

Indeluftundersøgelse for vinylklorid med ny elektronisk canisterstyring - Udvikling og erfaring

Poul Larsen
Civilingeniør, Ph.D., DMR A/S

Hans Erik Tjelum (ingeniør, hardware), Thomas Poulsen
(ingeniør, software) og Per Loll, DMR A/S

Børge Hvidberg (civilingeniør), Karin Birn Nielsen (civilingeniør),
Region Midtjylland



Baggrund for indeluftmålinger for vinylklorid.

- Før 2016: ORSA-rør var standard i offentlige undersøgelser.
- 2016: Region Midtjylland igangsætter nye tests.
 - Aktiv korttidsmåling med ATD-SP-rør er OK.
 - Passiv langtidsmåling med ORSA-rør underestimerer koncentrationen.
- 2018: Region Midtjylland udfører paralleltest af ORSA-rør, ATD-SP og canistermålinger.
 - ORSA-rør: Risiko for falsk negative.
 - ATD-SP: Store udsving – korttidsmålinger.
 - Canistermålinger: Den mest sikre metode, men kun måling over 3 døgn.
- Canister senere udvidet til 7 døgn.
- Udfordringer:
 - Prøvetagning over 14 døgn er standard i DK.
 - Variationer i flow på canistre gør det svært at lukke 4-5 "Hg.
 - Vigtigt med lav detektionsgrænse på min 0,040 µg/m³.



Aktiv ATD-SP
(Region Midt 2018)



Passiv ORSA-rør
(Harrekilde 2015)



Canistermålinger og idé til ny styring

- Vakuumbeholder, der via mekanisk drøvleventil suger indeluft jævnt fordelt over 7 dage.
- Upræcise drøvleventiler.
- Skal lukkes ved et vakuum på 4-5"Hg hvilket resulterer i en detektionsgrænse omkring ADK.
- Vanskeligt at forudsige hvornår den skal lukkes.
- 2020: DMR og Region Midtjylland designet ny styring:
 - Forlænger prøvetagning til 14 dage eller længere.
 - Lukker automatisk når ønsket slutvakuum er nået.
 - Logfil med prøvetagningsforløb, herunder bl.a. udviklingen i vakuum og perioder med åben ventil.

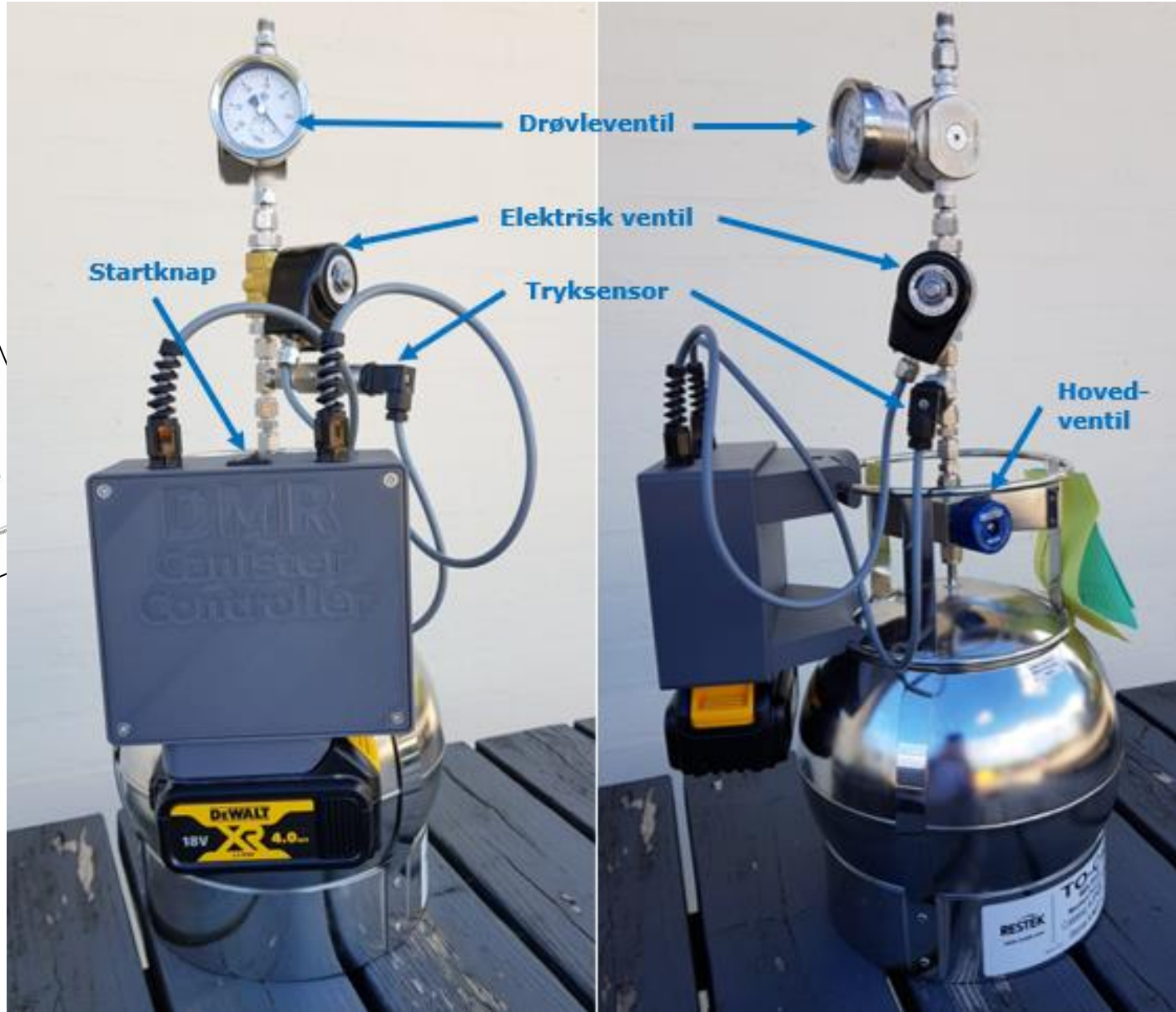


Specifikationer for canisterstyring



- Består af:
 - Kontrolboks.
 - Elektrisk ventil.
 - Tryksensor.
- 3D-printet kontrolboks og beslag til batteri.
- Batteridrift i op til ca. 3 mdr.
- Drives af et standard lithium Dewalt batteri.
- Indbygget:
 - MikroSD-kort til logging af driftsparametre.
 - Temperatursensor.
 - Real-time clock.
- Swagelok fittings som dem der anvendes på canistre
- Driftsalarmer via SMS.





Overordnede trin i opsætning, drift og nedtagning

Opsætning:

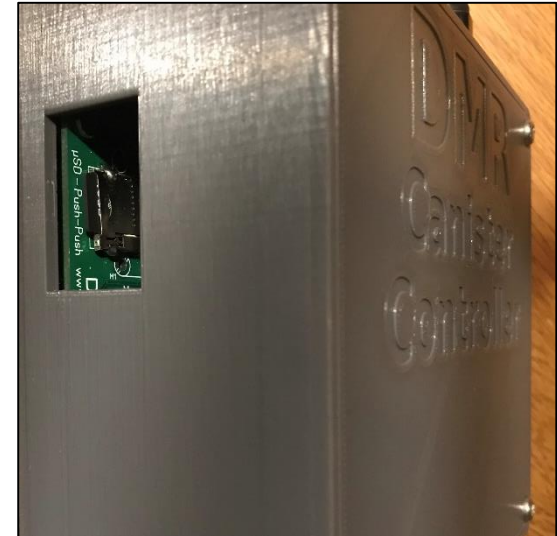
1. Opsætning af driftsparametre på SD-kort.
2. Montering af styring.
3. Tæthedskontroller.
4. Start på prøvetagning.

Drift:

1. SMS med startvakuum.
2. SMS ved 10 "Hg (-> afhentning kan planlægges).
3. SMS ved slutvakuum (-> klar til afhentning).
4. Automatisk lukning af canister.

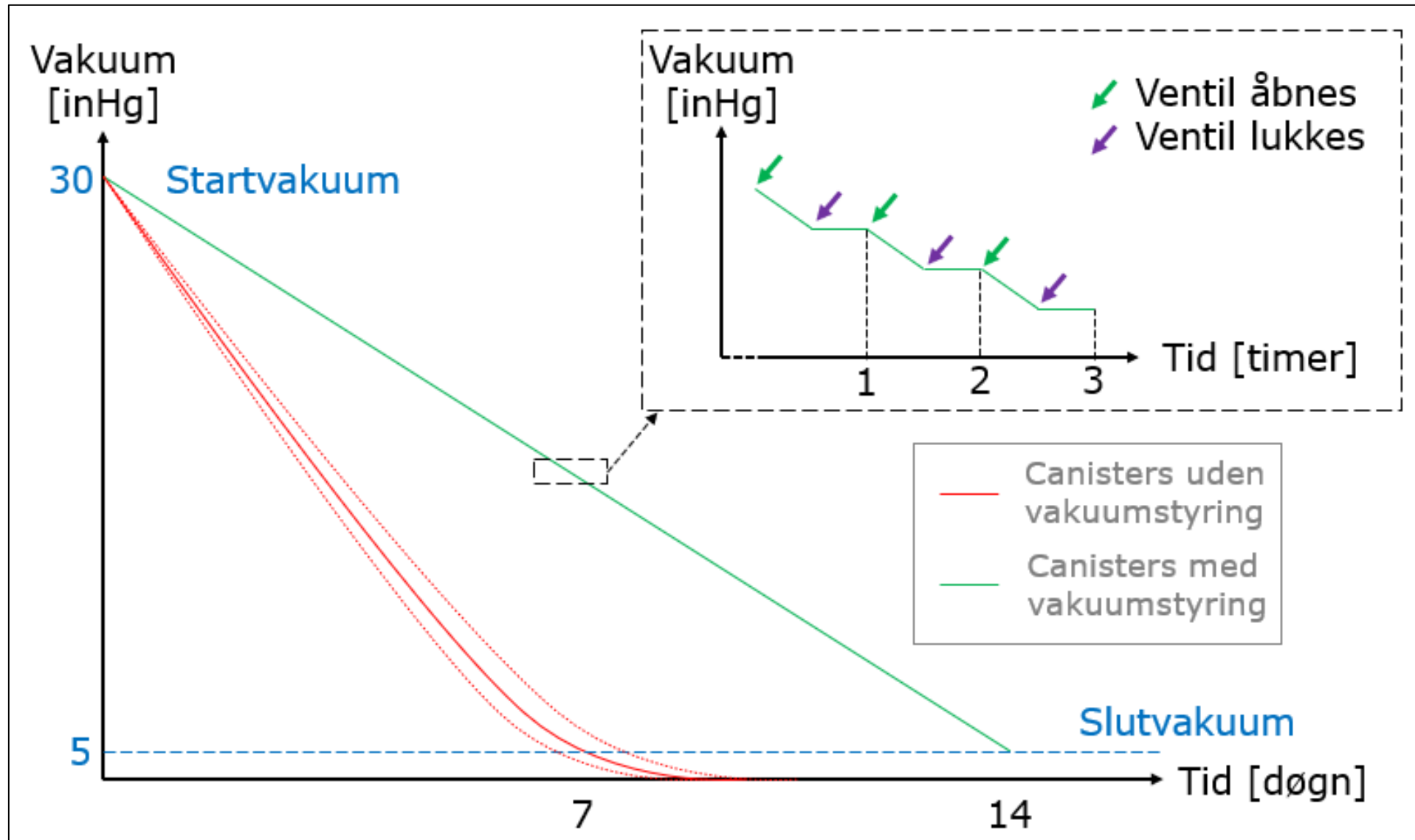
Nedtagning:

1. Afmontering af styring.
2. Kontrol af sluttryk med ekstern vakuummåler.
3. Returnering til laboratorium.
4. Hente data fra SD-kort og tjekke drift.



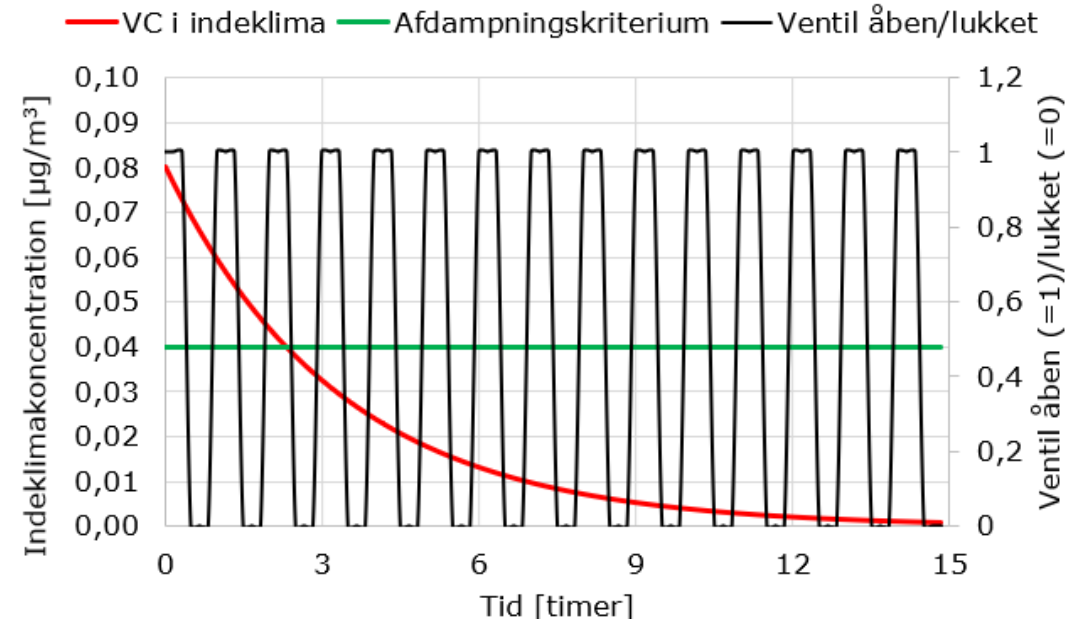
```
*settings - Notesblok
Filer Rediger Formater Vis Hjælp
canisterId = DMR1
phoneNumber = 99999999
elapsedHoursTarget = 336
vacuuminHgEndSession = 4
vacuuminHgBeginSession = 24
gsmEnabled = true
```

Metode til automatiseret trykstyring.



Risici ved at lukke halvdelen af tiden.

- Overser vi kortvarige effekter?
 - Simpel luftskiftemodel (JAGG):
 - Punktudslip der resulterer i 2·afdampningskriteriet.
 - Luftskifte: $0,3 \text{ t}^{-1}$.
 - Lofthøjde: 2,5 m.
 - Areal: 25 m^2 .
 - Kriterium nås efter ca. 2,2 time.
 - Ventilen vil være åben ca. 2,5 gange mens indeluftkonc. er over afdampningskriteriet.
- Middelværdier:
 - VC i indeluft: $0,018 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
 - VC i indeluft i åbne perioder: $0,019 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (+ 7,5%)
 - VC i indeluft i lukkede perioder: $0,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (- 7,5%)
- Vurdering:
 - Risikoen for at overse betydende korttidseffekter er ikke en bekymring.



Test i Region Midtjyllands testhus

- Testhus:
 - Renseri 1963 – 1973
 - Bolig siden 1963 indtil 2019
 - Renseri og bolig er samme bygning.
 - Oplag af renselvæske udenfor (ved garage)
- Prøvetagning i tre punkter:
 - To indeluftprøver i badeværelse (duplikat).
 - Én i stuen.
- Parallelprøver på ORSA-rør for at validere med TCE og PCE.



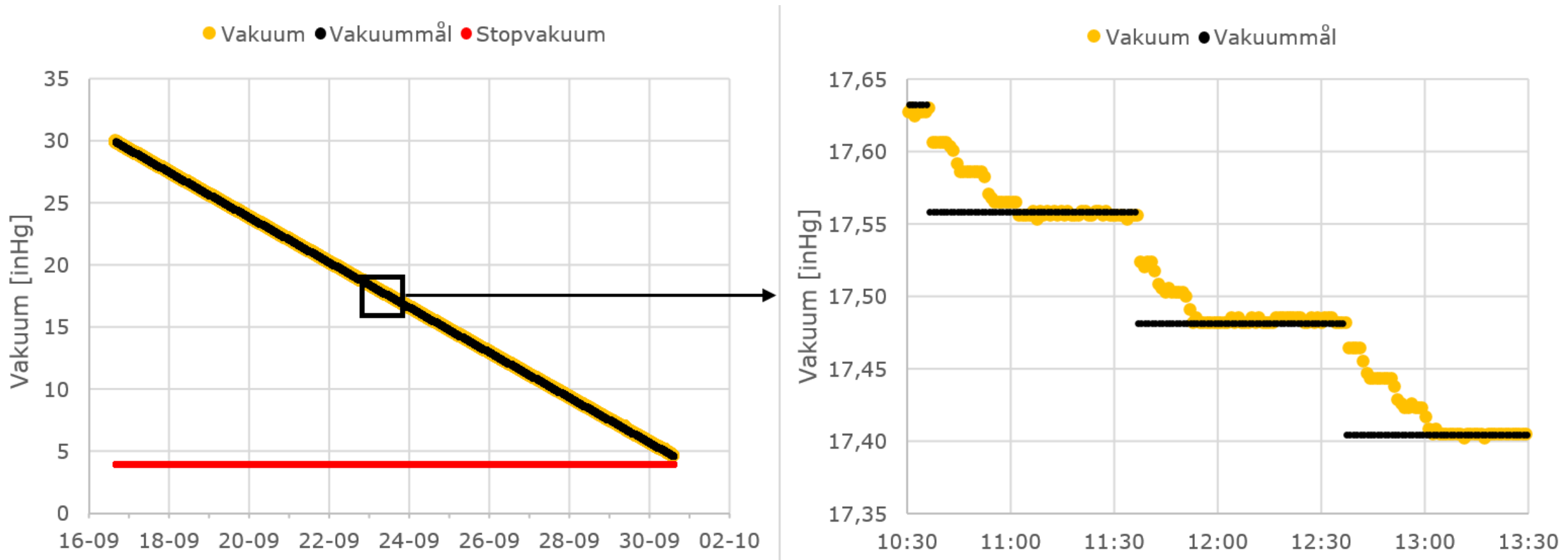
Eksempel på testdata



	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Timestamp	Elapsed hours [h]	powerUpCounter [n]	Pressure [mbar]	ValveState [0/1]	Step pressure target [mbar]	Internal temp. [gr.C]	PSU voltage [V]
2	16-09-2020 15:42	0	0	0,8	1	0	21,25	20,535
3	16-09-2020 15:43	0	1	2,8	1	3,4	21,25	20,559
4	16-09-2020 15:44	0	2	4,7	0	3,4	21,25	20,57
5	16-09-2020 15:45	0	3	2,1	0	3,4	21,25	20,576
6	16-09-2020 15:46	0	4	2	0	3,4	21,5	20,487
7	16-09-2020 15:47	0	5	2,1	0	3,4	21,5	20,564
8	16-09-2020 15:48	0	6	2	0	3,4	21,5	20,469
9	16-09-2020 15:49	0	7	2,1	0	3,4	21,5	20,529
10	16-09-2020 15:50	0	8	2	0	3,4	21,5	20,493
11	16-09-2020 15:51	0	9	2	0	3,4	21,75	20,576
12	16-09-2020 15:52	0	10	2	0	3,4	21,75	20,475
13	16-09-2020 15:53	0	11	2	0	3,4	21,75	20,529
14	16-09-2020 15:54	0	12	2	0	3,4	21,75	20,505
15	16-09-2020 15:55	0	13	2	0	3,4	21,75	20,582
16	16-09-2020 15:56	0	14	2	0	3,4	21,75	20,547
17	16-09-2020 15:57	0	15	2,1	0	3,4	21,75	20,541
18	16-09-2020 15:58	0	16	2,1	0	3,4	21,75	20,463
19	16-09-2020 15:59	0	17	2	0	3,4	21,75	20,529
20	16-09-2020 16:00	0	18	2	0	3,4	21,75	20,553
21	16-09-2020 16:01	0	19	2	0	3,4	21,75	20,576
22	16-09-2020 16:02	0	20	2,1	0	3,4	21,75	20,582

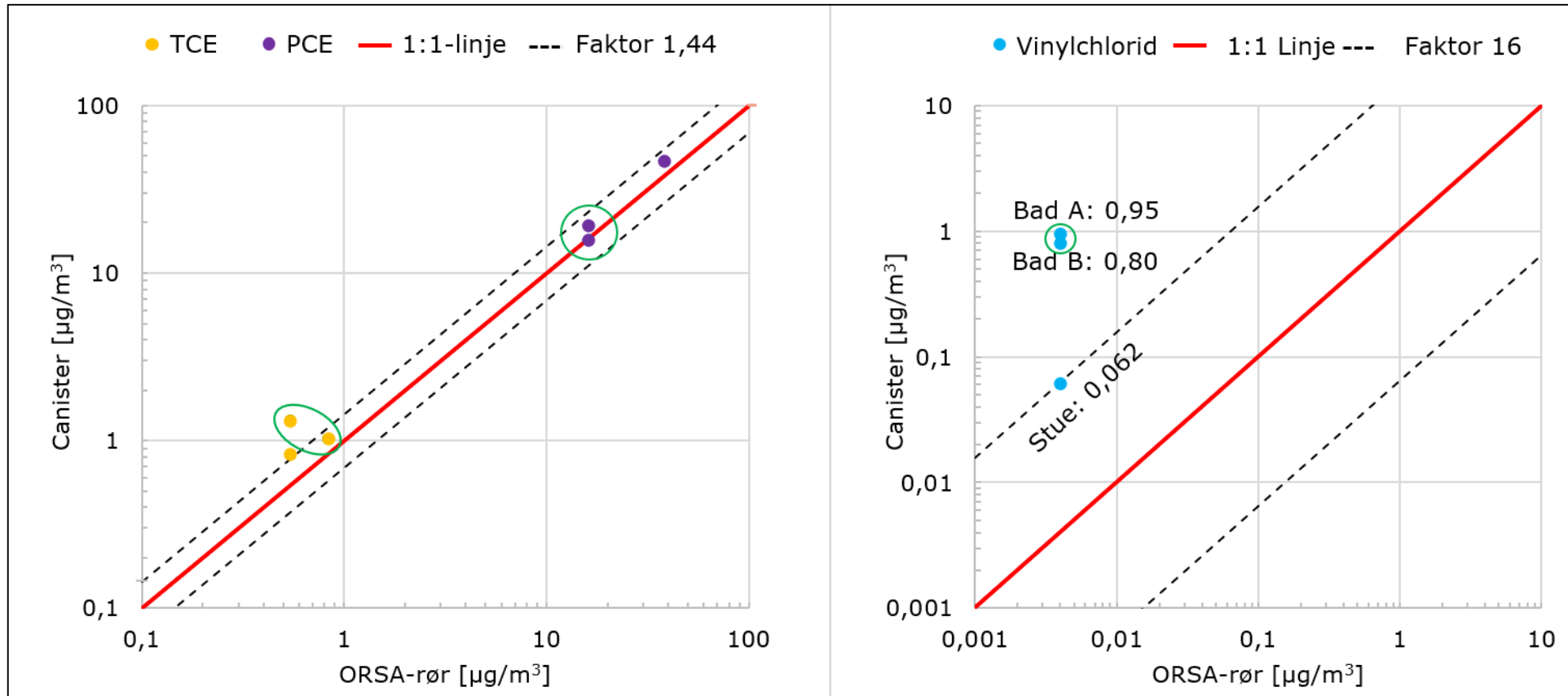
Eksempel på drift fra en prøve fra badeværelse

- Styring efter meget små trykforskelle – ca. 0,07 "Hg/t (ca. 2,5 mbar).
- Elektrisk ventil lukker effektivt af.



Validering mod ORSA-rør

- TCE og PCE målt relativt ens på ORSA-rør og med canistre+styring.
- Vinylklorid underestimeret med ORSA-rør (minimum faktor 16-240).



Nu skal vi aldrig mere bekymre os om det...😊



- Der har været huller i osten:
 - Problemer med at læse settingsfil på SD-kort.
 - Løst ved at sikre backupdrift i koden på 14 dage, hvis settingsfilen ikke kan læses.
 - Problemer med at sende SMS pga. dårlig GSM forbindelse eks. i kælder.
 - Vi er ved at gå over til narrowband (NB) i stedet for GSM.
 - Usikkerhed om hvordan driften kører med relativt få alarmer.
 - Vi er ved at implementere kontinuert onlineovervågning på alle styringer så prøvetagning kan følges.
 - Begrænset kendskab til styringers drift ved teknikere.
 - TLF support af teknikere ved opsætning.
- Det gode er at:
 - 14 dages prøvetagning er opnået.
 - Det giver en repræsentativ prøve.
 - At ventilen lukker automatisk ved eks. 4"Hg.



- Manual siger minimum 25" Hg i startvakuum = ca. 16% "falsk luft".
- Lufttryk kan svinge mellem ca. 950 og 1.030 mbar = 1,2 "Hg, hvilket kan påvirke vakuummålinger med drøvleventil.
- Generelt udfordringer med:
 - Slidte fittings = utætheder.
 - Relativt lave startvakuum i canistre.
 - Ikke alle laboratorier sender eksternt vakuummåler med.
- Der er lavet 10 styringer som Region Midtjylland har førsteret til, da de har medfinansieret udviklingen.
 - Kapacitetsproblemer så længe der er tvivl om det er canistre, der skal være standarden til indeluftmålinger for vinylklorid eller det er Beaconsamlere.