

Online seminar om Ventilation, Indeklima og Energi 1.10. 2020

MOS VOC IAQ sensorer – Kan alle måle luftkvalitet med tilstrækkelig kvalitet?

Jakub Kolarik; jakol@byg.dtu.dk

Anerkendelser:

Technical University of Denmark: Pawel Wargocki, Kevin Smith, Rikke Lene Berg Bojesen, Donya S. Khan

Danish Technological Institute: Thomas Witterseh, Nadja L. Lyng

Aarhus University: Rossana Bossi

RoomVent Solutions

Results disseminated as a part of **IEA EBC ANNEX 68**



Increased occupant satisfaction and comfort using IoT-based data acquisition for high performing building operation and design

- Erhvervs-ph.d. Donya Sheikh Khan
- & Diplom projekt af Rikke Lene Berg Bojesen

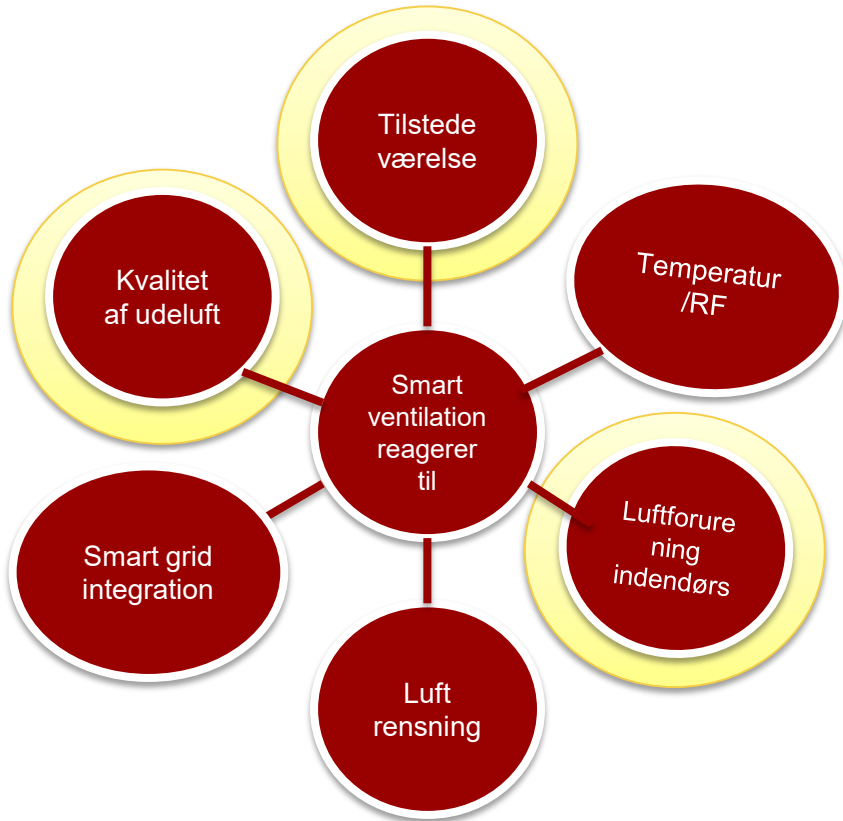


MOS VOC "air quality" sensors – long-term stability and use for residential ventilation control – start October 2020

Bjarne Saxhofs Fund

=> **IEA EBC ANNEX 86**

Making ventilation smarter



Vi har brug for egnede sensorer!

- Prisbillig
- Lav energiforbrug
- Integration til IoT
- Robust pålidelig
- Stabil over tiden
- ...

Muligheder?

- Metal Oxide Semiconductor (MOS)
- Photo Ionization Detector (PID)
- Flame Ionization Detector (FID)

Figur 1: Baseret på "Main features of smart ventilation" (Durier et al. 2018)

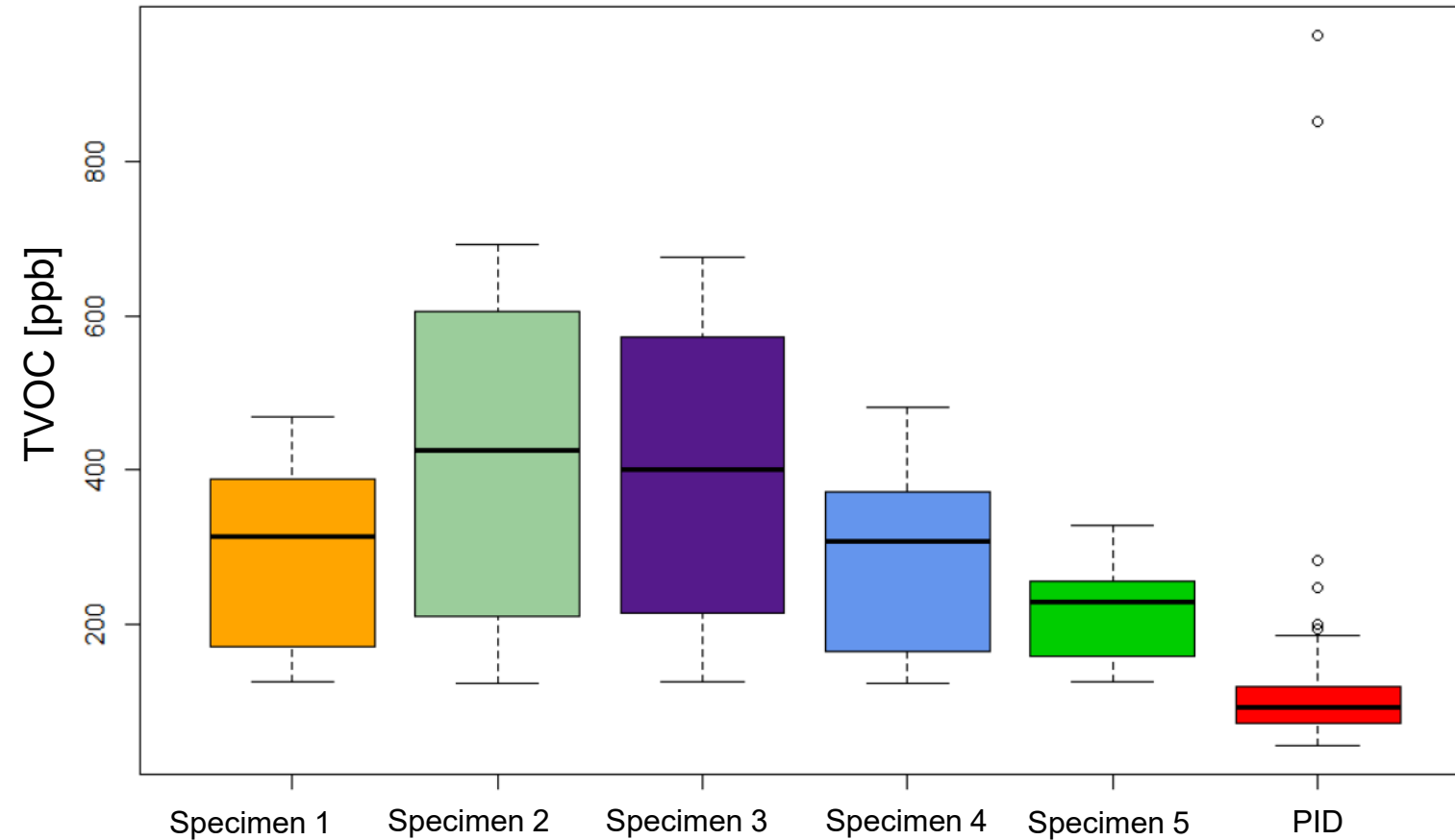
Hvorfor Metal Oxide Semiconductor (MOS) VOC sensors?

- Flygtige organiske forbindelser (VOC) – forurening fra byggematerialer, mennesker og deres aktiviteter, inventar, trafik (udendørs), osv.
- Anvendelse af MOS VOC-sensorer ser ud at være et oplagt skridt mod ”smart ventilation”
- Tager hensyn til andre forureningskilder end bioeffluenter
- Billigere end klassiske CO₂ (NDIR) følgere
- Lav energiforbrug, lille, kompakt, holdbar
- Gør ikke kun hele ventilationssystem billigere, men giver også mulighed for brug af større mængde sensorer - IoT-applikationer

Problemer og udfordringer...

- MOS VOC sensorer er ikke selektive = reagerer til mange forbindelser
- Måler ikke absolut koncentration, men relativt ændring af koncentration
- Mange sensorer bruger så kaldt "CO₂ equivalent koncentration"
- Kalibrering samt "auto-kalibrering" kan være en udfordring
- De er "cross-sensitive" til luftfugtighed

Hvordan måler MOS VOC sensorer?



- Målinger fra kontormiljø
- 5 specimen af det samme MOS VOC sensor
- Placeret ved siden af hinanden
- 1 uges data
- Sammenligning med PID måling

Figure 1: Response of 5 specimen of one MOS VOC sensor integrated in IoT enabled indoor climate monitor (Berg Bojesen 2019)

“Sensitivity” under forskellige forureningsaktiviteter i boligen

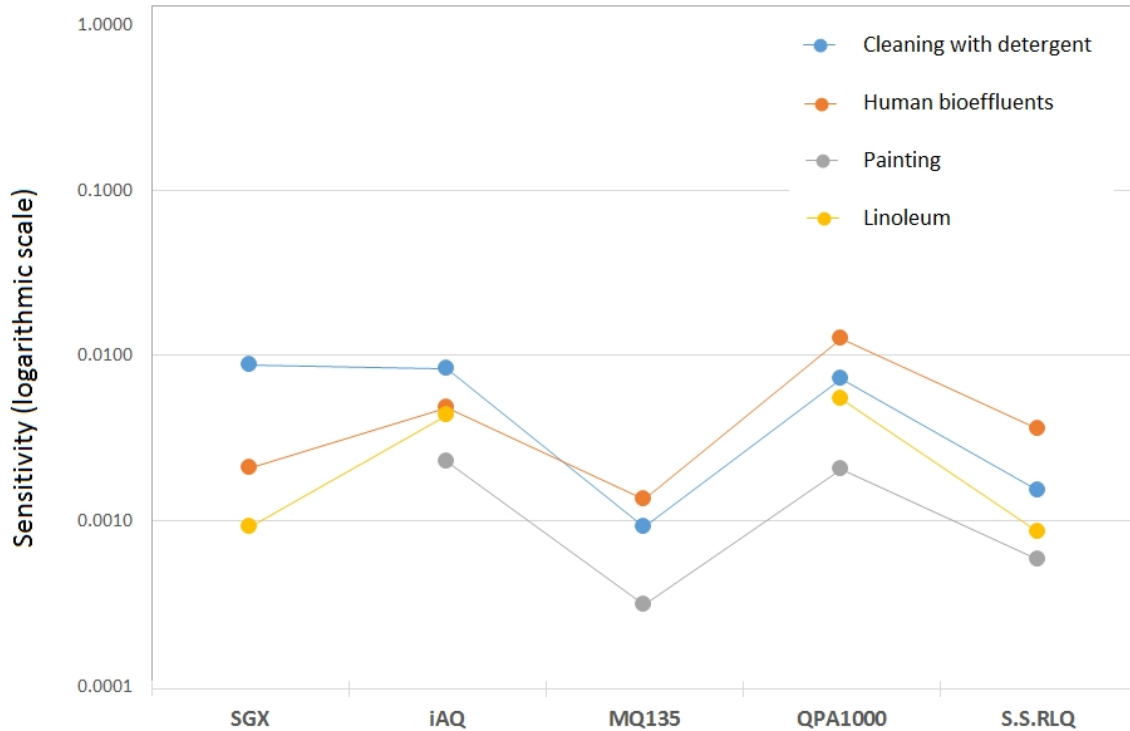
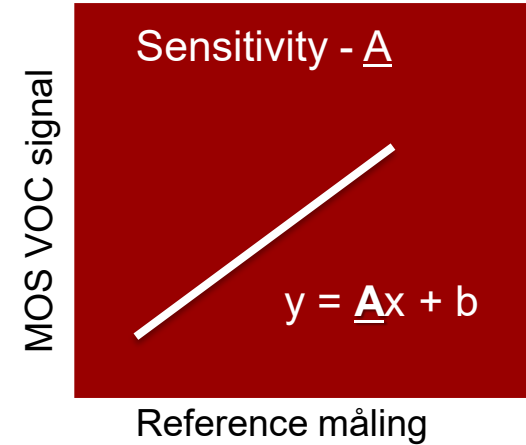


Figure 2: Sensitivity for tested sensor types during exposure to cleaning with detergent, bioeffluents, painting and linoleum



- Sensitivity differs among activities -> probably because the response was driven by different pollutants
- iAQ sensor had most consistent sensitivity
- Sensitivity of SGX, iAQ and QPA1000 during cleaning was comparable

Måling af relativ ændring af koncentration

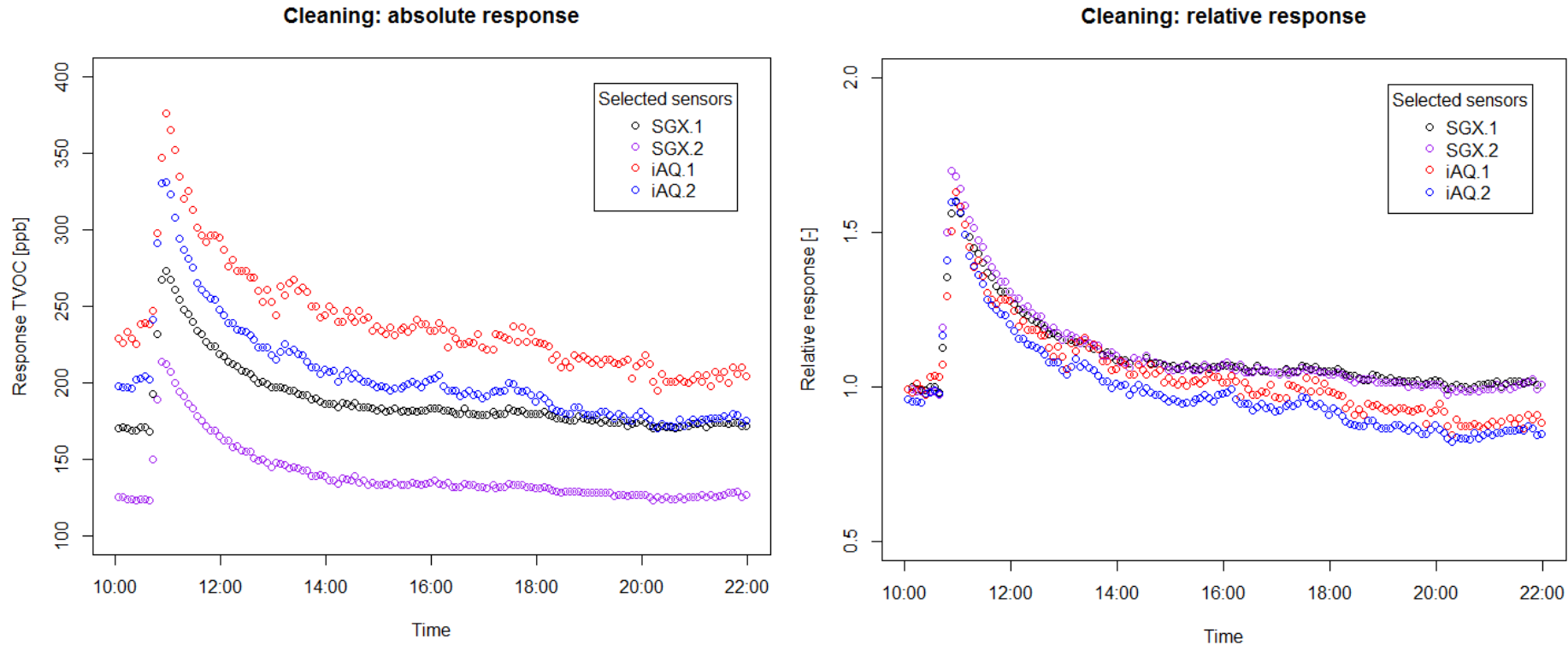
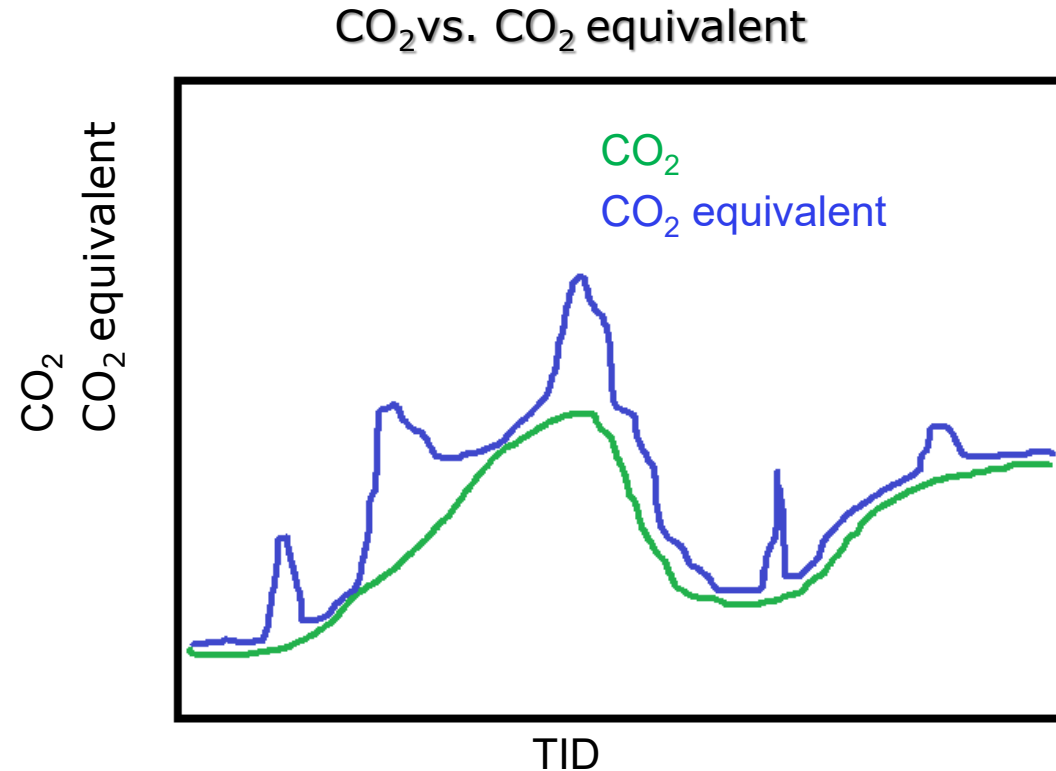


Figure 2: Response of two types of MOS VOC sensors to cleaning with detergent: Left-absolute signal, Right-relative signal normalized by background concentration before activity

- Eksponering til forurening fra rengøring med almindelig rengøringsmiddel
- Baugrunds koncentration havde klart effekt på “rå” sensor signal
- Normalisering fjerner relativ forskel mellem sensorerne – respons af 4 specimen af 2 forskellige sensorer er komparabel

CO₂ equivalent

- Kalibrering af MOS VOC sensor til typiske menneske-producerede forbindelser (Burdack-Freitag et al. 2009; Herberger et al. 2010)
- "Beyond" CO₂ – måling af både bioeffluenter og forurening fra andre kilder
- Let at forstå for brugere (?)
- Input til kontrol for ventilation



CO₂ equivalent - virkeligheden

- Klar forskel mellem absolut måling af CO₂ og CO₂ equivalent
- Observeret også i felt studie af van Holsteijn et al. (2014) i belgiske boliger
- Problematisk når ventilation setpunkt skal angives i absolut (ppm) værdi
- Løsningen kunne være at arbejde med normaliseret respons eller med rå TVOC signal i stedet for CO₂ equivalent

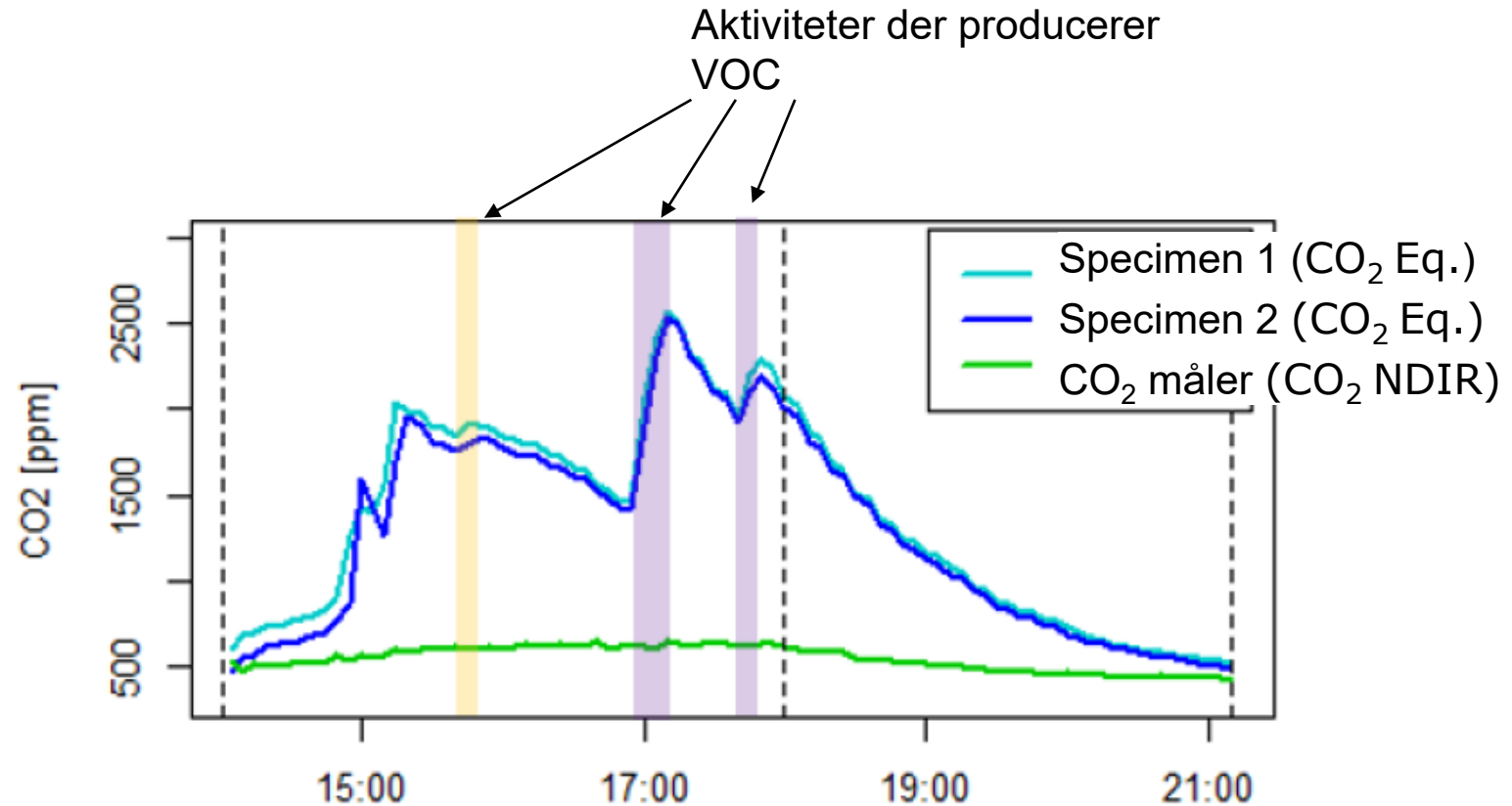


Figure 3: Response-CO₂ equivalent of MOS VOC sensors to typical office work and VOC producing activities (aromatic tea, using whiteboard – writing and cleaning) compared to CO₂ signal measured by NDIR sensor (Berg Bojesen 2019)

Autokalibrering

- Autokalibrering sørger for at etablere "baseline" der svarer til "god luftkvalitet"
- Formål er at minimere ulemper af relativt måling fra MOS VOC sensor
- Der antages at den laveste koncentration svarer til "baseline" hvis den registreres i løbet af tilstrækkeligt periode
- Præcist funktionalitet af algoritmen er tit hemmeligt
- Nogle producenter tillader at bruger slukker for autokalibrering

Hvorfor er det et problem?

- Det er vigtigt at sikre at "baseline" i virkeligheder svarer til "god luftkvalitet"
- Bygning der står tom i løbet af sommerferie har bestemt ikke god luftkvalitet pga. afgasning fra inventar og byggematerialer, men denne respons varer lang nok til at "baseline" flyttes
- Bygningsdrift skal sikre at MOS VOC sensorer eksponeres til ren luft en gang i mellem, men dette er ikke nemt i praksis

Autokalibrering - test

- Efter genstart arbejder Specimen 1 med anderledes baseline – baseline genetableres
- Forskel mellem absolute koncentrationer kan stadigvæk ses efter > 2 døgn
- Kraftigt ventilation bringer respons af Specimen 2 på Specimen 1s niveau

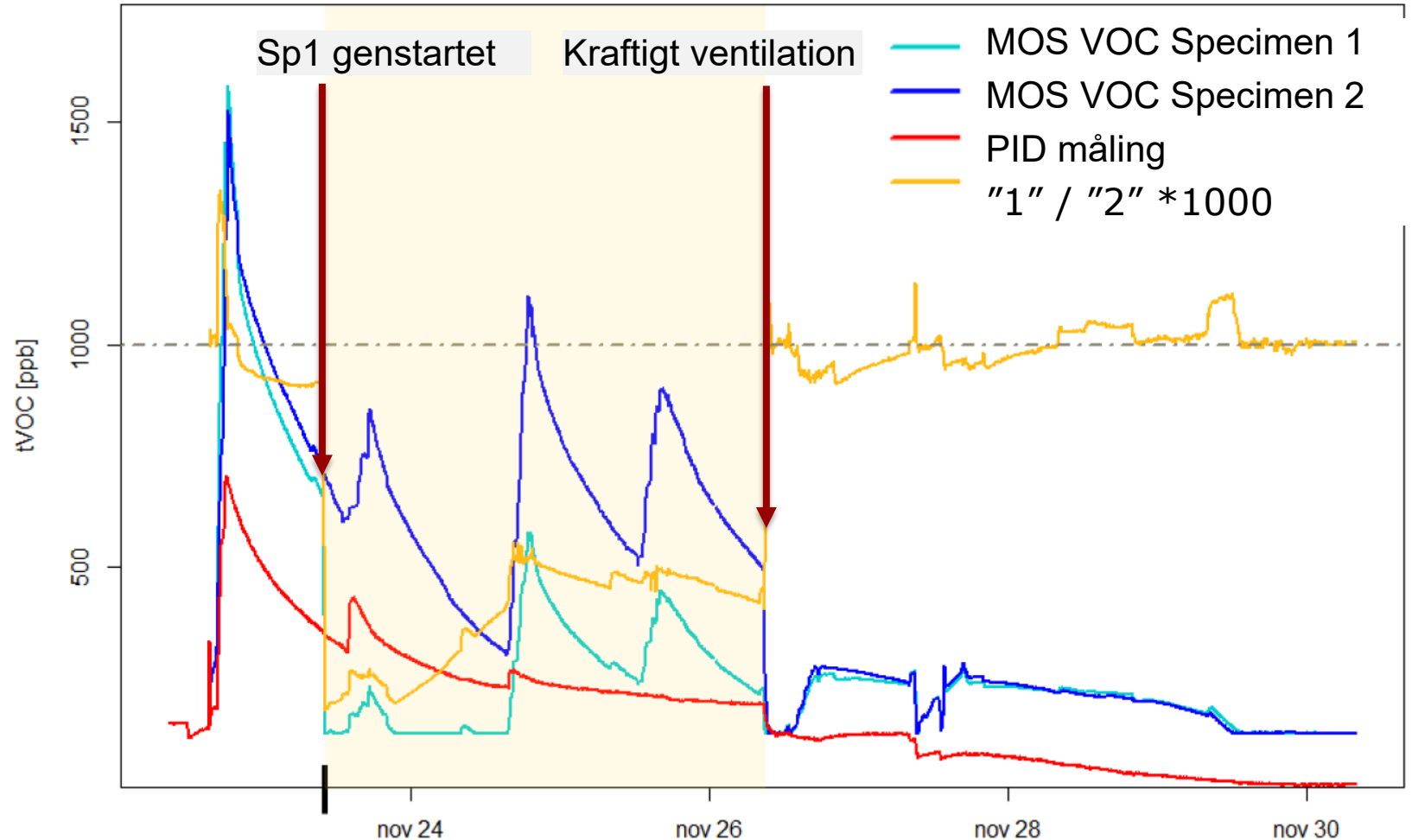


Figure 4: Auto calibration test of two specimen of MOS VOC sensor – yellow area indicates a period between restart of the specimen 1 and application of high air change rate (Berg Bojesen 2019)

Opsummering

- Eksperimenterne viser, at brug af MOS VOC sensorer skal vurderes omhyggeligt i praksis, der kan være store forskelle mellem sensorer fra forskellige producenter
- Generelt er MOS VOC-sensorer i stand til at indikere øgede emissioner af VOC indendørs
- På grund af relativ karakter af målinger forbliver deres integration i ventilationsstyring en udfordring
- I praksis er det vigtigt at sikre sensor -start i ren luft og sørge for regelmæssig grundig ventilation for at sikre, at sensorens basislinje repræsenterer ren luft
- MOS VOC-sensorer kan med succes bruges til at forcere ventilation i tilfælde af rengøring, maling eller tilstedeværelse af stor gruppe mennesker
- Men de er ikke pålidelige nok til kontinuerlig overvågning af typisk næsten konstant forureningskilder såsom emissioner fra byggematerialer

References:

- Berg Bojesen, R., L. (2019) Præstation af tVOC-sensor integreret i IoT-baseret indeklimamåler, B.Sc. Eng. Bygningsdesign, Danmarks Tekniske Universitet
- Burdack-Freitag A, Rampf R, Mayer F, Breuer K (2009) Identification of anthropogenic volatile organic compounds correlating with bad indoor air quality. In: Proceedings of the 9th International Conference and Exhibition Healthy Buildings 2009, Syracuse, NY
- Durier, F. Carrié, R., Sherman, M. (2018) What is smart ventilation? Ventilaiton Information Paper n°38, Air Infiltration and Ventilation Centre, INIVE EEIG, Brussels Belgium
- Herberger S, Herold M, Ulmer H, Burdack-Freitag A, Mayer F (2010) Detection of human effluents by a MOS gas sensor in correlation to VOC quantification by GC/MS. Building and Environment, 45, 2430-2439
- van Holsteijn, R. C. A., & Li, W. L. (2014). Monitoring the energy & IAQ performance of ventilation systems in Dutch residential dwellings. In proceedings of 35th AIVC Conference "Ventilation and airtightness in transforming the building stock to high performance" (pp. 467-477), Poznan, Poland

DTU

