Lykkebo skole

Et decentralt og bygningsindpasset ventilationsdemonstrationsprojekt

Midtvejsevaluering, udkast til slutrapport
August 2017

Indholdsfortegnelse

1. FORMÅLET 3

2. GENNEMGANG AF KLASSEVÆRELSET 5

3. PRINCIPDIAGRAM FOR VENTILATIONSANLÆGGETS KOMPONENTER 9

4. ARKITEKTTEGNING AF LØSNINGEN 10

5. VENTILATIONSSTRATEGIERNE 11

VENTILATIONEN FØR INSTALLATION AF VENTILATIONSANLÆGGET 11
VENTILATIONEN I PERIODEN 1/2 2017 TIL 31/5 2017 11

6. ACTIVE HOUSE ANALYSE 12

CO_2 NIVEAUET 12
CO_2 NIVEAUET I FEBRUAR 2016 OG 2017 13
VURDERING AF VÆRDIEN AF DET FORBEDREDE INDEKLIMA FOR FEBRUAR MÅNED 20
CO_2 NIVEAUET I MARTS MÅNED 2016 OG 2017 22
VURDERING AF VÆRDIEN AF DET FORBEDREDE INDEKLIMA FOR MARTS MÅNED 30
CO_2 NIVEAUET I APRIL MÅNED 2016 OG 2017 32
VURDERING AF VÆRDIEN AF DET FORBEDREDE INDEKLIMA FOR APRIL MÅNED 38
CO_2 NIVEAUET I MAJ MÅNED 2016 OG 2017 39
VURDERING AF VÆRDIEN AF DET FORBEDREDE INDEKLIMA FOR MAJ MÅNED 41

7. ØKONOMI (NØGLETAL) 42

ANLÆGSSUM 42
ELFORBRUGET (ÅRLIGT) 42
FILTERSKIFT (HVERT 5 ÅR) 42
TILSYN (ÅRLIGT) 42
TOTALØKONOMIEN 42

8. MIDTVEJSKONKLUSION 44

1. Formålet

Københavns Ejendomme har tidligere fået lavet en status over indeklimaet i deres folkeskoler. Det viste sig, at der var et stort behov for at få sænket CO_2 niveauet i mange af folkeskolerne.

Cenergia har siden 2014 samarbejdet med Københavns Ejendomme i EUDP projektet "Smart Grid School Renovation" og i Nordic Built projektet "Active Roofs and Facades in Sustainable Renovation". I disse projekter har der været meget fokus på brug af solceller, som dog pga. nye regelsæt har vist sig svære at realisere i kommunal sammenhæng.

Samtidigt med solcelle fokusset har der ligeledes i de to projekter været ideen på at undersøge og finde ventilationsløsninger, der kunne være med til at sænke det høje CO_2 niveau i klasselokalerne. I projekterne Smart Grid School Renovation" og "Active Roofs and Facades in Sustainable Renovation" har der været set på decentrale ventilationsløsninger, hvor der er taget udgangspunkt i tidligere gennemført udviklingsarbejde med vinduesintegreret ventilation med varmegenvinding til boliger. I første omgang blev det besluttet, at afprøve denne form for bygningsintegreret ventilationsløsning til Grøndalsvænge Skole i Kbh. NV. Et prøveklasserum her var klar i løbet af 2015.

Efter realiseringen af bygningsindpasset ventilationsløsning på Grøndalsvænge Skole, blev projektgruppen, der også omfattede arkitekt Jacob Nørløv, enige om at gennemføre en ny afprøvning med loftplacerede ventilationsenheder, der kunne skjules af et nedsænket loft. Et sådant forsøg er med supplerende finansiering fra TEST programmet gennemført på Lykkebo Skole i Valby.

Igen er ventilationsdemonstrationsprojektet et oplæg til et alternativ til den traditionelle centrale ventilationsløsning, der i rigtig mange tilfælde er erfaringer med, ikke virker efter hensigten og ofte er umulig at få tilrettet, så den kommer til at fungere som tiltænkt. Demonstrationsprojektet på Lykkebo Skole viser igen en decentral bygningsindpasset ventilationsløsning, hvilket betyder, at ventilationssystemet kun ventilerer et klasselokale. Fordelene ved en decentral ventilationsløsning er;

- at der ikke er behov for at have en så gennemgribende kanalføring som kendetegner en traditionel central ventilationsløsning.
- at ventilationssystemet har et mindre elforbrug. Bygningsreglements krav til SEL-værdien er skarpere for et decentralt ventilationsanlæg end et centralt ventilationsanlæg.
- at det vil være lettere at rette/lokalisere evt. fejl i ventilationssystemet i tilfælde af, at der måtte være nogle.

Nogle af ulemperne ved en decentral ventilationsløsning er;

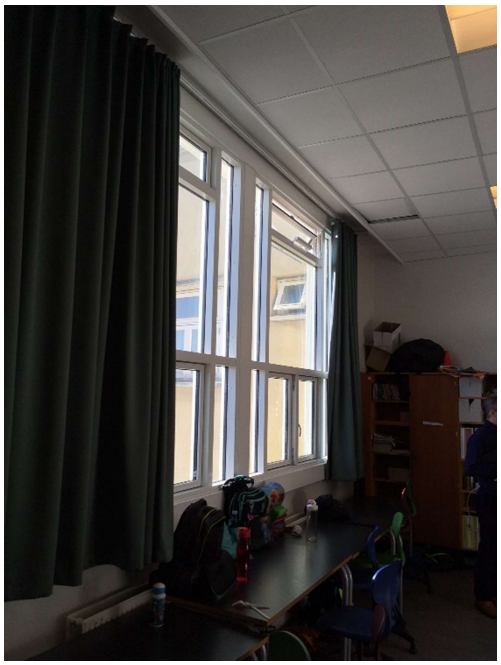
- at filterskiftene er mere omstændige, da der er flere ventilationsanlæg, der skal have skiftet filtre.

Det overordnede formål med demonstrationsprojektet var at få testet og indhentet nogle praktiske erfaringer med decentrale bygningsindpassede ventilationsløsninger på skoler og herigennem få noget feedback fra bygningens daglige brugere, der vil være med til at kaste et klarere lys over fordele og ulemper ved at vælge en bygningsindpasset decentral ventilationsløsning samt få et eksempel i en skala 1:1, der kan fremvises, hvilket også vil gøre det lettere for bygningsejerne at forholde sig til og vurdere om en sådan

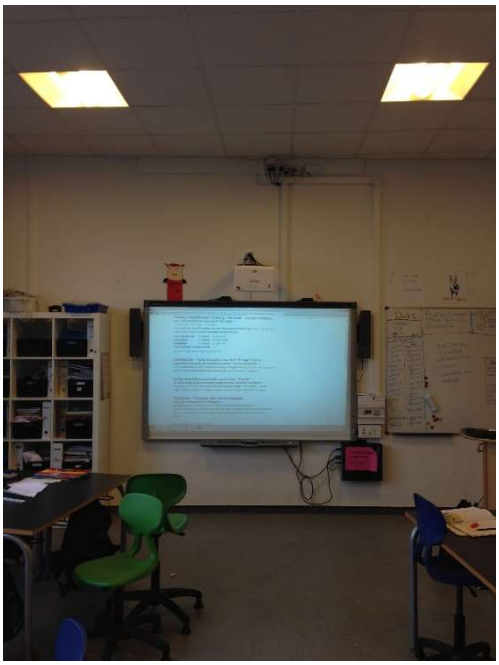
decentral ventilationsløsning vil være et bedre alternativ fremfor den mere traditionelle centrale ventilationsløsning.
Den decentrale ventilationsløsning er på grund af det mere begrænsede krav til kanalføringer især relevant for de eksisterende byskoler, der er fra perioden 1890 til 1940 og typisk er i 3-4 etager og fuldmuret.

Nærværende rapport er skrevet af Vickie Aagesen fra Cenergia med Peder Vejsig Pedersen som projektleder. Rapporten fungerer som dokumentation for realiseringen af demonstrationsprojektet på Lykkebo Skole, ligesom den omfatter resultater fra målinger gennemført frem til sommeren 2017, primært med fokus på indeklimaet og herunder CO_2 niveauet. Dette bruges også som led i dokumentation efter den internationale Active House standard. Endelig indgår også et udkast til en totaløkonomisk vurdering.

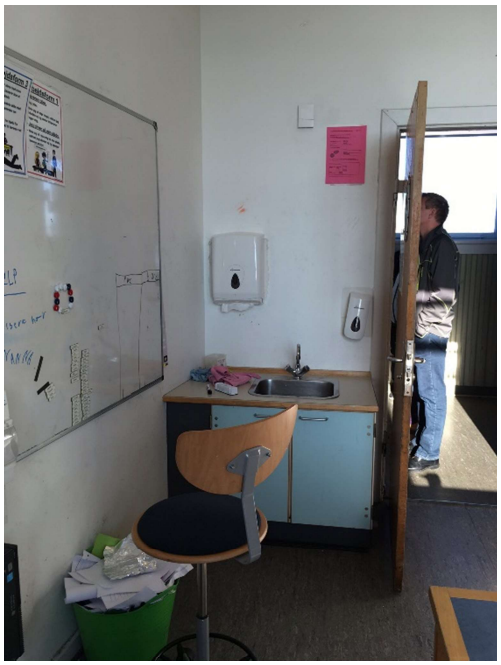
2. Gennemgang af klasseværelset



Billede 1 Det pågældende klasseværelse har fået udskiftet vinduerne for et par år siden.



Billede 2 Oppe over whiteboardet sidder en måler, der måler indeklimaet på følgende parametre; CO_2, fugt og temperatur.



Billede 3 Klasseværelset er opført med en ventilationsskakt til at understøtte den naturlige ventilation. Skakten er i dag blændet af en vask.



Billede 4 Ventilationsskakten i naboklasseværelset.



Billede 5 De to ventilationsanlæg placeres i loftet i gangarealet udenfor klasselokalet.



Billede 6.



Billede 7.



Billede 8.



Billede 9 Udskiftning og justering af de to ventilationsanlæg, således at de kommer til at passe til det tegnede projekt. Samt markering af hvor de forskellige kanalåbninger skal placeres.



Billede 10.



Billede 11.



Billede 12.



Billede 13 Indblæsningskanalerne.



Billede 14 Friskluftsindtaget i facade vinduet i gangarealet.



Billede 15 De to ventilationsanlæg.

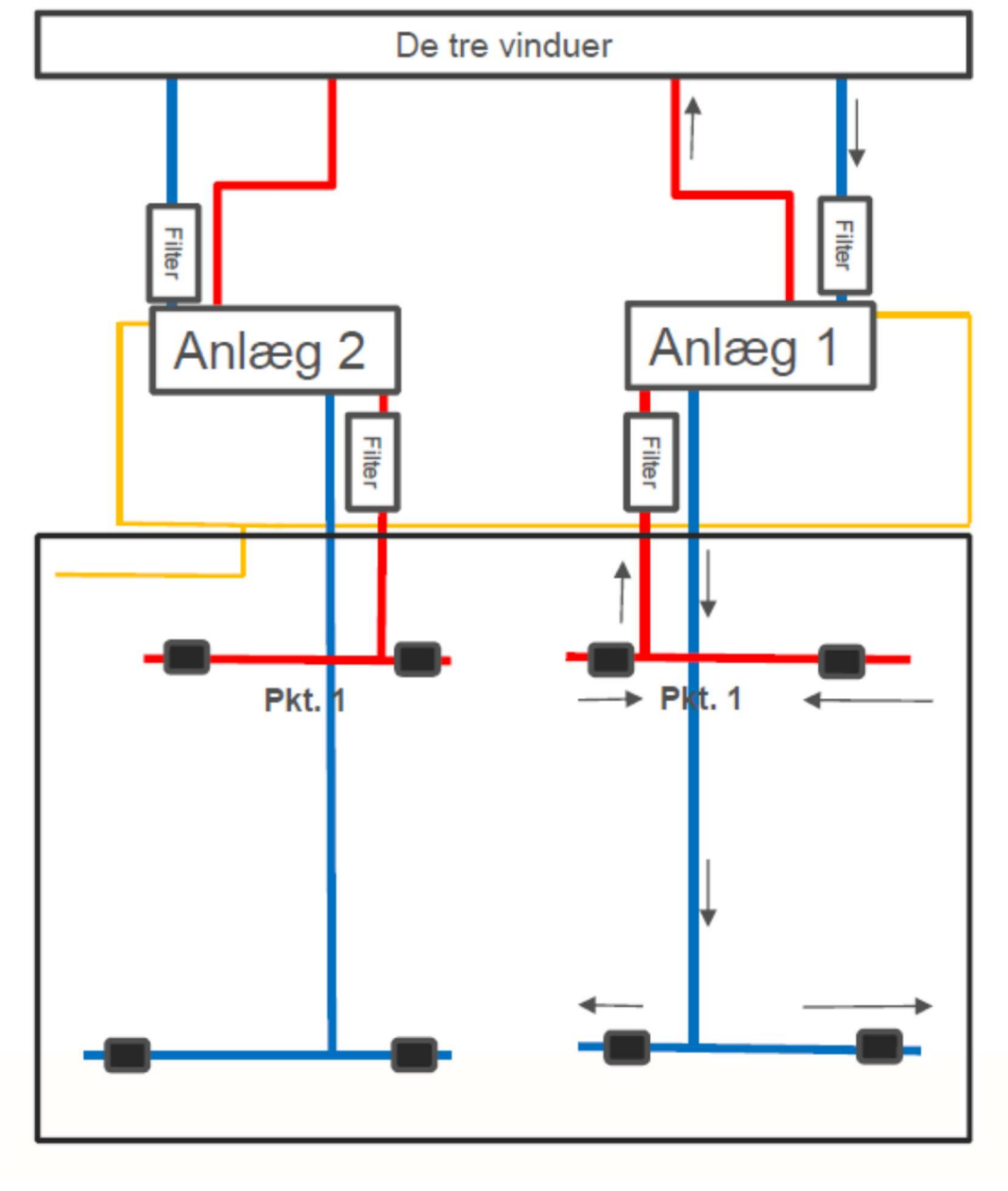


Billede 16 De to ventilationsanlæg færdig installeret i gangarealet.



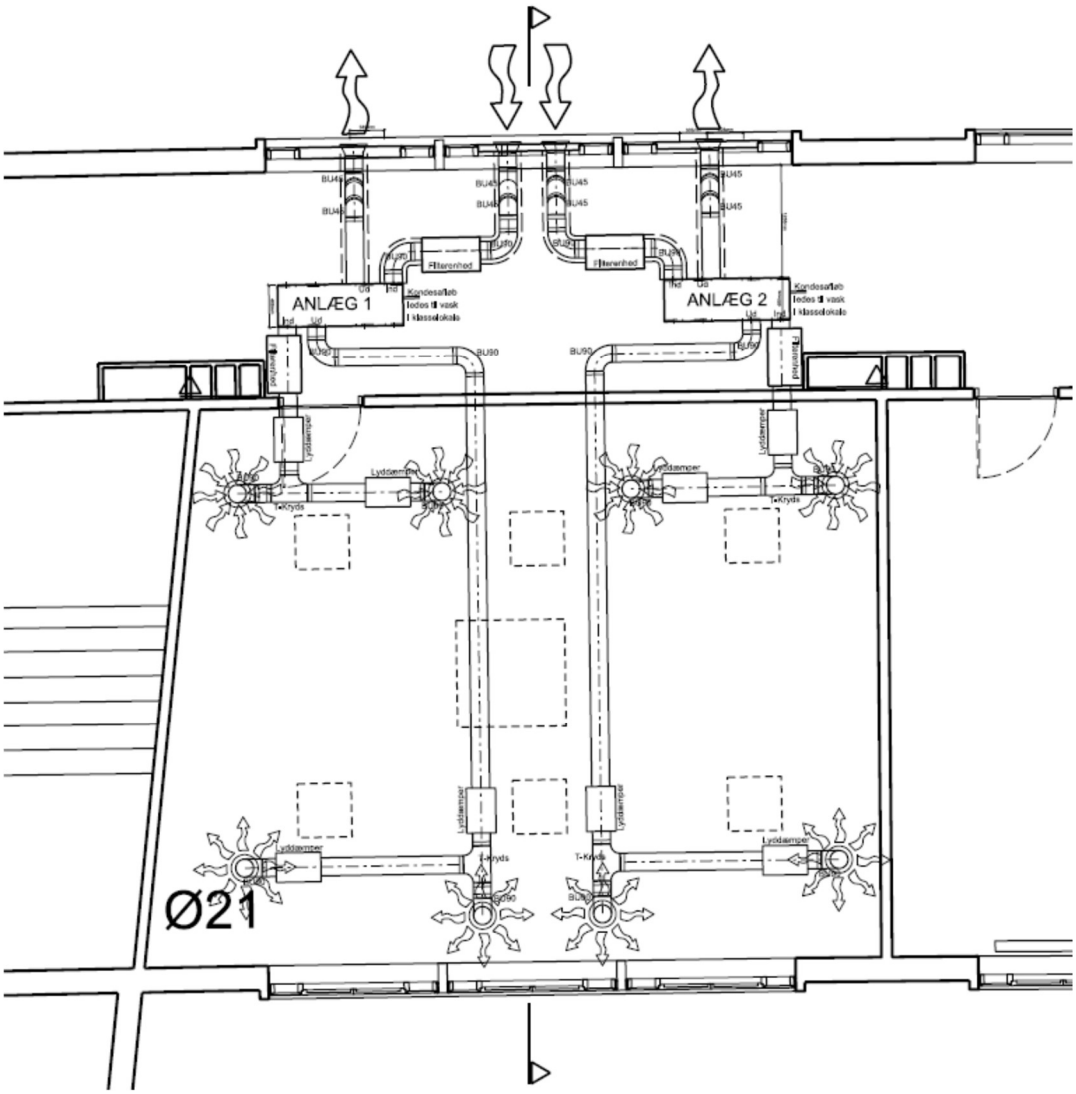
Billede 17 Midlertidigt kondensafløb.

3. Principdiagram for ventilationsanlæggets komponenter



Figur 1 Principdiagram af ventilationen i klasselokalet.

4. Arkitekttegning af løsningen



Figur 2 Arkitekttegning af ventilationen.

5. Ventilationsstrategierne

Ventilationen før installation af ventilationsanlægget

Klasselokalet er oprindelig opført med en ventilationsskakt i det ene hjørne af klasselokalet med naturlig opdrift, der ikke har været understøttet af en mekaniske ventilator. Denne ventilationsskakt og de oplukkelige vinduer har fungeret som den oprindelige ventilering af rummet. Senere er denne ventilationsskakt blevet blændet, da der i hjørnet er blevet installeret en håndvask.

Ventilationen i perioden 1/2 2017 til 31/5 2017

Ventilationsanlægget blev tilsluttet i midten af januar 2017. Ventilationsanlægget er sat til at ventilere i tidsrummet 7-16 efterfølgende lukker det helt ned. Ventilationsanlægget kan dog startes uden for tidsrummet 7-16, ved at der trykkes på display knappen, hvor et tryk holder ventilationsanlægget tændt i en time. Displayet er placeret ude i gang arealet i venstre side at af døren ind til klasselokalet. Ventilationsskiftet er styret efter CO_2 niveauet og med et setpoint på 1000 PPM.

Ventilationen i perioden 1/8 2017 til X (en del af slutrapporten)

I evalueringen af ventilationsanlægget i perioden fra d.1/2 til 31/5 2017 har der været et ønske fra skolens side, om at CO_2 niveauet sænkes yderligere til 900 PPM. Dette igangsættes efter skolesommerferien og resultaterne herfra vil indgå i slutrapporten, der vil blive færdiggjort i starten af 2018.

6. Active House analyse

Active House er en vision om at udvikle fremtidens bæredygtige byggeri med fokus på de menneskelige kvaliteter i form af godt indeklima, lavt energiforbrug og minimal påvirkning af miljøet. Active House Alliance er et internationalt netværk, der har eksisteret siden 2009, hvor det blev skabt i et samarbejde mellem en række internationale virksomheder. Alliancen er siden videreudviklet med nationale netværk. www.activehouse.info

Aktiv Hus specifikationerne angiver på en simpel måde kvaliteten af et byggeri på 3 udvalgte områder inden for hhv. komfort, energi og bæredygtighed, som bliver vurderet på en skala fra 4 til 1, hvor 1 er det bedste, og hvor den samlede kvalitet præsenteres i en såkaldt "Aktiv Hus Radar".

Aktiv Hus radaren anvendes som mærkningsværktøj til at kommunikere et byggeris Aktiv Hus kvalitet inden for energi, komfort og bæredygtighed. Den anvendes samtidigt til "performance dokumentation". Bygningsindpassede solceller giver her både en bedre vurdering for CO_2 belastning, primær energiforbrug og energi forsyningen.

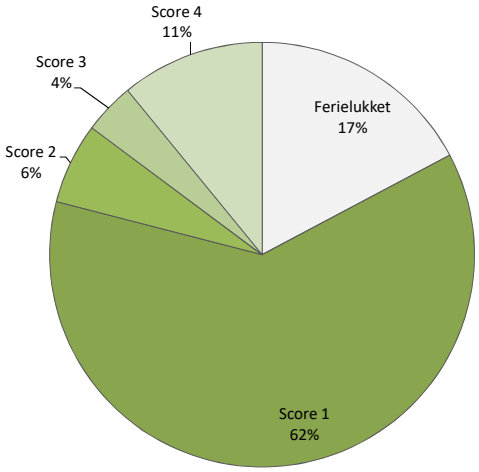
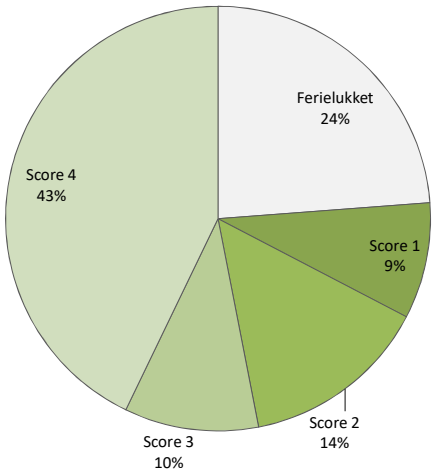
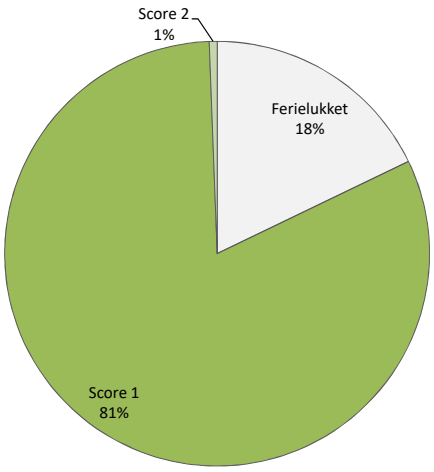
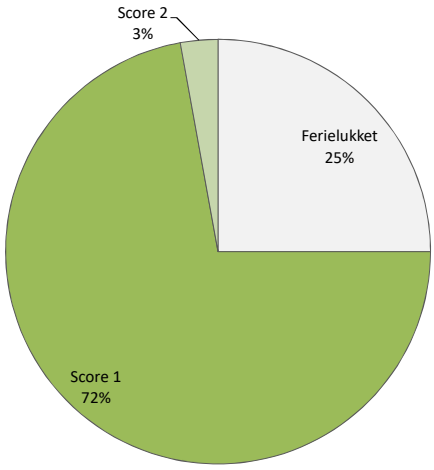
I forbindelse med evalueringen af indeklimaet i klasselokalet på Lykkebo skole er CO_2 delen af Active House evalueringen anvendt.

CO_2 niveauet

PARAMETER	VALUE	CRITERIA	SCORE
1.3.1 Standard fresh air supply		The fresh air supply shall be established according to the below limit values for indoor CO_2 concentration in living rooms, bedrooms, study rooms and other rooms with people as the dominant source and that are occupied for prolonged periods: 1. 500 ppm above outdoor CO_2 concentration 2. 750 ppm above outdoor CO_2 concentration 3. 1000 ppm above outdoor CO_2 concentration 4. 1200 ppm above outdoor CO_2 concentration	

Figur 3 Tabel over Active House score for CO2. Tabellen er taget fra publikationen "ACTIVE HOUSE – the specifications".

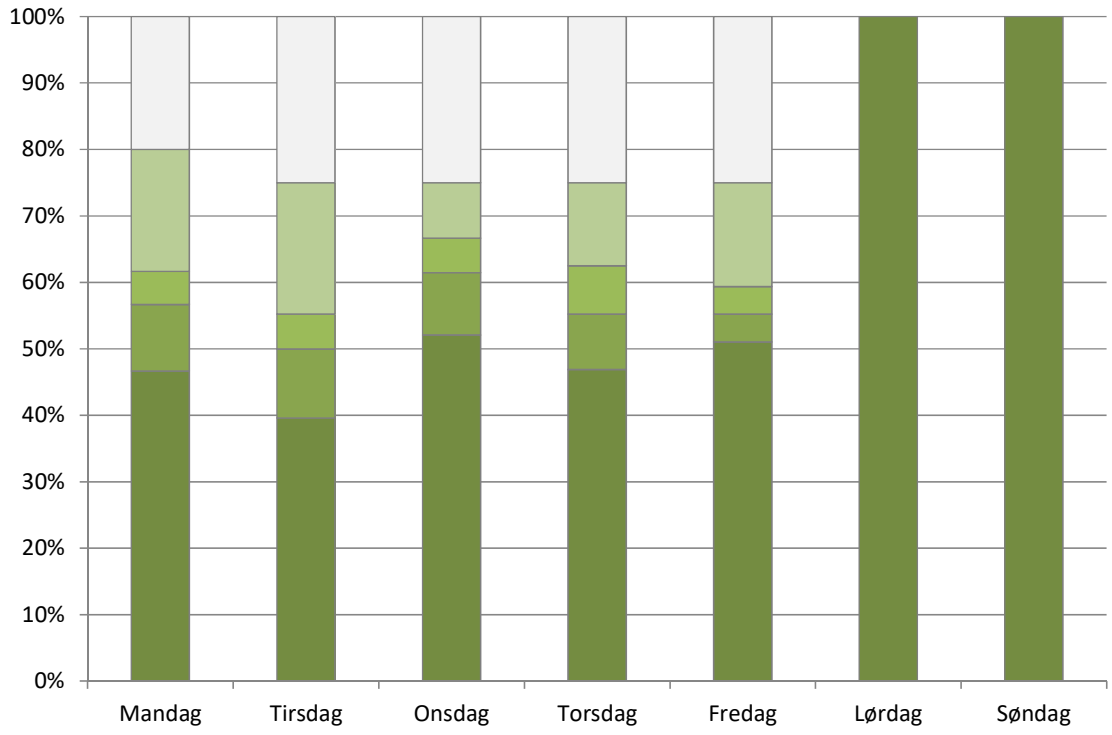
CO_2 niveauet i februar 2016 og 2017

	Procentvis fordeling af Active House score for CO_2	
Februar 2016		
	Figur 4 Cirkeldiagrammet viser procentfordelingen af AH scoren for måledata for hele februar måned 2016.	*Figur 5 Cirkeldiagrammet viser procentfordelingen af måledata for februar 2016 måned i perioden mandag til fredag i tidsrummet 8-14.*
Februar 2017		
	Figur 6 Cirkeldiagrammet viser procentfordelingen af AH scoren for måledata for hele februar måned 2017.	*Figur 7 Cirkeldiagrammet viser procentfordelingen af måledata for februar 2017 måned i perioden mandag til fredag i tidsrummet 8-14.*

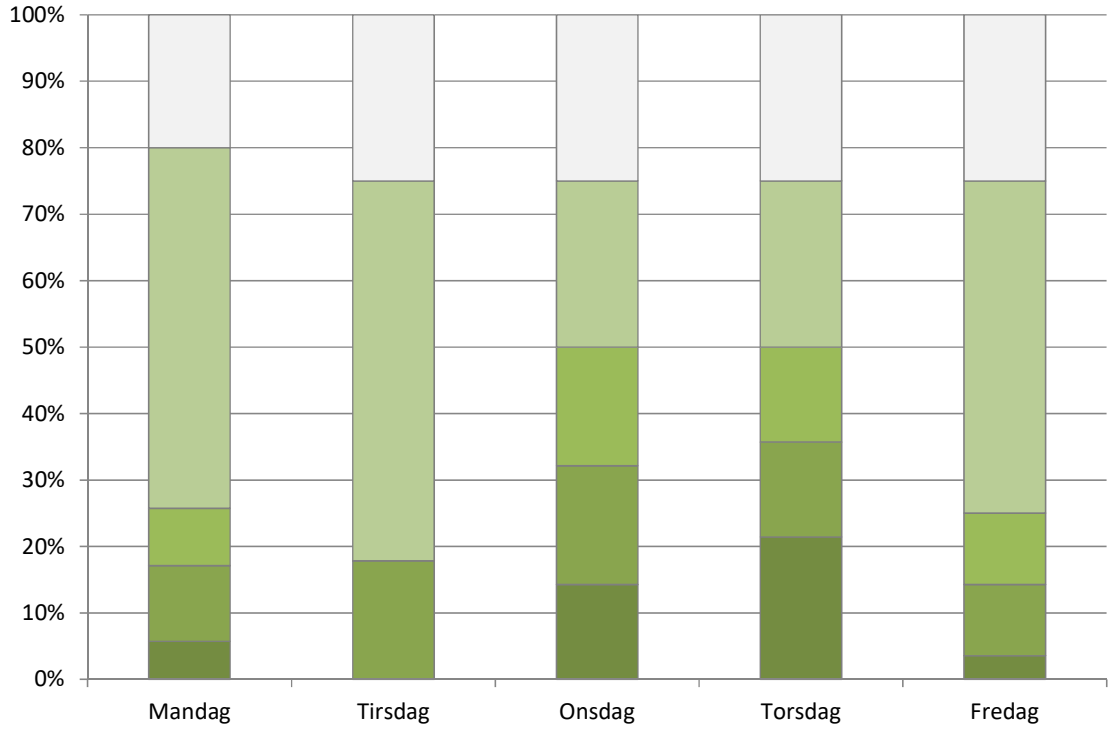
	Procentvis fordeling af Active House score for CO_2
	Kommentar Når der ses sammenlagt på hele februar måned 2017, viser indeklimadata, at CO_2 niveauet i 81 % af tiden holdt sig inden for en score 1, hvilket betød, at CO_2 niveauet ikke har oversteget 500 PPM over CO_2 niveauet udenfor. Kun i 1 % af tiden har indeklimaet ligget i en score 2, hvilket er 750 PPM over CO_2 niveauet udenfor. I den resterende tid, som udgjorde 18 %, har skolen været ferielukket. Til sammenligning holdte CO_2 niveauet sig kun i 62 % af tiden inden for en score 1 i februar 2016, hvor klasselokalet kun var naturligt ventileret. Hvis der ses mere specifikt på tidsrummet mellem kl.8 og kl.14 i hverdagen ses det, at indeklimaet i klasselokalet lå i en AH score 1 i 72 % af tiden i februar 2017 og at det i 3 % af tiden lå i en AH score 2, hvilket betød, at CO_2 niveauet ikke oversteg 750 PPM over CO_2 niveauet udenfor. I de sidste 25 % var der ferielukket. Til sammenligning i februar 2016 lå indeklimaet kun i 9 % af tiden inden for en AH score 1 og i 43 % af tiden i februar 2016 lå indeklimaet i en AH score 4, hvilket betød, at CO_2 niveauet lå 1.200 PPM over CO_2 niveauet udenfor.

Februar 2016

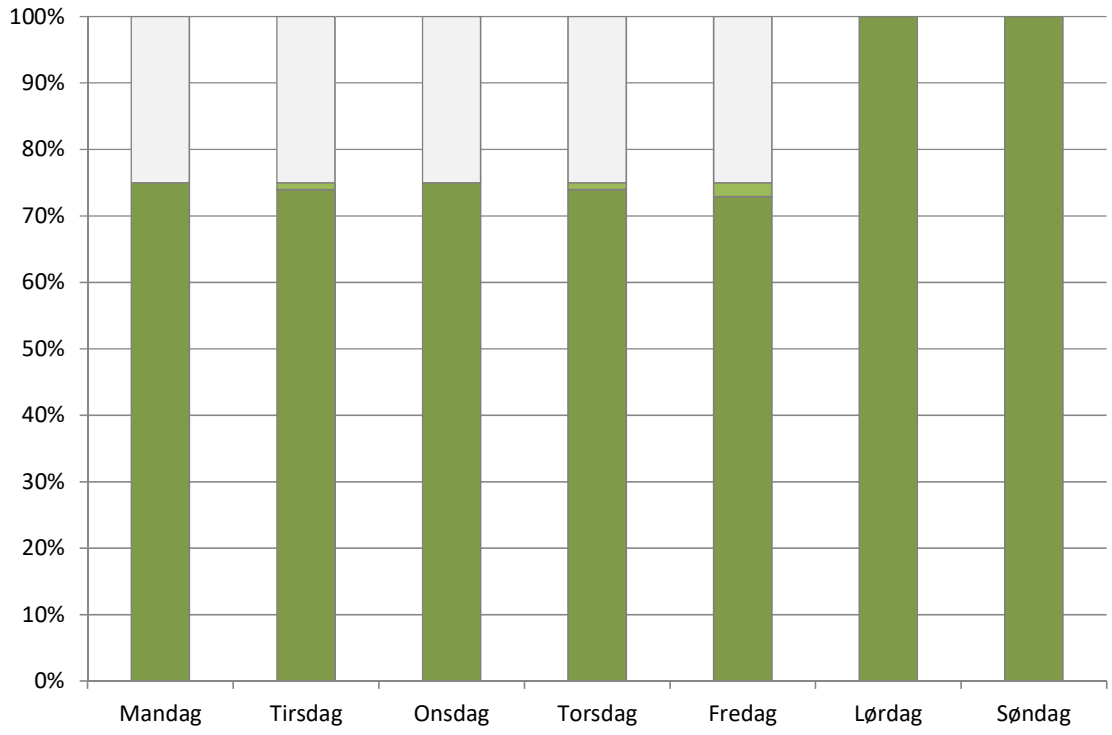
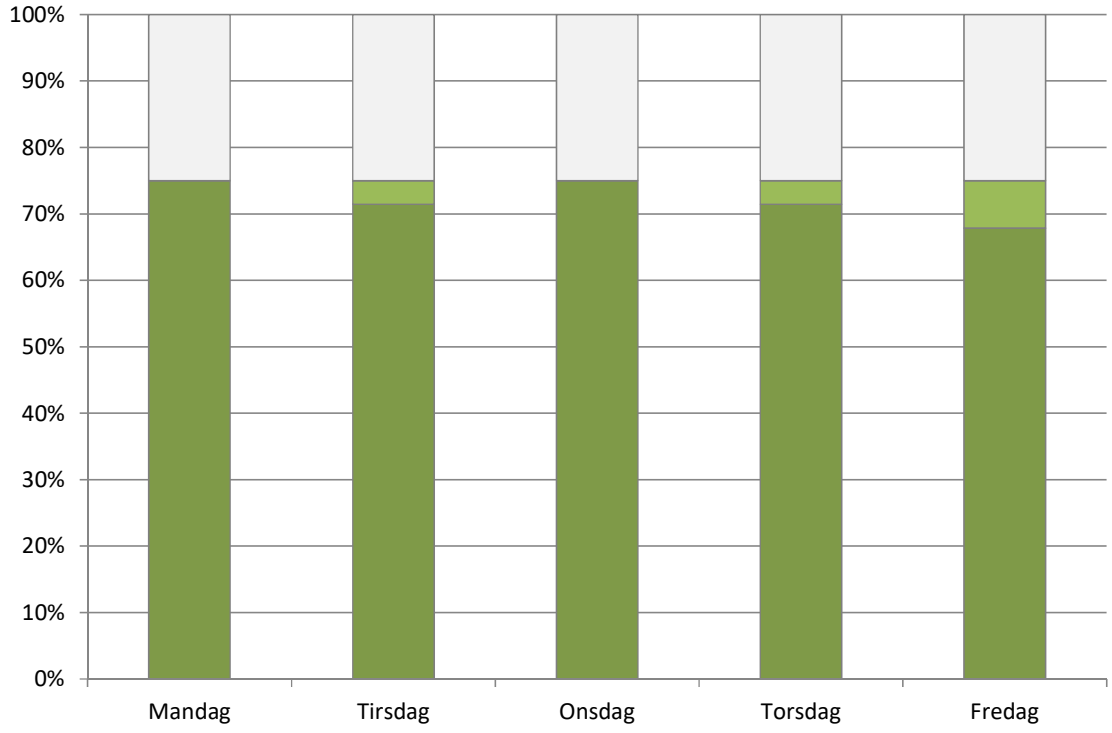
Fordeling af Active House score for CO_2 henover ugen



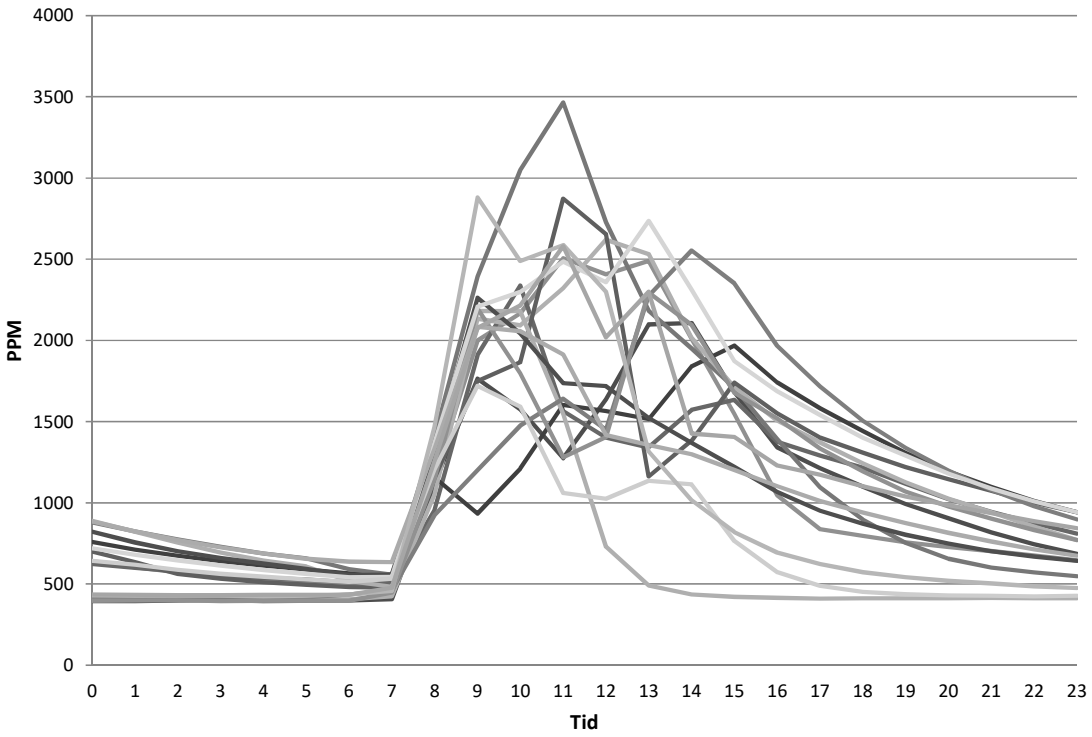
Figur 8 Søjlediagrammet viser måledata for hele februar måned 2016.

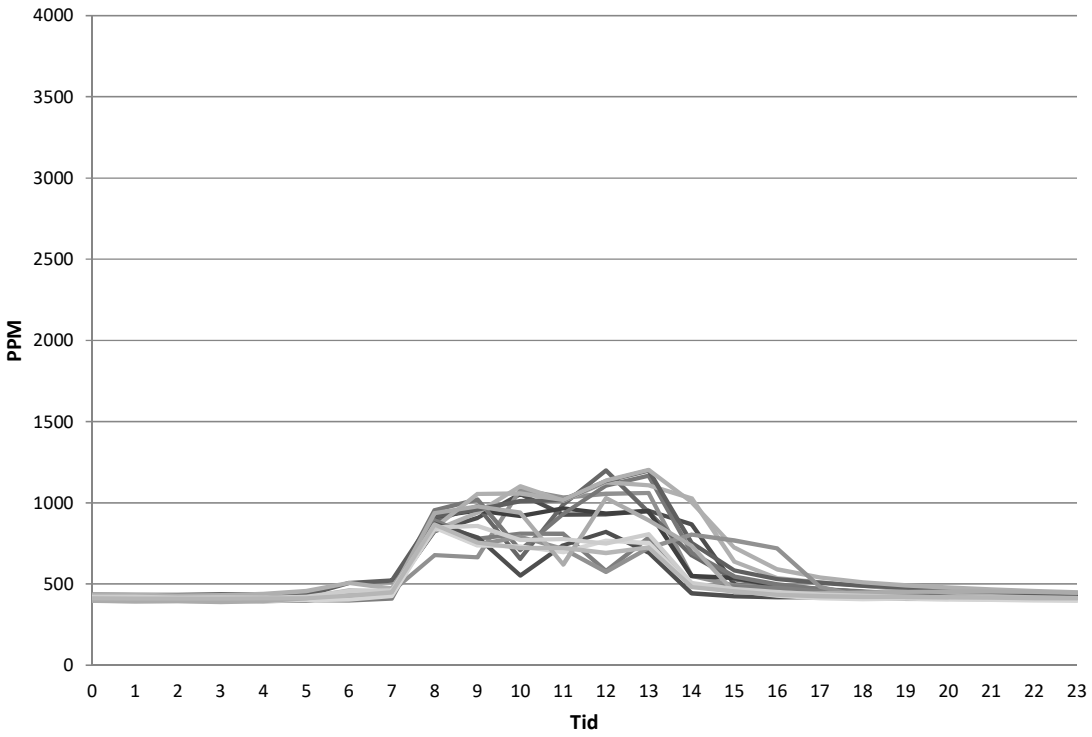


Figur 9 Søjlediagrammet viser måledata for februar måned 2016 i perioden mandag til fredag i tidsrummet 8-14.

	Fordeling af Active House score for CO_2 henover ugen Ferielukket Score 4 Score 3 Score 2 Score 1
Februar 2017	 *Figur 10 Søjlediagrammet viser måledata for hele februar måned 2017.*  *Figur 11 Søjlediagrammet viser måledata for februar måned 2017 i perioden mandag til fredag i tidsrummet 8-14.*

	Fordeling af Active House score for CO_2 henover ugen 
	Kommentar Søjlediagrammet i Figur 9 viser indeklimaet i klassen i brugstiden fra kl.8-14. Her ses det, at CO_2 niveauet generelt ligger alt for højt. Februar måned i 2016 havde fire tirsdage, hvor en af de fire var en feriedag. I de resterende 3 tirsdage lå CO_2 niveauet på intet tidspunkt i en AH score 1. I omkring 19 % af tiden var der en score 2 og i de resterende 56 % af tiden lå AH scoren på 4. Til sammenligning lå CO_2 niveauet i februar i 71 % tiden i en AH score 1 og i 4 % af tiden i en AH score 2, hvor de resterende 25 % ligesom i 2016 var en feriedag.

	Daglige CO_2 – udsving
Februar 2016	 *Figur 12 Graf viser måledata for februar måned 2016 ekskl. weekenden og feriedage, hvor hver linje repræsenterer en dag.*

	Daglige CO_2 – udsving
Februar 2017	 *Figur 13 Graf viser måledata for hele februar måned 2017 ekskl. weekenden og feriedage, hvor hver linje repræsenterer en dag.*
	Kommentar Hver linje i grafen viser en dag i februar måned ekskl. weekenderne og feriedage. Af grafen for 2017 ses det, at ventilationsanlægget formår at holde CO_2 niveauet nede under 1.000 PPM i største delen af brugstiden.

Vurdering af værdien af det forbedrede indeklima for februar måned

I vurderingen er anvendt ”beregningsvaerktoej_totalvaerdi_indeklima_juni2017”, der er tilgængeligt på https://www.innobyg.dk/resultater/beregningsvaerktoej.

Der er sammenlignet på den mulige præstationsforøgelse for henholdsvis februar 2016 og 2017. Værktøjet er primært udarbejdet til, at virksomheder kan vurdere en potentiel gevinst ved at forbedre indeklimaet. Gevinsten findes ved at gange den mulige præsentationsforøgelse med årslønnen, men da skoleelever ikke har en årsløn er der her anvendt den pris som Københavns Kommune betaler årligt, som er 86.672 kr. pr. skoleelev (Kend din kommune – Brug nøgletal i styringen 2017). De anvendte tal er beskrevet i Figur 5, hvor feriedagene er trukket fra.

Februar 2016

Indeklima oplysninger

Kategori	Temperatur		CO_2-koncentration		Lydtrykniveau		Belysningsstyrke	
I	21-23 °C	0%	< 700 ppm	0%	<45 dB(A)	0%	>500 lux	0%
II	20-21 °C 23-24 °C	0%	700 - 1000 ppm	16%	45-65 db(A)	0%	400 - 500 lux	0%
III	19-20 °C 24-25 °C	0%	1000-1500 ppm	9%	65-85 db(A)	0%	300 - 400 lux	0%
IV	18-19 °C 25-26 °C	0%	1500-2000 ppm	75%	85-100 dB(A)	0%	200 - 300 lux	0%
Uden for kategori	<18 °C >26 °C	0%	> 2000 ppm	0%	100 dB(A) >	0%	< 200 lux	0%
SUM		0%		100%		0%		0%
Mulig præstations-forøgelse	100,0%		2,7%		0%		0%	
Størst mulige præstations-forøgelse	100,0%							

Figur 14 Skærmprint af "beregningsvaerktoej_totalvaerdi_indeklima_juni2017" med indtastede værdier.

Februar 2017

Indeklima oplysninger

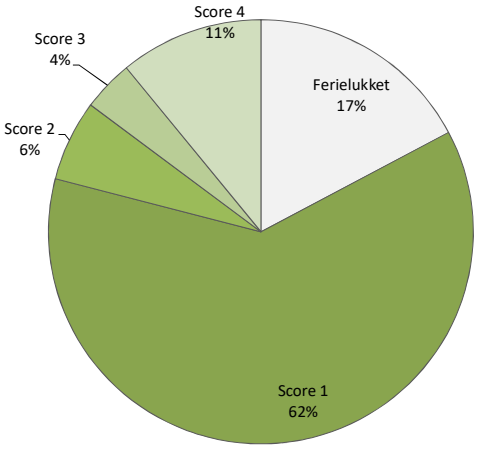
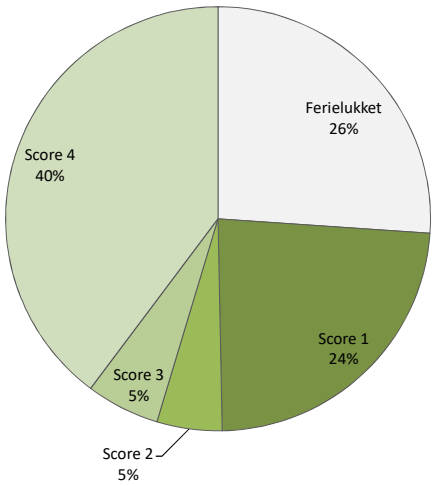
Kategori	Temperatur		CO_2-koncentration		Lydtrykniveau		Belysningsstyrke	
I	21-23 °C	0%	< 700 ppm	0%	<45 dB(A)	0%	>500 lux	0%
II	20-21 °C 23-24 °C	0%	700 - 1000 ppm	100%	45-65 db(A)	0%	400 - 500 lux	0%
III	19-20 °C 24-25 °C	0%	1000-1500 ppm	0%	65-85 db(A)	0%	300 - 400 lux	0%
IV	18-19 °C 25-26 °C	0%	1500-2000 ppm	0%	85-100 dB(A)	0%	200 - 300 lux	0%
Uden for kategori	<18 °C >26 °C	0%	> 2000 ppm	0%	100 dB(A) >	0%	< 200 lux	0%
SUM		0%		100%		0%		0%
Mulig præstations-forøgelse	100,0%		0,5%		0%		0%	
Størst mulige præstations-forøgelse	100,0%							

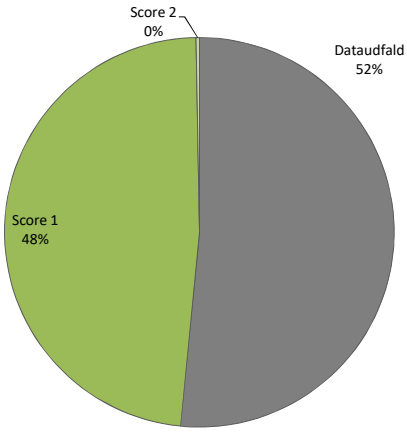
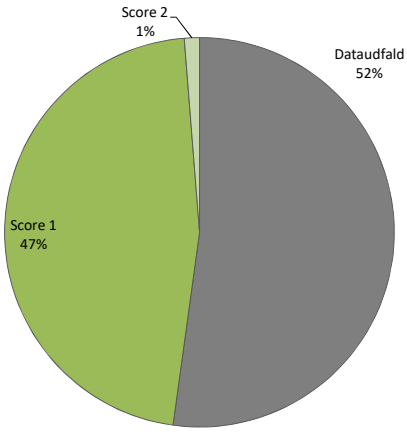
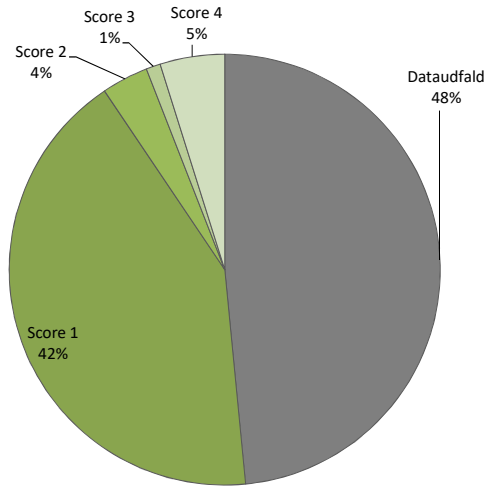
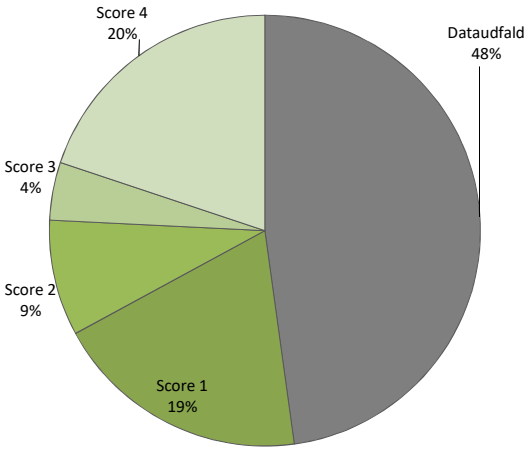
Figur 15 Skærmprint af "beregningsvaerktoej_totalvaerdi_indeklima_juni2017" med indtastede værdier.

Kommentar

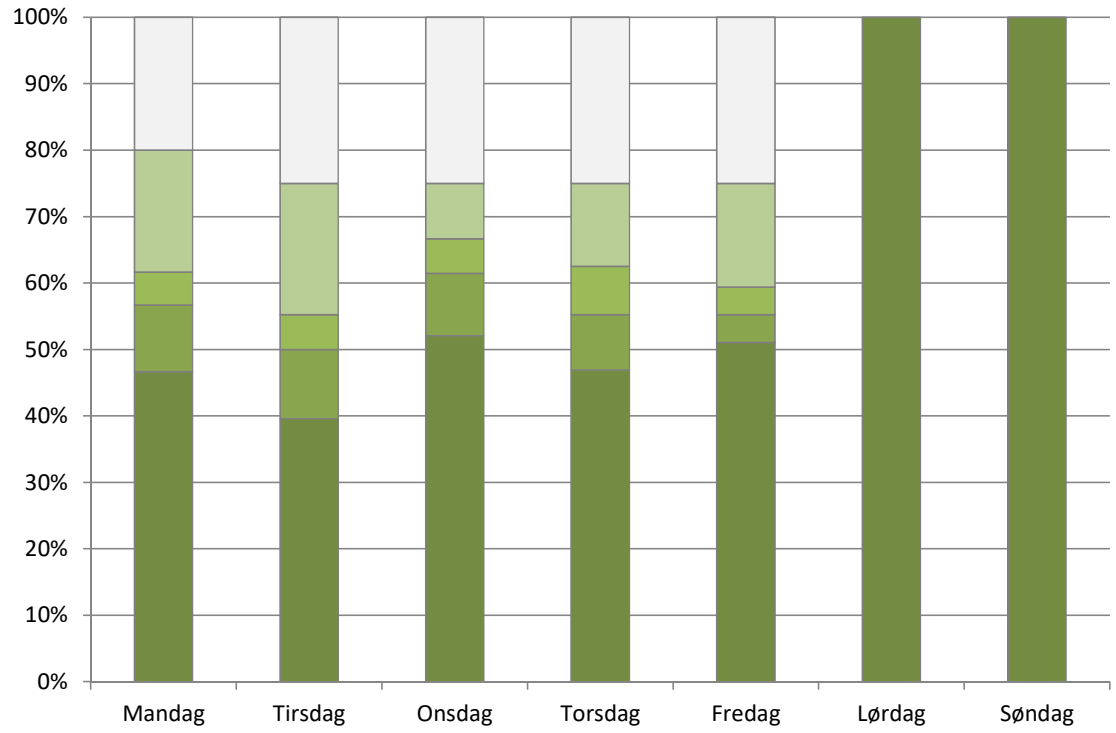
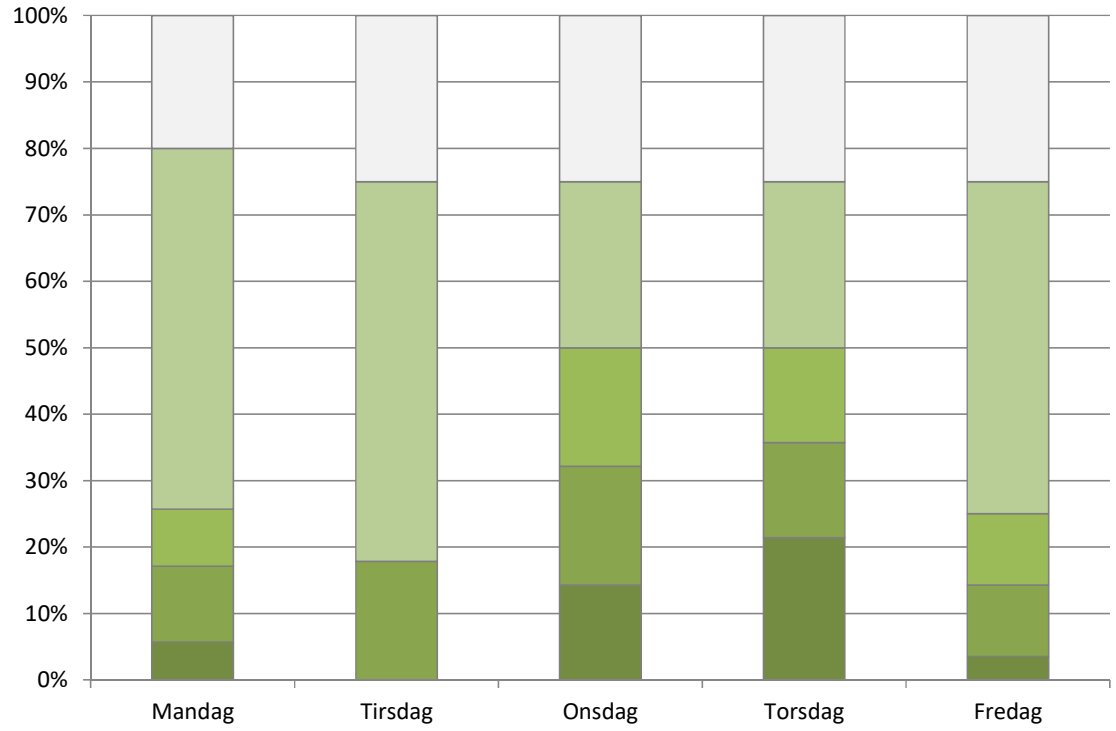
Der har i februar 2016 været et muligt præsentationsforøgelses potentiale på 2,7 %, hvilket i kroner kunne have givet en "gevinst" på 2.352 kr. pr. skoleelev.

CO_2 niveauet i marts måned 2016 og 2017

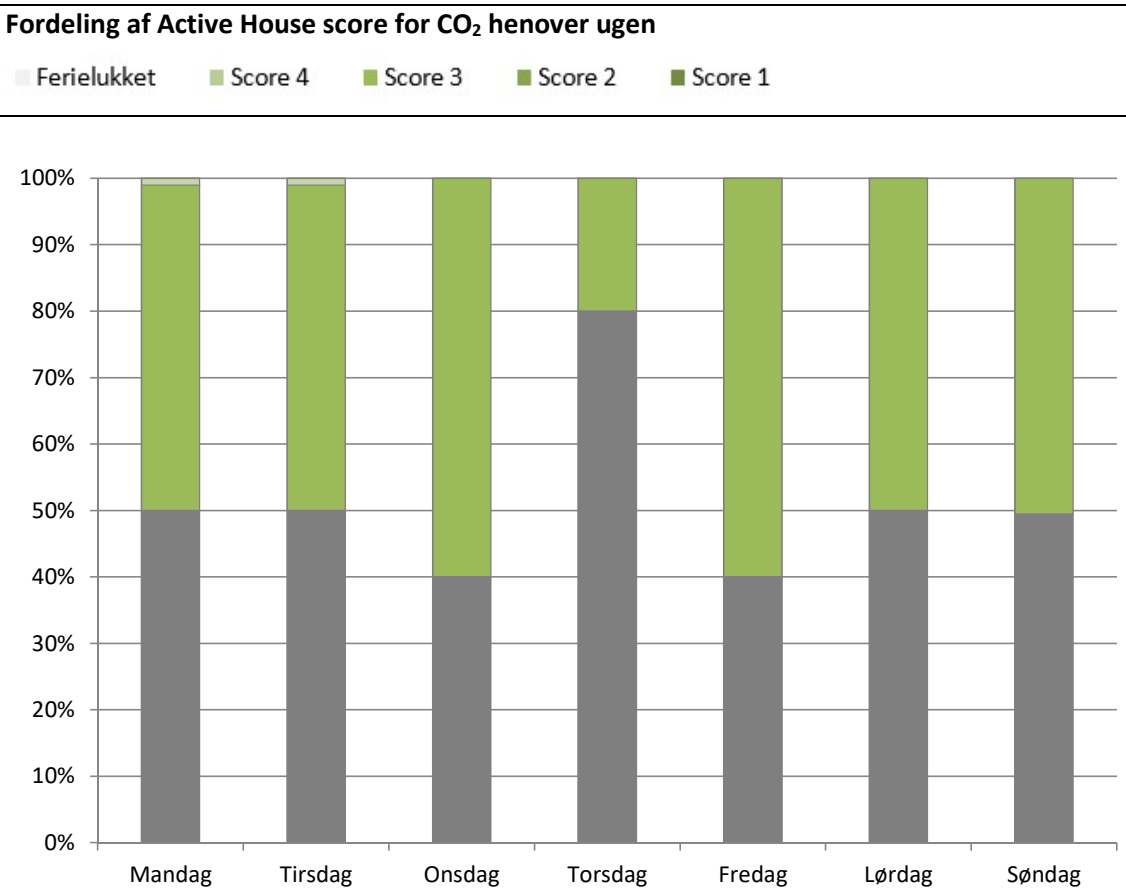
	Procentvis fordeling af Active House score for CO_2	
Marts 2016	 *Figur 16 Cirkeldiagrammet viser procentfordelingen af AH scoren for måledata for hele marts måned 2016.*	 *Figur 17 Cirkeldiagrammet viser procentfordelingen af AH scoren for måledata for marts måned 2016 i perioden mandag til fredag i tidsrummet 8-14.*

	Procentvis fordeling af Active House score for CO_2	
Marts 2017 ekskl. dagene 9-16 og 23-30		
	Figur 18 Cirkeldiagrammet viser procentfordelingen af AH scoren for måledata for marts måned 2017 ekskl. dagene d.9-16/3 og 23-30/3.	*Figur 19 Cirkeldiagrammet viser procentfordelingen af AH scoren for måledata for marts måned 2017 ekskl. dagene d.9-16/3 og 23-30/3 i perioden mandag til fredag i tidsrummet 8-14.*
Marts 2017 ekskl. d.1-8/3 og 17-22/3		
	Figur 20 Cirkeldiagrammet viser procentfordelingen af AH scoren for måledata for marts måned 2017 ekskl. dagene d.1-8/3 og 17-22/3.	*Figur 21 Cirkeldiagrammet viser procentfordelingen af AH scoren for måledata for marts måned 2017 ekskl. dagene d.1-8/3 og 17-22/3 i perioden mandag til fredag i tidsrummet 8-14.*

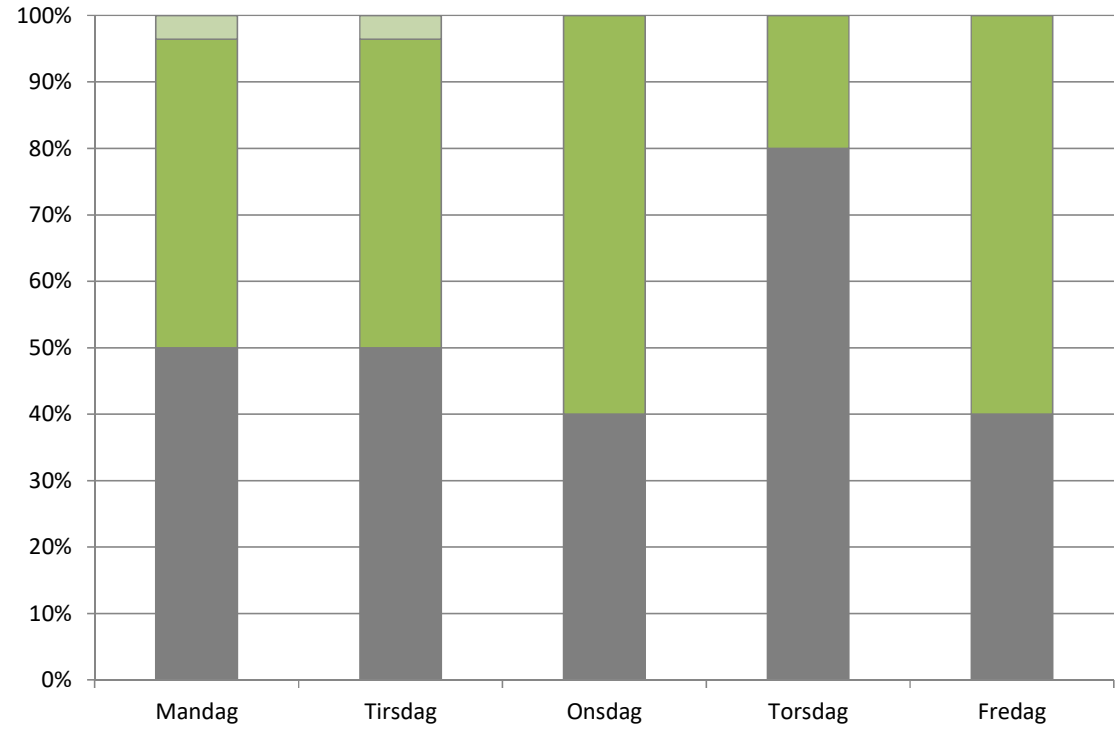
	Procentvis fordeling af Active House score for CO_2
	Kommentar DTU har i perioden d.9-16/3 og 23-30/3 haft slukket for ventilationsanlæggene i forbindelse med nogle brugerinterviews. Dette kan ses i Figur 18 ved, at der er et udfald på 52 % i hele marts måned 2017. I perioden fra d.1-8/3 og 17-22/3 har der været lukket for ventilationsanlæggene i 52 % af tiden og de resterende 48 %, hvor ventilationsanlægget har været tændt, er det angivet som dataudfald. Sammenlignes de to figurer; Figur 18 og Figur 20 ses det, at CO_2 niveauet i den periode, hvor ventilationsanlægget har kørt stort set hele tiden, har ligget i en AH score 1, hvor det kun gør sig gældende i lidt under halvdelen af tiden for perioden d.1-8/3 og 17-22/3, hvor ventilationsanlæggene har været slukket. På trods af, at ventilationsanlægget har været slukket i perioden d.1-8/3 og 17-22/3 har der i 19 % af tiden indenfor kl.8-14 været en AH score 1, hvilket kan skyldes, at klasselokalet har ligget ubenyttet hen en dag samt at personbelastningen har været reduceret i forhold til normalen, men det vides dog ikke om dette har været tilfældet. Udetemperaturen i dagtimerne har ligget på omkring 5-7°C, hvilket ikke har givet anledning til et forhøjet ventilationskifte ved åbne vinduer og deraf det lave CO_2 niveau.

	Fordeling af Active House score for CO_2 henover ugen Ferielukket Score 4 Score 3 Score 2 Score 1
Marts 2016	 *Figur 22 Søjlediagrammet viser måledata for hele marts måned 2016 fordelt på ugedage.*  *Figur 23 Søjlediagrammet viser måledata for marts måned 2017 i perioden mandag til fredag i tidsrummet 8-14 fordelt på ugedage.*

Marts 2017
ekskl. dagene 9-16 og 23-30

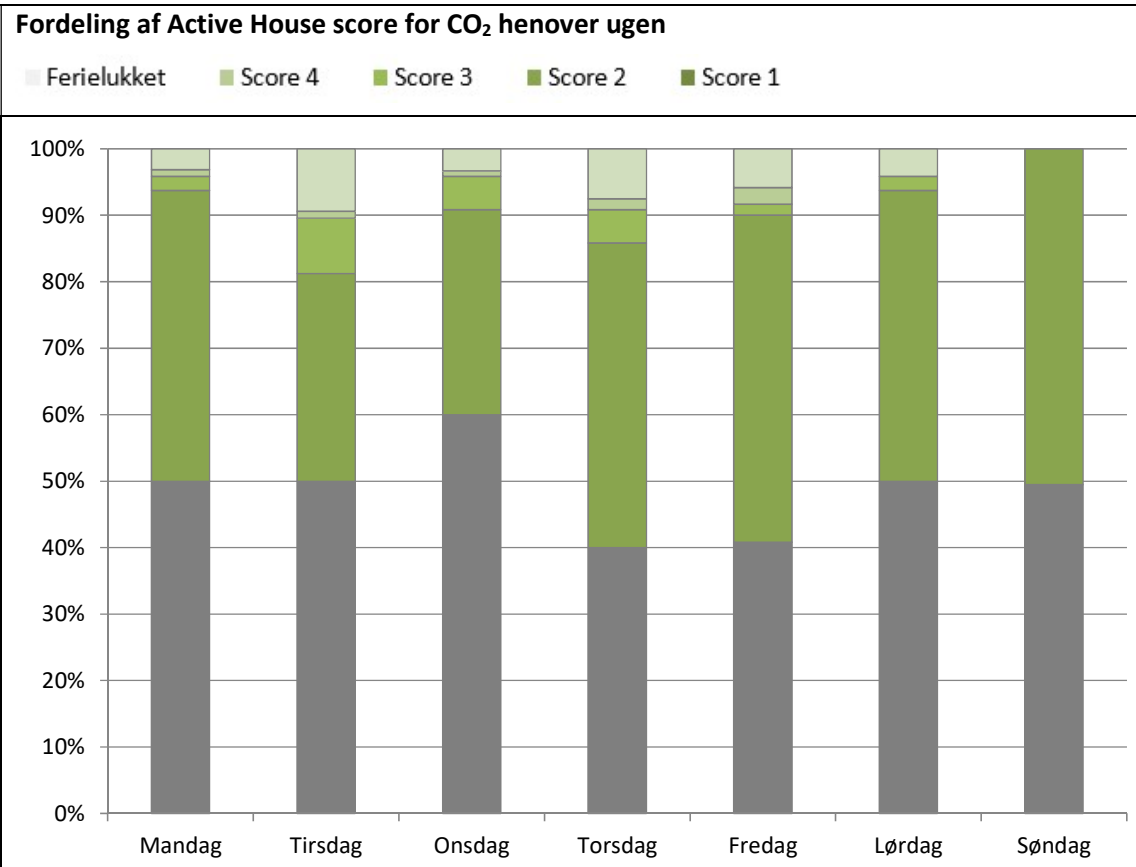


Figur 24 Søjlediagrammet viser måledata for marts måned 2017 ekskl. dagene d.9-16/3 og 23-30/3.

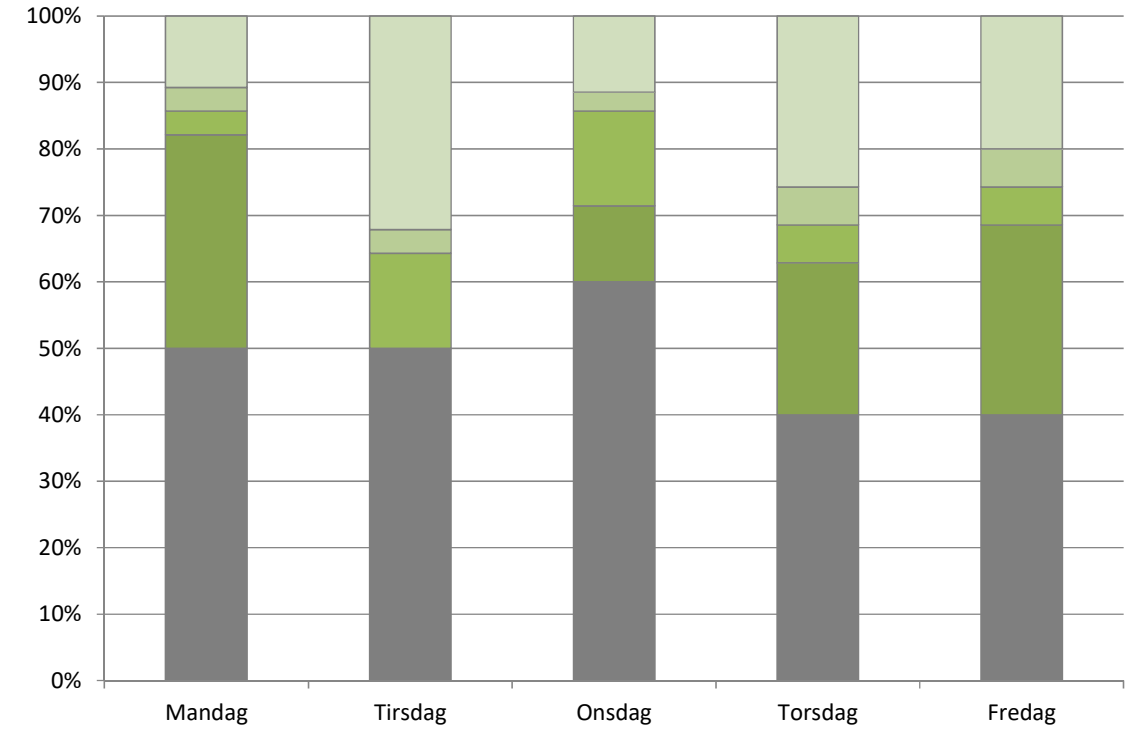


Figur 25 Søjlediagrammet viser måledata for marts måned 2017 ekskl. dagene d.9-16/3 og 23-30/3 i perioden mandag til fredag i tidsrummet 8-14.

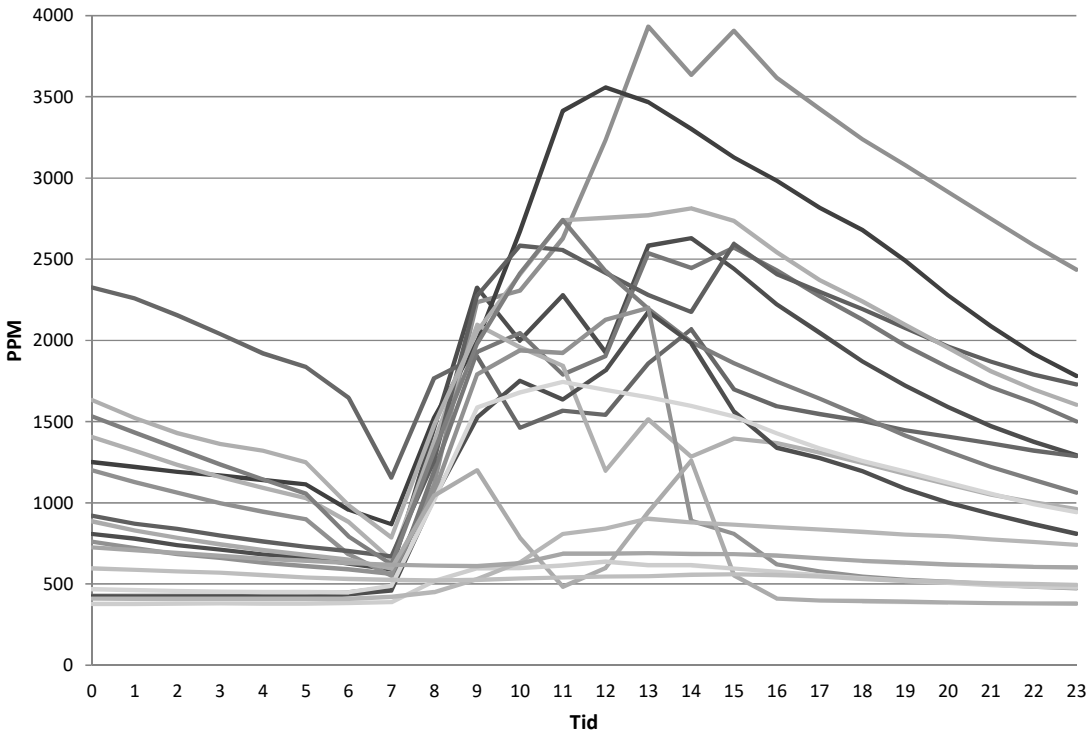
Marts 2017 ekskl. d.1-8/3 og 17-22/3

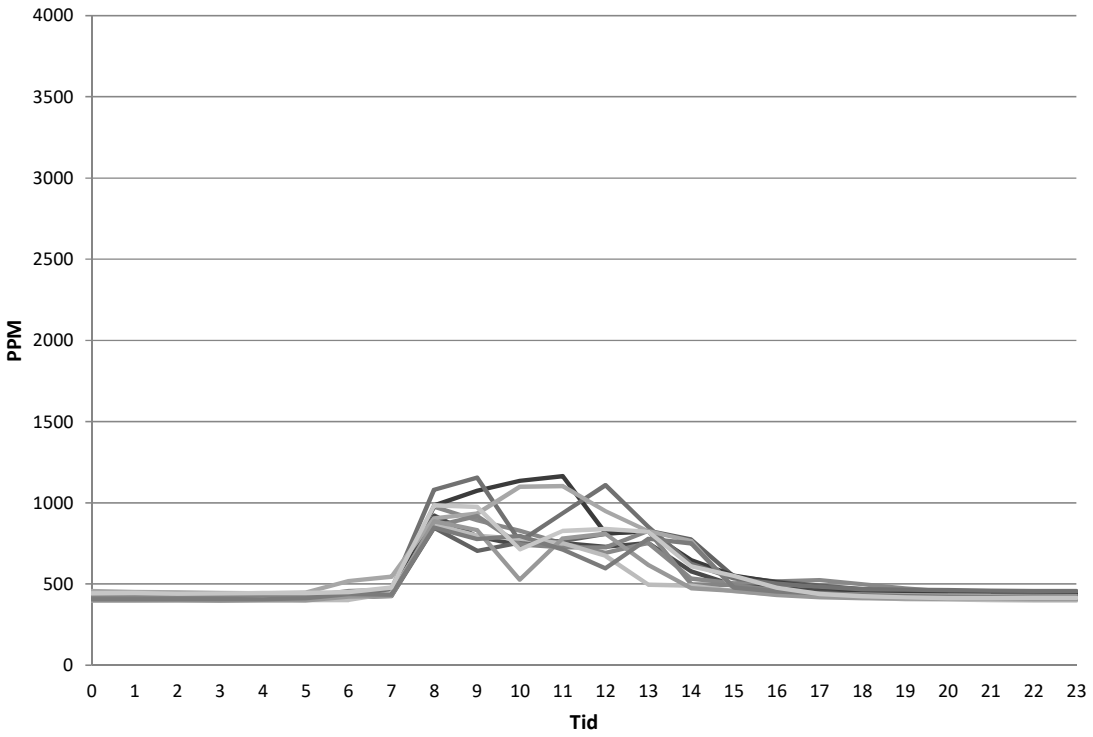


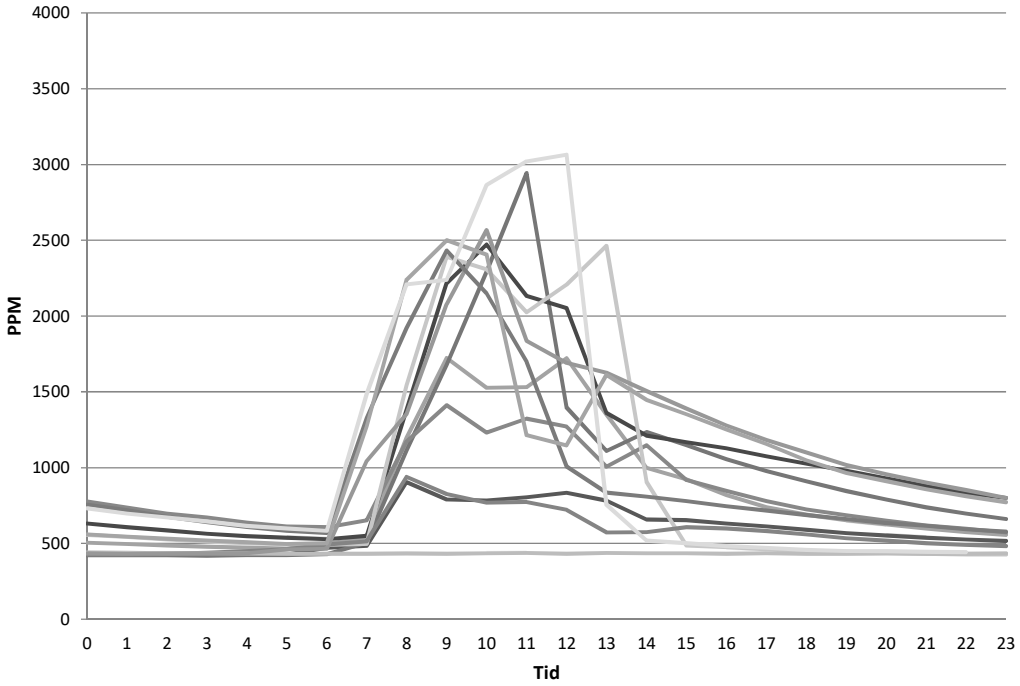
Figur 26 Søjlediagrammet viser måledata for marts måned 2017 ekskl. dagene d.1-8/3 og 17-22/3.



Figur 27 Søjlediagrammet viser måledata for marts måned 2017 ekskl. dagene d.1-8/3 og 17-22/3 i perioden mandag til fredag i tidsrummet 8-14.

	Daglige CO_2 – udsving
Marts 2016	 *Figur 28 Graf for marts måned 2016 ekskl. weekenden og feriedage, hvor hver linje repræsenterer en dag.*

	Daglige CO_2 – udsving
Marts 2017 ekskl. dagene 9-16 og 23-30	 *Figur 29 Graf for marts måned 2017 ekskl. dagene d.9-16/3 og 23-30/3 samt weekender, hvor hver linje repræsenterer en dag.*

	Daglige CO_2 – udsving
Marts 2017 ekskl. dagene d.1-8/3 og 17-22/3 og 31/3	 *Figur 30 Graf for hverdagene i marts måned 2017 ekskl. dagene d.1-8/3 og 17-22/3 og 31/3, hvor hver linje repræsenterer en dag.*
	Kommentar I perioderne fra d.9-16/3 og 23-30/3, hvor ventilationsanlægget har været tændt (Figur 29), har CO_2 niveauet holdt sig indenfor en AH score 1 i næsten hele brugstiden, kun i 1% af tiden har AH scoren været 2. Til sammenligning har AH scoren været 1 i 19 % af tiden og i 20 % af tiden ligget i en AH score 4 i perioderne fra d.1-8/3 og 17-22/3 og 31/3, hvor ventilationsanlæggene har været slukket. Derudover kan det ses på Figur 30, at klasselokalet ikke har været i brug d.20/3.

Vurdering af værdien af det forbedrede indeklima for marts måned

I vurderingen er anvendt ”beregningsvaerktoej_totalvaerdi_indeklima_juni2017”, der er tilgængeligt på https://www.innobyg.dk/resultater/beregningsvaerktoej. Der er sammenlignet på den mulige præstationsforøgelse for henholdsvis marts 2016 og 2017. Værktøjet er primært udarbejdet til, at virksomheder kan vurdere en potentiel gevinst ved at forbedre indeklimaet. Gevinsten findes ved at gange den mulige præsentationsforøgelse med årslønnen, men da skoleelever ikke har en årsløn er der her anvendt den pris som Københavns Kommune betaler årligt, som er 86.672 kr. pr. skoleelev (Kend din kommune – Brug nøgletal i styringen 2017). De anvendte tal er beskrevet i Figur 17, hvor feriedagene er trukket fra.

Marts 2016

Indeklima oplysninger

Kategori	Temperatur		CO_2-koncentration		Lydtrykniveau		Belysningsstyrke	
I	21-23 °C	100%	< 700 ppm	0%	<45 dB(A)	0%	>500 lux	0%
II	20-21 °C 23-24 °C	0%	700 - 1000 ppm	33%	45-65 db(A)	0%	400 - 500 lux	0%
III	19-20 °C 24-25 °C	0%	1000-1500 ppm	11%	65-85 db(A)	0%	300 - 400 lux	0%
IV	18-19 °C 25-26 °C	0%	1500-2000 ppm	56%	85-100 dB(A)	0%	200 - 300 lux	0%
Uden for kategori	<18 °C >26 °C	0%	> 2000 ppm	0%	100 dB(A) >	0%	< 200 lux	0%
SUM		100%		100%		0%		0%
Mulig præstations-forøgelse	0,0%		1,9%		0%		0%	
Størst mulige præstations-forøgelse	1,9%							

Figur 31 Skærmprint af "beregningsvaerktoej_totalvaerdi_indeklima_juni2017" med indtastede værdier.

Marts 2017

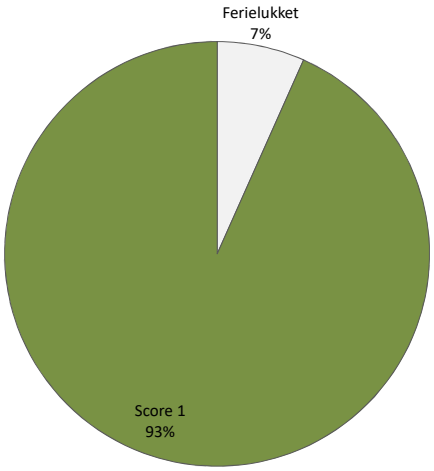
Indeklima oplysninger

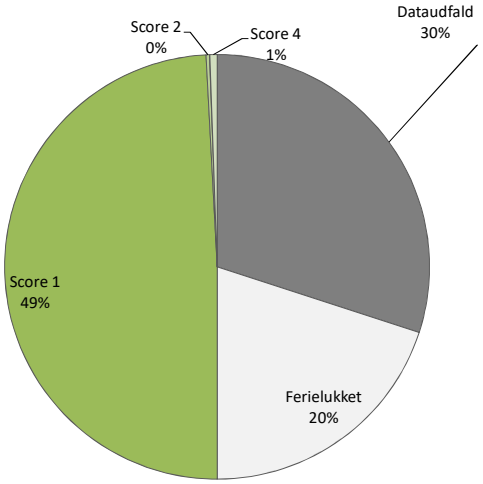
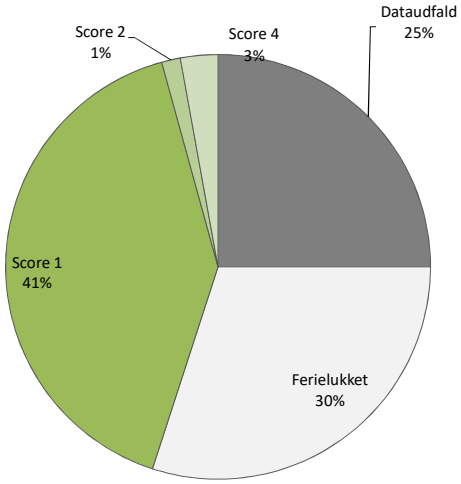
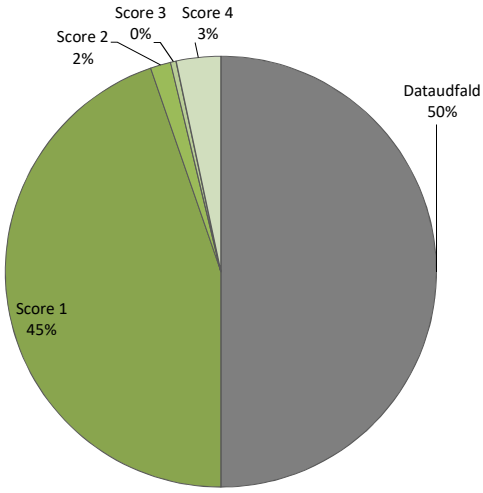
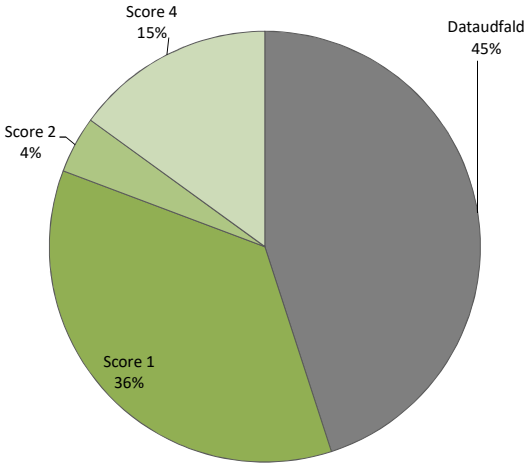
Kategori	Temperatur		CO_2-koncentration		Lydtrykniveau		Belysningsstyrke	
I	21-23 °C	0%	< 700 ppm	0%	<45 dB(A)	0%	>500 lux	0%
II	20-21 °C 23-24 °C	0%	700 - 1000 ppm	100%	45-65 db(A)	0%	400 - 500 lux	0%
III	19-20 °C 24-25 °C	0%	1000-1500 ppm	0%	65-85 db(A)	0%	300 - 400 lux	0%
IV	18-19 °C 25-26 °C	0%	1500-2000 ppm	0%	85-100 dB(A)	0%	200 - 300 lux	0%
Uden for kategori	<18 °C >26 °C	0%	> 2000 ppm	0%	100 dB(A) >	0%	< 200 lux	0%
SUM		0%		100%		0%		0%
Mulig præstations-forøgelse	100,0%		0,5%		0%		0%	
Størst mulige præstations-forøgelse	100,0%							

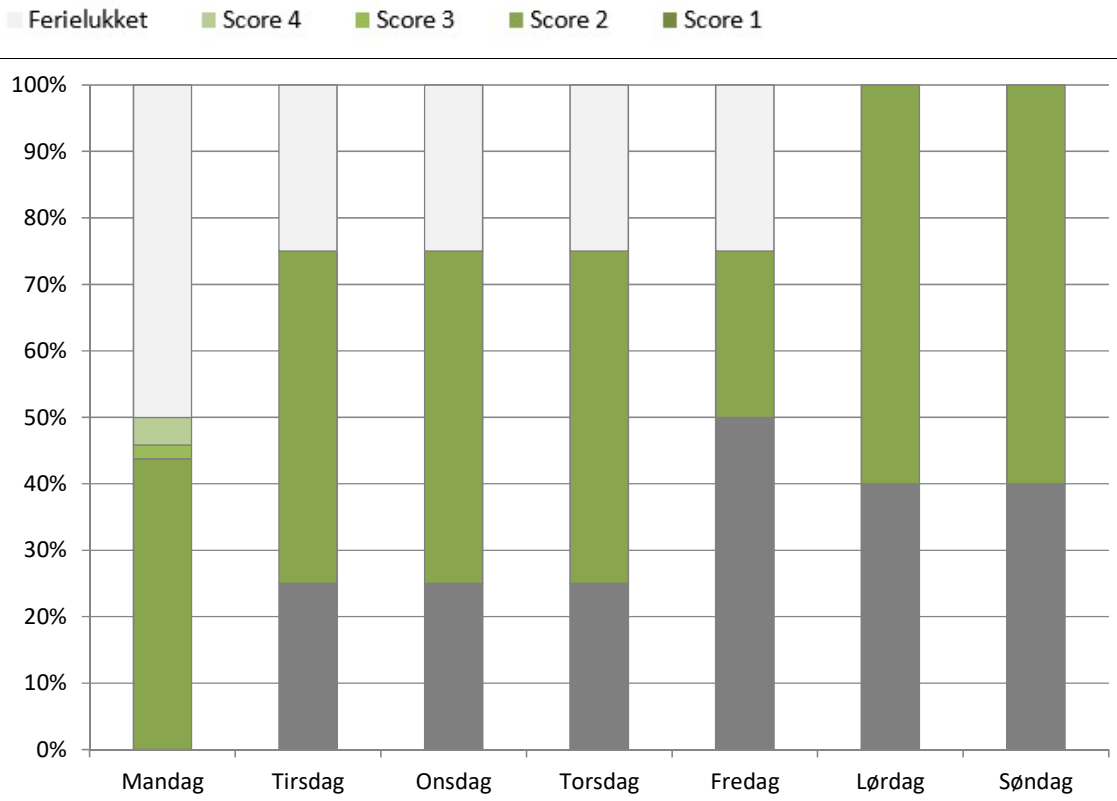
Figur 32 Skærmprint af "beregningsvaerktoej_totalvaerdi_indeklima_juni2017" med indtastede værdier.

Kommentar
Der har i februar 2016 været et muligt præsentationsforøgelses potentiale på 1,9 %, hvilket i kroner kunne have givet en "gevinst" på 1.658 kr. pr. skoleelev.

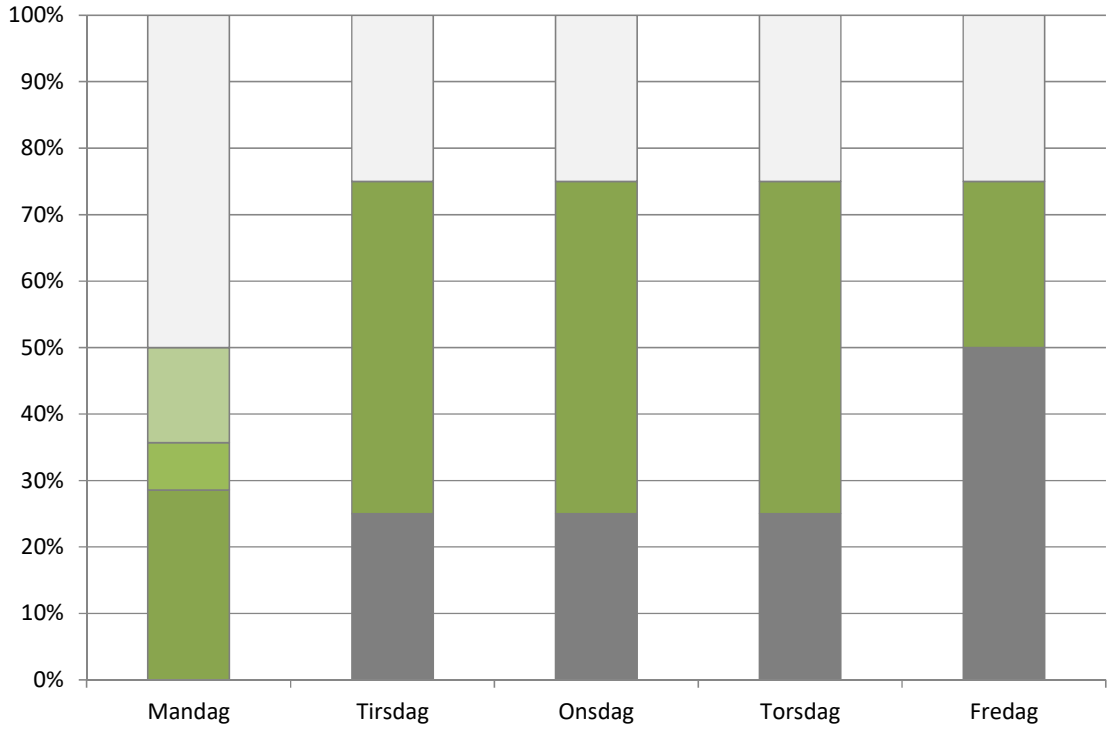
CO_2 niveauet i april måned 2016 og 2017

	Procentvis fordeling af Active House score for CO_2	
April 2016	 *Figur 33 Cirkeldiagrammet viser procentfordelingen af AH scoren for måledata for hele april måned 2016.*	

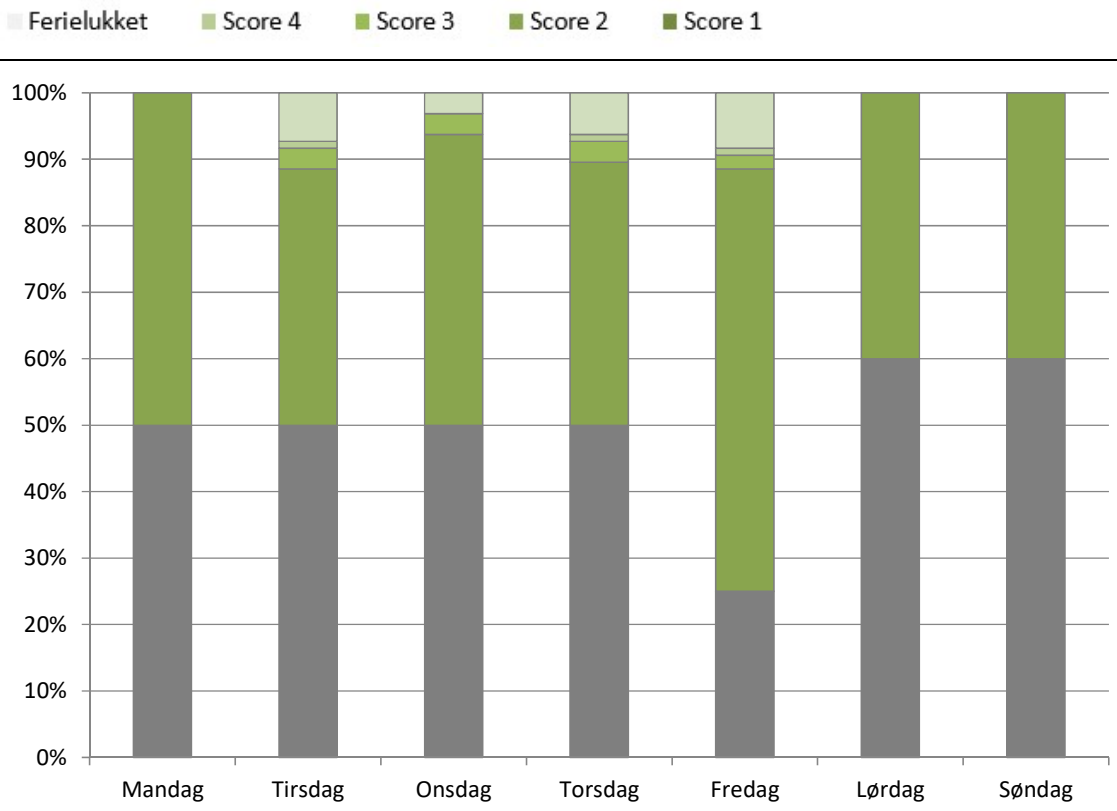
	Procentvis fordeling af Active House score for CO_2	
April 2017 ekskl. dagene 7-21/4	 *Figur 34 Cirkeldiagrammet viser procentfordelingen af AH scoren for måledata for april måned 2017 ekskl. dagene 7-21/4.*	 *Figur 35 Cirkeldiagrammet viser procentfordelingen af AH scoren for måledata for april måned 2017 ekskl.7-21/4 i perioden mandag til fredag i tidsrummet 8-14.*
April 2017 ekskl. dagene 1-6/4 og 22-30/4	 *Figur 36 Cirkeldiagrammet viser procentfordelingen af AH scoren for måledata for april måned 2017 ekskl. dagene 1-6/4 og 22-30/4.*	 *Figur 37 Cirkeldiagrammet viser procentfordelingen af AH scoren for måledata for april måned 2017 ekskl. dagene 1-6/4 og 22-30/4 i perioden mandag til fredag i tidsrummet 8-14.*
	Kommentar Indeklimamålingerne indikerer, at klasselokalet har stået ubenyttet hen i april 2016. Ligesom i marts 2017 har DTU haft slukket for ventilationsanlæggene i forbindelse med nogle brugerinterviews. Der har været slukket for ventilationsanlæggene i 50 % af tiden i april 2017. I perioden 1-6/4 og 22-30/4, hvor der har været slukket for ventilationen har der i brugsperioden (Figur 36) været en score 1 i 45% af tiden, hvilket kan skyldes, at klasselokalet ikke har været i brug i en del dage i perioden, hvilket fremgår af Figur 44.	

	Fordeling af Active House score for CO_2 henover ugen
April 2017 ekskl. dagene 7-21/4	

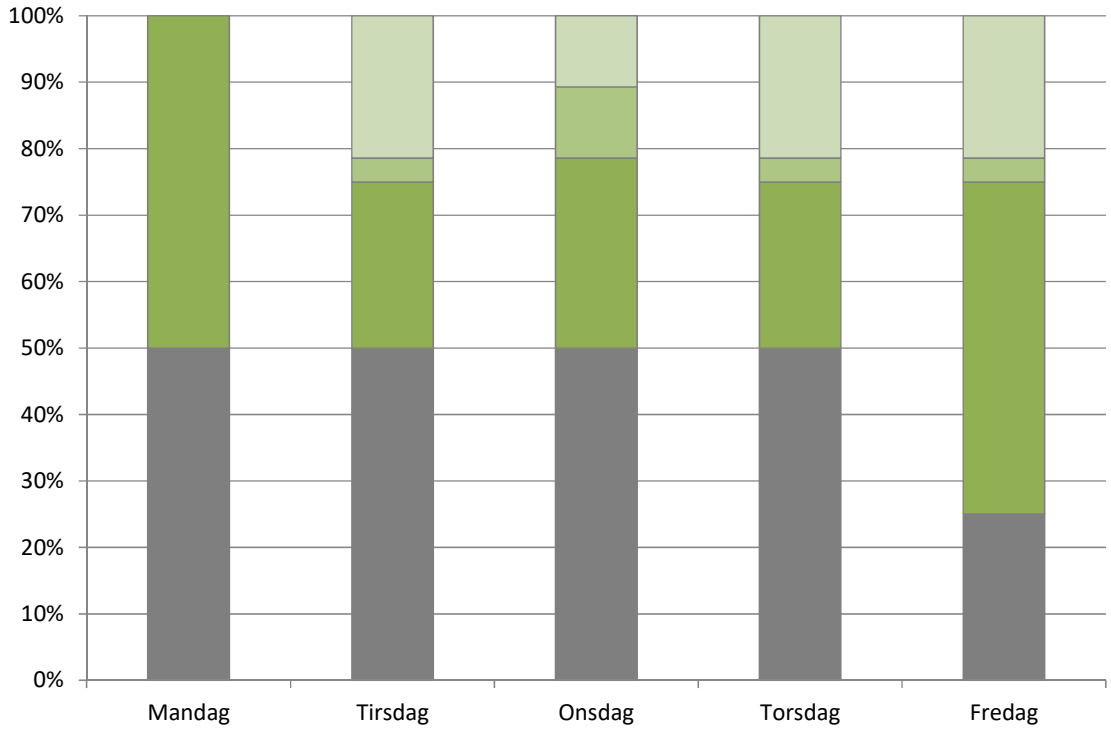
Figur 38 Søjlediagrammet viser måledata for april måned 2017 ekskl. dagene 7-21/4.



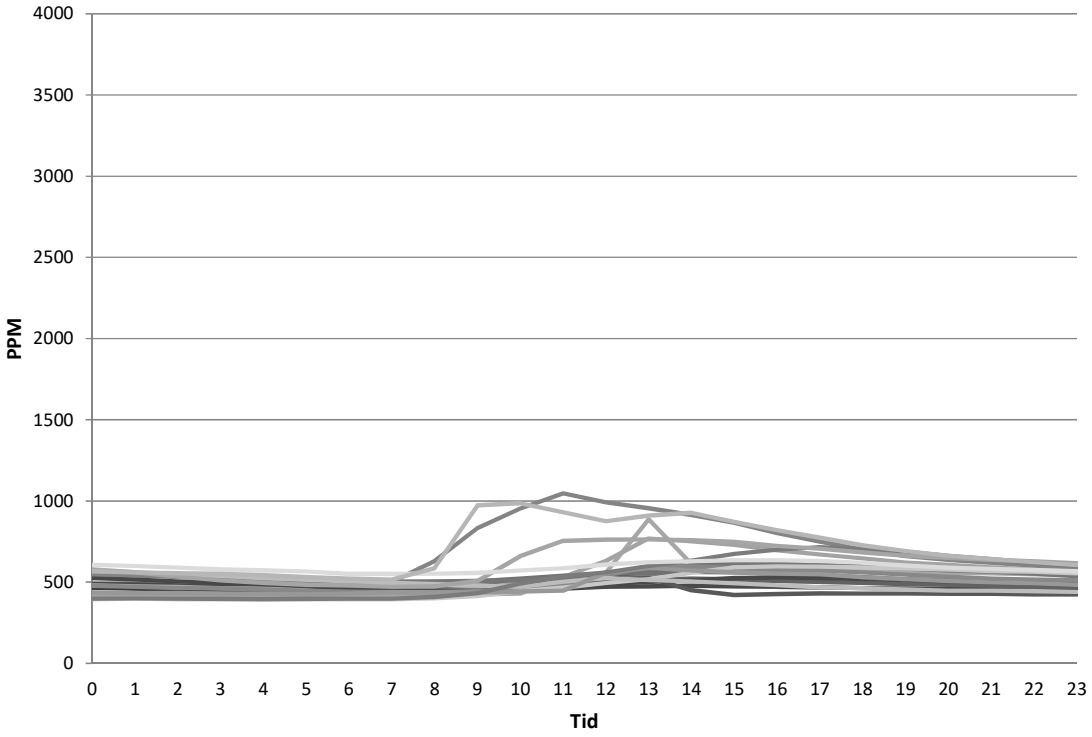
Figur 39 Søjlediagrammet viser måledata for april måned 2017 ekskl. dagene 7-21/4 i perioden mandag til fredag i tidsrummet 8-14.

	Fordeling af Active House score for CO_2 henover ugen
April 2017 ekskl. dagene 1-6/4 og 22-3	

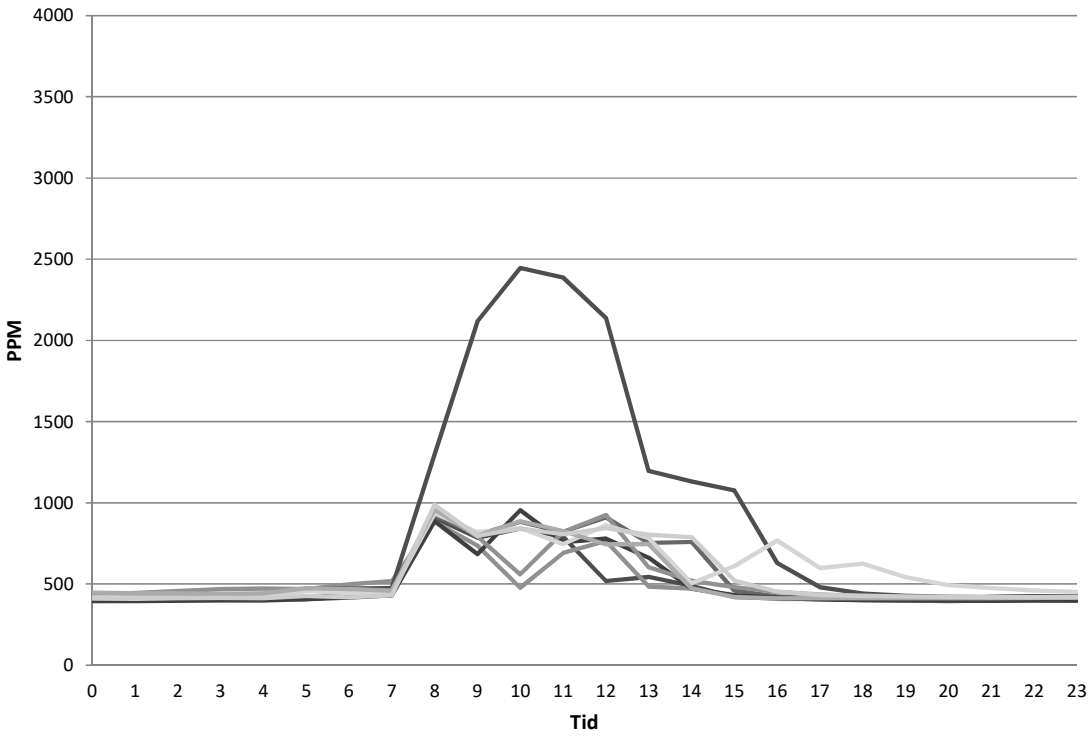
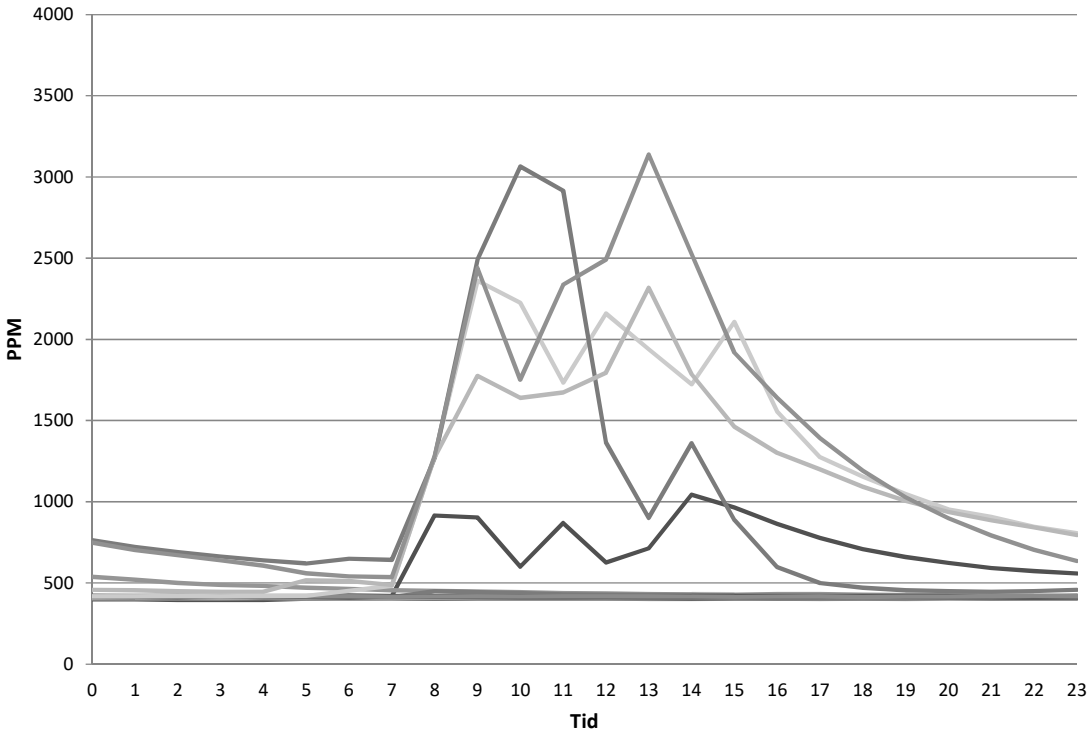
Figur 40 Søjlediagrammet viser måledata for april måned 2017 ekskl. dagene 1-6/4 og 22-30/4.



Figur 41 Søjlediagrammet viser måledata for april måned 2017 ekskl. dagene 1-6/4 og 22-30/4 i perioden mandag til fredag i tidsrummet 8-14.

	Daglige CO_2 – udsving
April 2016	

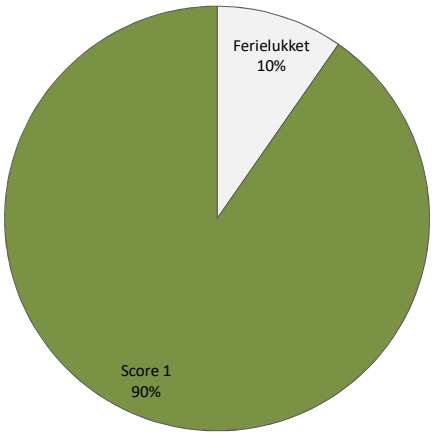
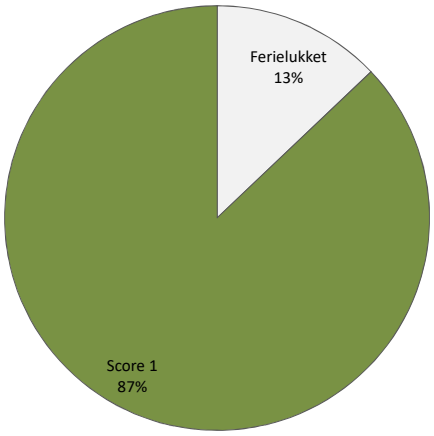
Figur 42 Graf for april måned 2016 ekskl. weekender og feriedage, hvor hver linje repræsenterer en dag.

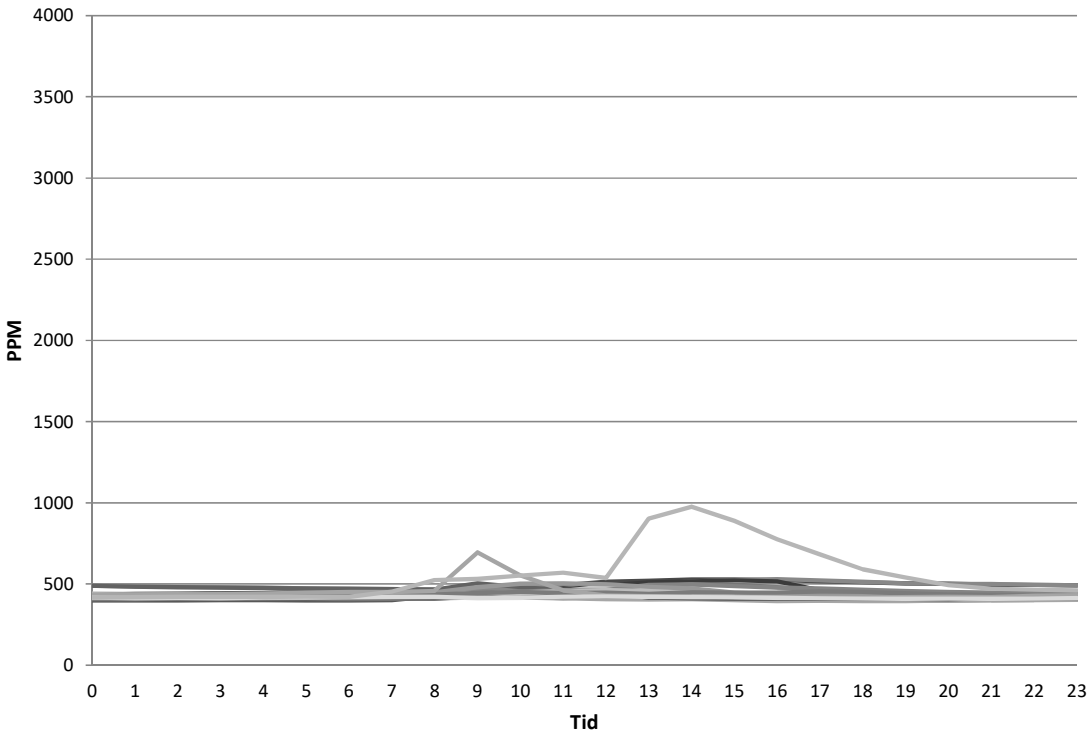
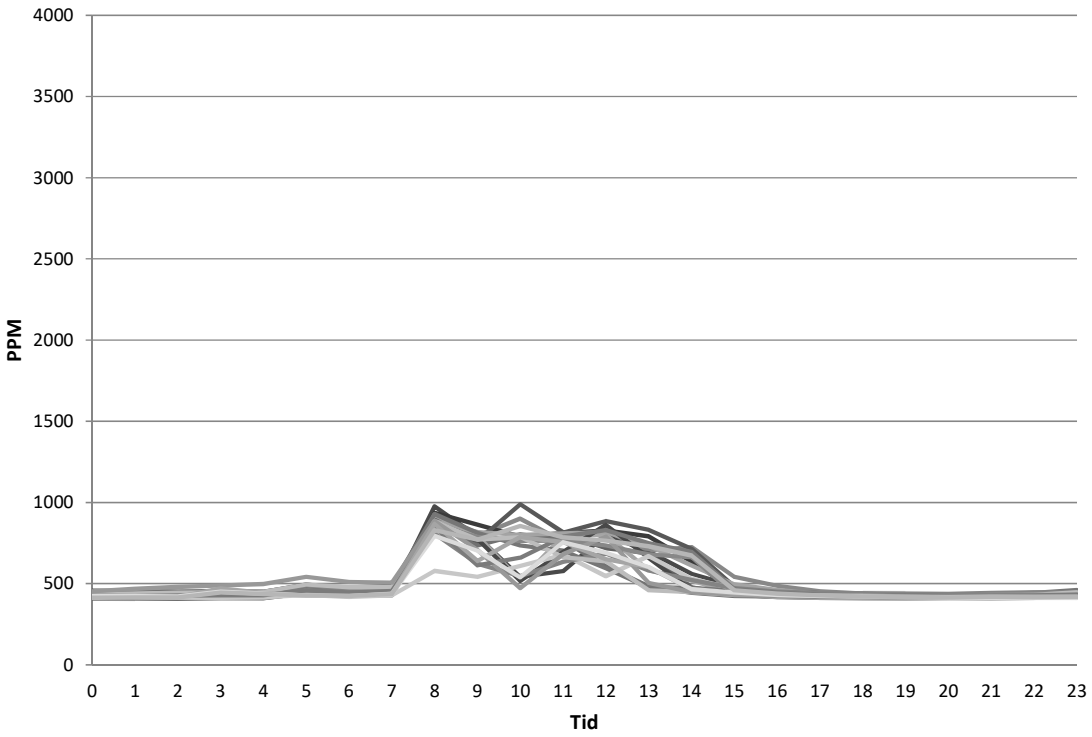
	Daglige CO_2 – udsving
April 2017 ekskl. dagene 7-21/4	 *Figur 43 Graf for april måned 2017 ekskl.7-21/4 samt weekender og feriedage, hvor hver linje repræsenterer en dag.*
April 2017 ekskl. dagene 1-6/4 og 22-30/4	 *Figur 44 Graf for april måned 2017 ekskl.1-6/4 og 22-30/4 ekskl. weekender, hvor hver linje repræsenterer en dag.*

Vurdering af værdien af det forbedrede indeklima for april måned

Måledata indikerer, at klasselokalet ikke har været i brug og CO_2 niveauet har derfor ligget omkring de 500 PPM.

CO_2 niveauet i maj måned 2016 og 2017

	Procentvis fordeling af Active House score for CO_2	
Maj 2016	 *Figur 45 Cirkeldiagrammet viser procentfordelingen af AH scoren for måledata for hele maj måned 2016.*	
Maj 2017	 *Figur 46 Cirkeldiagrammet viser procentfordelingen af AH scoren for måledata for hele maj måned 2017.*	

	Daglige CO_2 – udsving
Maj 2016	 *Figur 47 Graf for maj måned 2016 ekskl. weekender og feriedage, hvor hver linje repræsenterer en dag.*
Maj 2017	 *Figur 48 Graf for hele maj måned 2017 ekskl. weekender og feriedage, hvor hver linje repræsenterer en dag.*

	Daglige CO_2 – udsving
	Kommentar Figur 47 indikerer, at det gode indeklima i maj 2016 skyldes, at klasselokalet har ligget ubenyttet hen. Figur 48 viser, at ventilationsanlægget har formået at holde CO_2 niveauet under 1000 PPM i hele maj måned 2017.

Vurdering af værdien af det forbedrede indeklima for maj måned

Måledata indikerer, at klasselokalet ikke har været i brug og CO_2 niveauet har derfor ligget omkring de 500 PPM.

7. Økonomi (nøgletal)

Anlægssum

400.000 kr. inkl. moms.

Elforbruget (årligt)

Der benyttes 2 ventilationsanlæg, der hver har en SEL værdi på 1.000 J/m^3. Tilsammen bruger de to ventilationsanlæg 166 W og er tændte i 9 timer hver dag og i brug 210 dage om året, hvilket under disse forudsætninger betyder, at ventilationsanlæggene bruger 313,74 kWh/år svarende til en driftsudgift på 690 kr./år.

Filterskift (hvert 5 år)

Levering og montering af ventilationsfilter 12.500 kr.

Tilsyn (årligt)

8.000 kr./årligt.

Totaløkonomien

Der er kigget på lønsomheden af ventilationsløsningen (energibesparelsen). Der er benyttet beregningsmetoden NUværdimetoden fra Varme Staabi udgave 6. Der er ikke beregnet på den teoretiske varmebesparelse, men kun set på indeklimaet og det nye elforbrug, som der kommer fra det installerede ventilationsanlæg. I en traditionel energibesparelse beregning inkluderes ikke det forbedrede indeklima. Men for at få værdien af indeklimaforbedringen med er der benyttet værktøjet "beregningsvaerktoej_totalvaerdi_indeklima_juni2017", der er tilgængelig på https://www.innobyg.dk/resultater/beregningsvaerktoej. Værktøjet giver en procent på den mulige præstationsforøgelse, hvis indeklima forbedres. Der er set på potentialet for februar og marts 2016, som giver henholdsvis 2,7 % og 1,9 %. I beregningen er brugt gennemsnittet på de to konkrete måneder, som er 2,3 %. Værktøjet er primært udarbejdet til, at virksomheder kan vurdere en potentiel gevinst ved at forbedre indeklimaet. Gevinsten findes ved at gange den mulige præsentationsforøgelse med årslønnen, men da skoleelever ikke har en årsløn er der her anvendt den pris som Københavns Kommune betaler årligt, som er 86.672 kr. pr. skoleelev (Kend din kommune – Brug nøgletal i styringen 2017).

Lykkebo skole			Klasselokale Ø21
Investeringsbeløb ekskl.moms			320.000
Investeringsbeløb ink.l moms	Io	kr/år	400.000
Årlig besparelse varme	b_varme	kWh/år	0
Årlig besparelse el	b_el	kWh/år	-313
Årlig besparelse varme		kr/år	0
Årlig besparelse el		kr/år	-689
Aktuel energipris varme			1
Aktuel energipris el		kr/kWh	2,2
Årlig besparelse el	b_el	kWh/år	-313
Økonomisk levetid	n		20
Fysisk levetid	nt		20
Nominelle kalkulationsrente	rn		5,0%
Skatteprocent af renteindtægter	s		0,0%
Forventet prisstigningstakt - energi	ie		4,0%
Forventet prisstigningstakt - udg.	iu		2,0%
Reale kalkulationsrente - energi			1,0%
Reale kalkulationsrente - udgifter			2,9%
Nuværdifaktor - energi	fnvb		18,1
Nuværdifaktor - udgifter	fnvu		15,0
Nuværdien af besparelse	Bo		-12.474
Nuværdien af løbende udgifter	Uo		-4.682
Nutidsværdien	NV=Bo-Uo-Io		-407.792
Nuværdi af restværdien af investering	Rest		0
Energisparepris, p = (Uo+Io-Rest)/(b_el*fnvb)		**kr/kWh**	**-69,72**
Aktuel energipris			**2,20**
Rentabel hvis >1.33			**-0,02**
Antal elever			29
Omkostn pr. elev pr. år i kr			-703

Omkostninger pr. elev pr. år		86.672
Præstationsforbedring	2,30%	1.993

Af beregningen ses det, at det vil koste 703 kr. om året pr. elev at etablere og drifte ventilationsanlægget og værdien af det forbedrede indeklima er 1.993 kr. om året pr. elev.

8. Midtvejskonklusion

De to ventilationsanlæg har ventileret klasselokale Ø21 i perioden d.1/2 til 31/5 2017 med et CO_2 niveau setpoint på 1.000 PPM, hvorfor at CO_2 niveauet i brugstiden har ligget omkring dette niveau. Der har været en positiv tilbagemelding fra klasselæreren, hvad angår indeklimaet i klasselokalet. Skolens pedel har dog efterspurgt nogle flere og mere præcise instrukser på, hvorledes at ventilationsanlæggene driftes. Der har derudover været et ønske fra skolens side om at sænke CO_2 niveauet yderligere. Dette efterprøves efter sommerferien 2017, hvor CO_2 niveau setpointet sættes til 900 PPM.

De to ventilationsanlæg er placeret ude i gangarealet, hvor man svagt kan høre dem. Hvis de øvrige klasselokaler udstyres med to ventilationsanlæg hver ude på gangen, formodes det, at summen bliver mere markant og der vil være behov for at lydisolere ventilationsanlæggene.
Den endelige konklusion på det decentrale ventilationsdemonstrationsprojektet vil blive færdiggjort, når ventilationsanlæggene har ventileret i en kortere periode med et setpoint på 800 i sommeren/efteråret 2017. Det er endnu uklart, hvor længe at demonstrationsprojektet kan fortsætte, da skolens renovering starter i september 2017, der vil betyde, at ventilationsdemonstrationsprojektet vil blive demonteret.