Indeklima i skoler – fra udfordring til løsninger - konference

TEKNOLOGISK INSTITUT

Tekniske løsninger i cases med 3 typer skoler og baggrund herfor

- Hvorfor er det vigtigt med ventilation + hvad er der gjort?
- Hvad er så vigtigt når vi har forstået vi vigtigheden af ventilation
- 3 cases (ventilation)
  - Hvad hjælper os i den rigtige retning
- 1 case (akustik)

Christian Grønborg Nicolaisen

Teknologisk institut, energi og klima

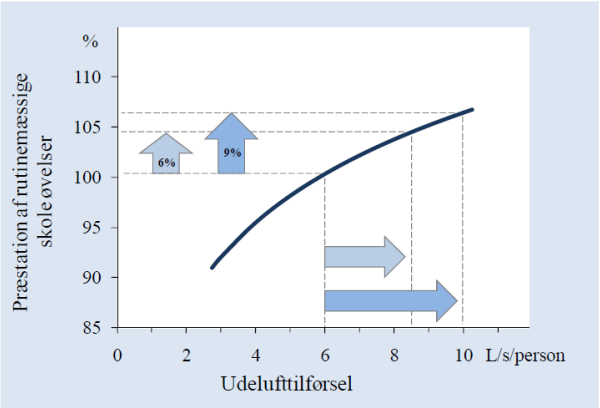
Center for energieffektivisering og ventilation

Hvorfor er det vigtigt med ventilation?

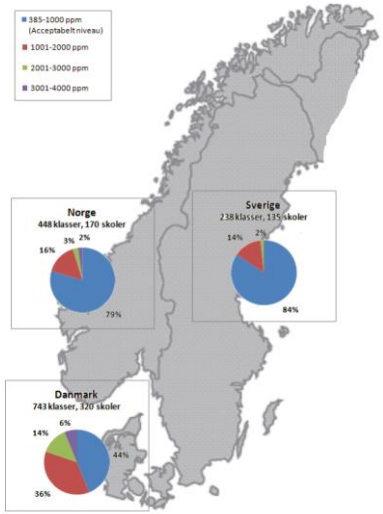
TEKNOLOGISK INSTITUT

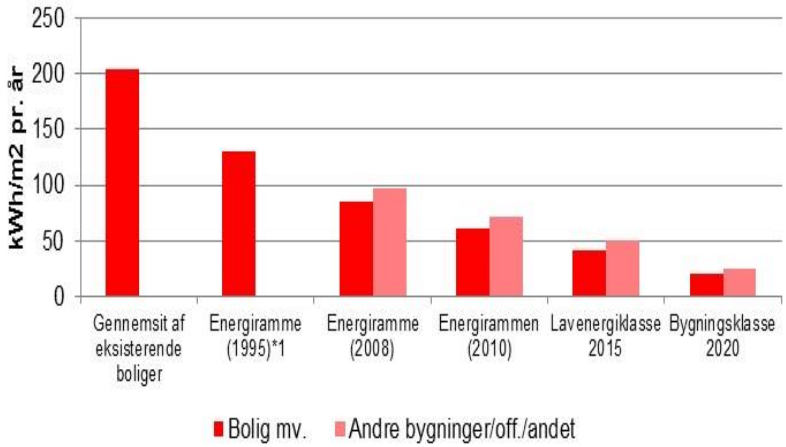
Hvorfor er det vigtigt med ventilation
– Det lønner sig (endnu mere i skoler)

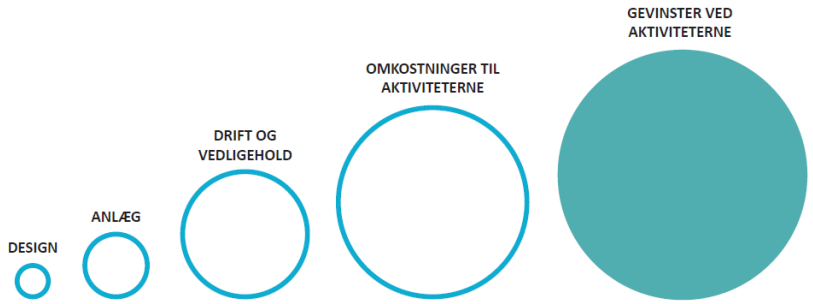
TEKNOLOGISK INSTITUT



Figur 10. Sammenhæng mellem udelufttilførsel og præstation af rutinemæssige øvelser som tekstforståelse eller addition. Figuren viser konsekvensen af at forøge udelufttilførslen fra de krav, som gælder i klasseværelser i Danmark til de krav, som gælder i skoler i Sverige og til de krav som gælder for voksne i de fleste kontorer.







FIGUR 3. Illustration af den relative fordeling af omkostninger og gevinster ved et byggeprojekt.

Hvad gør vi ved det?

Nationale krav (2018) til mekaniske ventilationsanlæg i Nordvesteuropa (skoler)

Lokaler			Danmark		Finland	Norge	Sverige	Tyskland				
			Barn	voksen		Ved let aktivitet		1-3 år	4-6 år	7-9 år	10-14år	Over 14år
Undervisning	Pr pers	l/s	3	5	6	7,2	7	4,3	4,3	6,3	8,8	9,6
	Pr m2	l/s/m2	0,35	0,35	3	0,69	0,35					
	Pr m2 (uden for brug	l/s/m2				0,19						
Forlæsning	Pr pers	l/s			8							
	Pr m2	l/s			6							
Opbevaring	Pr m2 (Kun udsugnin	l/s			0,35							
Andre krav	CO2		CO2>1000 ppm (længere periode)		8 h HTP CO2 5000ppm/ 9100 mg/m3	Ved maks person-belastning skal CO2>500ppm	CO2 kan anvendes som indikator => Max 1000 ppm	Eller ventilation i forhold til EN 15251: §II (max. 500 ppm over udekonc.): 30 m3/h pr person (8 l/s)				
	Andet		VAV => kan afvige (min 0,35 l/s/m2)		Krav om VAV	Højere aktivit => øges til luftkvalitet er tilfredsstillende	Krav gælder for personale + børn over 6 år					
	Andet		Lufthastighed under 0,15 m/s				Samme krav i skoler som i kontor					

- Minimum ventilation
  - Ofte ikke tilstrækkeligt….
- CO_2 niveau må ikke overstige 1000 ppm over en længere periode
  - Hvad er en længere periode? + først krav i 2010
- Krav om mekanisk ventilation
  - Ved benyttelse af særlige byggetekniske tiltag, som fx større rumvoluminer pr. person, flere udluftningsmuligheder, tværventilation, kan kravet om mekanisk ventilation fraviges
- Antal timer > hhv. 26 og 27°C fastsættes af bygherren
  - Skal dokumenteres for kritiske rum

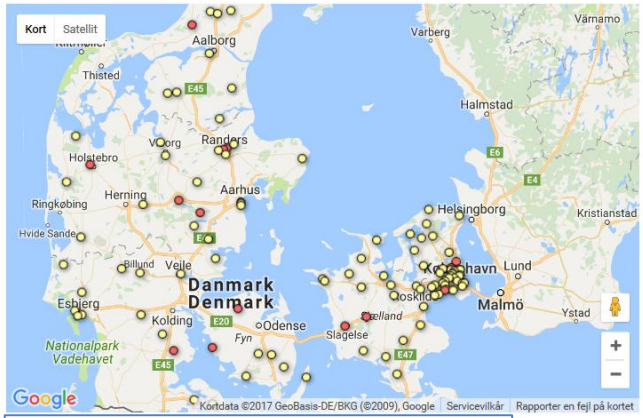
Hvad gør vi ved det?

Påbud fra Arbejdstilsynet

- I 2012 og 2013 uddelte Arbejdstilsynet påbud til næsten hver tredje besøgte skole pga. dårligt indeklima herunder høje CO2-koncentrationer.
- I 2015 besøgte AT i alt 523 skoler, hvor der blev reageret på sammenlagt 483 problemer inden for arbejdsmiljøloven. Heraf udløste 237 et påbud og 35 strakspåbud.

Ventilationsrelaterede emner	2010	2014	2015	2016
Indeklima	208	148	87	92
Kemi, støv og biologi	142	108	95	38
Støj	85	63	51	36
Total for ventilationsrelaterede emner	**435**	**319**	**233**	**166**
Tilsynsreaktioner, total	962	1007	869	821
Antal af besøgte virksomheder i perioden	863	1113	1085	678
Andel af AT-besøg med ventilations-relaterede tilsynsreaktioner	**Hver anden (50 %)**	**Hver tredje (29 %)**	**Hver femte (21 %)**	**Hver fjerde (24 %)**

Tilsynsreaktioner fra Arbejdstilsynet
Branche: Undervisning



Smileyordning fra Arbejdstilsynet Kilde: TV2

Hvad er så vigtigt når vi har forstået vi vigtigheden af ventilation

TEKNOLOGISK INSTITUT

At alle parametre samtænkes

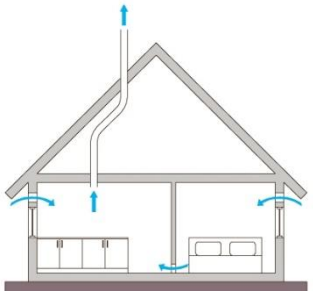
- Godt indeklima indbefatter
  - ”At man ikke lægger mærke til det”

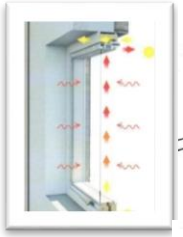
  - Pæne og inspirerende omgivelser
  - Rent
  - Akustik
  - Lys
  - **Luftkvalitet**
  - **Temperatur/træk**

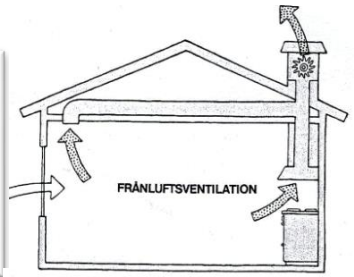
Vi kan vælge mellem mange

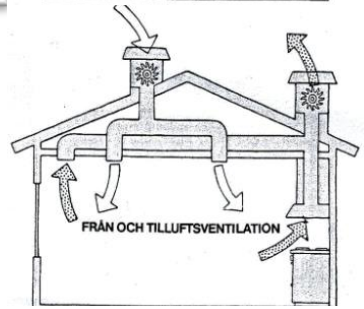
typer af ventilation og kombinationer

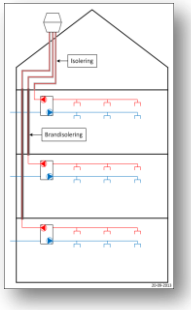
- Naturlig ventilation
- Udsugningsventilator + friskluftsventiler
- Udsugningsventilator + indblæsningsventilator
- Mekanisk balanceret ventilation
  - Central ventilation
  - Decentral ventilation
  - Rumbaseret / Mikroventilation
- Styringsmuligheder
  - Stand Alone
  - CTS traditionel eller IoT
    - CAV
    - VAV
    - DCV
- Ventilationsformer
  - Fortrængning
  - Opblanding
  - Køle/varmeloft
  - Diffus indblæsning
  - Naturlig; tværventilation, ensidet ventilation, atrium
  - Kombineret brand og naturlig (sportshaller, Atrium)

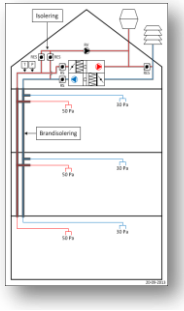


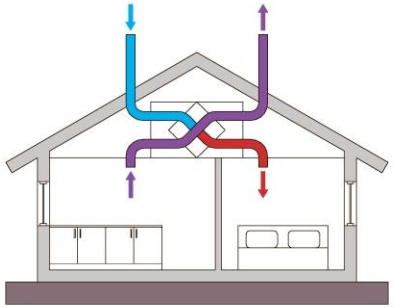


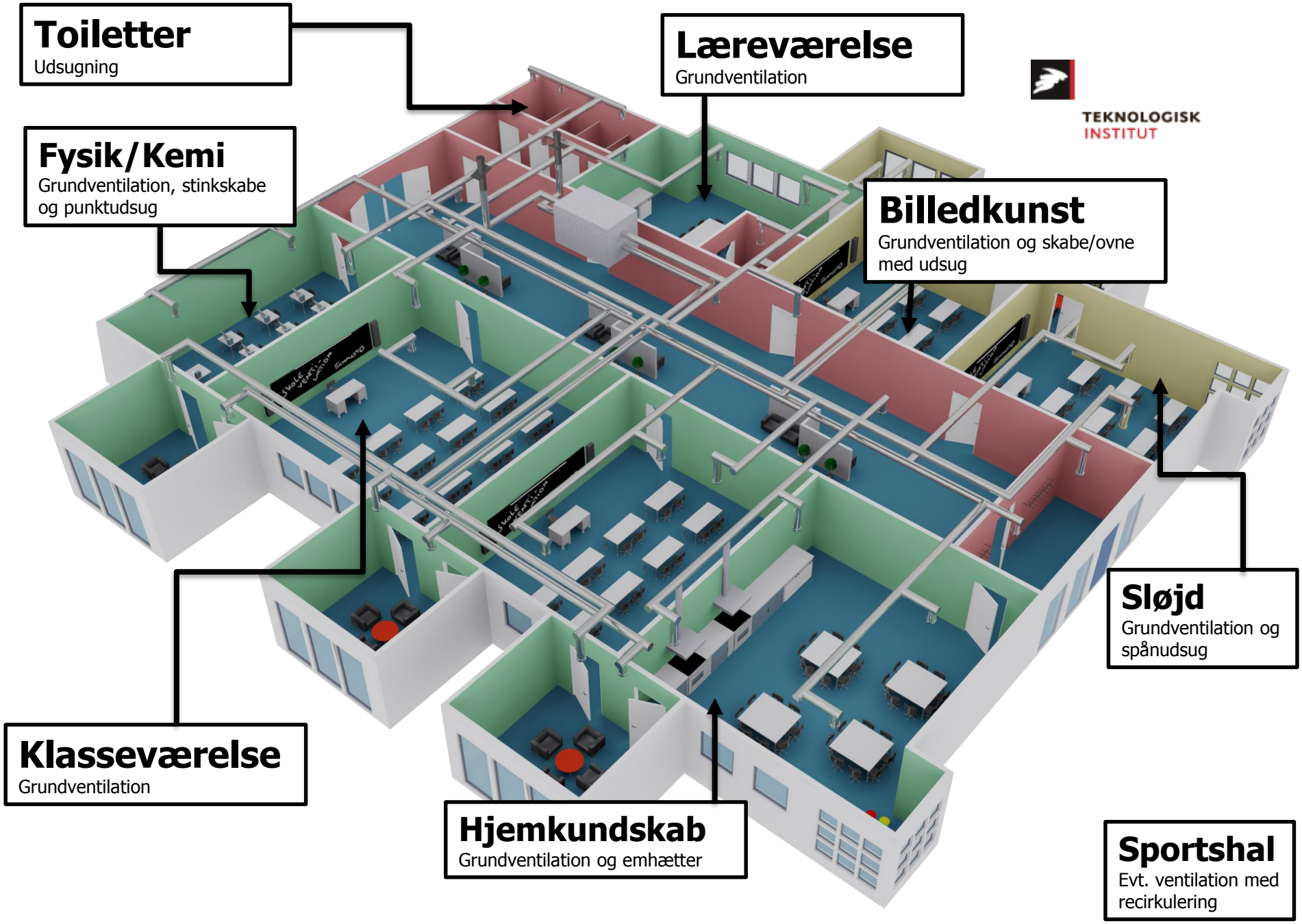


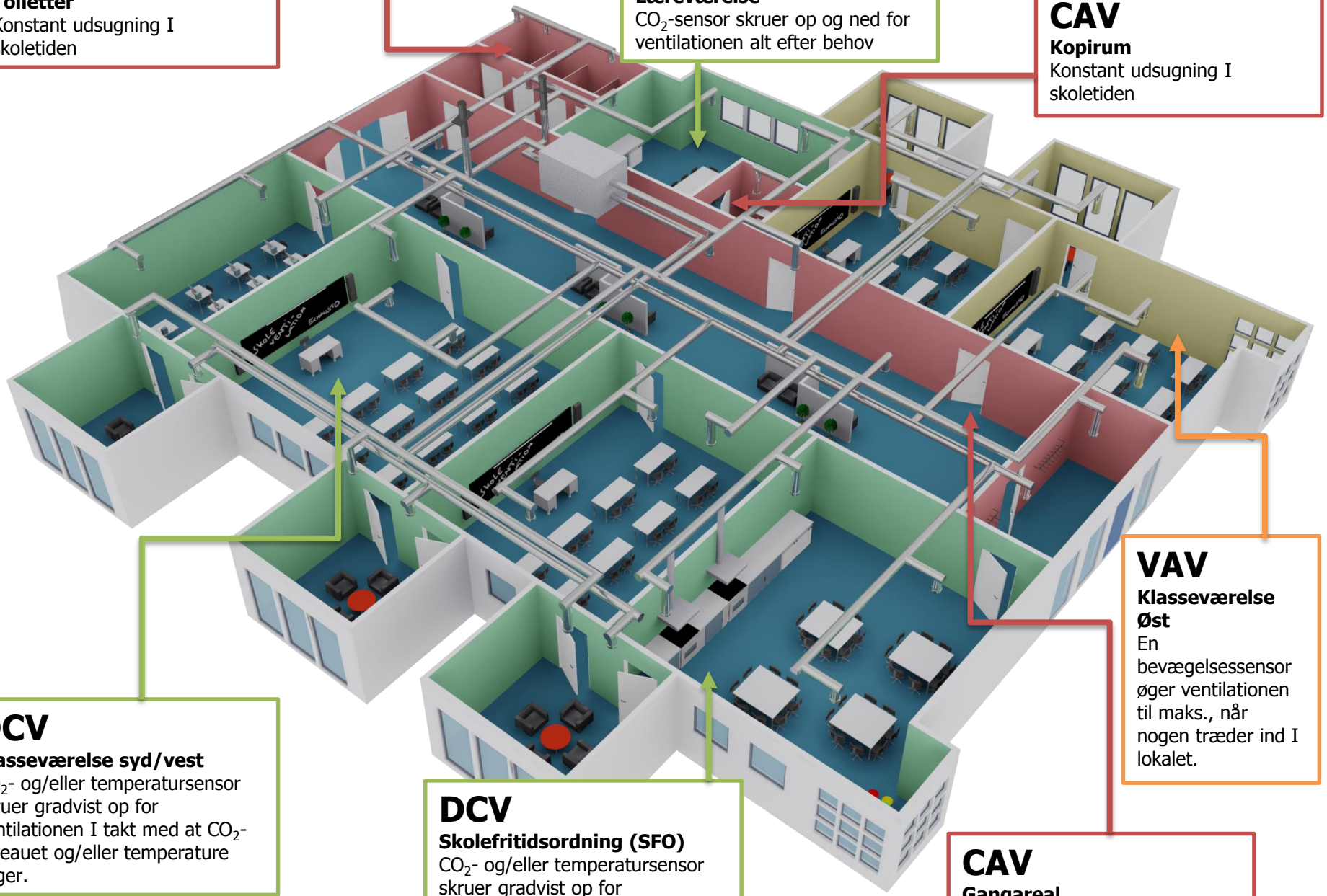









Toiletter
Udsugning
Læreværelse
Grundventilation
TEKNOLOGISK INSTITUT
Fysik/Kemi
Grundventilation, stinkskabe og punktudsug
Billedkunst
Grundventilation og skabe/ovne med udsug
Sløjd
Grundventilation og spånudsug
Klasseværelse
Grundventilation
Hjemkundskab
Grundventilation og emhætter
Sportshal
Evt. ventilation med recirkulering

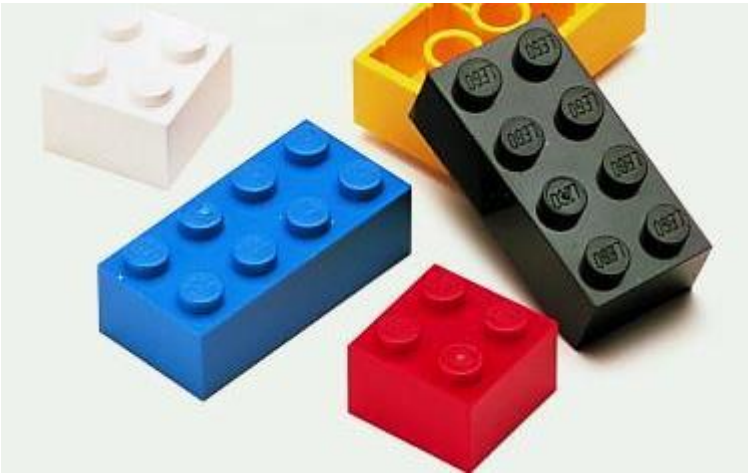

CAV
Toiletter
Konstant udsugning I skoletiden
DCV
Læreværelse
CO_2-sensor skruer op og ned for ventilationen alt efter behov
CAV
Kopirum
Konstant udsugning I skoletiden
VAV
Klasseværelse Øst
En bevægelsessensor øger ventilationen til maks., når nogen træder ind I lokalet.
DCV
Klasseværelse syd/vest
CO_2- og/eller temperatursensor skruer gradvist op for ventilationen I takt med at CO_2-niveauet og/eller temperature stiger.
DCV
Skolefritidsordning (SFO)
CO_2- og/eller temperatursensor skruer gradvist op for ventilationen I takt med at CO_2-niveauet og/eller temperature stiger.
CAV
Gangareal
Konstant udsugning I skoletiden

Hvilken løsning skal man vælge?

TEKNOLOGISK INSTITUT

Den først fremførte løsning er ikke altid gangbar – er det en kopi af noget der heller ikke duer?

- Vi kender ikke fremtiden - Bygningen er statisk, men indholdet er dynamisk
  - Ny skole + fritidsreform, læreforberedelse, inklusion, stille/aktivitets områder, anvendelse af pc, inddragelse af gangarealer etc.
- Se på helheden – hele bygningen, installationer, brug og indretning
  - **Brug de klodser der er til rådighed**
    - Tænk ud af bokse - og sammensæt dem på en ny måde
    - Bryd med gængs vanetænkning – brug også nye løsninger
  - Lav det **nødvendige hestearbejde**
    - Fremføringsmuligheder + mulig placering af aggregat
- Inddrag **driftspersonalet og brugere (ejerskab + korrekt brug)**



Hvad er vigtigt for det rigtige valg

Inddragelse af hele værdikæden

- Funktionskrav opstilles med inddragelse af hele værdikæden (fra start):

Lovgivere National og EU → Bygherre → Rådgiver Arkitekter Ingeniører → Producenter → Entreprenører Teknikere Håndværkere → Bruger, Drifts personale

- Funktionskrav medtages i "den firbenede stol":

Korrekt projektering

- Overhold standarder:
  - BR
  - DS428 (Brand)
  - DS 447 (Udførsel)
  - DS 1752 (indeklima iht. A-C klasser)
  - DS 452 (Isolering)
- Korrekt valg
  - Kanaler
  - Aggregatvalg
  - CTS strategi+Blokdia
  - Indeklima strategi

Korrekt udførelse

- Korrekt montering
- Tilsyn
- Udførsel iht. normer
- Forståelse for konsekvensen af ændringer ift. projekt

Korrekt aflevering

- Indregulering
- Aflevering iht. normer specielt DS447
- Kontrol (funktionstest)

Korrekt drift

- Overlevering og brugerinddragelse
- Strategi videregives
- Vedligeholds anvisninger
- Løbende efteruddannelse

De fire ben er afgørende for at "stolen" (energiforbruget + indeklimaet) ikke vælter. FEJLES der et sted kan det være katastrofalt

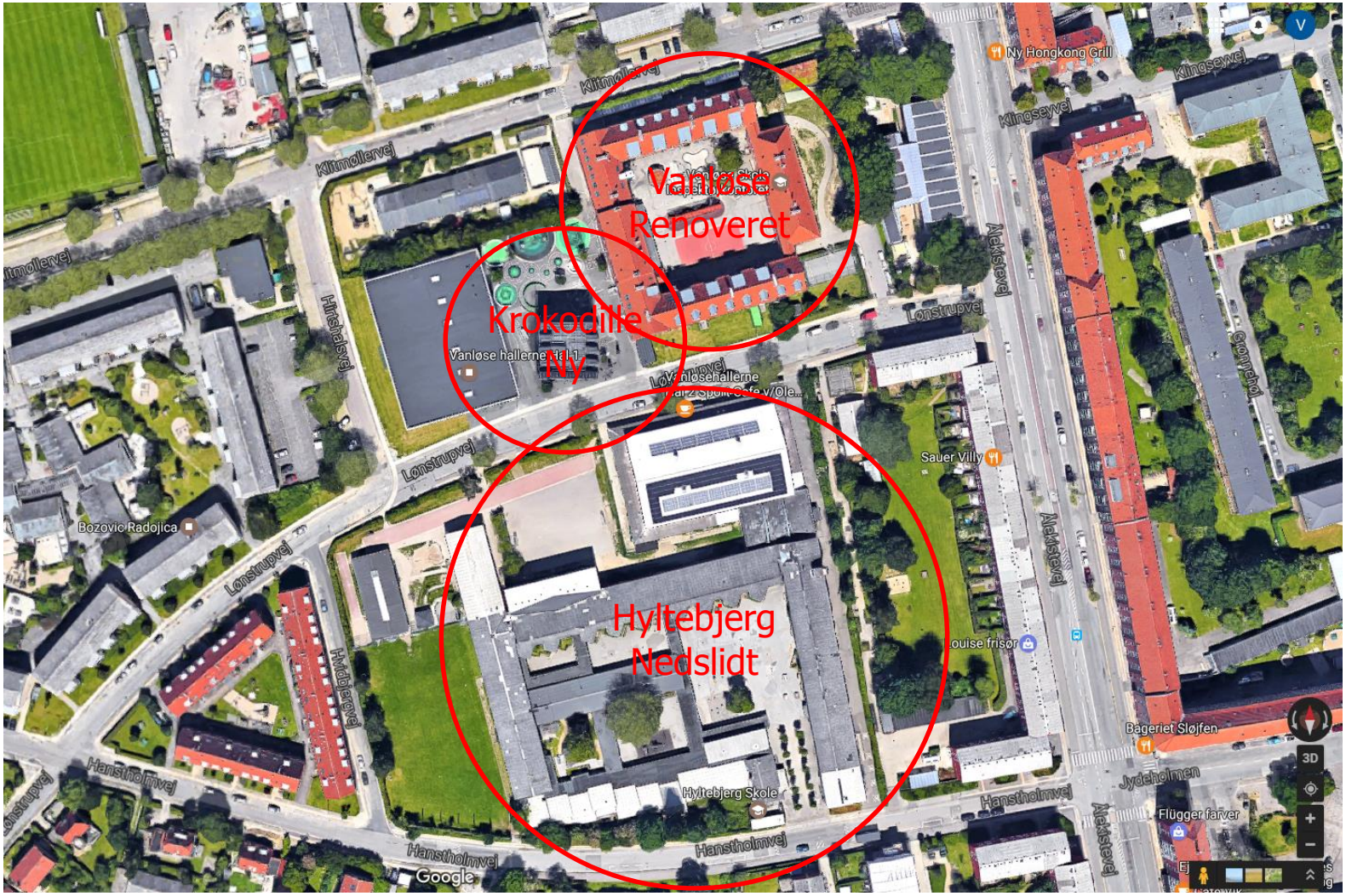
De 3 cases

TEKNOLOGISK INSTITUT

- Hvad gik godt
- Hvad gik skidt
- Hvordan blev det løst

Skolecases

- 3 Skoletyper indenfor 100m



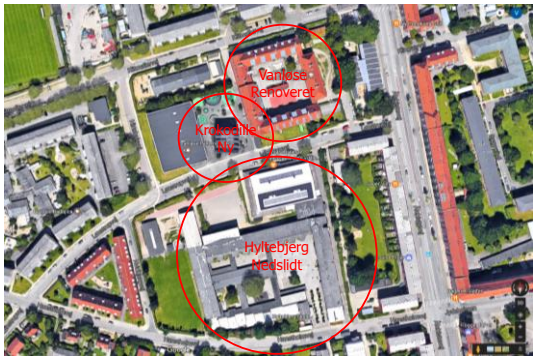
Skolecases

- 3 Skoletyper indenfor 100m

- Hyltebjerg Skole (Nedslidt)
  - Bygget år 1955 – Så nedslidt at den ikke kan renoveres - rives ned om tre år
  - Naturlig Ventilation suppleret med sporadisk separate indblæsning/ udsugning ventilatorer
  - 5 spor

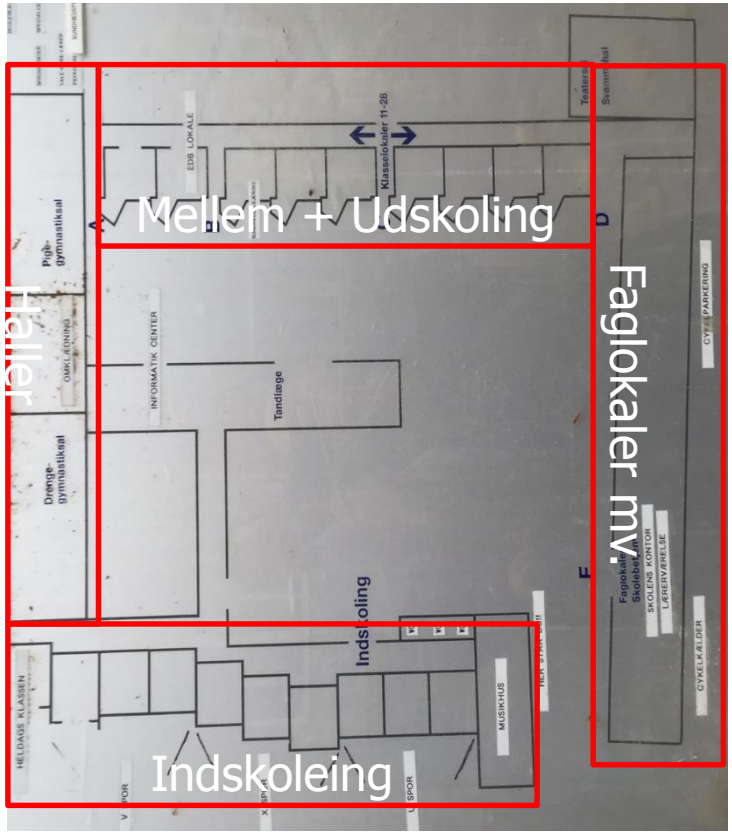
- Vanløse skole (Gammel renoveret)
  - Ældre skole, Bygget år 1915-SYD + 1.del af VEST, 1925 NORD + 1938 REST
  - Oprindeligt naturlig ventilation, renoveret til nyt balanceret ventilationsanlæg
  - Renoveret år 2011 – 3 spor

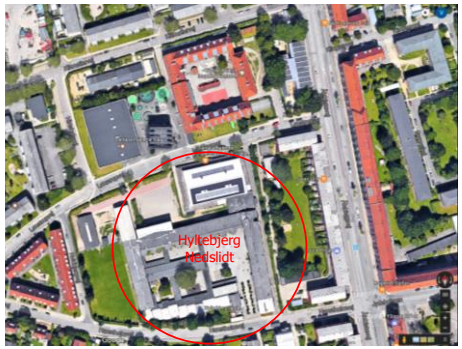
- Krokodillen (Nyt)
  - Ny indskolingsbygning fra år 2011
  - Centralt balanceret ventilationsanlæg
  - 1 af 3 spor (ind, mellem og udskoling)



Hyltebjerg Skole (Nedslidt)

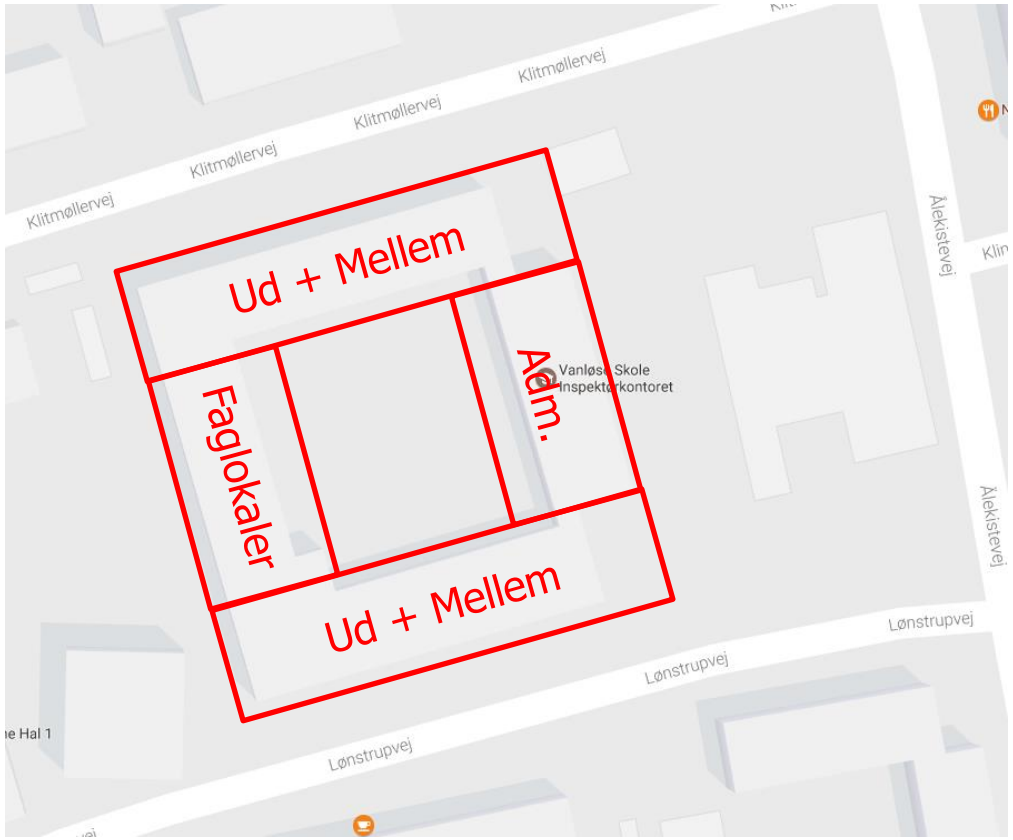
- Bygget år 1955 – Så nedslidt at den ikke kan renoveres - rives ned om tre år
- Naturlig Ventilation suppleret med sporadisk separate indblæsning/ udsugnings ventilatorer
- 5 spor
- Løsning – Det muliges kunst ved brugerdreven ventilering (og projekter)

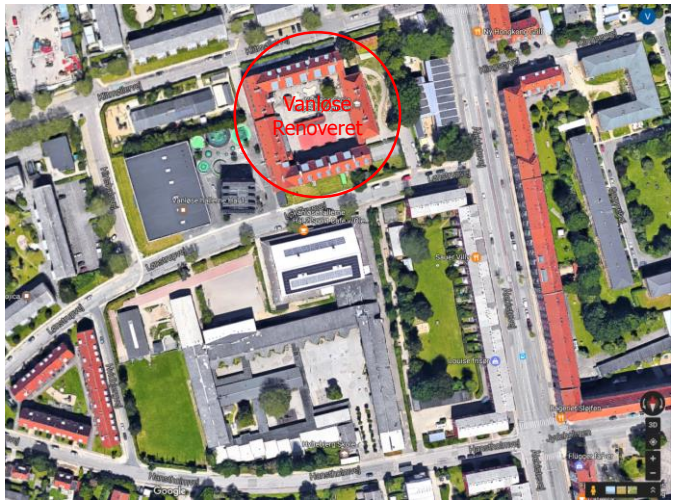




Vanløse skole (Gammel helhedsrenoveret)

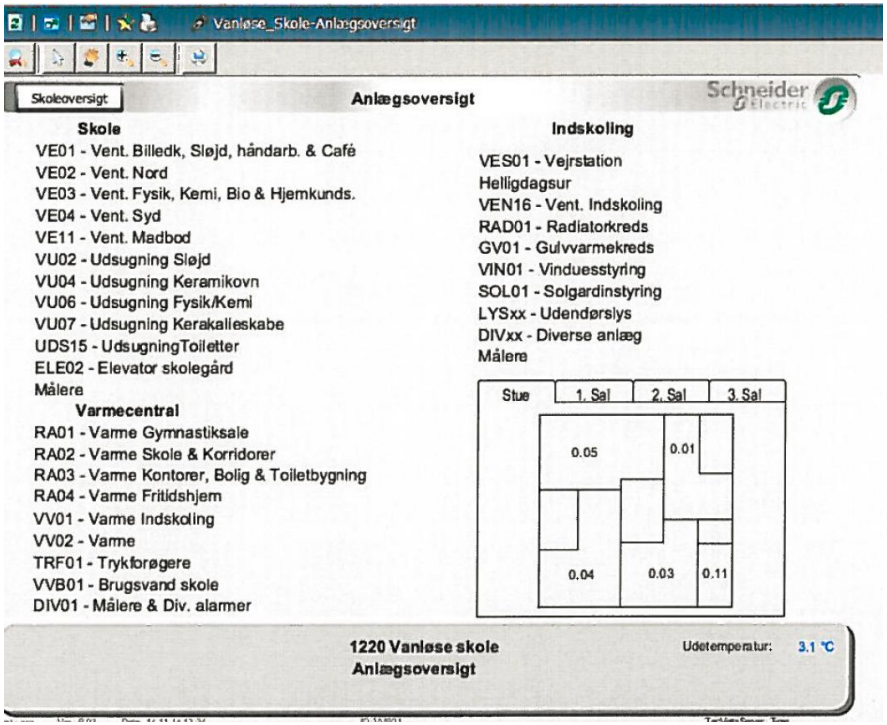
- Ældre skole, Bygget år 1915-SYD + 1.del af VEST, 1925 NORD + 1938 REST
- Oprindeligt naturlig ventilation, renoveret til nyt balanceret ventilationsanlæg med varmegenvinding
- Renoveret år 2011 – 3 spor

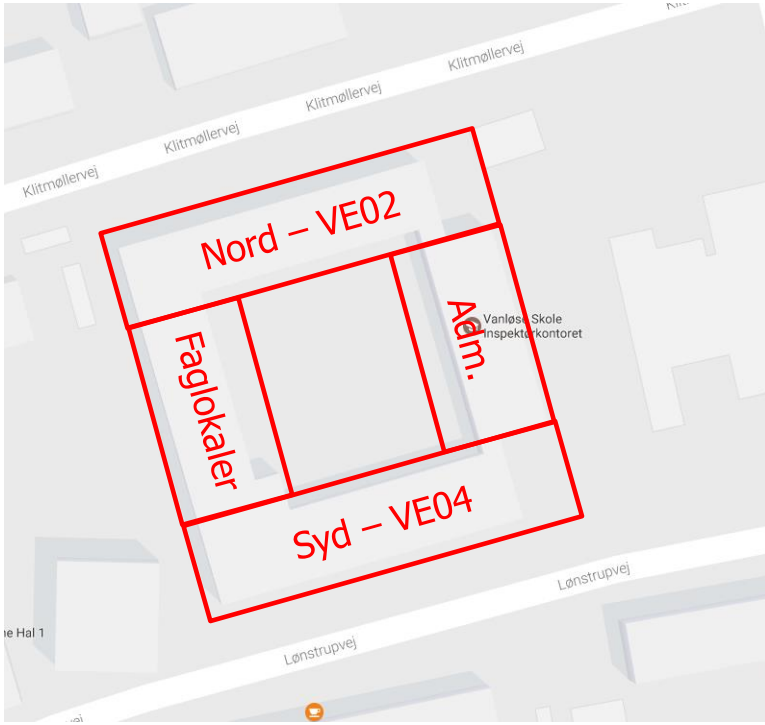




Vanløse skole – Total ventilations bestykning

- Klasselokaler: VE02+VE04 – Balanceret VAV anlæg med VGV
- Faglokaler: VE01+VE03+VE11 – Balanceret VAV anlæg med VGV
- Procesudsug: VU02+VU04+VU06+VU07 (fra faglokaler) – Udsugning
- Toiletter: UDS 15
- Tek/ Elevator: ELE02
- Skoleventilation er bestemt ikke kun en type ventilation (UDS/VAV mv.)

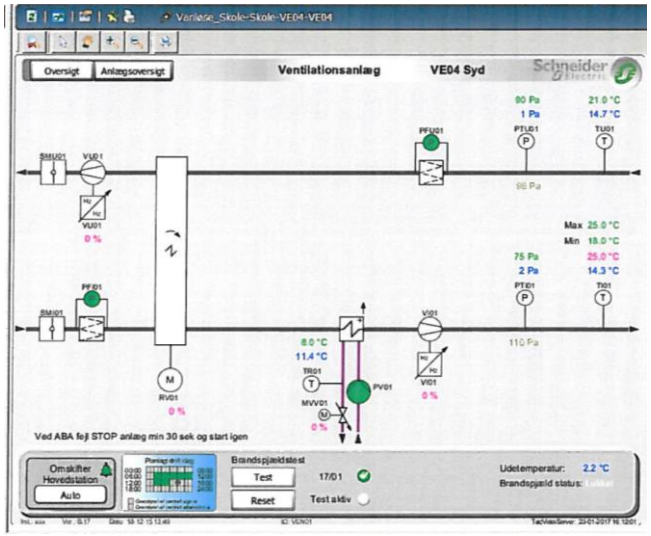


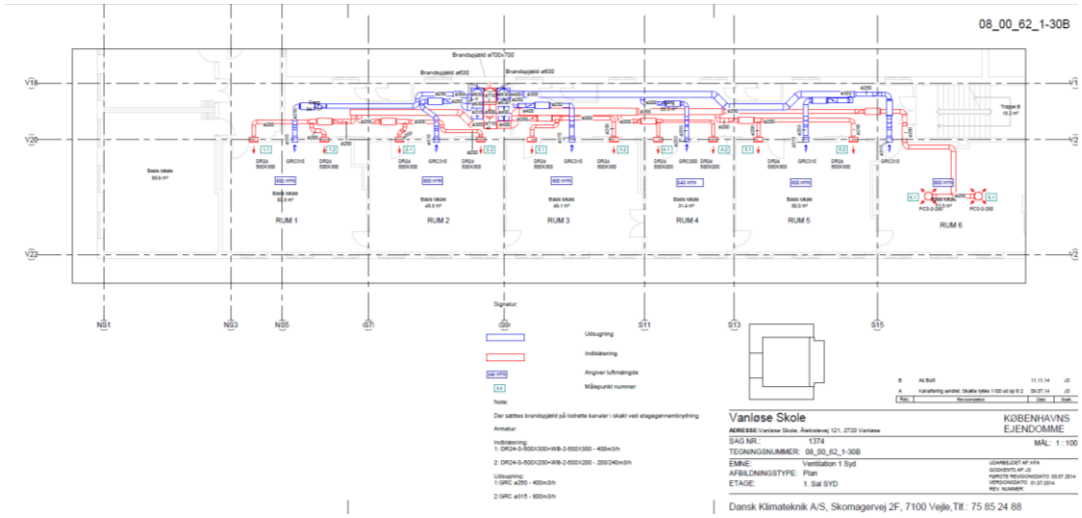


Vanløse skole Klasselok: VE02-NORD + VE04-SYD

TEKNOLOGISK INSTITUT

- VE02-Nord: Projekterede luftmængde: 10.140 m3/h, 3 etager, 14 lokaler
- VE04-SYD: Projektere luftmængde: 12.360 m3/h, 3 etager, 14 lokaler
- DCV med lokal CO2 styring (rum)
  - Centralt styres hovedluftmængde på baggrund af tryktransmitter
  - Centralt styres indblæsnings temperatur ift. udsugningstemperatur/SP
  - Styrer lokal luftmængden på rumniveau ift. SP.
- Tid
  - Indlagt weekend/ helligdagsskema + Driftstid hverdage 8-12/13-15
- Luftfordeling.
  - Bestemt ikke kun et ventilationsprincip indenfor hvert anlæg (synlige kanaler, væg ind/ loftindblæsning)
  - Afhængig af bygningens beskaffenhed, indretning og brug

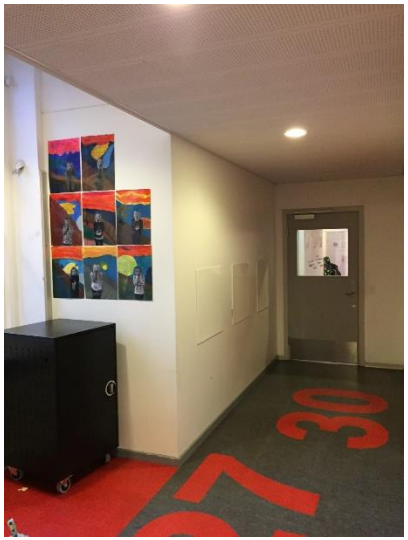




Vanløse skole (Aggregat)

TEKNOLOGISK INSTITUT

Vanløse skole (fremføring + anden anv.)



Vanløse skole (Principper)

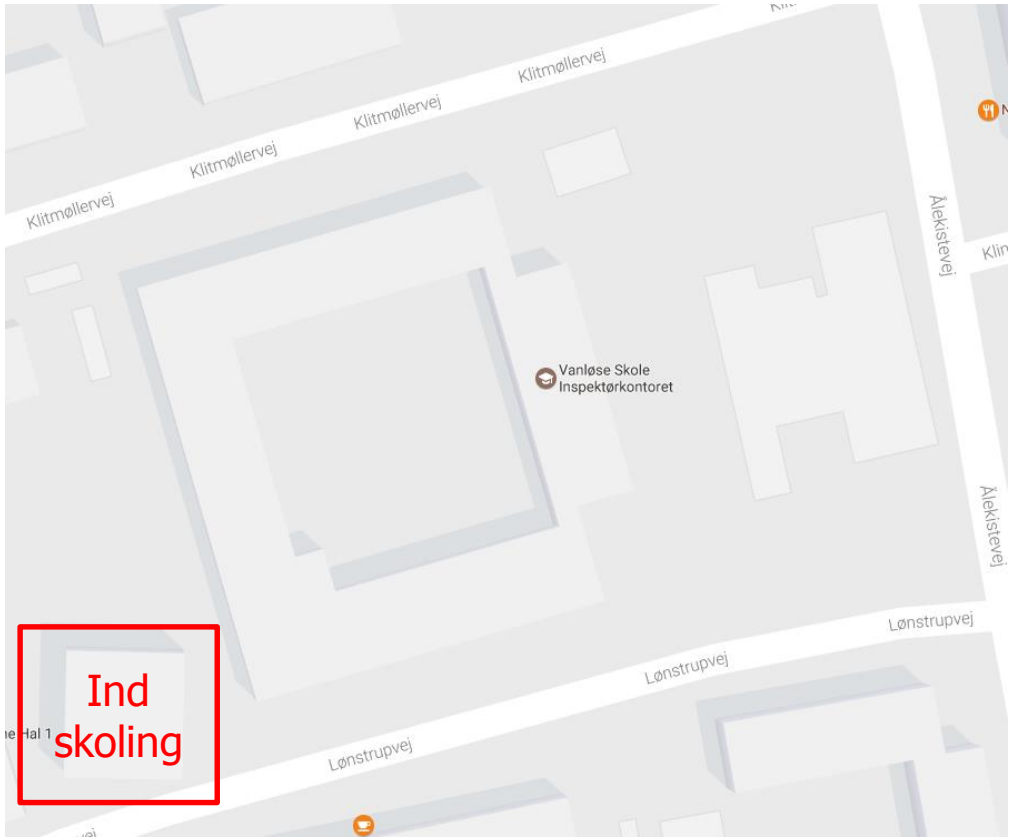
TEKNOLOGISK INSTITUT

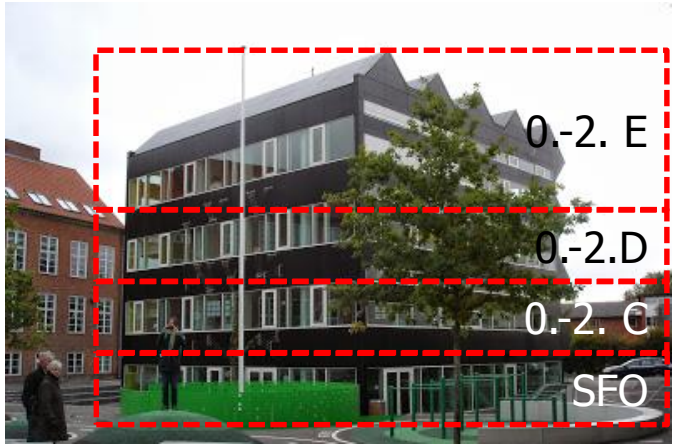
Vanløse skole – den 4 benet stol

- Projektering + udførelse
  - Luftmængder tilstrækkelige og over BR (25-30 m3/h pr pers)
  - Funktionsbeskrivelse fremadsynet ift. dynamisk indretning (fællesrum/foldevægge/gangarealer)
  - Men ventilering er i mange områder glemt ift. den dynamiske indretning
  - Aggregatvalg afspejler god ventilationsteknisk indsigt
  - Der er tænkt ud af boksen ift. forskellige principper, men ikke føringsveje som optager plads
  - Manglende strategi + blokdiagram for CTS
- Aflevering
  - Aflevering mangelfuld. Indregulering og strategi mangler
- Drift
  - Overordnet funktion + vedligehold beskrevet (standard)
  - CTS + Strategi - Ingen overlevering og inddragelse af driftspersonale
- Resultat
  - Dynamisk indretning og godt læringsmiljø med god efterklangstid på bekostning af arkitektonisk værdi
  - Højt energiforbrug + manglende forståelse og ejerskab (lufter stadig ud og ved ikke hvad vi kan ændre på)
- Løsning
  - Efteruddannelse => reducerede det samlede forbrug med 40% den 1. måned + krav om ny CTS løsning

Krokodillen (Nyt)

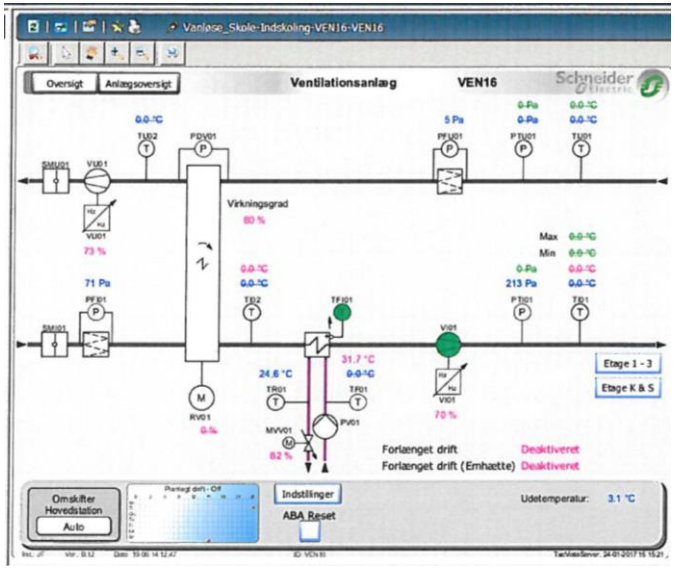
- Ny indskolingsbygning fra år 2011
- Centralt balanceret ventilationsanlæg
- 1 af 3 spor (ind, mellem og udskoling)

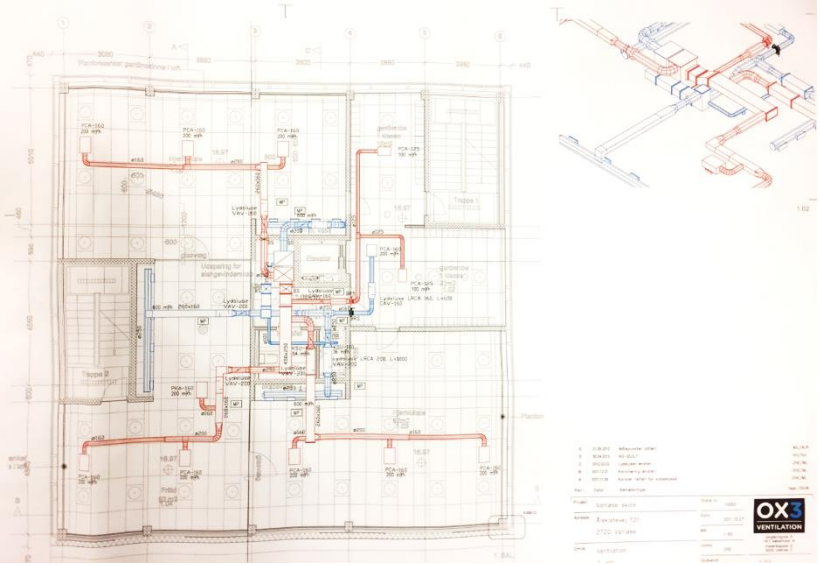




Krokodillen – Anlæg: VE16

- <u>Projektere luftmængde: 9000 m3/h, 4 etager, SFO + 3*3 lokaler</u>
- DCV med lokal CO2 styring (rum)
  - Styrer lokal luftmængden på rumniveau ift. SP.
  - Central styres hovedluftmængde på baggrund af tryktransmitter
- Indblæsnings temperatur
  - Styres centralt ift. udsugningstemperatur/SP
- Tid
  - Indlagt weekend/ helligdagsskema + Driftstid hverdage 8-12/13-15
- Luftfordeling.
  - Et princip + et anlæg + Kanaler ført i skakt





Krokodillen (Principper)

TEKNOLOGISK INSTITUT

Krokodillen – den 4 benede stol

- Projektering + udførelse
  - Luftmængder tilstrækkelige og over BR (20 – 50 m3/h pr pers)
  - Funktionsbeskrivelse fremadsynet ift. dynamisk indretning (fællesrum) – men ikke nok (sammenlægning)
  - Funktionsbeskrivelse afspejler ikke brugen
    - Ny relativ let bygning => overophedning => supplerende ventilering nødvendig/ ændring af CTS
    - Solafskærmning ikke blændende nok + kan ikke køre ned når vindue er åbent
    - Genskin fra glasvægge i nye smartboards
  - Aggregatvalg ikke nord/syd opdelt
  - Manglende strategi + blokdiagram for CTS + Samtidighed
- Aflevering
  - Aflevering mangelfuld. Indregulering og strategi mangler (samt afstemning af pos CTS/TEG/BESKR)
- Drift
  - Overordnet funktion + vedligehold beskrevet (standard)
  - CTS + Strategi - Ingen overlevering og inddragelse af driftspersonale
- Resultat
  - Dynamisk indretning og godt læringsmiljø – men ikke fremsynet nok
  - Manglende forståelse og ejerskab (lufter stadig ud og ved ikke hvad og hvordan vi kan ændre på det)
- Løsning
  - Komponenterne er tilstede, men CTS er mangelfuld. Ny CTS løsning + fysiske tilretninger

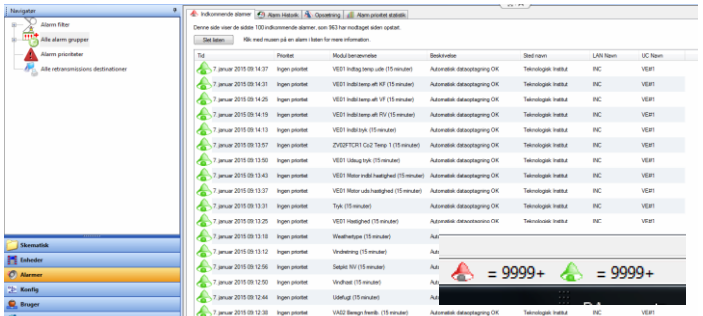
Erfaring?

- Man har udført det efter bedste hensigt, men har fokuseret på den virkelighed man kender (gængs vanetænkning)
- Som ofte er aflevering samt overlevering mangelfuld
- Som ofte afspejler funktionsbeskrivelsen

  manglende fokus på led i værdikæden, primært:
  - Producent (nye løsninger),
  - Driftspersonale (strategi og mulige virkemidler/punkter)
  - Brugere (ejerskab og forståelse)

- Resultat – En succes muliggjort at engageret driftsfolk

  - Gået fra fravalgsskole til tilvalgsskole
- Mangler – Komponenter tilsted behov for ny CTS og strategi
  - Brugerinddragelse:
    - Vi kan ikke monitorer leverpostejs lugt - Det er ok at luft ud – men efter behov
    - Visualisering - Øge forståelsen og fortælle historien om indeklima, forbrug og besparelser
  - Forventningsafstemning og kravspecifikation:
    - Blokdiagram
  - Samlet strategi
    - For varme og ventilation
    - I og uden for brugstiden (party knap samt inddeling i zoner)
    - Opstart / frikvartersbånd / faglokaler pir
    - Sommer / vinter / kalender år (helligdage)
    - Begrænsning af antallet af alarmer så det ikke slører overblikket
  - Flere målepunkter (IoT)
  - Bedre beskrivelse af mulighed for fejlsøgning + visualisering



Erfaringer

Bæres videre for den kommende opførelse af Damhusengens skole i KK's strategiske partnerskaber

Formålet

- Københavns Kommune har udbudt 2 separate rammeaftaler om strategiske partnerskaber med henblik på samarbejder om omkring byggeopgaver de næste 4 år.

- Københavns Kommune ønsker med udbuddet at indgå en samlet rammeaftale for hver delkontrakt, som indeholder alle leverancer - planlægning, projektering og udførelse.

- Partnerskaberne skal føre til mere effektive og længerevarende samarbejder mellem kommunen og leverandørerne, hvor man over fire år arbejde tæt sammen med et fast team af entreprenører, arkitekter og ingeniører om at optimere kommunens byggerier.

- Målet er, at en styrket dialog mellem samarbejdsparterne vil føre til endnu bedre løsninger – bl.a. gennem et fælles fokus på øget innovation, videreførelse af gode erfaringer og lavere byggeomkostninger.

- Partnerskabsaftalerne skal bidrage væsentligt til kommunens krav om at reducere omkostningerne på byggeområdet med mindst 10 pct. - samtidig med at kommunen fastholder eller forbedrer kvaliteten af byggerierne.

Erfaringer

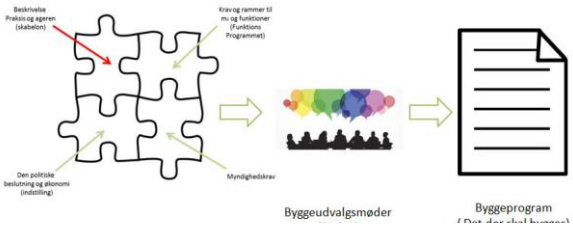
Bæres videre for den kommende opførelse af Damhusengens skole i KK's strategiske partnerskaber

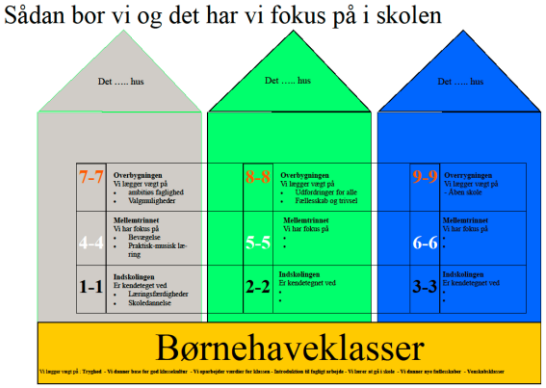
Hvad syntes de involverede

- BUF er "bestiller" + definerer funktionelle krav; behov, brug, kapacitet, indretning
- KEID (Københavns Ejendomme) definere tekniske krav
  - *Vi er meget tættere på rådgiver + de stiller kritiske spørgsmål*
  - *På den anden side kommer de også ind en den hverdag som en politisk organisation som BUF er, hvilket kan være ressourcekrævende og vi øver os på*
- BUF bestiller udførelsen af byggeriet hos Byggeri København, ByK
- ByK indgår kontrakt med rådgiver, i dette tilfælde TRUST.
  - *Sidder i et stort projektkontor og arbejder sammen på projekter hvor samme elementer går igen*
  - *Udvikler nye løsninger. - skal vi 100% op til IDK eller skal vi respektere arkitekturen*
  - *De samme mennesker (ellers ophold med nye udbud) sikre vi ejerskab til løsningerne.*
  - *Kan også medtage underentreprenører langt tidligere*
  - *Der er fokus på indeklima fra starten - Funktionskrav (også føringsvej)*
  - *Fordele:*
    - *Skal ikke opfinde den dybe tallerken igen og igen*
    - *Dialog med de udførende - i stedet for at lægge det fra os*
    - *De rådgivende for et større ansvar + de skal selv være med at bygge det.*
    - *Mere kollegaer end modparter*
- Byggeriet overgår til KEID som er bygningsejer, imens BUF er bruger.

Erfaringer

Bæres videre for den kommende opførelse af Damhusengens skole i KK's strategiske partnerskaber



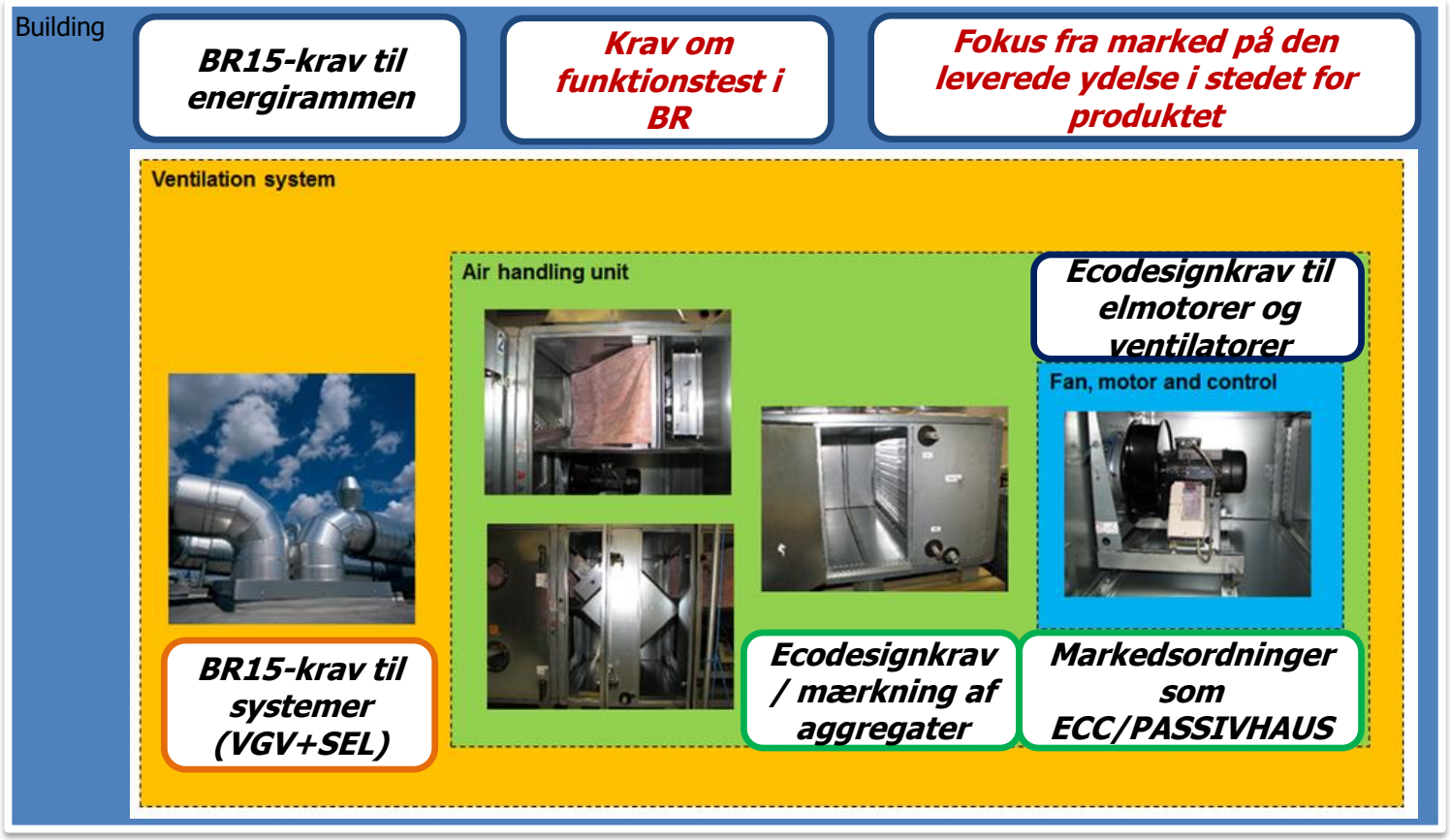


Hvad syntes de involverede

- Brugeren:
  - Først organisere nuværende tilbud + nærhed i den store skole (3 huse)
  - Hernæst fokus på det pædagogiske grundlag for den nye skole
  - Vigtigst: Fælles skole med stærkt centrum - En skole i og for lokalsamfundet
    - Arbejde på tværs af årgange (pædagogisk sammenhæng)
    - Anvende m2 optimalt
    - Bygger både til fritid og skole samt lokalsamfundet (vis fællesmængde)
  - *Meget imponeret over inddragelse af skolen igennem byggeudvalget*
  - *Man kan tydeligt mærke at man har et tæt samarbejde og styr på tingene.*
- Status
  - Byggeprogrammet – Funktionskrav uden hensyntagen hvor det skal ligge
    - Byggeudvalg (rådgivende funktion) hvor hele værdikæden er inddraget
      - Fritid + klynge + skolebestyrelse + lære + arb.miljø + skolen ledelse + forældre
      - Hertil 2 heldags temadage tandlæger + faglærer + drift
    - Forældreinddragelse igennem infomøder
    - Principiel beskrivelse, struktur på skolen, funktioner der skal være tæt på hinanden, årgange, faglokaler mv, hvor meget udeareal og hvad det skal kunne
    - Hvilke udfordringer har vi - fx flere matrikler + hal + brug af eksisterende bygninger
  - Herefter dispositions forslag – på legoklods plan (byggeudvalg ikke inddraget)
    - Hvilke bygninger skal være hvor + de rigtige sammenhænge -årgangssamarbejde, faglokaler, udearealer, skole/fritid
    - Hvordan håndtere man andre forhold (fx lokalplan/ parkering).

Erfaringer hjælpes godt på vej?

Af et paradigmeskift



- Spirende fokus på total økonomi + reel markedskontrol på flere områder.
- Linjen mellem produkt- og installationskrav udviskes.
- Indirekte krav til installatøren om at følge producentens anvisning
- Men kan vi komme ud over problemstillingen om bygherrer/ ejer ≠ bruger (Total økonomi/værdi)