for bedre beregningsværktøjer
- Værktøjs kassen - Produkt fleksibilitet



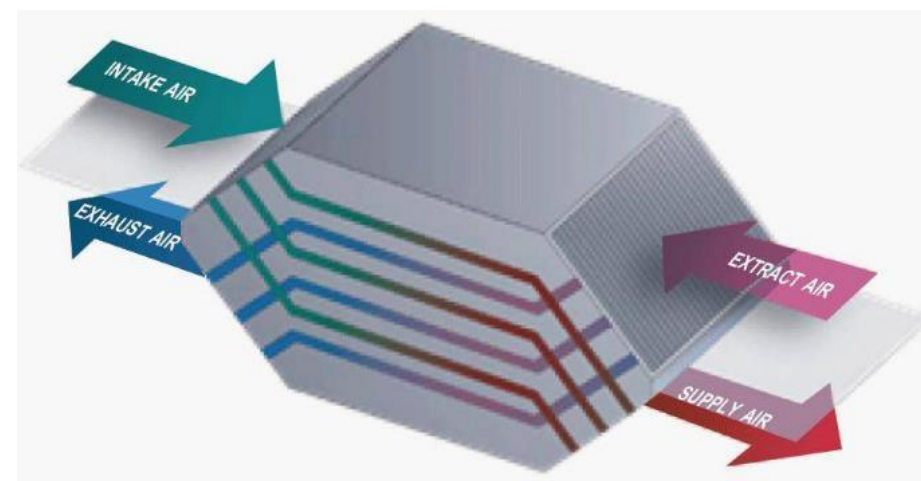
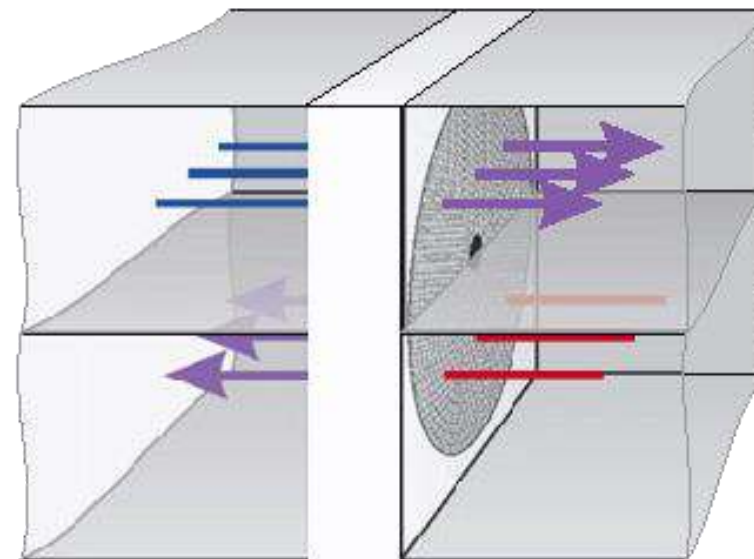
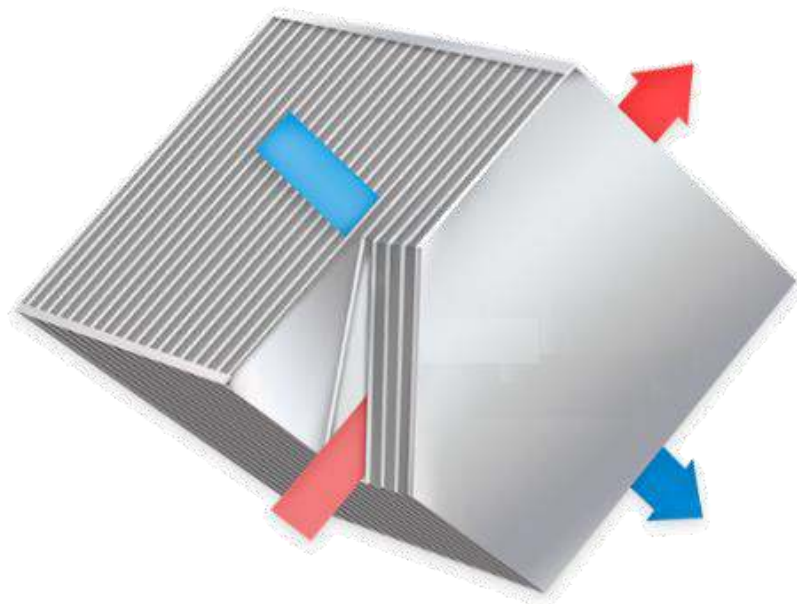
What is new in EPBD recast (2010/31/EU) compared to EPBD (2002/91/EC)?

Requirements	2002	2010
Minimum energy requirements	Y	Y
Extension of minimum energy requirements for all building segments	N	Y
Methodology for calculating the cost-optimum level	N	Y
Energy performance Certificate	Y	Y
Publication of EPCs in all commercial announcements	N	Y
Extension of display of EPCs to buildings with more than 500 m2 by 2012 now an those with more than 250 m2 in 2015	N	Y
Independent control system for EPCs	N	Y
Introduction of "nearly zero energy buildings" by 2021 for all buildings and 2019 for public buildings	N	Y

© OECD/IEA 2011

Teknisk indblik

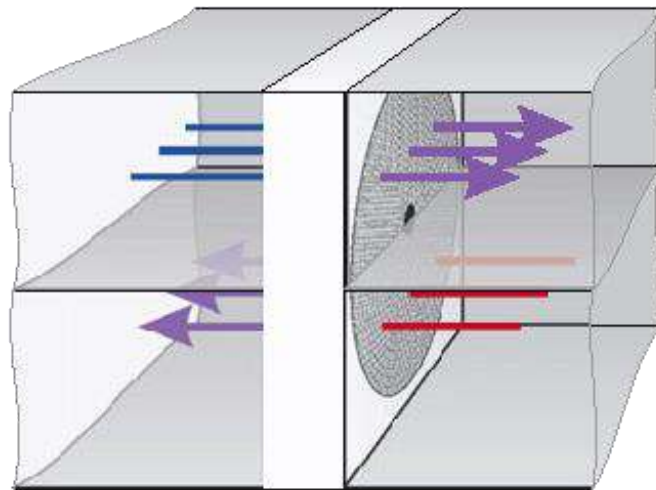
Varmegenvinding



Teknisk indblik

Roterende varmeveksler

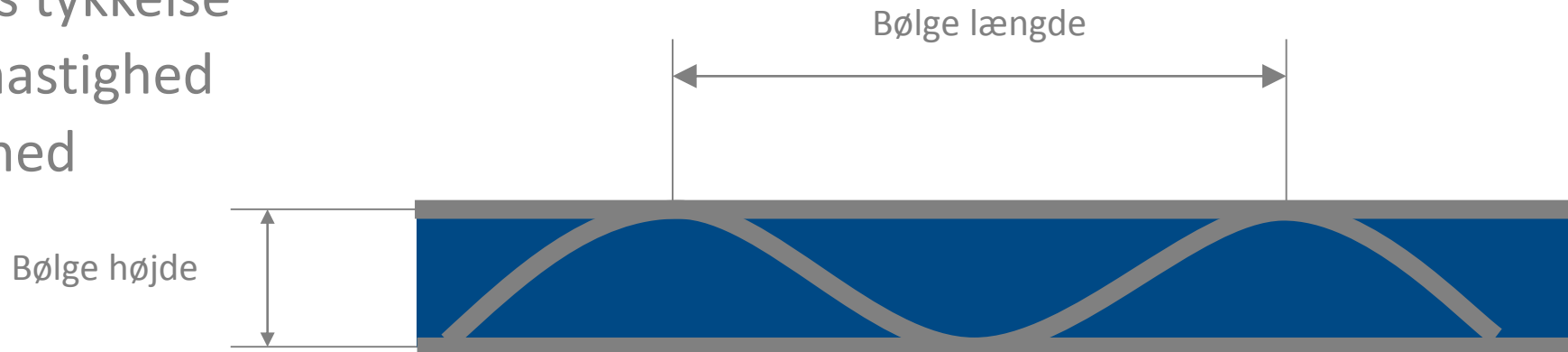
- Udfordringen ved VAV
- Afvigelsen



Teknisk indblik

Roterende varmeveksler

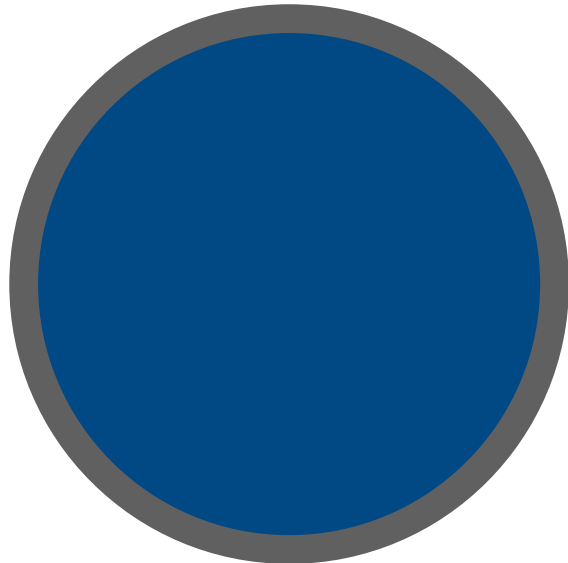
- Effektivitet givet af:
 - Bølge højde
 - Bølge længde
 - Effektive masse af aluminium
 - Aluminiums tykkelse
 - Rotations hastighed
 - Luft hastighed



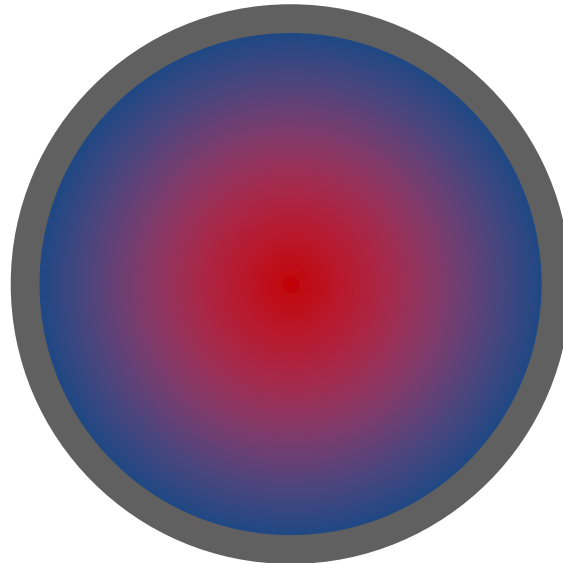
Teknisk indblik

Roterende varmeveksler

Turbulent
Strømning



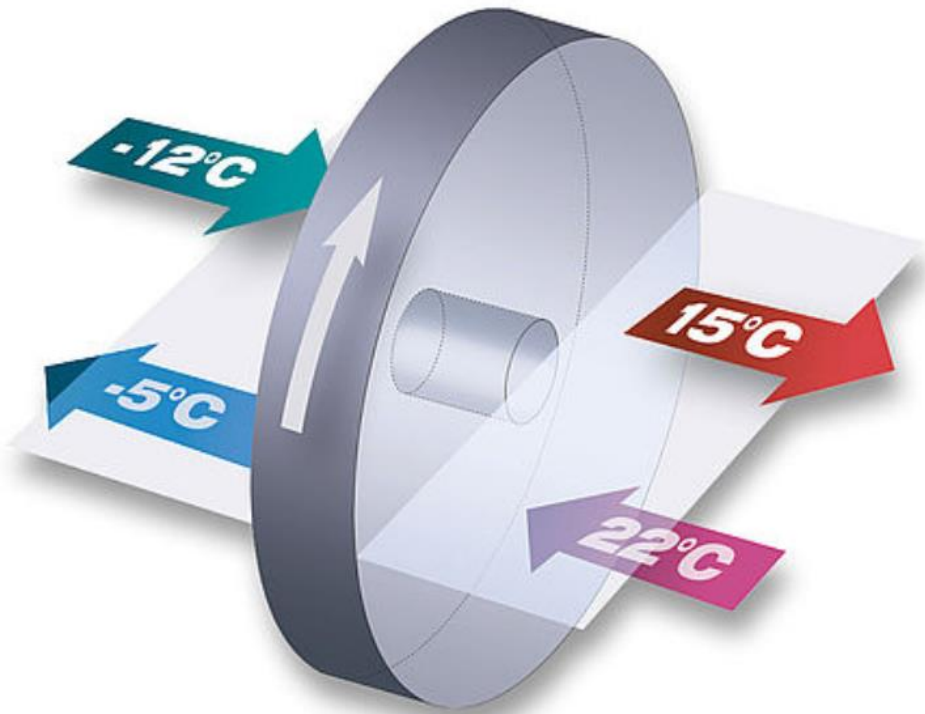
Laminar Strømning



- Roterende varmeveksler
- Modstrøms varmeveksler
- Krydsvarmeveksler
- Varmebatteri
- Kølebatteri

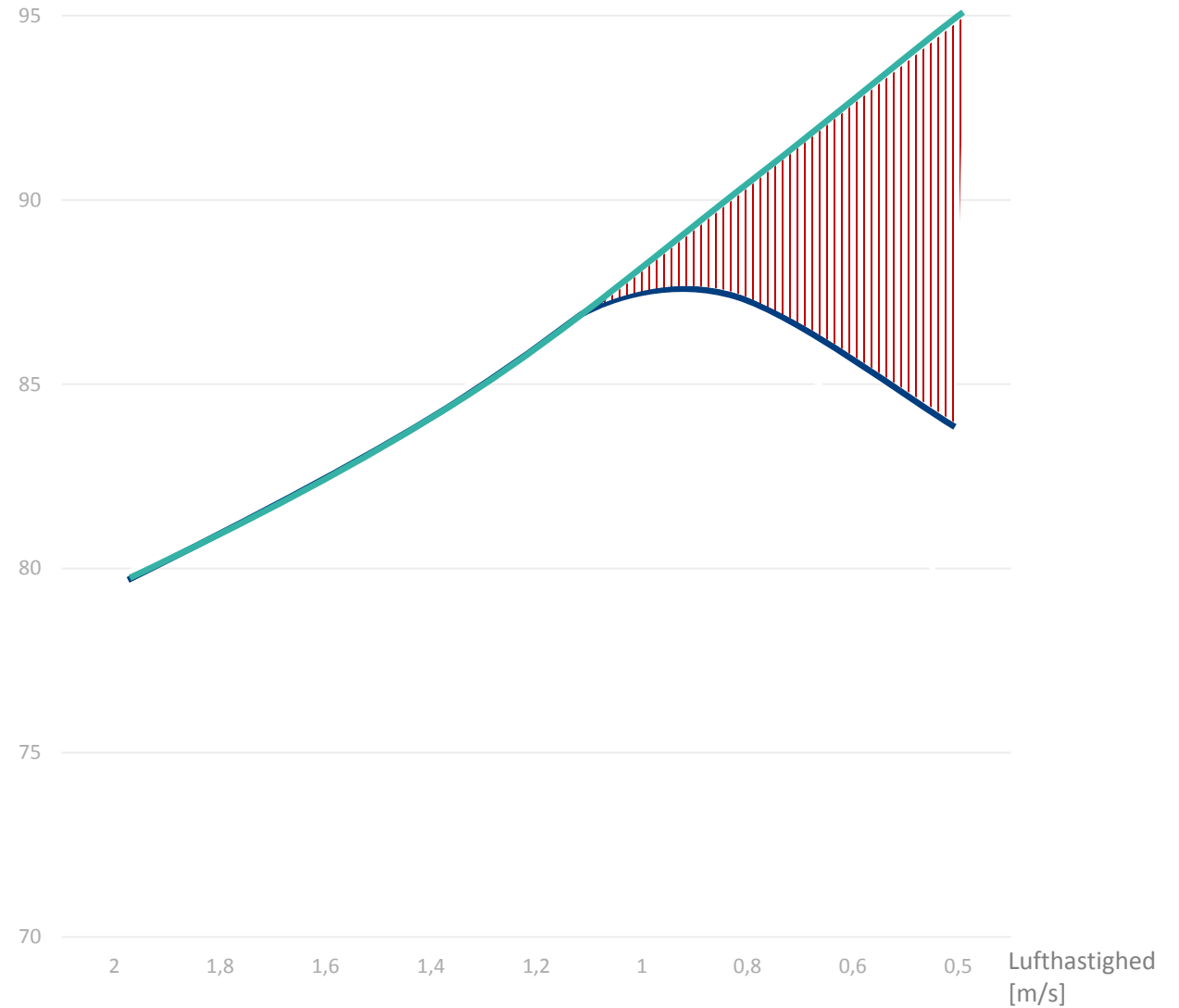
Teknisk indblik

Roterende varmeveksler



Effektivitet [%]

Roterende veksler effektivitet



Teknisk indblik

Roterende varmeveksler

SystemairCAD

Kalkulation af energi

Gennemsnitlig varme gevinding:

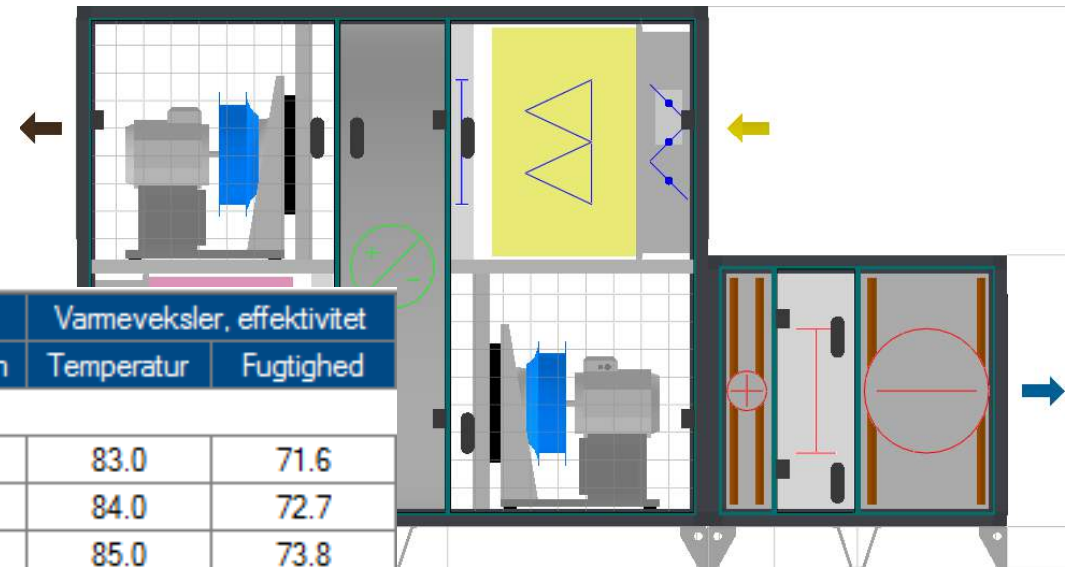
Gennemsnitlig SFPv (rene filtre)

Gennemsnitlig SELe (ved dimensionerende filter tryk)

Energi klasse

	Luft
	Tilluft, m ³ /h
1: Geniox 18DR	
Dimensionerende arbejds punkt	7200.00
Arbejds punkt 2	6480.00
Arbejds punkt 3	5760.00
Arbejds punkt 4	5040.00
Arbejds punkt 5	4320.00
Arbejds punkt 6	3600.00
Arbejds punkt 7	2880.00
Arbejds punkt 8	2160.00
Arbejds punkt 9	1584.00

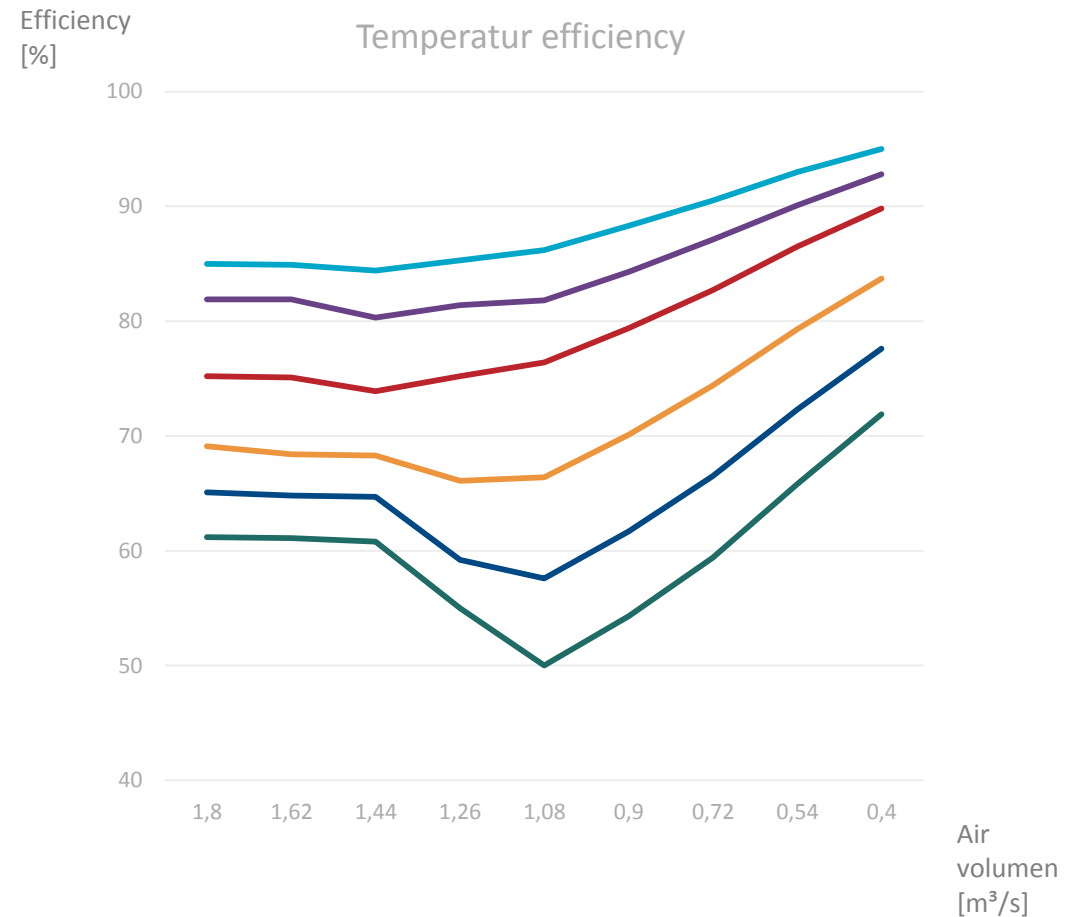
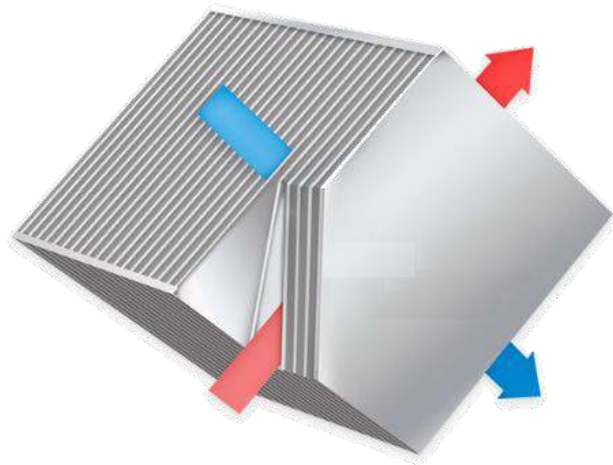
	Luftydelse		Varmeveksler, effektivitet	
	Tilluft, m ³ /h	Fraluft, m ³ /h	Temperatur	Fugtighed
1: Geniox 18DR				
Dimensionerende arbejds punkt	7200.00	7200.00	83.0	71.6
Arbejds punkt 2	6480.00	6480.00	84.0	72.7
Arbejds punkt 3	5760.00	5760.00	85.0	73.8
Arbejds punkt 4	5040.00	5040.00	85.4	75.0
Arbejds punkt 5	4320.00	4320.00	85.4	76.1
Arbejds punkt 6	3600.00	3600.00	85.4	77.3
Arbejds punkt 7	2880.00	2880.00	85.3	78.5
Arbejds punkt 8	2160.00	2160.00	84.1	79.7
Arbejds punkt 9	1584.00	1584.00	82.0	80.6



Teknisk indblik

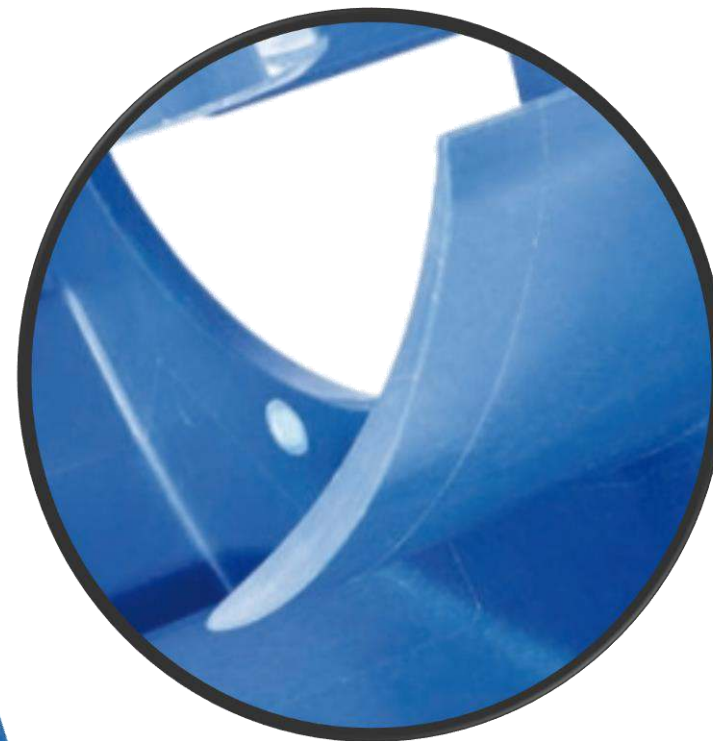
Krydsvarmeveksler

- Udfordringen ved VAV
- Afvigelse



Teknisk indblik

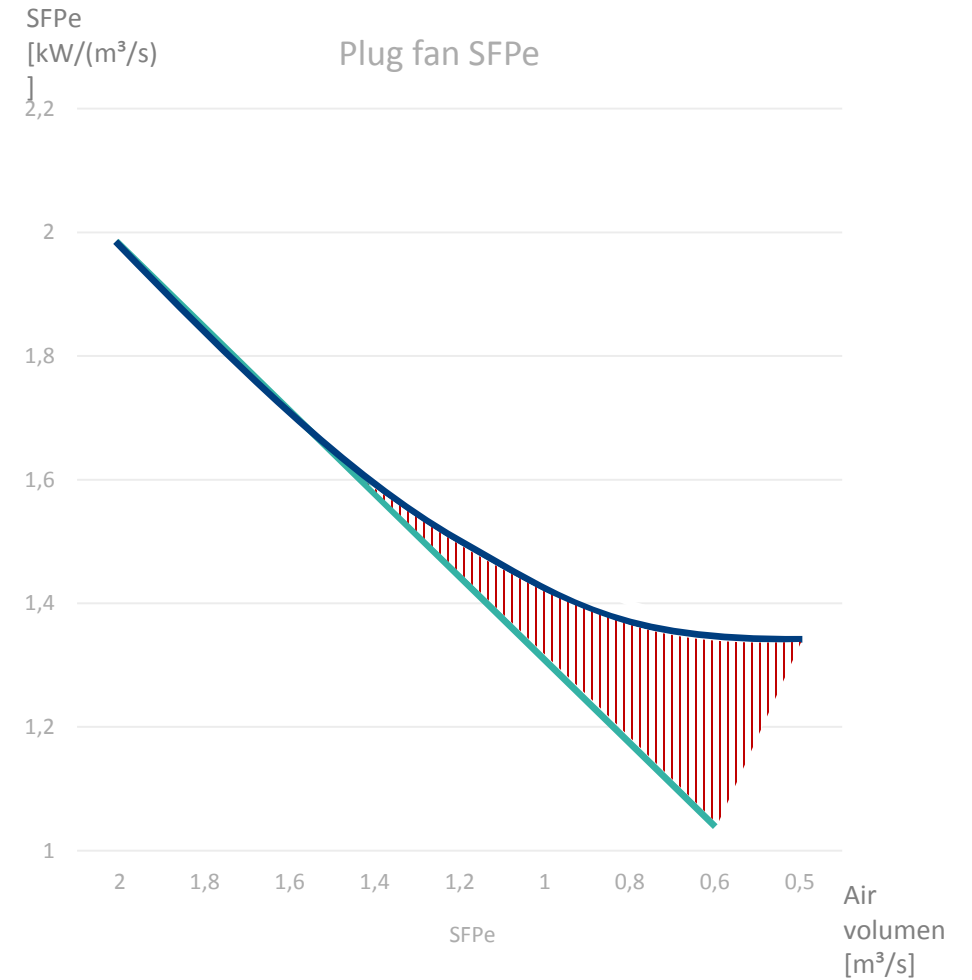
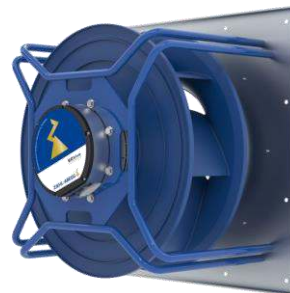
Ventilatorhjul



Teknisk indblik

Ventilatorhjul

- Ventilatorer og motorer
- Udfordringen ved VAV
- Afvigelsen i beregning



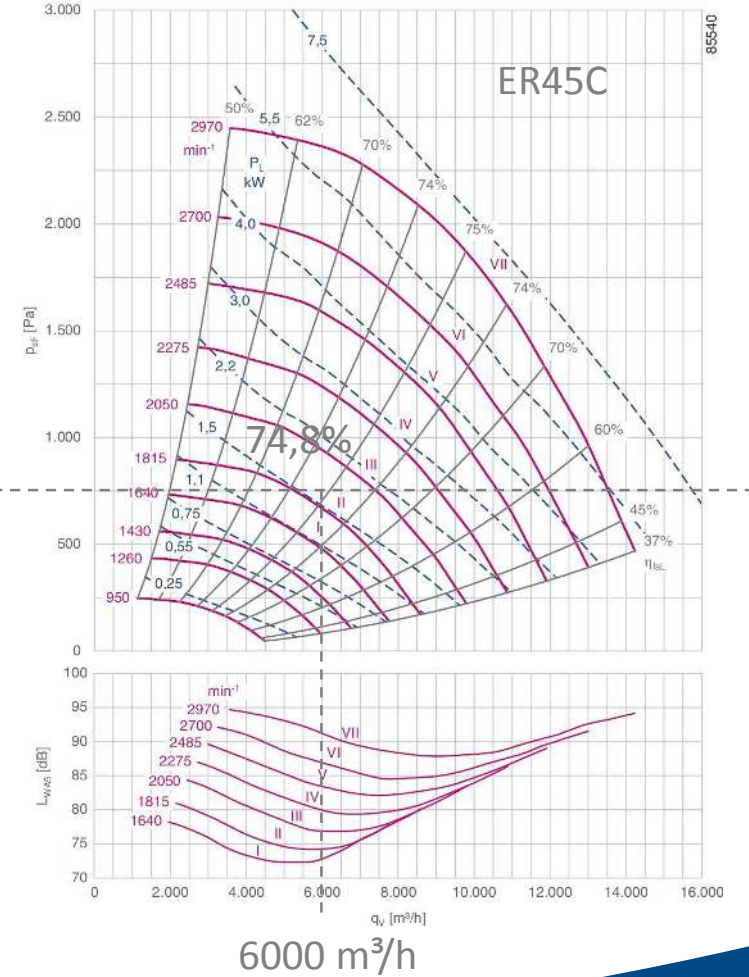
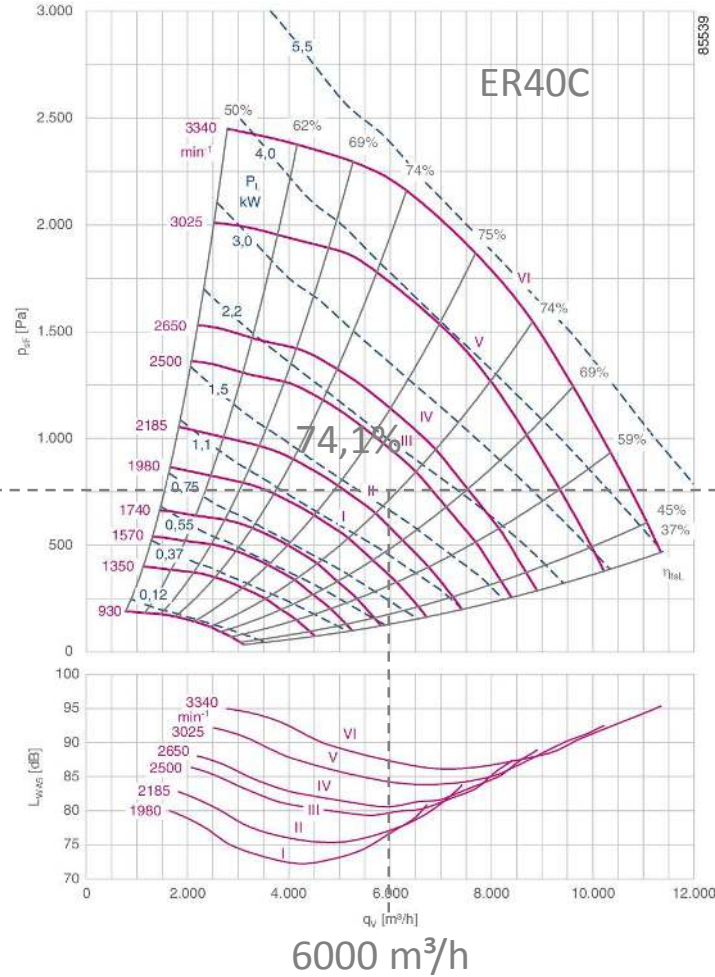
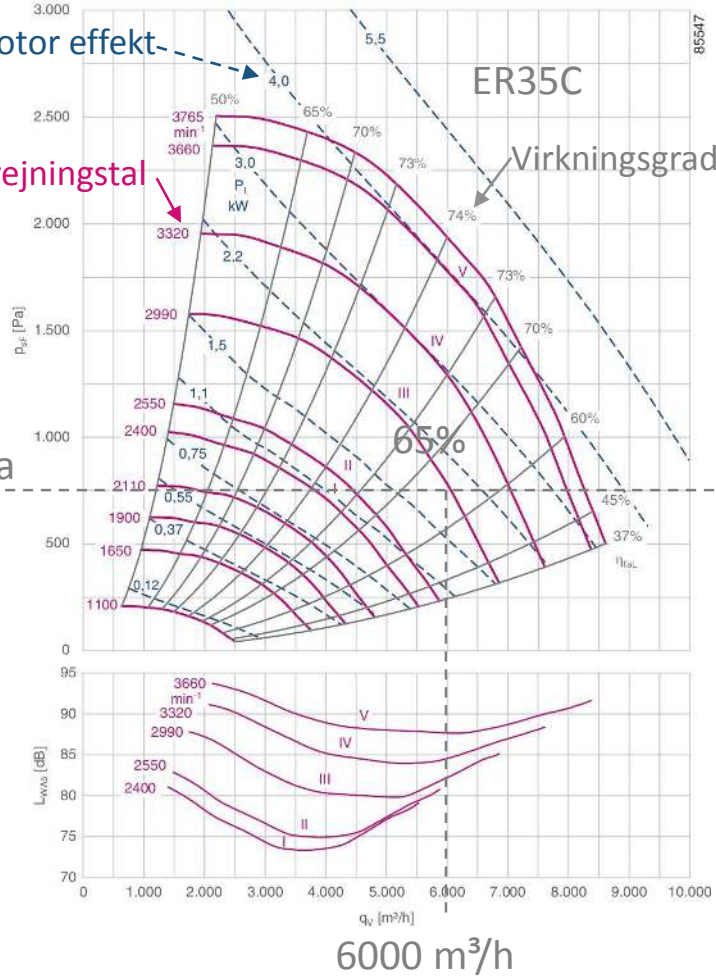
Teknisk indblik

Ventilatorhjul

Motor effekt

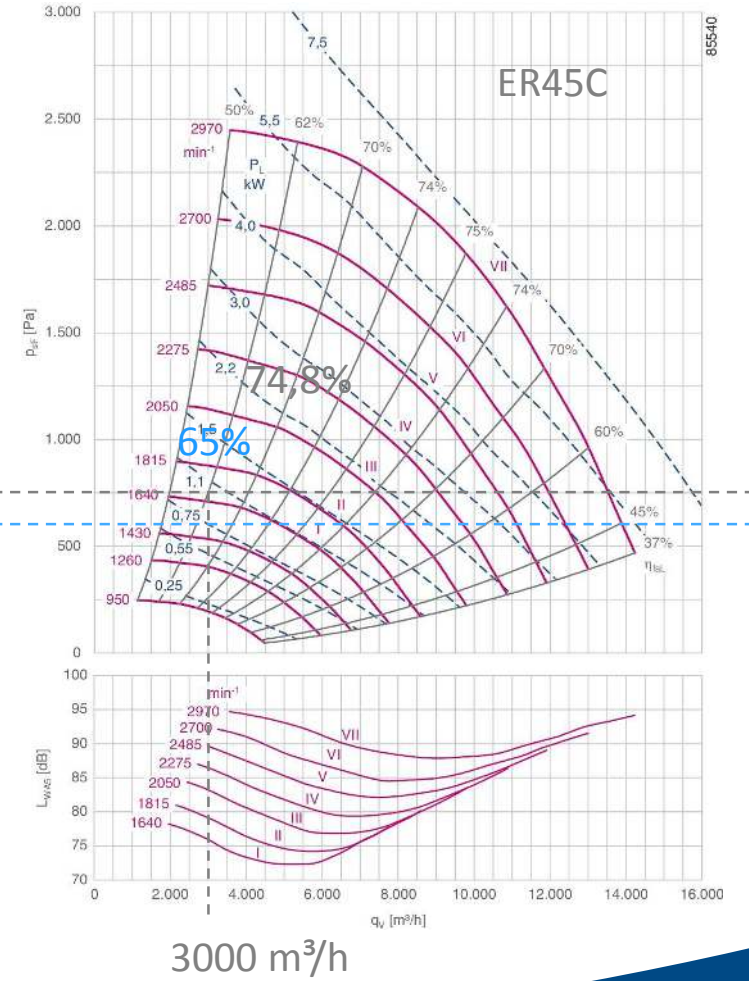
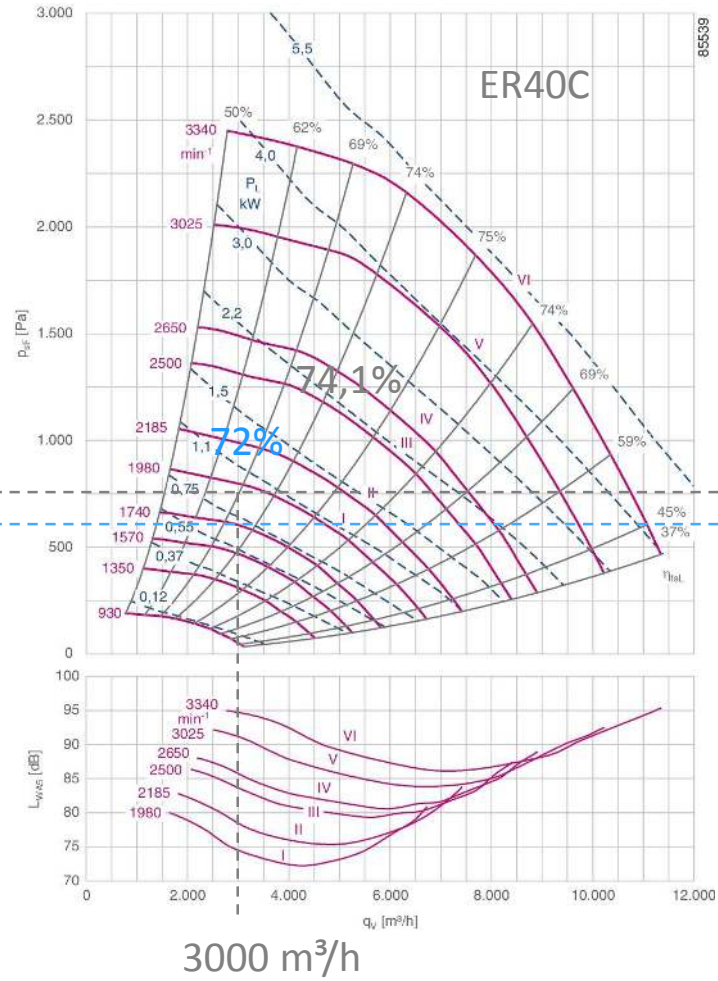
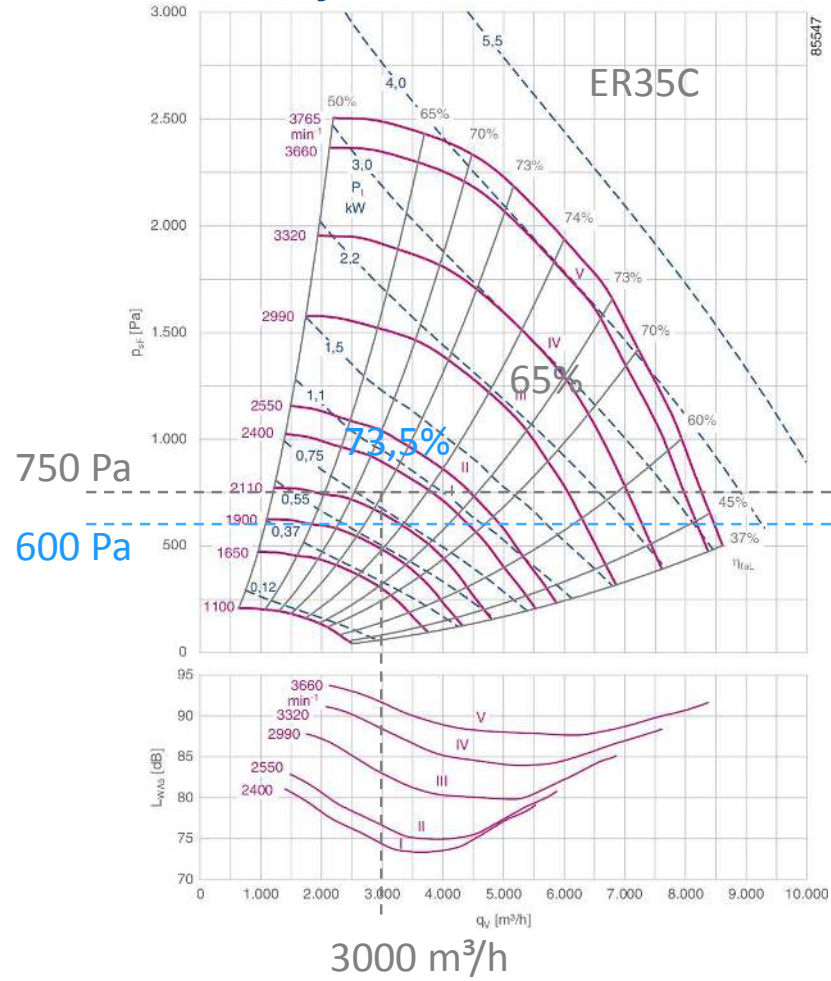
Omdrejningstal

750 Pa



Teknisk indblik

Ventilatorhjul



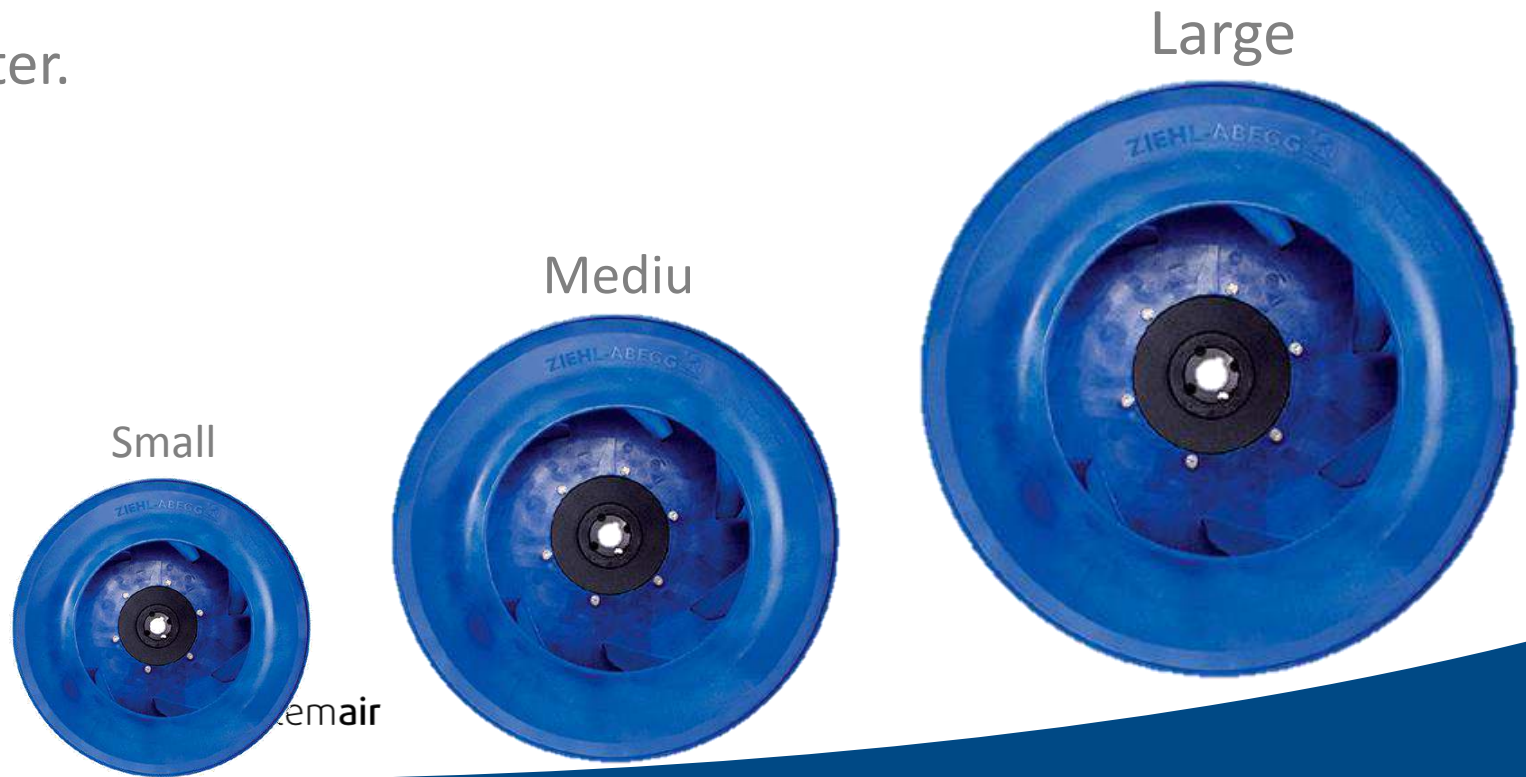
Teknisk indblik

Ventilator

- Small er ikke en økonomi løsning.
- Optimalt valg gøres ud fra tryk og luftmængde.
- Gennemsnitlige arbejds punkter.

$$P_{el} = \frac{q_{fan} * P_{total}}{\eta_{fan} * \eta_{motor} * \eta_{vsd} * 1000}$$

$$Sfp = \frac{\sum P_{el}}{q_{ahu}}$$



Teknisk indblik

Motorer

Tidstabel for MEPS

EU MEPS

Minimum energy performance standards



Year	Power range [kW]	Poles	Minimum efficiency
2015	0,75 kW – 5,5 kW	2,4,6	IE2 mandatory since 16.06.2011
	7,5 kW – 375 kW	2,4,6	IE3 or IE2 with variable speed drive. Mandatory since 01.01.2015
2017	0,75 kW – 375 kW	2,4,6	IE3 or IE2 with variable speed drive. Mandatory since 01.01.2015

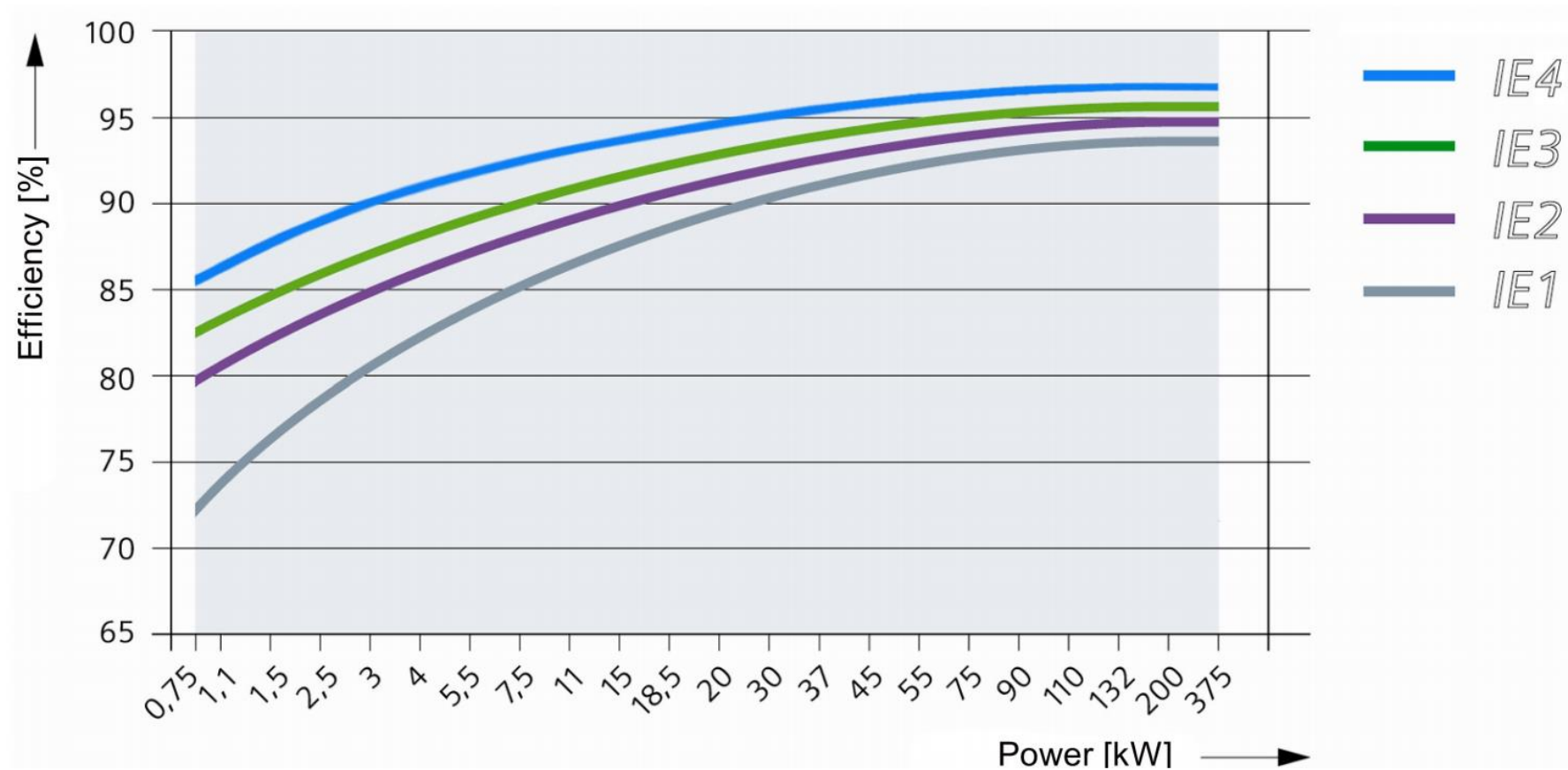
$$n = 120 * \frac{f}{P}$$

Drag 3-4%

$$n = 120 * \frac{50}{4} * 0,96 = 1440 \text{ rpm}$$

Teknisk indblik

Motorer

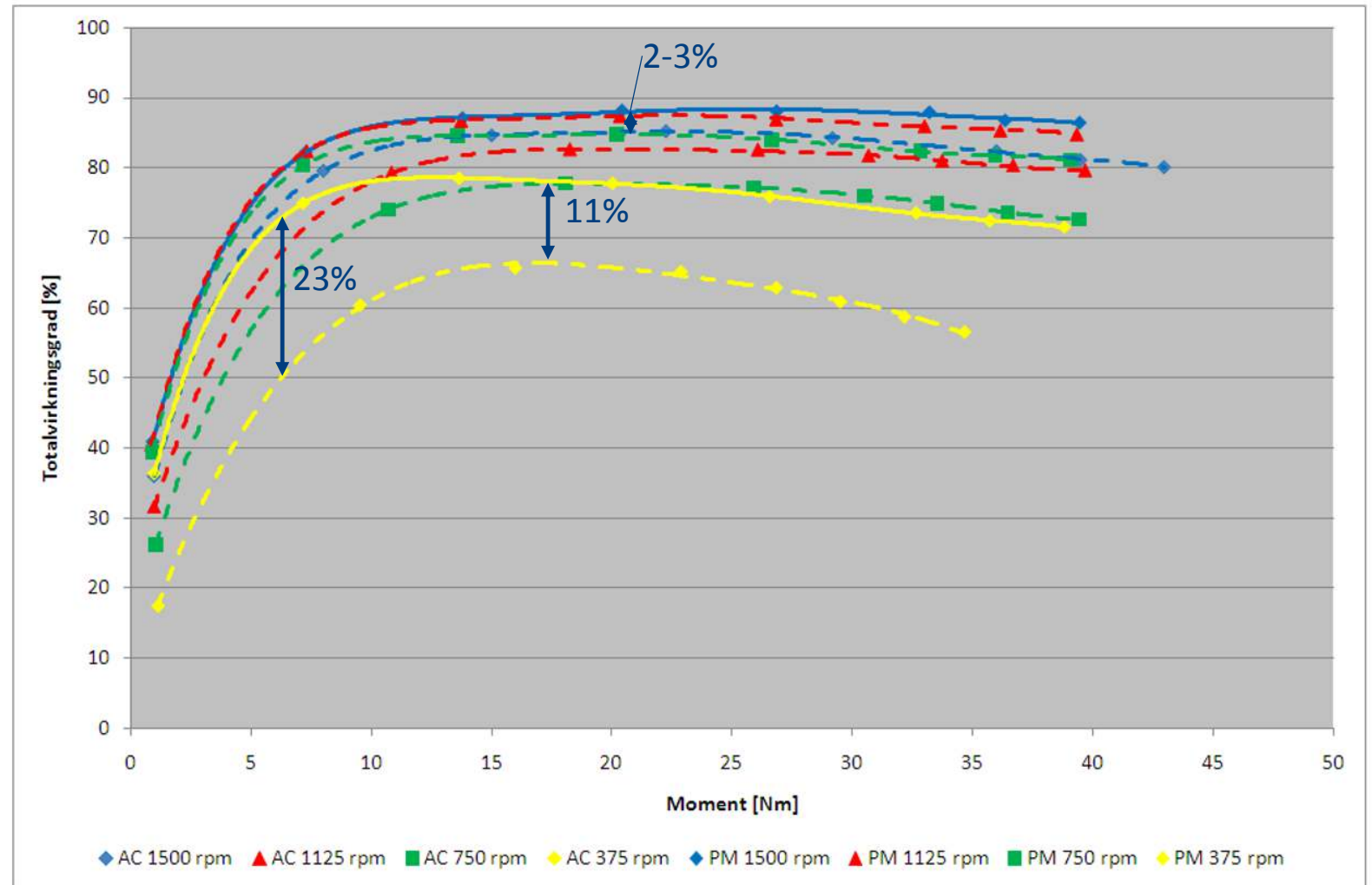


Teknisk indblik

Motorer

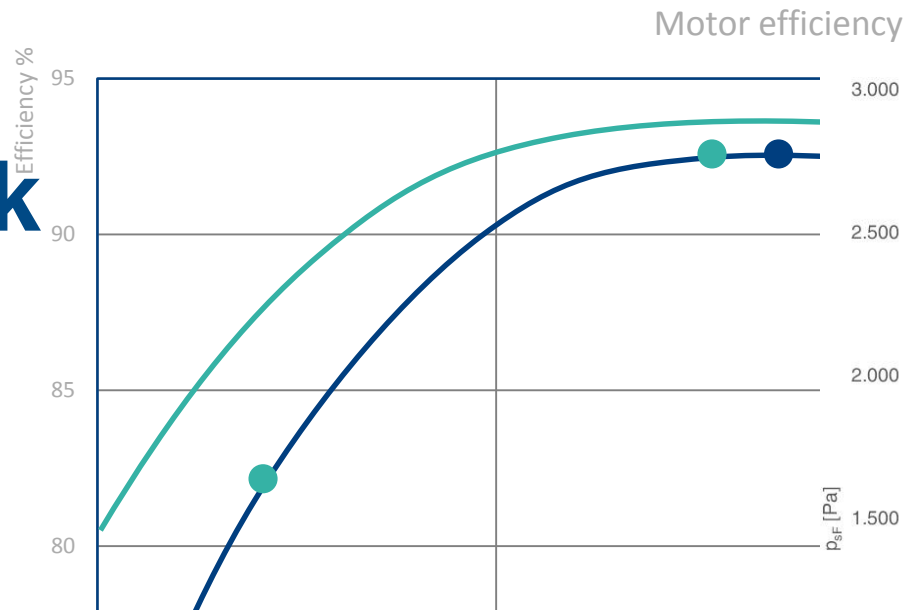
AC motor mod PM motor

Laboratorie måling
5,5 kW motor

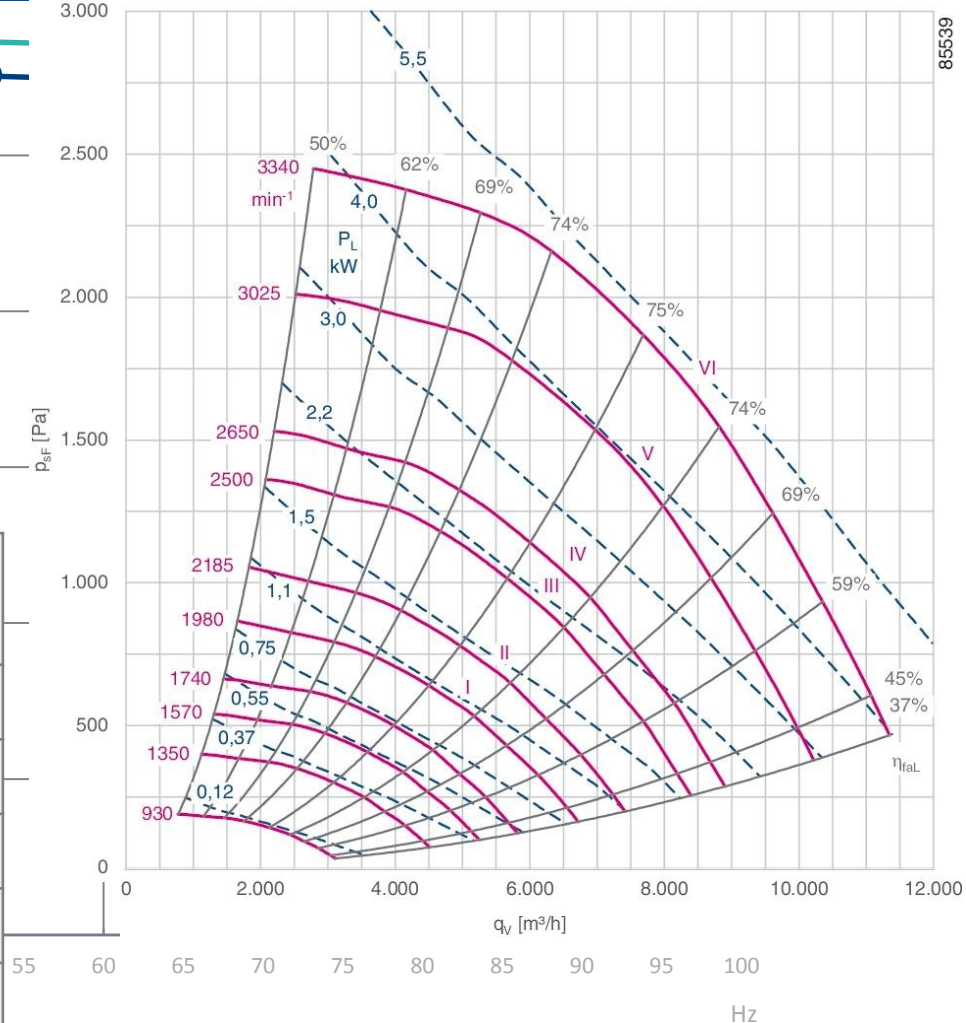


Teknisk indblik

Motorer



Mærke effekt	Norm størrelse	Mærke hastighed	Max hastighed	Max frekvens
kW	Norm	rpm	rpm	Hz
1,10	90S	1400	1980	71
1,50	90L	1400	2185	78
2,20	100L	1440	2500	87
3,00	100L	1420	2650	93
4,00	112M	2875	3025	53
5,00	132S	2890	3340	58



Teknisk indblik

Ventilator

SFP værdi

Geniox 14; 1,5 m³/s

300 pa external

Medium ventilatorhjul, AC motor

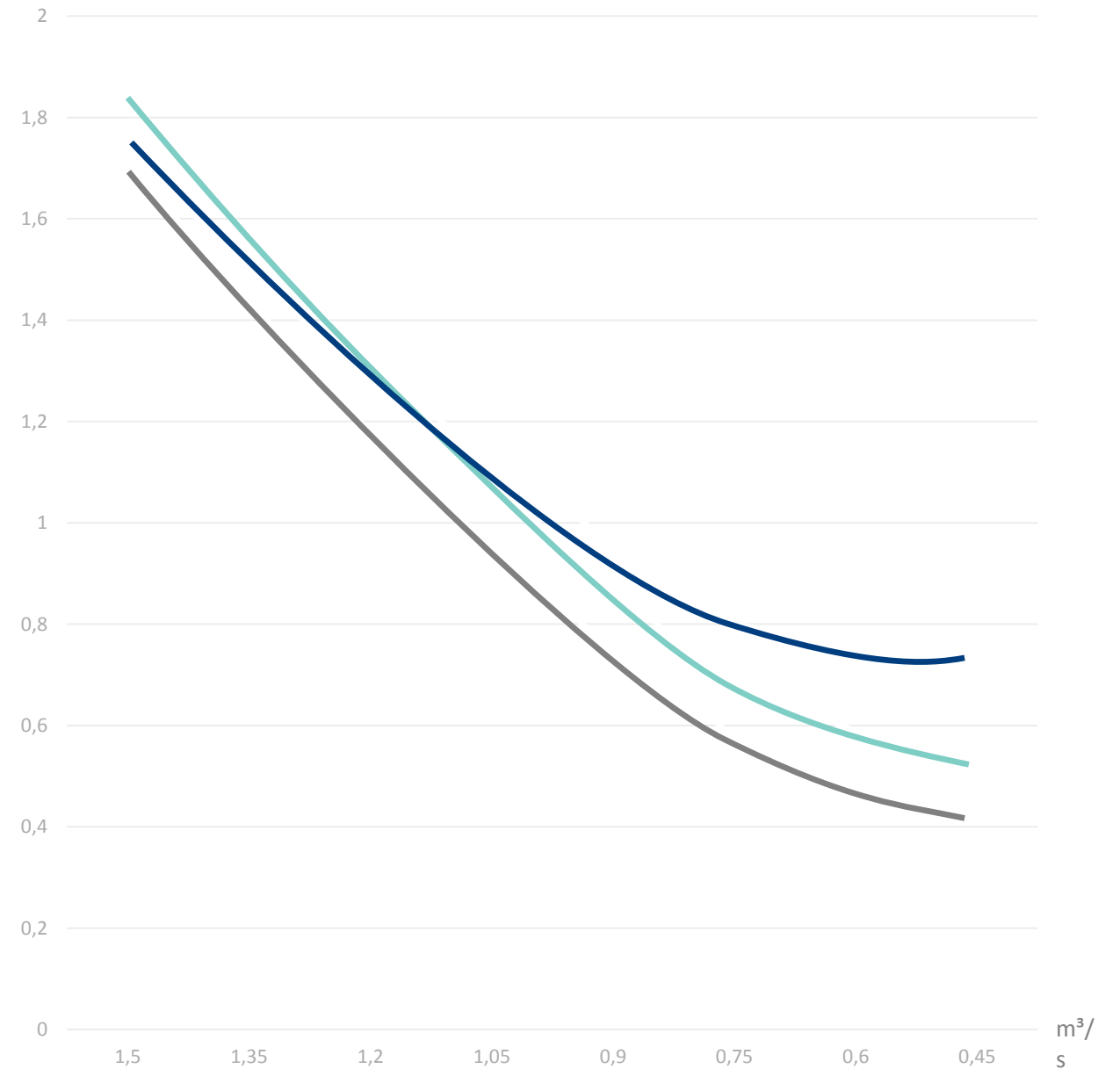
Large ventilatorhjul, AC motor

Medium ventilatorhjul, PM motor



kW/(m³/s)

SFP values

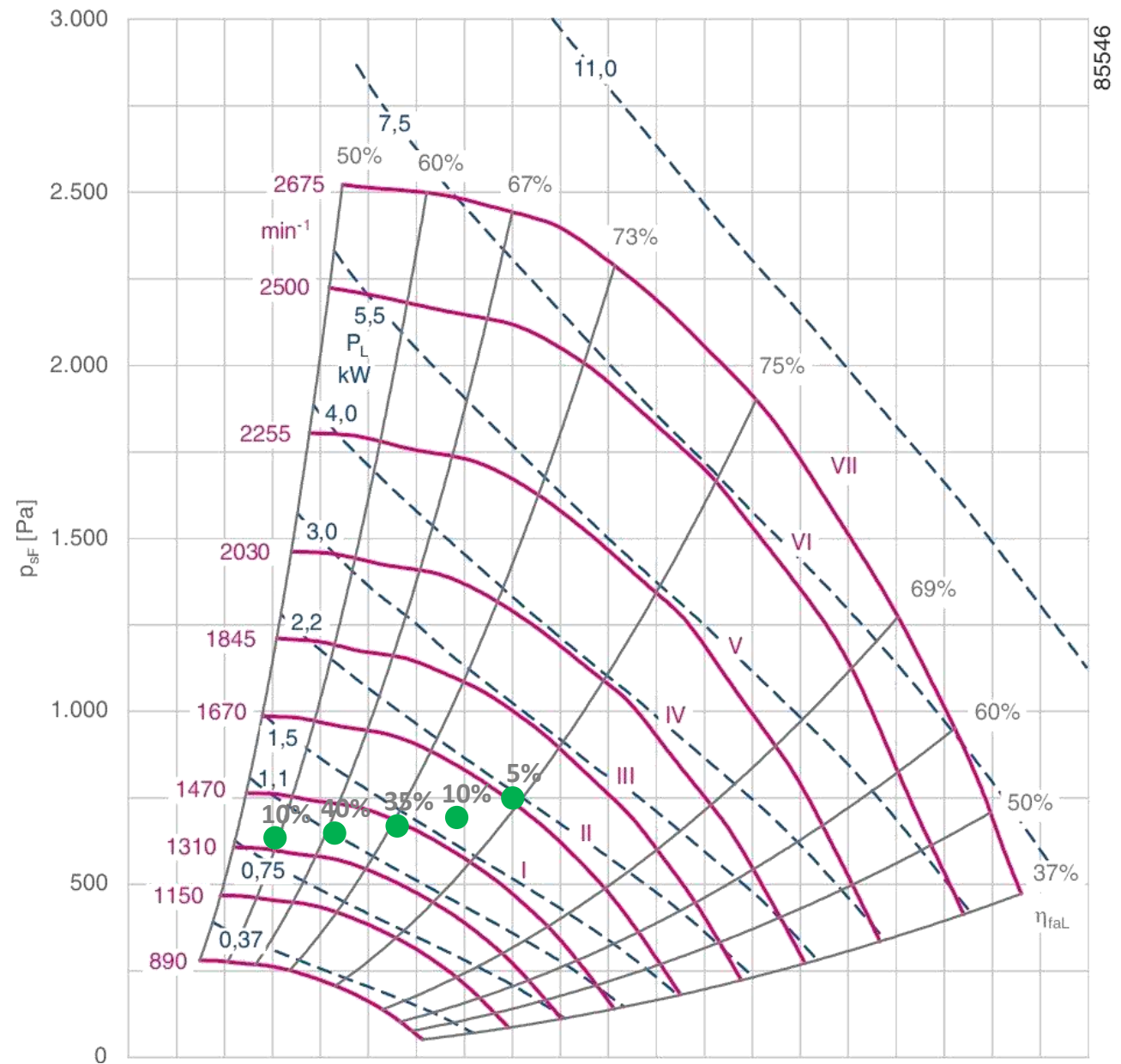


Teknisk indblik

Ventilator

VAV og effektivitet

Optimering ud fra dimensionerende
arbejds punkt

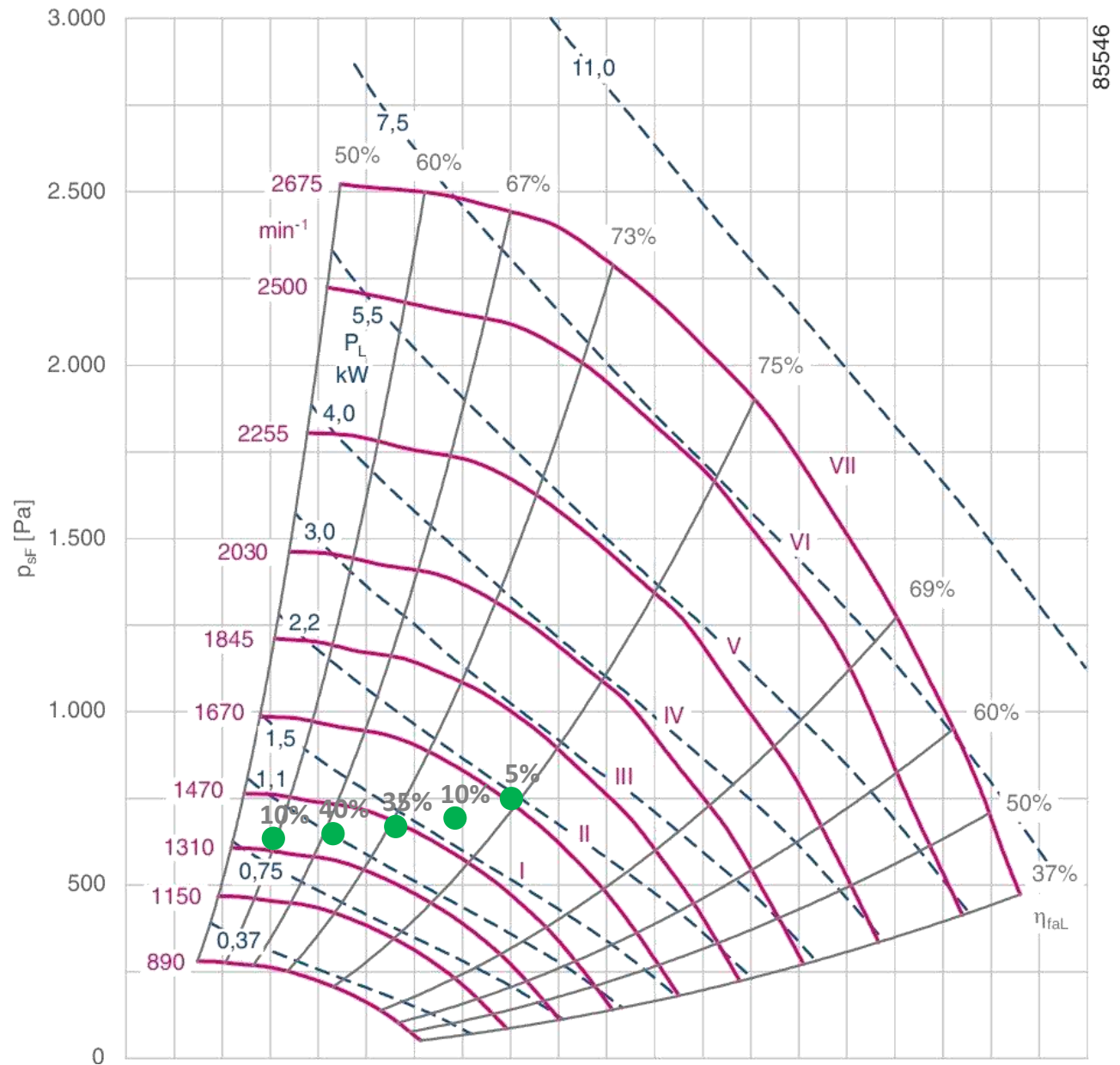


Teknisk indblik

Ventilator

VAV og effektivitet

Optimering ud fra gennemsnitligt energiforbrug



Teknisk indblik

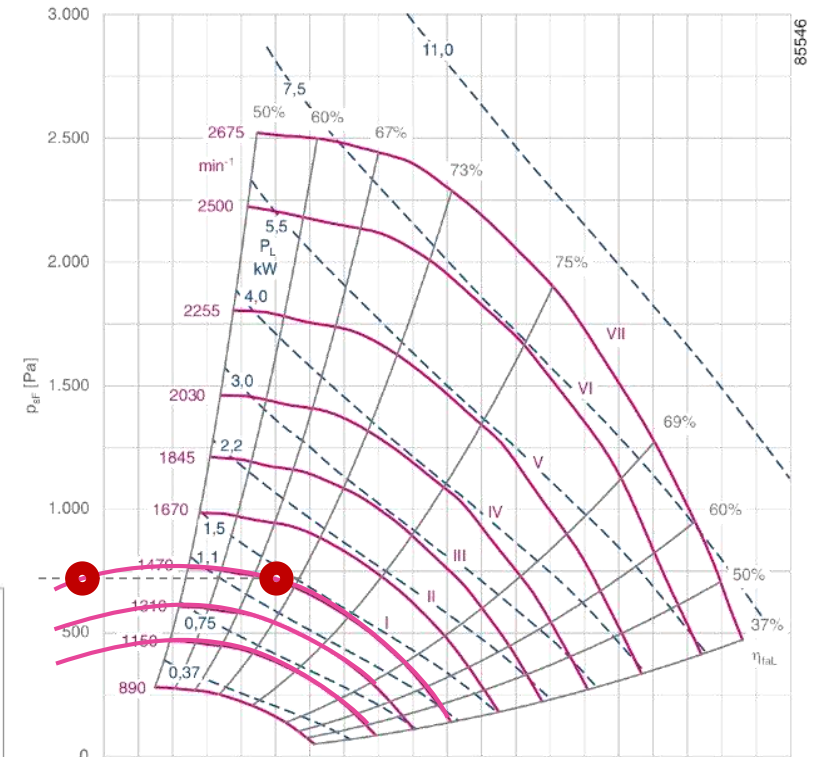
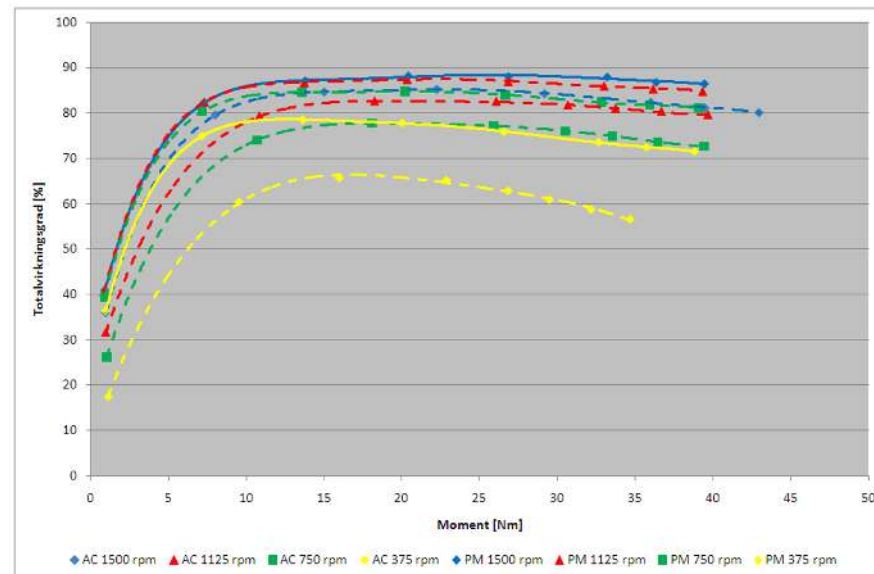
Ventilator

Lav luftmængde relativt højt tryk = pulsering

Meget lav ventilator hjuls virkningsgrad

Motor har meget lav virkningsgrad

Ventilatorhjul	45%
Motor	40%
Total	18%



Teknisk indblik

Ventilator

Alternative working points

	Airflow (1.205 kg/m³)				External pressure		Temperature		Operation
	Supply air		Extract air		Supply air	Extract air	Winter	Summer	Dividing up
	m³/s	% of dim.	m³/s	% of dim.	[pa]	[pa]	[C]	[C]	% of annual oper...
Dimensioning working point	2.05	100	2.05	100	250	250	-12	27	10
Working point 2	1.64	80	1.64	80	160	160			20
Working point 3	1.23	60	1.23	60	90	90			40
Working point 4	0.82	40	0.82	40	80	80			30
Working point 5									
Working point 6									
Working point 7									
Working point 8									
Working point 9									
Working point 10									
Min. air flow	0.38	19	0.38	19					

Operational scenarios: Simple calculation
 Operational scenarios: For LCC calculation

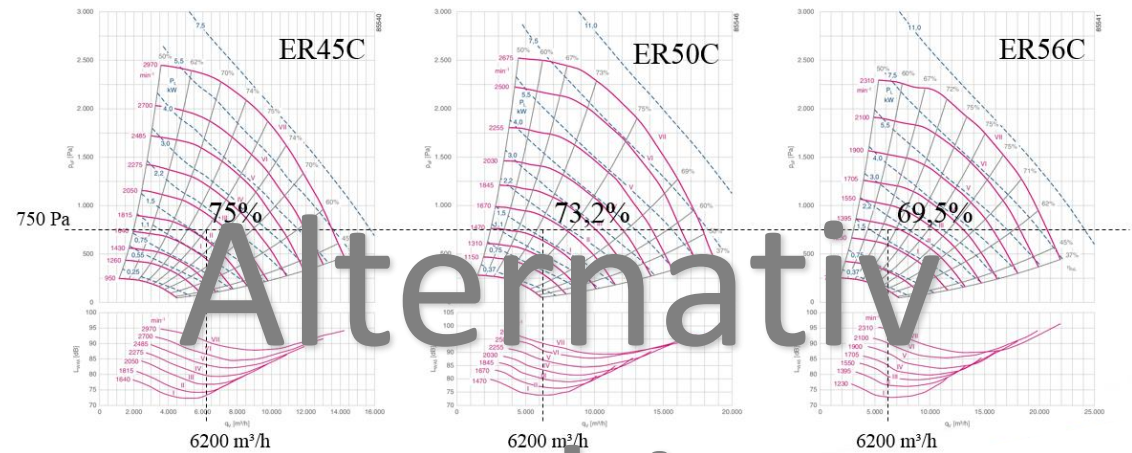
Explanation:
Step 1: Create Working points
Step 2: Add Operation %
Step 3: Calculate average SFP on energy tab

Buttons: Delete all working points, Copy from other unit, OK, Cancel

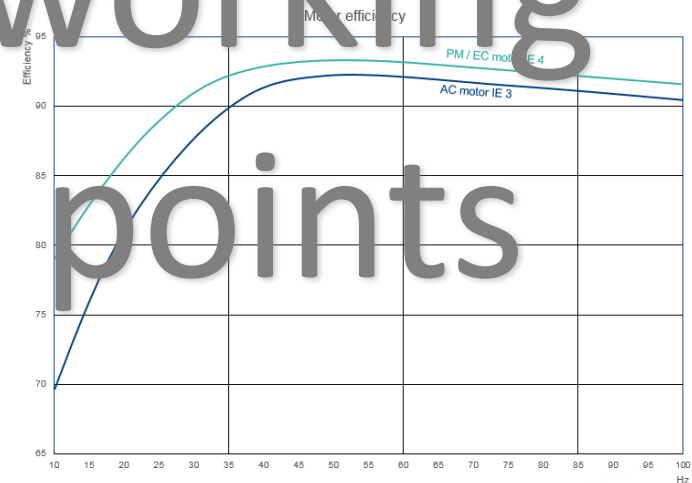
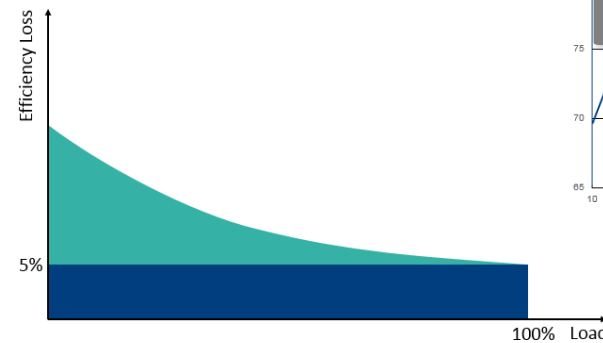
Teknisk indblik

SystemairCAD

- Ventilatorhjuls diameter.
 - Arbejdspunkter og effektivitet
- Motor type
 - AC motor, PM motor, EC motor
 - Arbejdspunkt og nominal hastighed
- Frekvensomformer
 - Tab



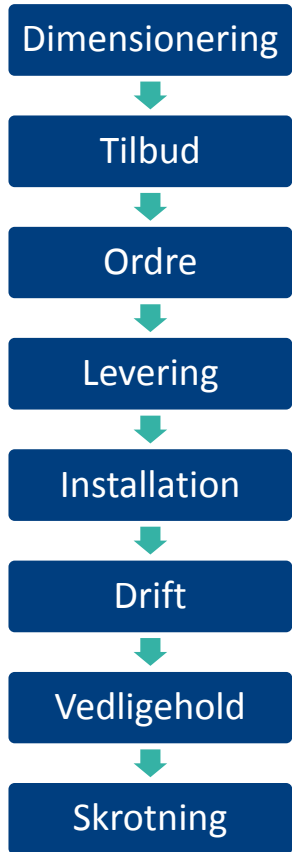
Alternativ
working
points

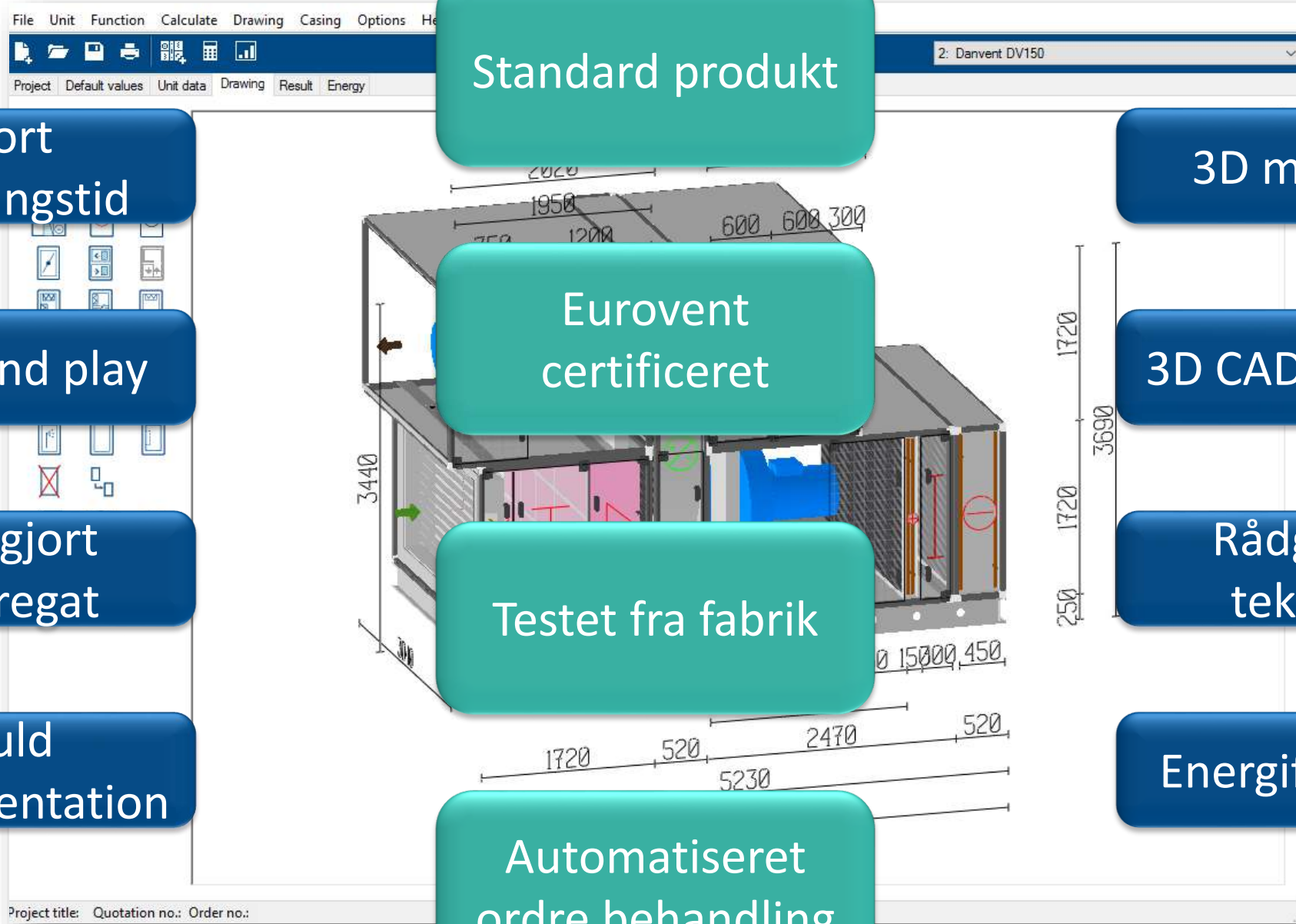


LCC beregning

	LCC beregning 01	LCC beregning 02	LCC beregning 03	LCC beregning 04
Overblik over anlæg				
Valgt anlæg	Danvent DV40	Danvent DV40	Danvent DV40	Danvent DV40
Unit components	Roterende varmeveksler Varme batteri Køle batteri	Roterende varmeveksler Varme batteri Køle batteri	Roterende varmeveksler Varme batteri Køle batteri	Roterende varmeveksler Varme batteri Køle batteri
User Note	Uden kølegenvinding	Med kølegenvinding	Sorptions rotor	Varmepumpe
Operational costs, year one				
Fan power <i>kr</i>	25.391	22.602	21.302	36.026
Køle batteri <i>kr</i>	11.509	8.521	7.049	-
Varme batteri, Væske <i>kr</i>	3.470	3.470	3.099	-
Varme batteri, Elektrisk <i>kr</i>	-	-	-	182
Integreret køling <i>kr</i>	-	-	-	22.861
Befugter <i>kr</i>	-	-	-	-
Andre komponenter <i>kr</i>	-	-	-	-
Samlet <i>kr</i>	40.369	34.593	31.451	59.069

Teamwork





Kort leveringstid

Plug and play

Rengjort aggregat

Fuld dokumentation

Standard produkt

Eurovent certificeret

Testet fra fabrik

Automatiseret ordre behandling

3D models

3D CAD Plug-in

Rådgiver tekster

Energiforbrug

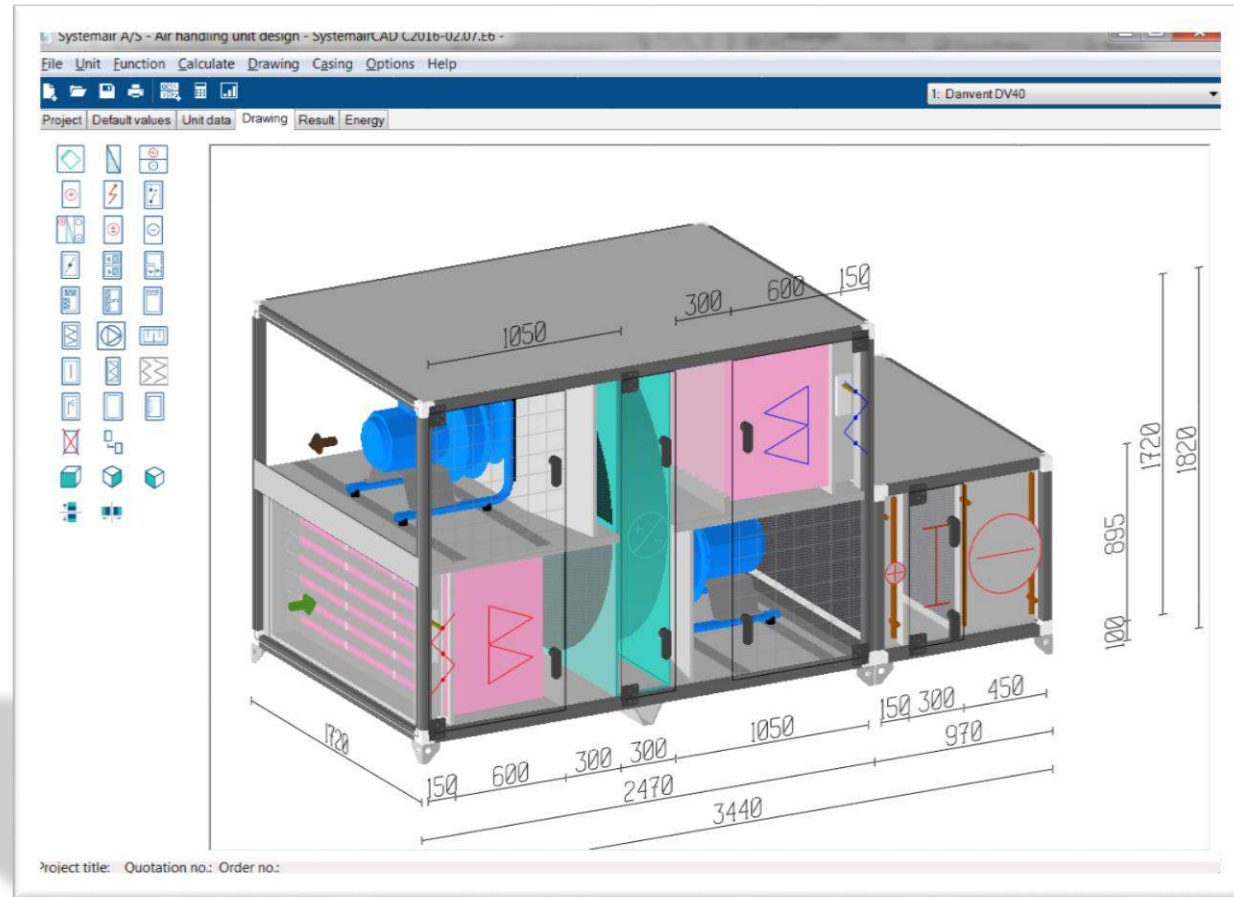
SystemairCAD

<https://www.systemair.com/dk/Danmark/ventilationsaggregater/SystemairCAD/>

Optimering

Energi forbrug

LCC Beregning





Tak for opmærksomheden

Spørgsmål



Hvem er jeg...?

Mads Wagner
Grubeleder
Energidesign & indeklima
Civilingeniør, M.Sc.
Mobil: 25 40 02 78
Mail: mhw@moe.dk



- **Bygningsingeniør, B.Sc., m. speciale i installationsteknik**
Ingeniørhøjskolen i Århus
- **Civilingeniør, M.Sc., Indeklima og Energi**
Aarhus Universitet (Aalborg Universitet)
- **Grubeleder | Specialkompetencer**
MOE Rådgivende Ingeniører A/S
- **Kursusleder, Avanceret linjetabskursus**
Danvak
- **DGNB Konsulent**
DGNB Auditor på bolig og erhvervsprojekter

Disposition

- Lovgrundlag og tendenser
- Introduktion til Totaløkonomi
- SystemairCAD LCC
- Anvendelse i praksis

JANUAR 2019

SIDE 3



Disposition

- <http://dk-gbc.dk/medlemssektion/lcc-kursus/materiale/>
- http://dk-gbc.dk/media/201757/dqnb_lcc_8okt2018.pdf
- https://www.trafikstyrelsen.dk/~media/Dokumenter/09%20Byggeri/Baredygtigt%20byggeri/TBST-2016-02-Introduktion_LCC.pdf
- https://www.arkitektforeningen.dk/system/files/private/toe_-_17.09.2015.pdf
- <https://www.bygst.dk/godt-byggeri/totaloekonomi-i-offentligt-byggeri/>
- <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=145555>

JANUAR 2019

SIDE 4



Lovgrundlag og tendenser

Lovgrundlag §

- Bekendtgørelse nr. 1179 af 4. oktober 2013 om kvalitet, OPP og totaløkonomi i offentligt byggeri styrker indsatsen for anvendelse af totaløkonomiske værktøjer som beslutningsgrundlag
 - § 4. *Egentlige totaløkonomiske beregninger skal indgå i totaløkonomiske vurderinger, der foretages ved byggearbejder, således at der foretages beregning af nutidsværdien af de samlede udgifter til opførelse og drift i forhold til levetid. Der skal som minimum foretages beregninger for energiforbrug*
- Kravet gælder for statslige bygherrer hvor entreprisesummen er større end 5 mio. kr. og 20 mio. kr. for regioner og kommuner
- Der skal foretages relevante vurderinger med flest mulige beregninger i forbindelse med valg af løsninger, der har indflydelse på energiforbruget.
- Dokumentationskrav og metode kan afhænge af bygherre (privat, regioner, kommuner, bygningsstyrelsen, Almene boligselskaber mv.)

Lovgrundlag §

- Jf. Almenboligloven skal der ifm. indberetning af skema B være udført totaløkonomiske vurderinger (siden 1998)
 - Beregninger udføres med *Totaløkonomi 4.0*

JANUAR 2019

SIDE 7



Andre tendenser

- Certificeringsordninger som BREAM, LEED og DGNB fremmer brugen af totaløkonomiske beregninger i branchen
- FN's bæredygtighedsmål
- Frivillig bæredygtighedsklasse (i støbeskeen)
- Fokus på Facility Management (FM) og Commissioning processer
- Kommunale indsatser for energibesparelse og reducere af CO2 (Ex. Aarhus kommune, Aa+)
- Let tilgængelige værktøjer for udførelse af totaløkonomiske beregninger (LCC byg, Totaløkonomi 4.0 (LBF), SystemairCAD LCC mv.)
- Europæisk udbudsdirektiv muliggør totaløkonomi som tildelingskriterium frem for laveste pris

JANUAR 2019

SIDE 8



Begrænsninger

- Anlægsbudgetter er ofte fastlagt inden der udføres totaløkonomiske vurderinger
- For offentlige byggerier kan korte investeringshorisonter og mere konservative kalkulationsrenter som rammevilkår hæmme totaløkonomisk rentable investeringer som er mere langsigtede
- Anlægs- og driftsbudgetter håndteres adskilt
- Der er ikke krav om at totaløkonomien skal diktere valg af løsninger i en byggesag, hvilket kan give anledning til at der udføre beregninger for beregningernes skyld
- Det kræver indsigt i metode og forudsætninger for inputparametre (trash in → trash out)

JANUAR 2019

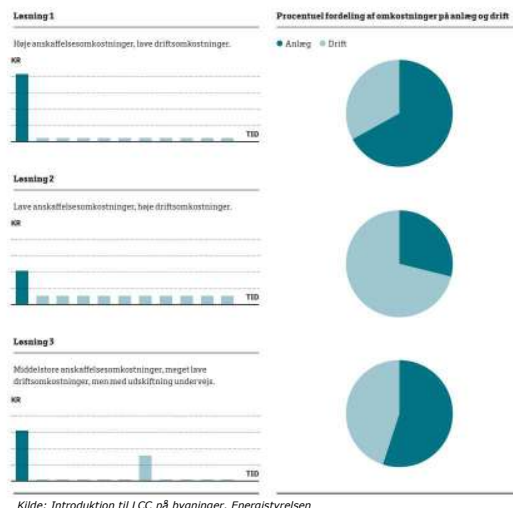
SIDE 9



Introduktion til Totaløkonomi

Introduktion til Totaløkonomi

- Totaløkonomi (Life Cycle Costing)
- Valg af løsninger ud fra en helhedsbetragtning
 - Anlægsomkostninger
 - Forsyning og drift
 - Vedligehold og genopretning
 - *Renhold*
- Sammenligning af alternative løsninger efter nutidsværdien



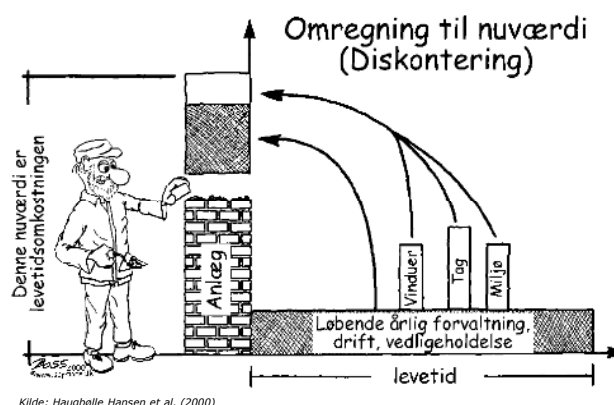
JANUAR 2019

SIDE 11



Introduktion til Totaløkonomi

- Nutidsværdi
 - Sammenligningsgrundlag
 - Tilbagediskontering af fremtidige pengestrømme
 - Fokus på omkostninger over tid



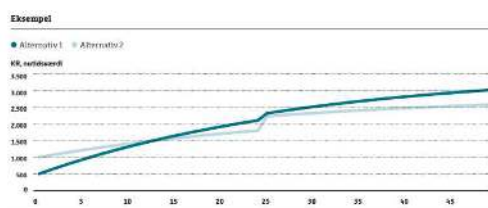
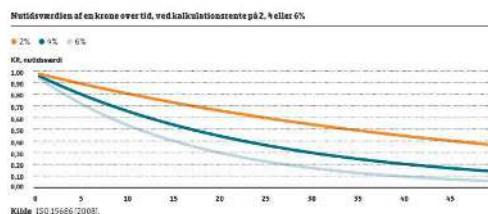
JANUAR 2019

SIDE 12



Introduktion til Totaløkonomi

- Nutidsværdi
 - Tilbagediskontering af fremtidige pengestrømme
 - Fokus på omkostninger over tid
- Afgørende faktorer
 - Kalkulationsrente (varierer)



JANUAR 2019

SIDE 13



Introduktion til Totaløkonomi

- Nutidsværdi
 - Tilbagediskontering af fremtidige pengestrømme
 - Fokus på omkostninger over tid
- Afgørende faktorer
 - Kalkulationsrente (varierer)
 - Prisudvikling og referencegrundlag
 - Levetidstabeller (SBI-rapport 2013:30)

Begreb	Kategori	Anbefaling
Kalkulationsperiode		50 år
Prisudvikling	Gennemsnit	> 0%
Prisudvikling – energi (real)	Fjernvarme	0,88%
	Gas	-0,89%
	Flydende biomasse	4,13%
	Fast biomasse	-0,34%
	El	1,59%
Prisudvikling – øvrige omkostninger (real)	Renovering	1,36%
	Vandforsyning	1,92%
	Vandafledningsafgift	5,24%
Prisudvikling – reparation og vedligeholdelse (real)	Reparation og vedligeholdelse	0,94%
Kalkulationsrente (real)	Offentlige bygninger	År 1 – 35: 4,0% År 36 – 70: 5,0% Lige år 70: 2,0%
	Gennemsnit	5,0%
Genopretningsprocent	Bygningsdel eller SBI-systemet	125%
Levetider	Bygningsdel eller SBI-systemet	SBI-rapport 2013:30
Kostplan	Hovedomkostningsgrupper	Anskaffelsesomkostninger Drift og vedligehold (st bygningsele) Forvaltning Energipris Bensol

Kilde: Introduktion til LCC på bygninger

JANUAR 2019

SIDE 14



Introduktion til Totaløkonomi

- Læs mere på www.trafikstyrelsen.dk



JANUAR 2019

SIDE 15



SystemairCAD LCC

Indledende overvejelser

- Behov for kvalificering af totaløkonomiske betragtninger og mere detaljerede evalueringer af anlæggets performance
 - Skærpede komponentkrav gennem den frivillig Bygningsklasse 2020
 - Lånebevillinger til kvalitetsfundsstøttede sygehusbyggerier ved opkvalificering til Bygningsklasse 2020.
 - Eksisterende metoder gør det vanskeligt at sammenlignede konkrete løsninger og variationer direkte
 - Sammenkobling af dimensioneringsværktøj, driftsprofiler og totaløkonomiske evalueringer



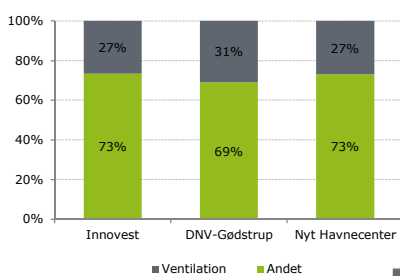
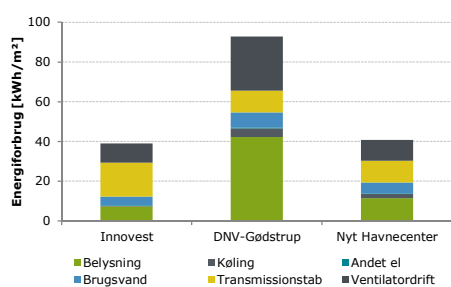
Indledende overvejelser

- Inputparametre til mekanisk ventilation i BE18 beregningen baseres på gennemsnitlige værdier
- Tidligere har der været en tendens til altid at anvende den maksimalt beregnet værdi i BE18 – giver ikke et retvisende billede af ventilationens energiforbrug
- Der er således brug for mere reelle værdier til vores energiberegninger, da stramninger i bygningsreglementet generelt har betydet at alle skal optimeres.
- Synergi effekt i at det beregnes i SystemairCAD, da det allerede bruges til design af aggregater.
- Mulighed for at se på forskellige designs af aggregat og sammenligning af varierende scenarier gennem en log baseret på totaløkonomiske beregninger



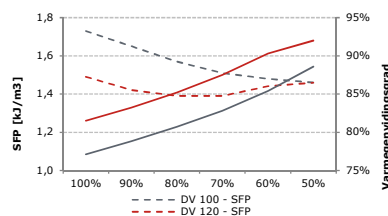
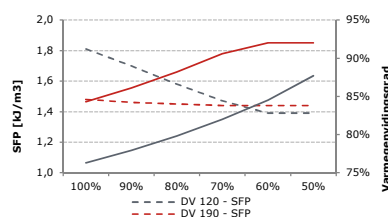
Andel af energiforbrug til ventilation

- Hvor stor en procentdel står ventilationen for i bygninger? Opdelt på nogle forskellige kategorier. Be10, Aktuell beregning (Lavenergiklasse 2015)
 - Havnecenter, Innovest, DNV-Gødstrup,
 - Udgør ca. 30 % af bygningsdriften (beregnet)
 - Elforbrug til ventilatordrift er dominerende
 - Køling

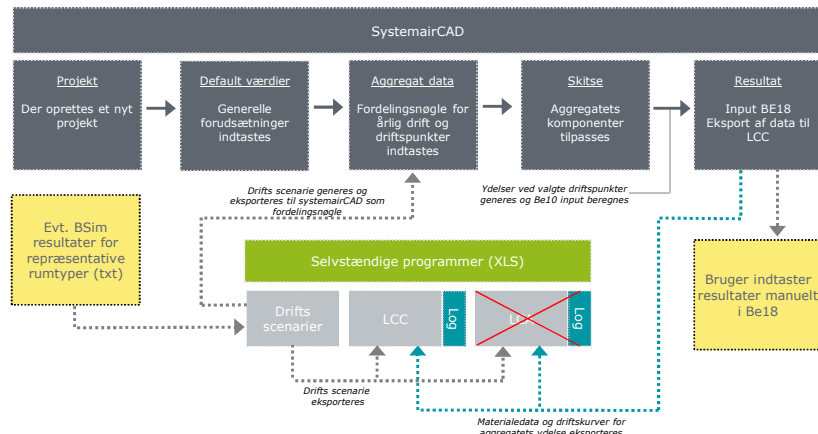


Indledende analyser – betydende faktorer

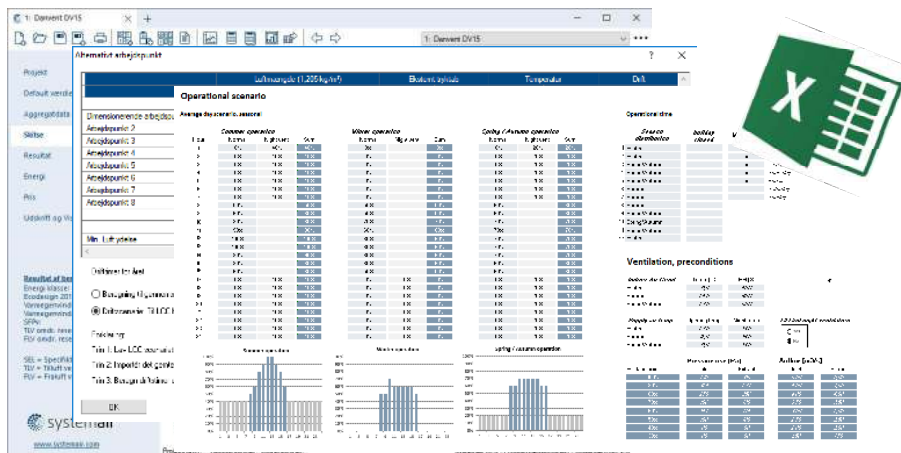
- Driftskurver for SEL og VGV er ikke retlinede
 - Stor betydning for korrekt beregning af gennemsnitligt årsværdier
- Udetemperaturens indvirkning på varmegenvindingsgraden og ikke mindst køle- og varmebehovet
- Driftsscenarioet for ventilationsaggregatet har stor betydning for totaløkonomien



Procesdiagram / arbejdsflow



Udvikling af SystemairCAD LCC



<https://www.youtube.com/watch?v=m-FxuvpVIZg&feature=youtu.be>



Udvikling af SystemairCAD LCC

- Vigtige funktioner
 - Totaløkonomiske vurdering efter kendte metoder (Nutidsværdi)
 - Investering, forsyning og drift og genopretning
 - Variable forudsætninger (Prisudvikling, kalkulationsrente, geninvestering mv.)
 - Mulighed for sammenligning af op til 4 forskellige scenarier
 - Giver et langt bedre grundlag for valg af løsning/strategi
 - Dokumentationsgrundlag for certificeringsordning mv.
 - Simpel opsætning af driftsscenarier
 - Manuel indtastning eller på baggrund af repræsentative indeklimasimuleringer
 - Dokumentation for vurderinger af årsmiddel værdier for VGV og SEL
 - →Mere retvisende input til energirammeberegninger (BE18)
 - Energioptimeringer under hensynstagen til økonomien

JANUAR 2019

SIDE 23

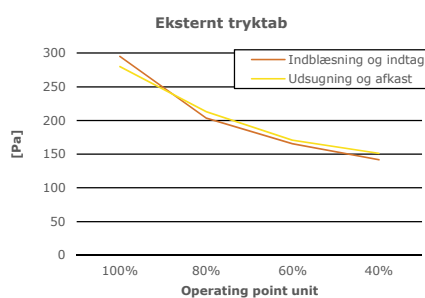
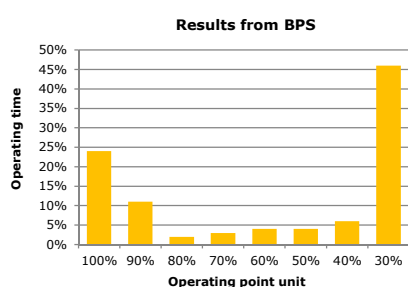


Anvendelse i praksis

Anvendelse i praksis

Hospital, sengeafsnit (Bygningsklasse 2020 efter BR10)

- SEL værdi $\leq 1,5$ kJ/m³ (dim. forhold) alternativt $\leq 1,8$ kJ/m³ (dim. forhold) hvis årsmiddel $\leq 1,2$ kJ/m³
- Fuld driftstid på 8760 timer
- BPS baseret på repræsentative beregninger for afsnittet
- Eksternt trykfall beregnet ved 40, 60, 80 & 100 % luftmængde i MagiCAD
- Totaløkonomisk vurdering af optimeret energiforbrug



JANUAR 2019

SIDE 25



Anvendelse i praksis

Hospital, sengeafsnit

- Reduceret SEL-værdi ved større aggregat
- Optimering af SEL-værdi ved optimering af komponenter i flere steps

Optimizing of equipment

Component name	Q (m³/s)	Pressure drop (Pa)	Energy use (kWh)	Max. air velocity (m/s)	Min. noise (dB)
20000-20120	1.24	2950	4	2.94E22	183.42
20000-40180	1.2	2950	4	2.94E22	183.42
20000-20120	1.27	2950	4	2.94E22	183.42
20000-40180	1.2	2950	4	2.94E22	183.42
20000-20120	1.22	2950	4	2.94E22	183.42
20000-40180	1	2950	4	2.94E22	183.42
20000-20120	1.22	2950	4	2.94E22	183.42
20000-40180	1.14	2950	4	2.94E22	183.42
20000-20120	1.22	2950	4	2.94E22	183.42

JANUAR 2019

SIDE 26



Anvendelse i praksis

Overview LCC		LCC Calc. 01	LCC Calc. 02	LCC Calc. 03	LCC Calc. 04
Investments, Present values					
Purchase	kr	325.000	406.000	423.000	412.000
Operational costs	kr	2.286.590	2.046.789	2.124.735	1.977.207
Maintenance	kr	-	-	-	-
Total	kr	2.611.590	2.452.789	2.547.735	2.389.207
Operational costs, year one					
Fan power	kr	93.291	83.293	86.740	79.559
Cooling Coil	kr	4.163	4.120	4.120	4.120
Heating Coil, district heating	kr	759	500	401	1.245
Heating Coil, electrical	kr	-	-	-	-
Integrated Cooling	kr	-	-	-	-
Humidifier	kr	-	-	-	-
Sum of other component	kr	-	-	-	-
Total	kr	98.212	87.913	91.260	84.924
Maintenance, year one					
	kr	-	-	-	-
Life expectancy and operation					
Life expectancy (Average)	Years	0	0	-	-
Annual operation	Hours	8760	8760	8.760	8.760
Main expense categories					
	x 1.000				
Maintenance kr		0	0	0	0
Operational costs kr		2.287	2.047	2.125	1.977
Purchase kr		325	406	423	412
		1	2	3	4

JANUAR 2019

SIDE 27



Anvendelse i praksis

Operational scenario					
General information					
Total airflow pr. unit	m ³ /h	21600	21600	21600	21600
Cooling recovery		No	No	No	No
CI Coil night ventilation		No	No	No	No
Difference inlet/extract	%	0%	0%	0%	0%
Daytime vent. average					
Summer	%	91%	91%	91%	91%
Winter	%	43%	43%	43%	43%
Spring/Autumn	%	71%	71%	71%	71%
Night vent. average					
Summer	%	76%	76%	76%	76%
Winter	%	0%	-	-	-
Spring/Autumn	%	51%	51%	51%	51%
Operating time					
Operating hours pr. year	Hours	8760	8760	8760	8760
Weekdays		-	-	-	-
Weeks of holiday closed		-	-	-	-
Yearly distribution in relation to the working point					
100%		24%	24%	24%	24%
90%		11%	11%	11%	11%
80%		2%	2%	2%	2%
70%		3%	3%	3%	3%
60%		4%	4%	4%	4%
50%		4%	4%	4%	4%
40%		6%	6%	6%	6%
30%		46%	46%	46%	46%

JANUAR 2019


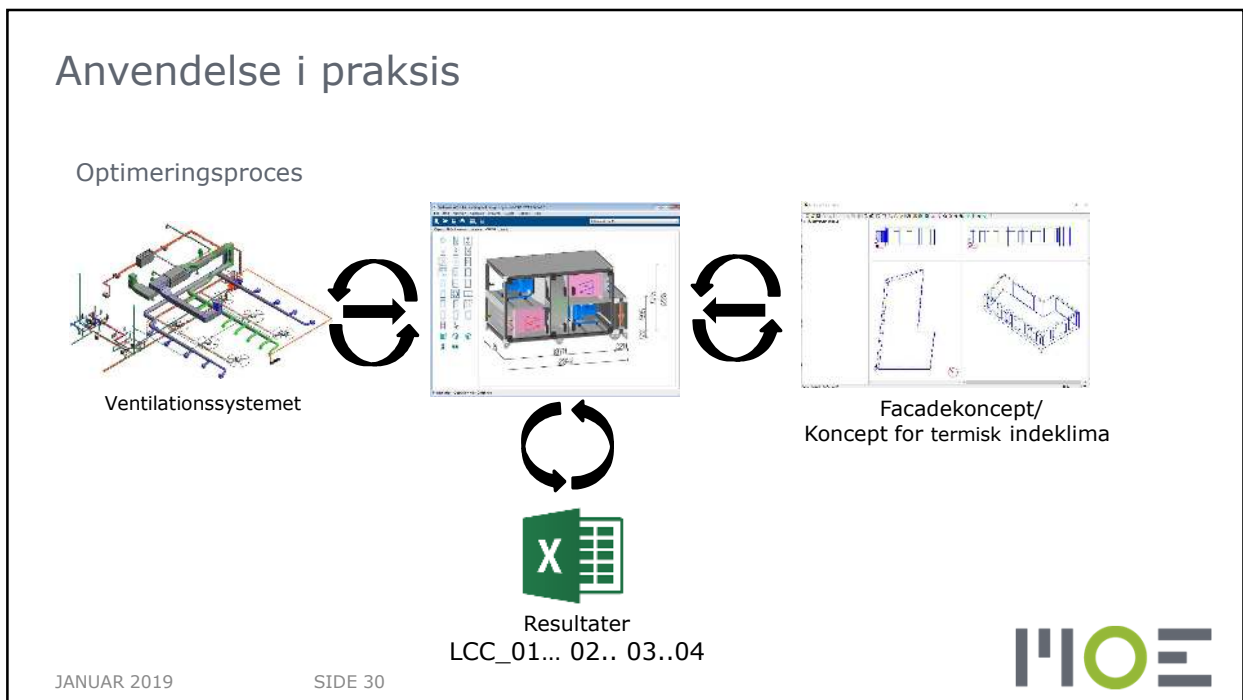
SIDE 28



Anvende

Operative conditions					
Indoor air temperature					
Winter	°C	22,0	22,0	22,0	22,0
Summer	°C	22,0	22,0	22,0	22,0
Spring/Autumn	°C	22,0	22,0	22,0	22,0
Supply air temperature					
Winter	°C	22,0	22,0	22,0	22,0
Summer	°C	18,0	18,0	18,0	18,0
Spring/Autumn	°C	21,0	21,0	21,0	21,0
External pressure drop					
<i>Working point</i>					
100%	Pa	315 / 315	315 / 315	315 / 315	315 / 315
90%	Pa	324 / 324	324 / 324	324 / 324	324 / 324
80%	Pa	256 / 256	256 / 256	256 / 256	256 / 256
70%	Pa	196 / 196	196 / 196	196 / 196	196 / 196
60%	Pa	144 / 144	144 / 144	144 / 144	144 / 144
50%	Pa	100 / 100	100 / 100	110 / 110	110 / 110
40%	Pa	85 / 85	85 / 85	85 / 85	85 / 85
30%	Pa	80 / 80	80 / 80	80 / 80	80 / 80
SFP values					
<i>Average SFP value</i>					
	kJ/m ³	1,78	1,61	1,25	1,15
<i>Working point</i>					
100%	kJ/m ³	2,19	1,93	1,78	1,64
90%	kJ/m ³	2,08	1,87	1,77	1,63
80%	kJ/m ³	1,80	1,59	1,50	1,37
70%	kJ/m ³	1,54	1,39	1,27	1,15
60%	kJ/m ³	1,29	1,18	1,06	0,96
50%	kJ/m ³	1,03	0,98	0,93	0,85
40%	kJ/m ³	0,88	0,95	0,85	0,78
30%	kJ/m ³	0,82	1,06	0,88	0,81
Heat recovery					
<i>Average heat recovery</i>					
	%	81%	82%	83%	80%
<i>Working point</i>					
100%	%	75%	79%	81%	75%
90%	%	75%	79%	81%	75%
80%	%	78%	81%	82%	77%
70%	%	79%	82%	84%	79%
60%	%	81%	83%	85%	81%
50%	%	83%	85%	85%	83%
40%	%	85%	85%	85%	83%
30%	%	85%	85%	85%	83%

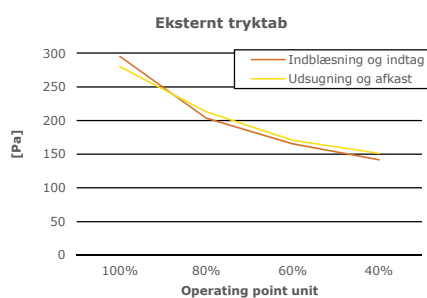
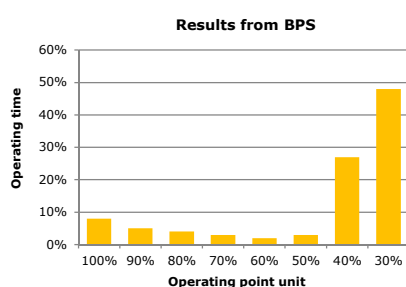
JANUAR 2019 SIDE 29

Anvendelse i praksis

Kontordomicil

- Normal driftstid (08-17) inkl. natventilation i kølesæsonen
- BPS baseret på repræsentative beregninger for afsnittet
- Eksternt trykfald beregnet ved 40, 60, 80 & 100 % luftmængde i MagiCAD



JANUAR 2019

SIDE 31



Opsummering

Udfordringer

- Beslutninger på baggrund af totaløkonomiske beregninger bør udføres tildigt i processen hvor detaljeringsgraden er lave
- Outputtet er ikke mere valid end inputtet!

Fordele

- Lettilgængelige værktøjer for energioptimering og totaløkonomiske vurderinger
- Optimeringer gennem totaløkonomiske beregninger kan skabe synergi mellem anlægs- og driftsøkonomi
- Øget udbredelse i branchen giver større viden omkring anvendelsen i praksis

JANUAR 2019

SIDE 32



Spørgsmål



JANUAR 2019

SIDE 33



Nyttig information

Introduktion til LCC på bygninger

http://www.trafikstyrelsen.dk/~media/Dokumenter/09%20Byggeri/Baredygtigt%20byggeri/TBST-2016-02-Introduktion_LCC.pdf

Totaløkonomi i støttet byggeri

<http://www.trafikstyrelsen.dk/DA/Bolig/Bolig/Almene-boliger/Etablering-renovering-og-nedrivning-af-almene-boliger/Etablering-af-almene-boliger/Totalokonomi-i-stottet-byggeri.aspx>

Vejledning for Bygningsstyrelsens arbejde med totaløkonomi i statsbyggesager

<https://www.bygst.dk/media/501810/Vejledning-arbejde-med-totaloekonomi-i-statsbyg.pdf>

SystemairCAD LCC

JANUAR 2019

SIDE 34



DESIGN GUIDE TIL DIFFUS LOFTSINDBLÆSNING

PER HEISELBERG
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

COOLING IN OFFICES AND EDUCATIONAL BUILDINGS

THE CURRENT DEVELOPMENT TOWARDS NEARLY-ZERO ENERGY BUILDINGS HAVE LEAD TO AN INCREASED NEED FOR COOLING – NOT ONLY IN SUMMER BUT ALL YEAR.

THERE IS A LARGE FOCUS ON REDUCING HEATING NEED. THERE IS ALSO A NEED TO ADDRESS THE COOLING NEED AND TO DEVELOP MORE ENERGY-EFFICIENT COOLING SOLUTIONS

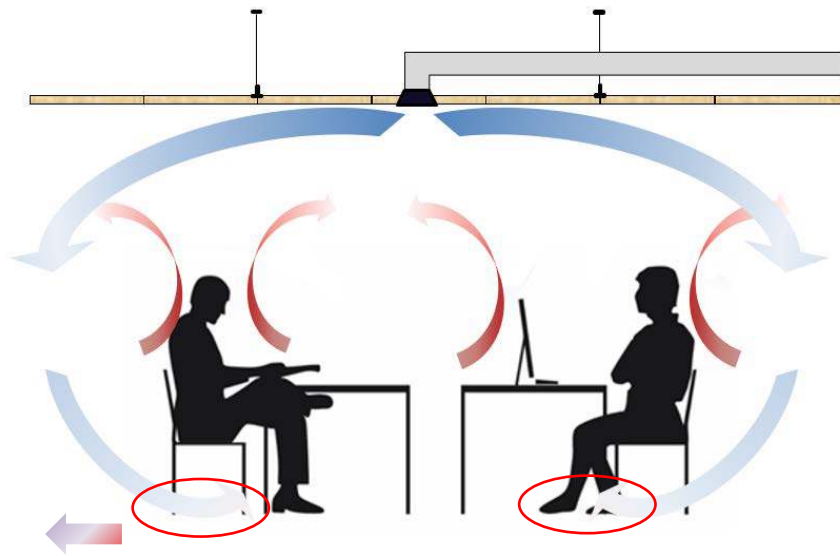
COOLING IS NOT A NEW TECHNOLOGY, BUT THE NEED FOR COOLING IS INCREASING AND MORE EFFICIENT SYSTEMS HAVE TO BE DEVELOPED TO FULFILL FUTURE ENERGY REQUIREMENTS

APPLICATION OF THE FREE COOLING POTENTIAL OF OUTDOOR AIR IS WIDELY USED IN MECHANICAL VENTILATION SYSTEMS, BUT HIGH AIR FLOW RATES ARE NEEDED BECAUSE OF DRAUGHT RISK LEADING TO RELATIVELY HIGH ENERGY USE FOR AIR TRANSPORT

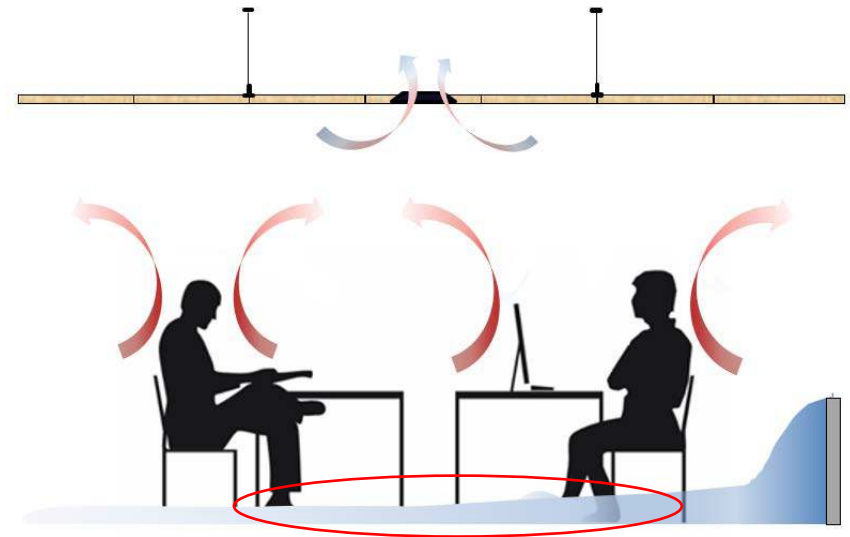
NATURAL VENTILATION IS OFTEN NOT USED IN THE COLD SEASON DUE TO RISK OF DRAUGHT FROM COLD AIR



CHALLENGES OCCUR BY USING CONVENTIONAL VENTILATION SYSTEMS



Mixing ventilation



Displacement ventilation



DIFFUSE CEILING VENTILATION



Thermal comfort



Energy saving



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
AALBORG UNIVERSITY

WHAT DOES BUOYANCY CONTROL MEAN?

AIR FLOW CONDITIONS, DRAUGHT RISK AND INDOOR AIR QUALITY ARE DETERMINED BY:

- CONVECTIVE FLOWS FROM HEAT SOURCES

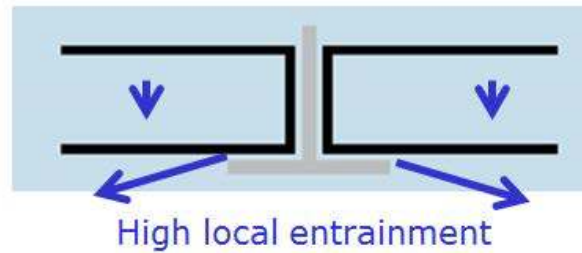
DETERMINING PARAMETERS:

- HEAT LOAD
- HEAT SOURCE TYPE
- HEAT SOURCE STRENGTH
- HEAT SOURCE LOCATION
- HEAT/(COLD) SOURCE INTERACTION
- ROOM GEOMETRY, ESPECIALLY ROOM HEIGHT

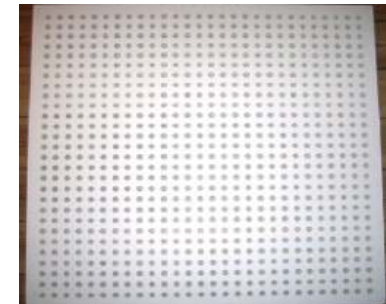
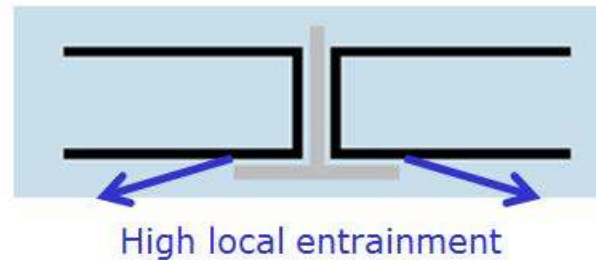


THE "DIFFUSION" PRINCIPLE

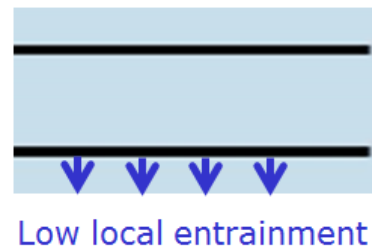
Rockfon / Troldekt ceiling



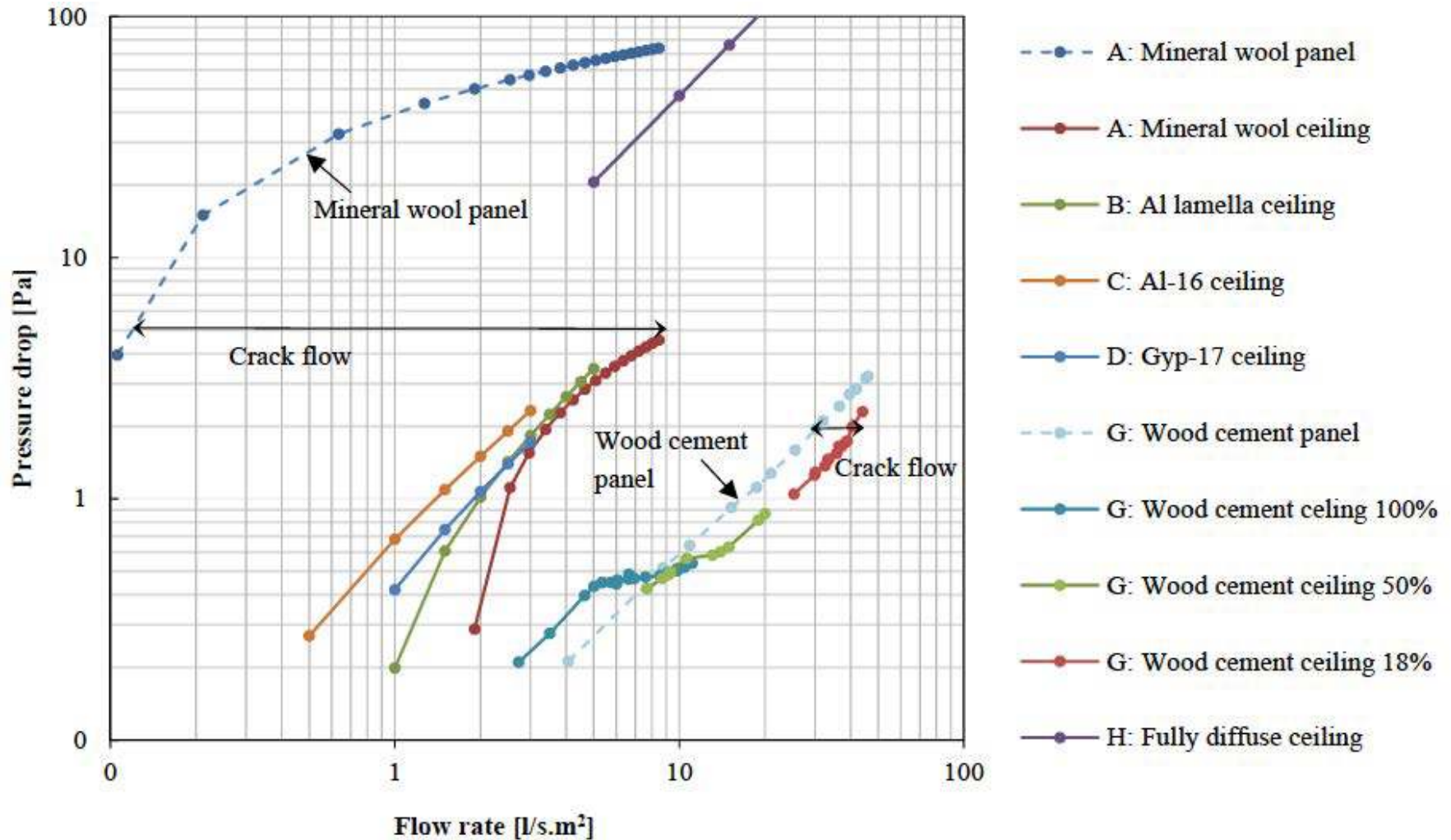
Ecophon ceiling



Fully diffuse ceiling



TYPICAL PRESSURE LOSS FOR DIFFUSE CEILING

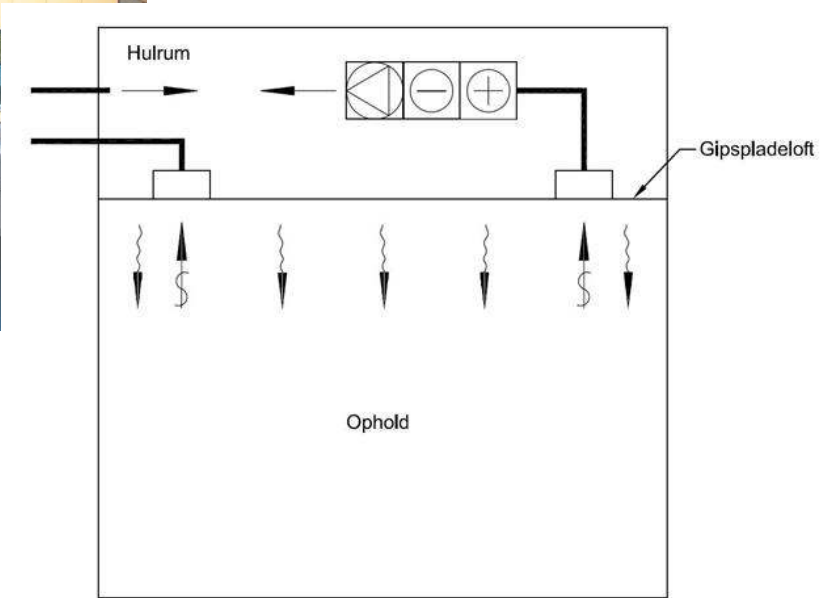


WIDEX/ WESSBERG A/ S



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
AALBORG UNIVERSITY

WIDEX/ WESSBERG A/ S

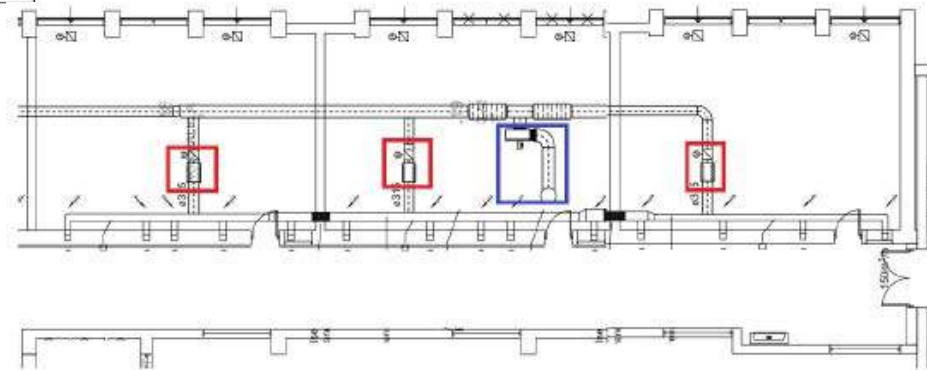
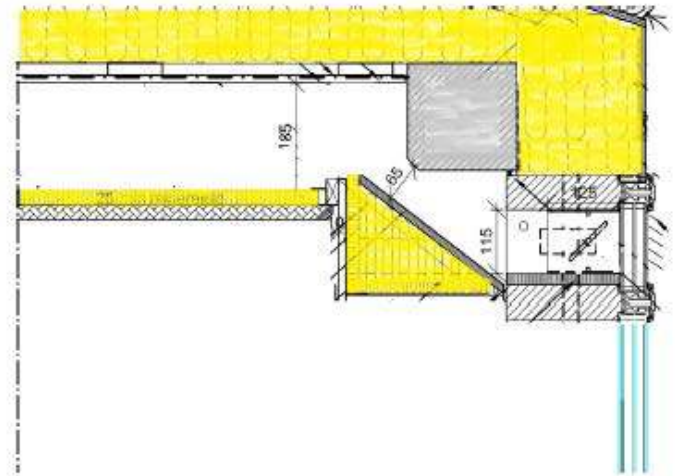
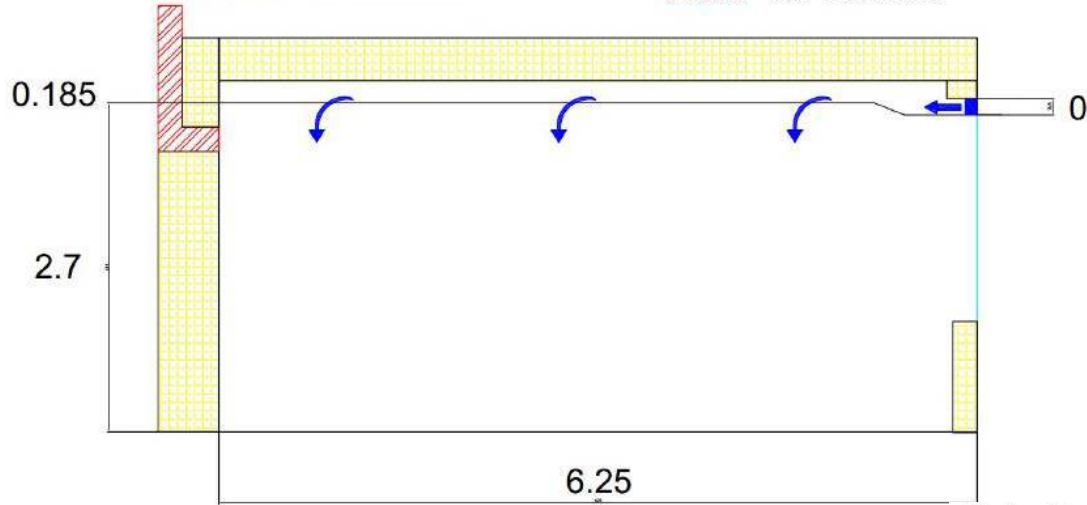


SOLBJERGSKOLEN SOUTHWEST OF ÅRHUS



SYSTEM PRINCIPLE

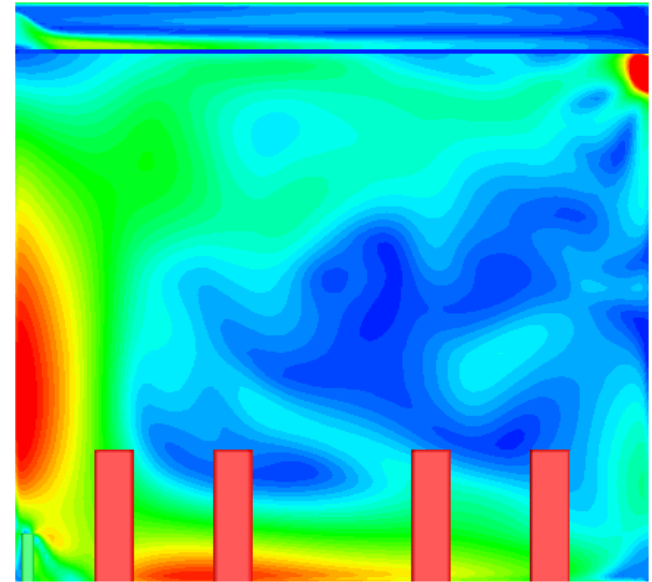
- Window
- Insulation
- Air Intake
- Air Exhaust



OBJECTIVE

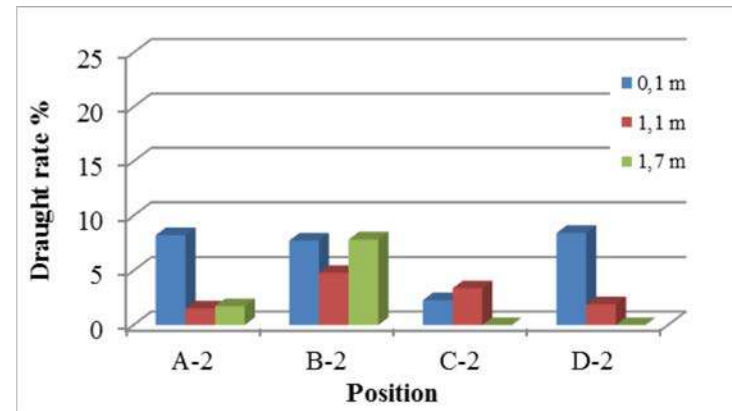
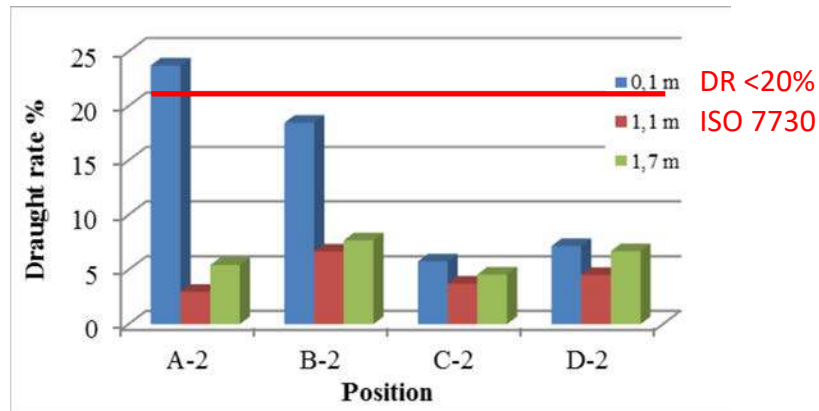
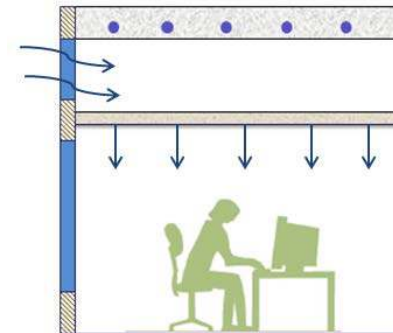
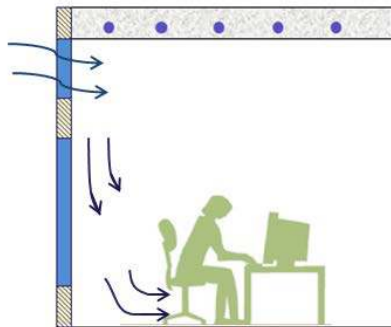
SYSTEMATIC INVESTIGATION OF

- Diffuse ceiling performance
- Typical application limits
- Influence of key design parameters
- Influence of differences in daily use

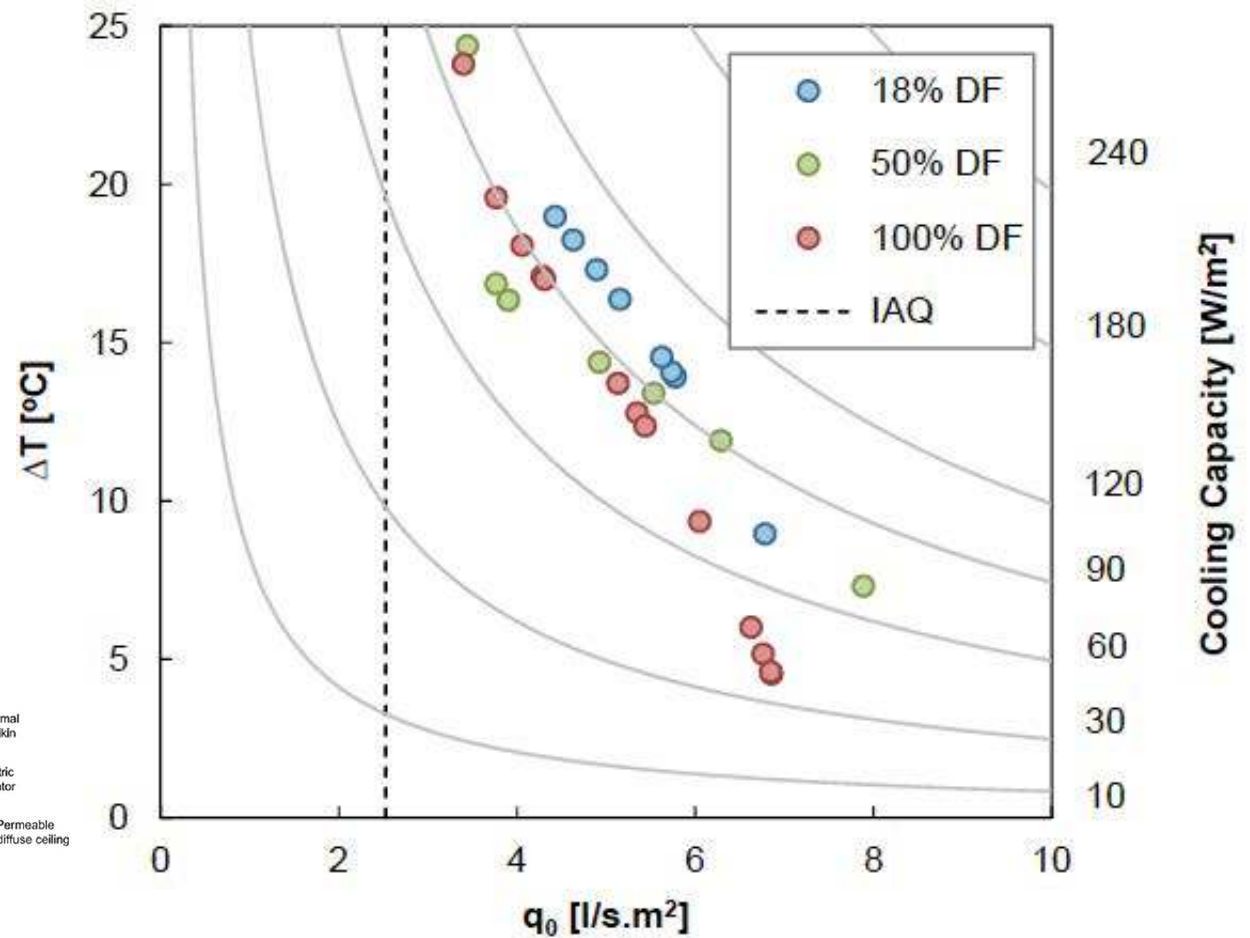
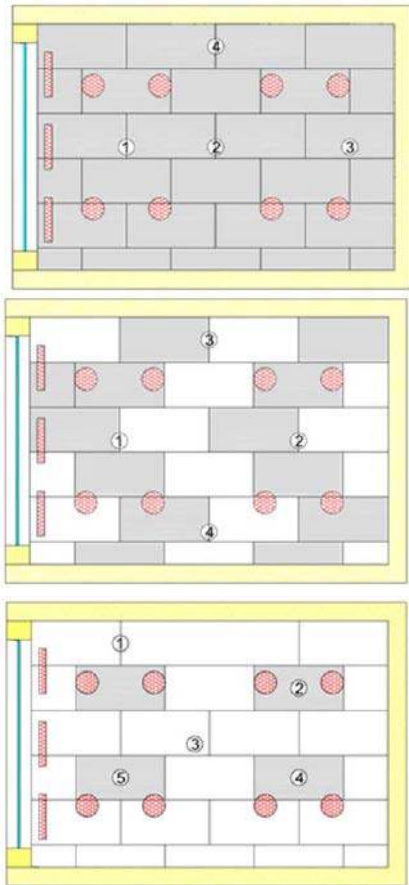


DRAUGHT RISK

Extreme winter/cooling condition: supply air temperature $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$, ACH = 4

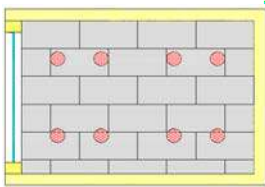


DESIGN CHART

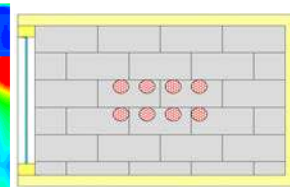
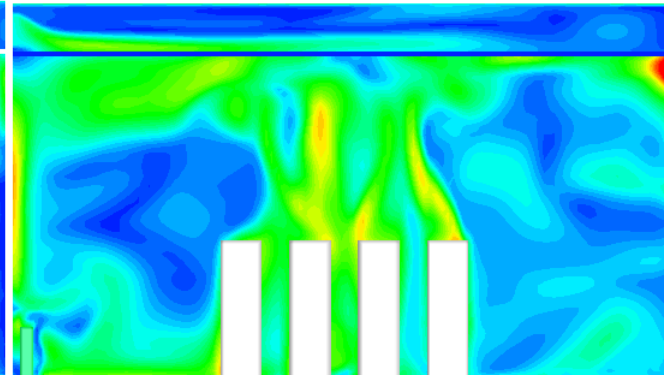
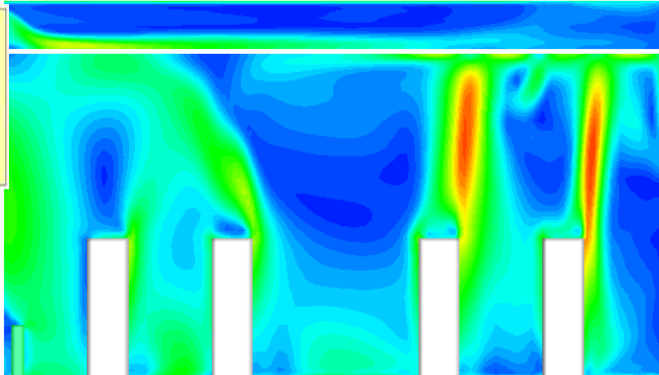


VELOCITY DISTRIBUTION -HEAT LOAD LOCATION

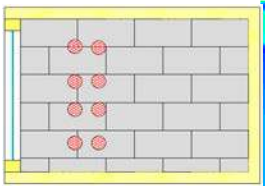
100% DF, ACH = 4 h⁻¹
T_{in} = 15.5 °C
Q = 40 W/m²



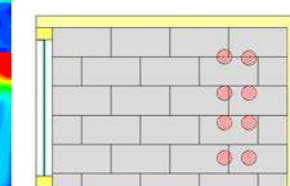
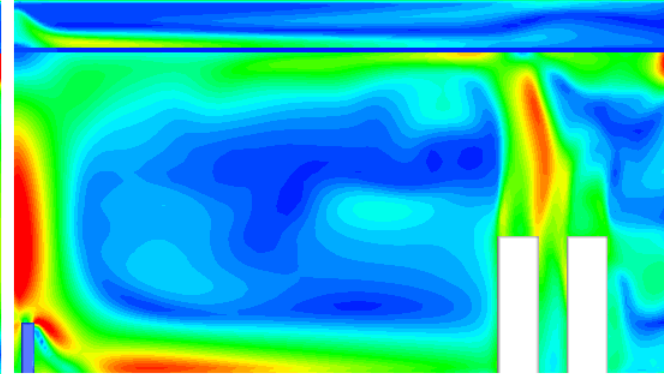
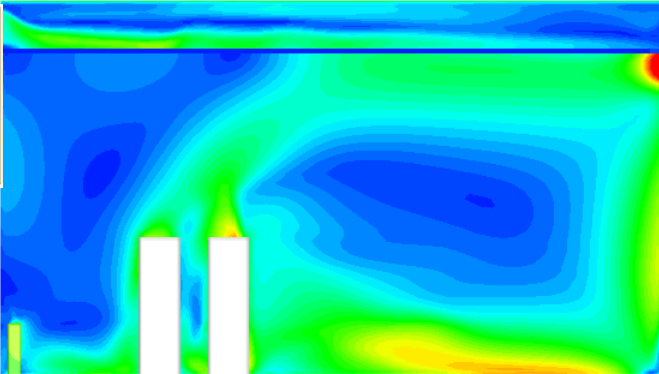
DR_{max} = 13 %



DR_{max} = 18 %



DR_{max} = 15 %



DR_{max} = 20 %



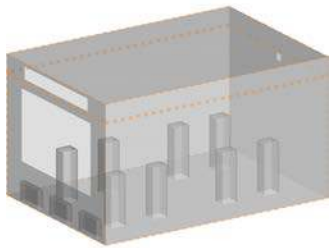
Velocity Magnitude: 0.00 0.03 0.06 0.09 0.12 0.16 0.19 0.22 0.25 0.28



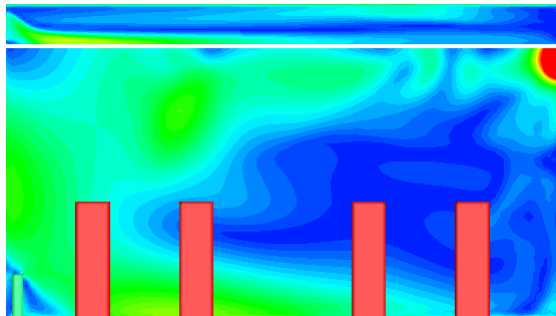
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
AALBORG UNIVERSITY

VELOCITY DISTRIBUTION - ROOM HEIGHT

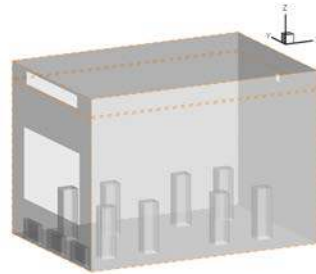
100% DF, ACH = 4 h⁻¹
T_{in} = 15.5 °C
Q = 40 W/m²



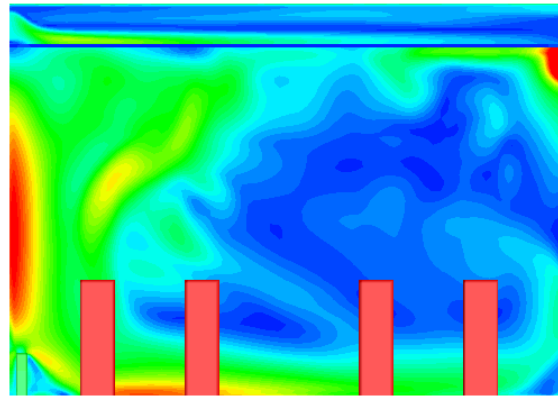
DR_{max} = 13 %



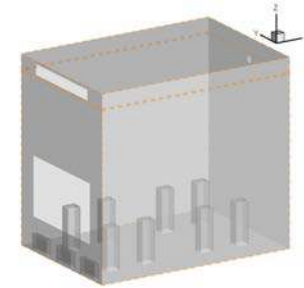
2.335 m



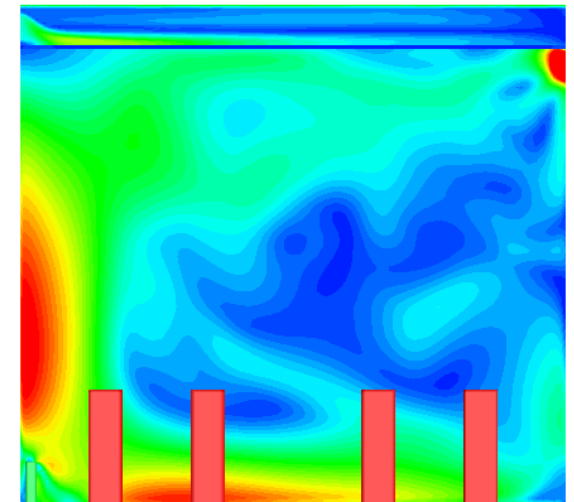
DR_{max} = 16 %



3.0 m



DR_{max} = 19 %



4.0 m



Velocity Magnitude: 0.00 0.03 0.06 0.09 0.12 0.16 0.19 0.22 0.25 0.28



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
AALBORG UNIVERSITY

CONCLUSION

Low draught risk in the occupied zone even when supplying air at temperatures below 0C°. Air distribution and draught risk dependent on:

- Heat load (type, location, strength)
- Room Geometry (ceiling height)
- Ceiling configuration (supply area and location (in relation to heat source))

Very low vertical temperature gradient in the room

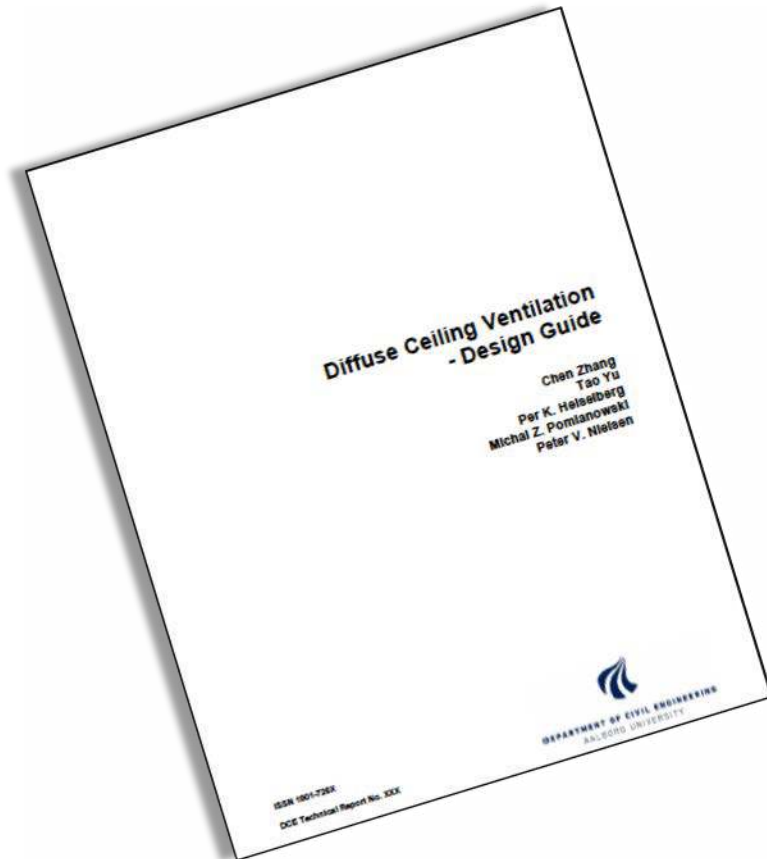
Low radiant temperature asymmetry (no clear radiation cooling potential of the diffuse ceiling type tested, due to low heat conductivity)

Very low pressure drop (less than 5 Pa)

Low plenum height (minimum 20 cm) needed to ensure even air distribution at normal room sizes



DESIGN GUIDE DIFFUSE CEILING VENTILATION



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
AALBORG UNIVERSITY



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Boligventilation

Bolig 2020

Rasmus Lund Jensen

Lektor

Aalborg Universitet

Bolig 2020 – et hus der er til at bo i

- Formål:

- Vise at 2020 energikrav kan opfyldes ved få ændringer til et typehus
- Fokus på termisk indeklima – der må ikke være for varmt om sommeren
- ---
- Fokus på luftkvalitet og intelligent brug af luften



Bolig 2020



Hvad måler vi

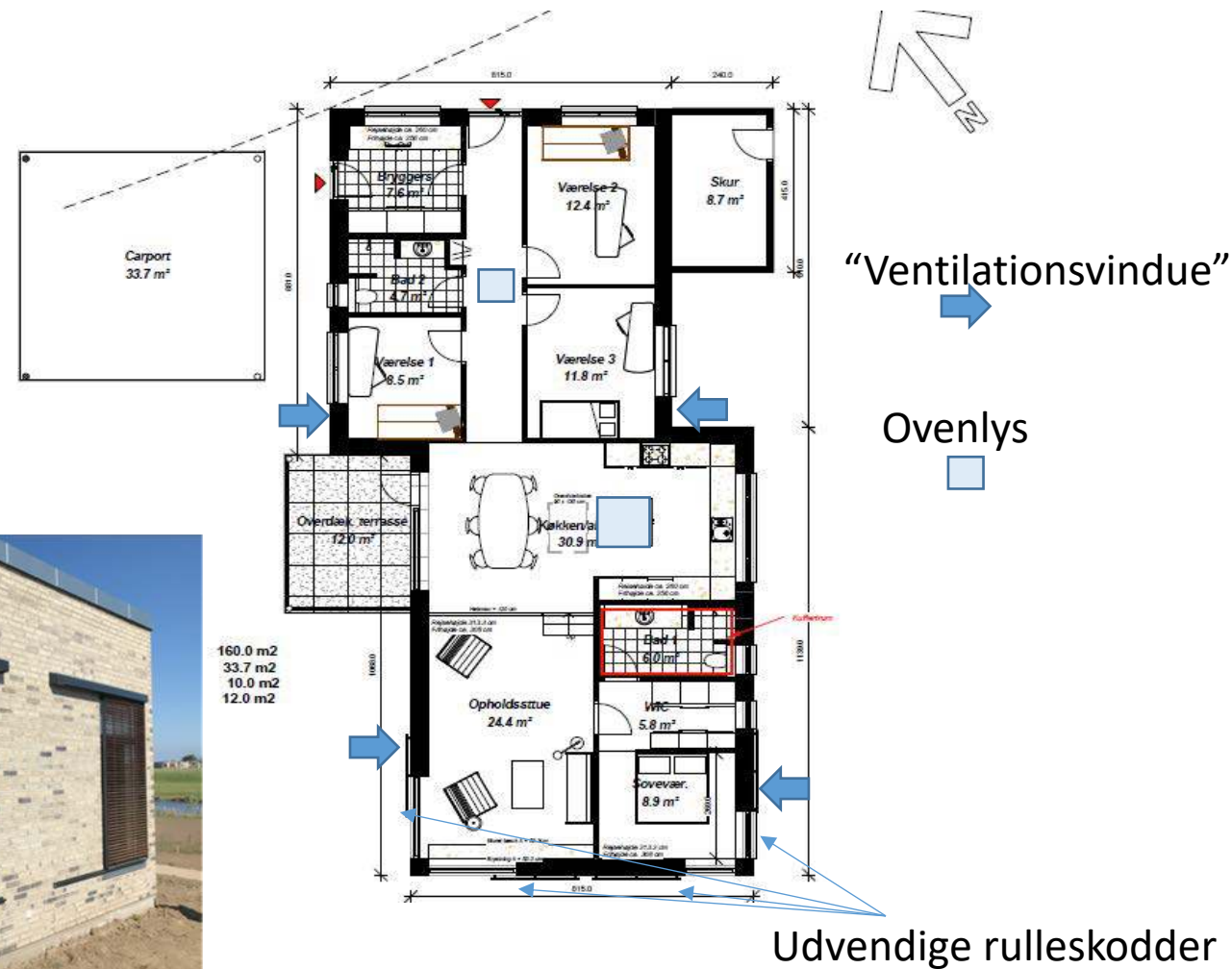
- Indeklima
 - Temperatur, luftfugtighed & CO₂ på rum niveau
- Energi
 - Opvarmning, Kompaktanlæg (Nilan), Hårdehvidevare (individuel), el til regulering, øvrigt el
- Ventilation
 - Indblæsnings og udsugningsluftmængder og temperaturer
 - Registrerer spjæld positioner
- Solafskærmning
 - Aktivering (manuel og automatisk)
- Naturlig ventilation
 - Åbning af vinduer, ventilationsskodder og ovenlys (manuel og automatisk)



Termisk indeklima

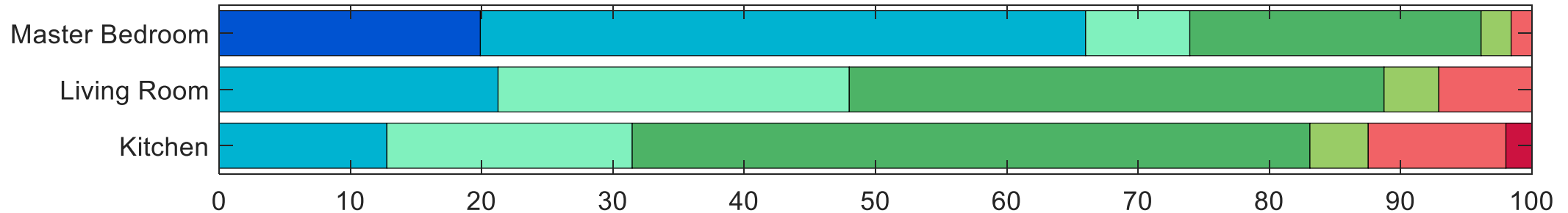
– der må ikke være for varmt om sommeren

- Udvendig solafskærmning
- Naturlig ventilation der kan bruges 24/7
- Åbningsarealer er bestem på baggrund af (mange) dynamiske årssimuleringer

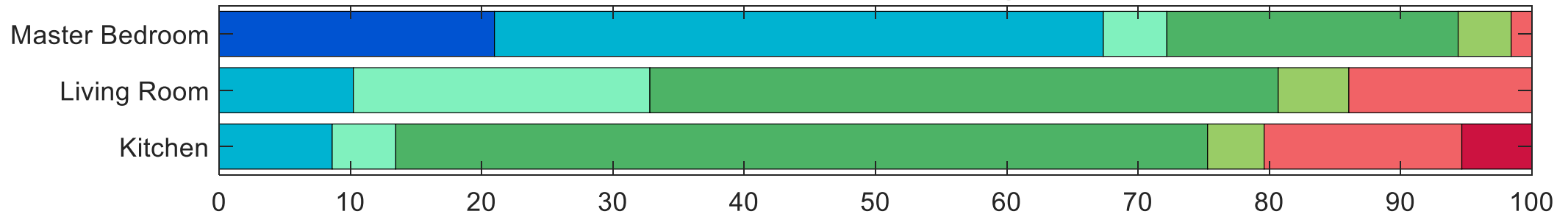


Temperatur, August 2018

Time distribution in thermal comfort categories - 24 H

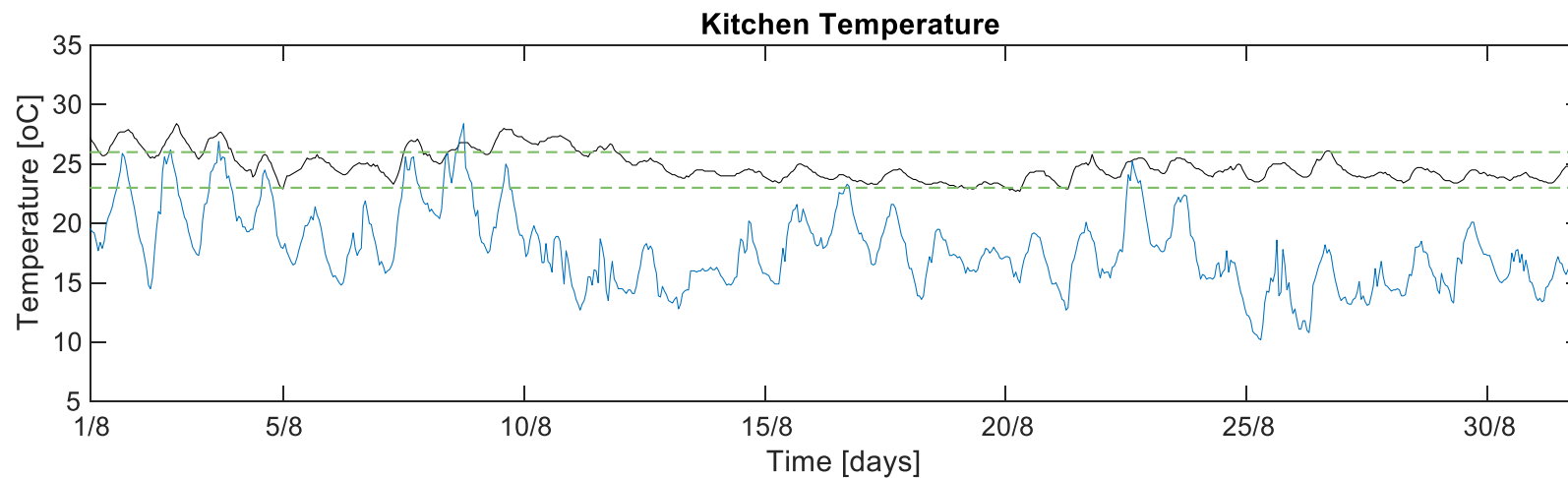
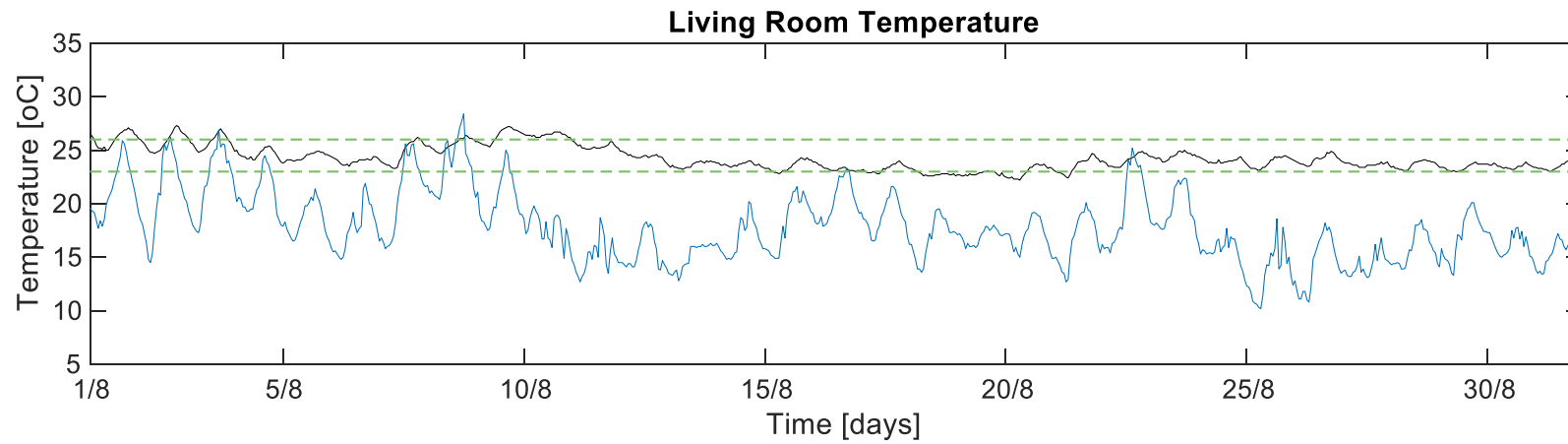


Time distribution in thermal comfort categories - Occupied Time



Cat IV - $t < 22^{\circ}\text{C}$
 Cat III- $22 < t < 23^{\circ}\text{C}$
 Cat II- $23 < t < 23.5^{\circ}\text{C}$
 Cat I $23.5 < t < 25.5^{\circ}\text{C}$
 Cat II+ $25.5 < t < 26^{\circ}\text{C}$
 Cat III+ $26 < t < 27^{\circ}\text{C}$
 Cat IV+ $27^{\circ}\text{C} < t$

Temperatur, August 2018



— Measured temperature — Outside temperature - - - Desired Range

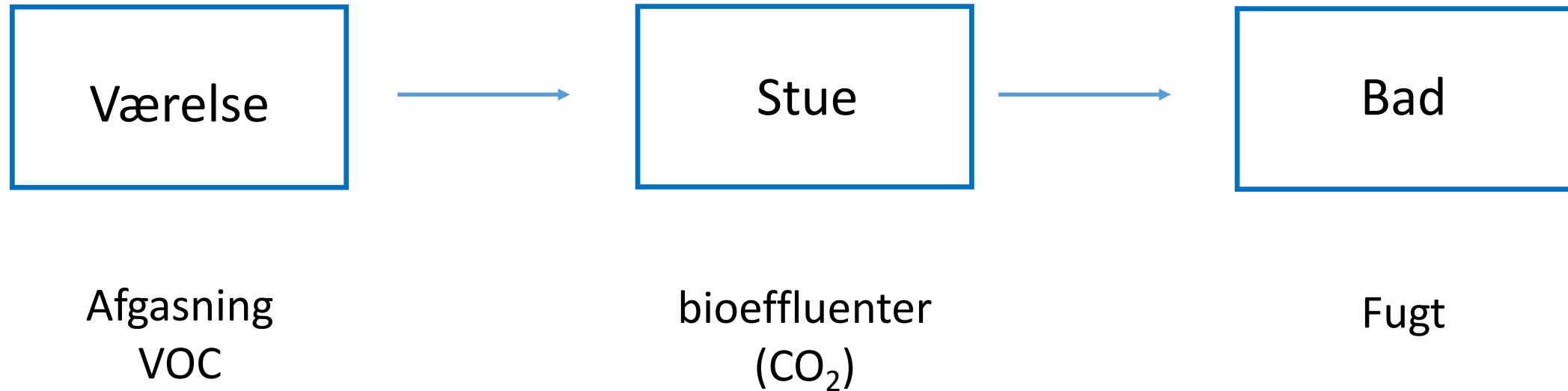
Luftkvalitet

- Intelligent brug af luften

- Hvad har vi fokus på?
 - CO₂ og luftfugtighed
 - Afgasning og partikler er ikke målt, men håndteres (forhåbenligt) ved et minimumsluftskifte
- Hvad er intelligent brug af luften?
 - Luft overføring fra mindre til mere forurenede rum
 - Flytte luften til de rum og tidspunkter hvor der er behov

Luft overføring fra mindre til mere forurenede rum

- luften kan bruges tre gange

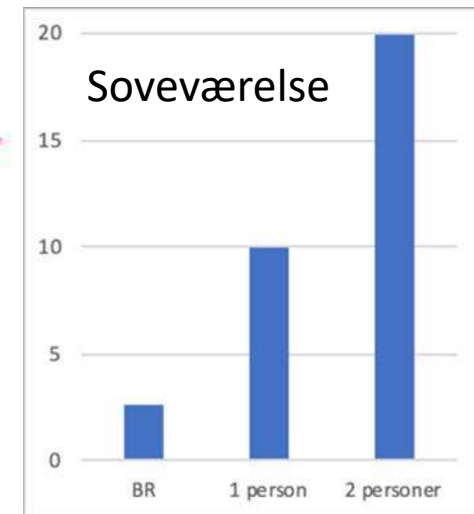
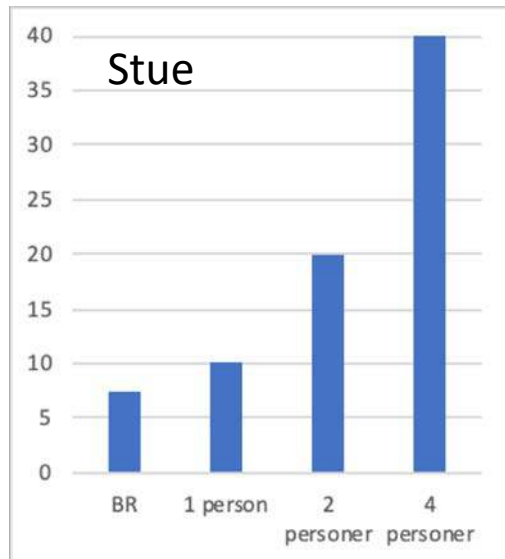
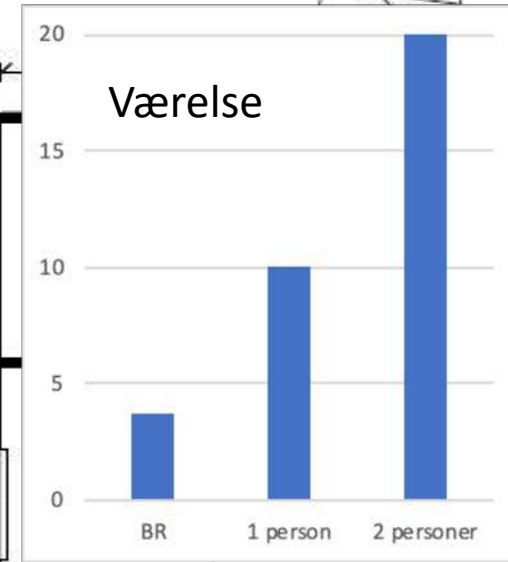
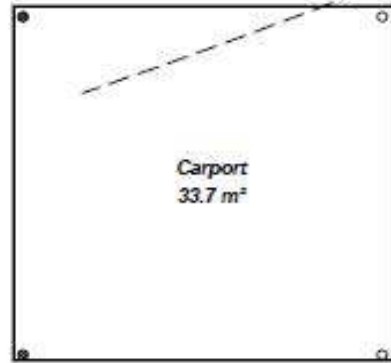


Flytte luften til de rum og tidspunkter hvor der er behov

- Udgangspunkt: 0,3 l/s m² i hele boligen hele tiden
- Vi vil gerne fordele den samme mængde luft til de rum og på de tidspunkter hvor der er behov
- Minimumsluftskifte på 0,15 l/s m² – i gennemsnit (over en periode)
0,3 l/s m²

Luftbehov

- 160 m²
- 48 l/s m²



Ventilationssystem

- Indblæsningsspjæld: 100% / 30% åben
- Ventilatorer: 4 trin / trinløs regulering

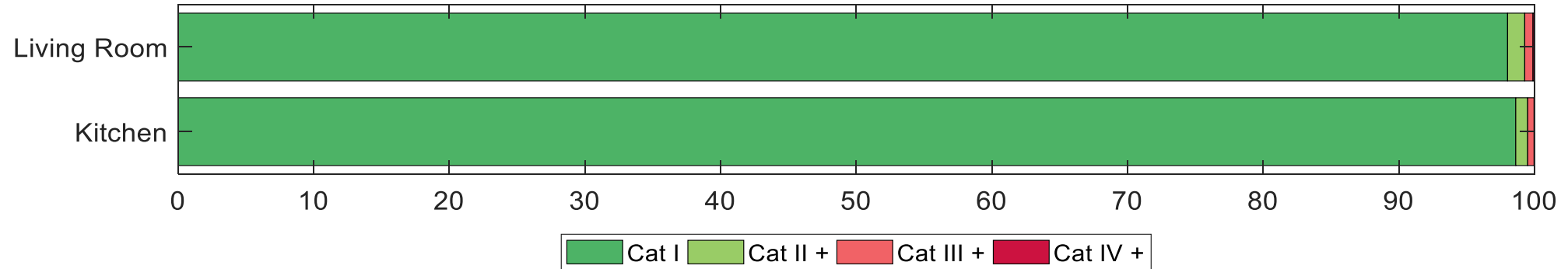
- Hus tomt: Alle spjæld åbne, 0,15 l/s m²
- Behov i stuen: Spjæld lukker i alle andre rum
- Behov i stuen: Ventilation øges (fx 0,4 l/s m²)
- Behov i værelse: Spjæld åbner
- Behov i værelse: Ventilation øges (fx 0,5 l/s m²)



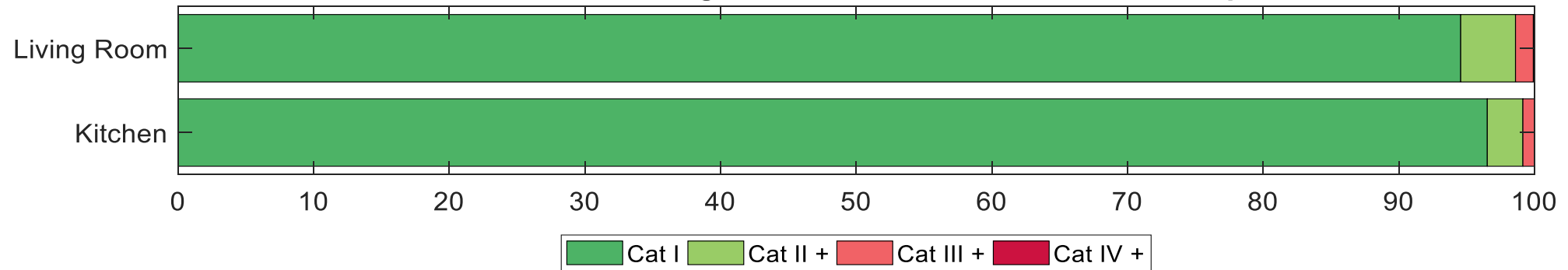
Luftkvalitet (CO₂)

16 juni til 15 november

Time distribution in categories for CO₂ concentration - 24 H

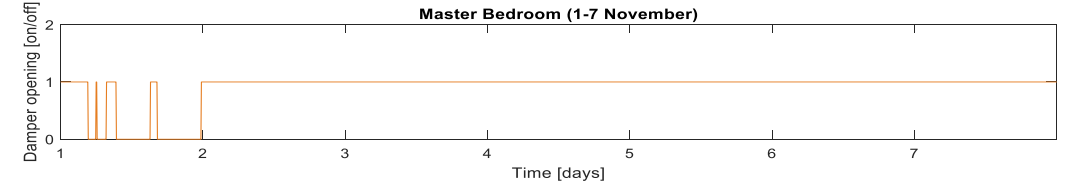
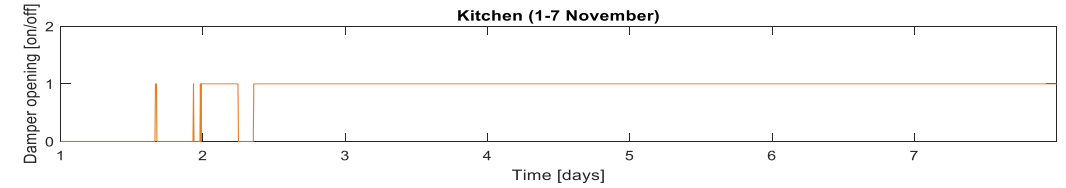
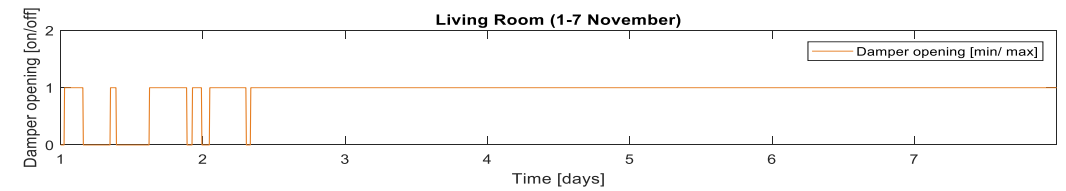
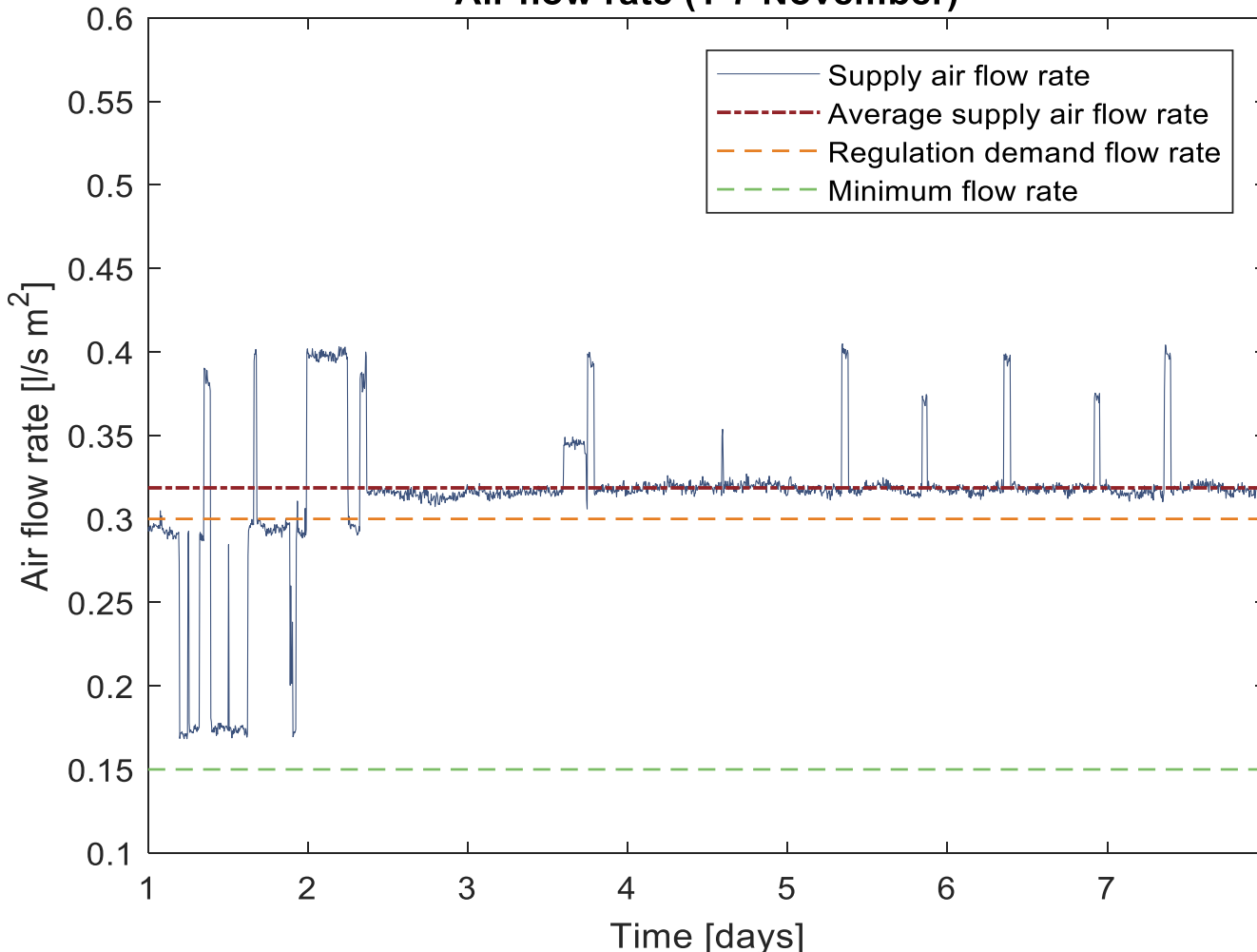


Time distribution in categories for CO₂ concentration - Occupied Time



Indblæsning Udsugning

Air flow rate (1-7 November)



Inlet and outlet air temperature (1-7 November)

