



TEKNOLOGISK
INSTITUT

LowCarbon Brændkammer

- Opfølgning og Guidelines til et brændkammer



TEKNOLOGISK
INSTITUT



Miljø- og Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

06. marts 2018

Fagligt seminar - Teknologisk Institut

René Lyngsø Hvidberg +45 7220 1368 rehv@teknologisk.dk

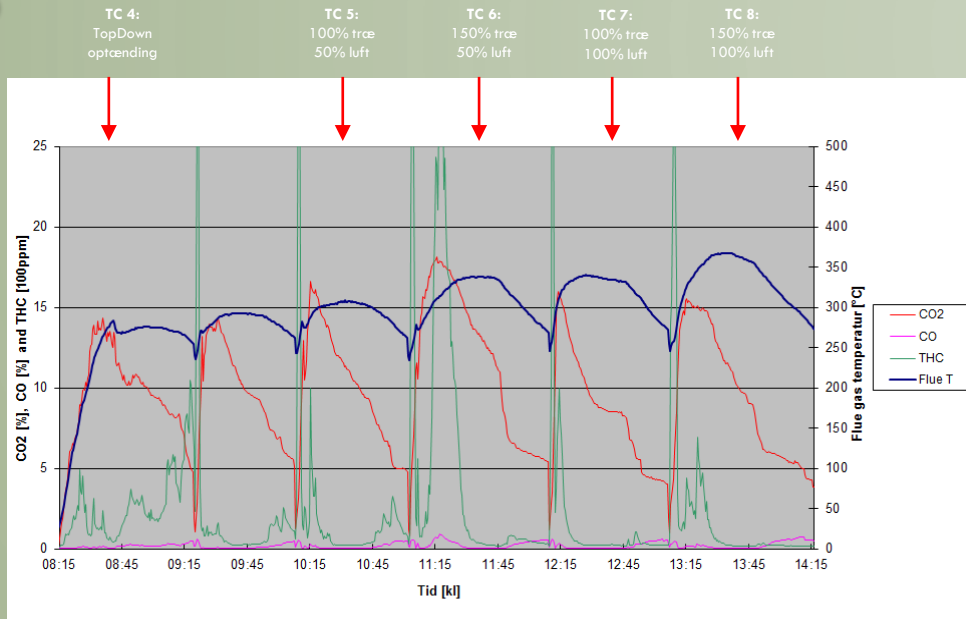


DAGSORDEN:

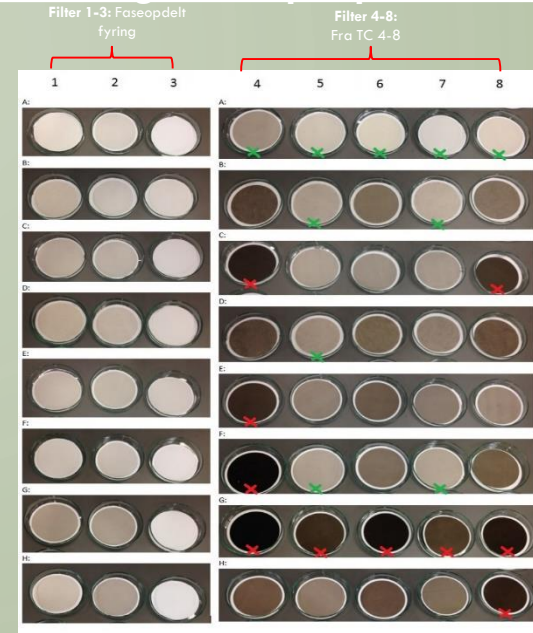
- Genopfriskning af LCB-projekt => Udviklingsfase og opbygning af brændkammer ud fra gunstige virkemidler
- Få resultater fra verificering af virkemidler
- Samlet udbytte af projekt
- Udpluk af guidelines for brændkammeropbygning

- Udviklet måleprocedure, visuelle indikatorer, udvælgelse af parametre og fremstilling af brændkammer

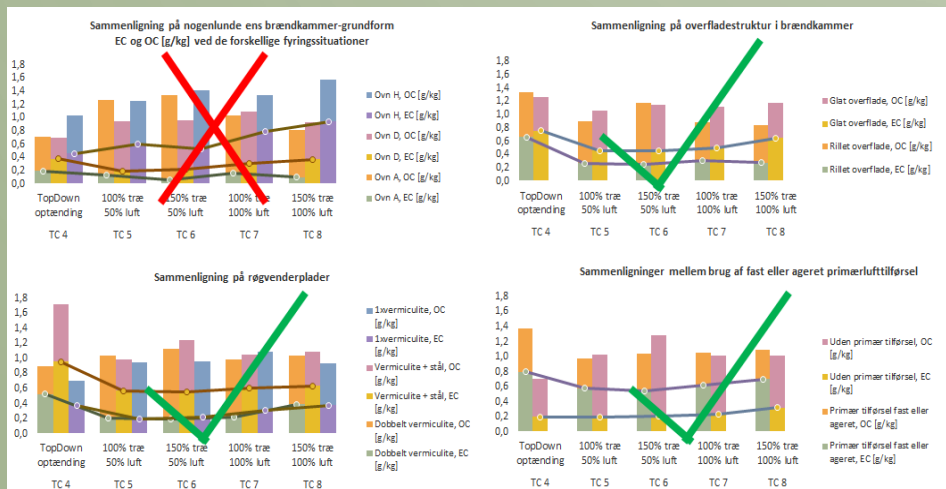
Udviklet måleprocedure til projekt



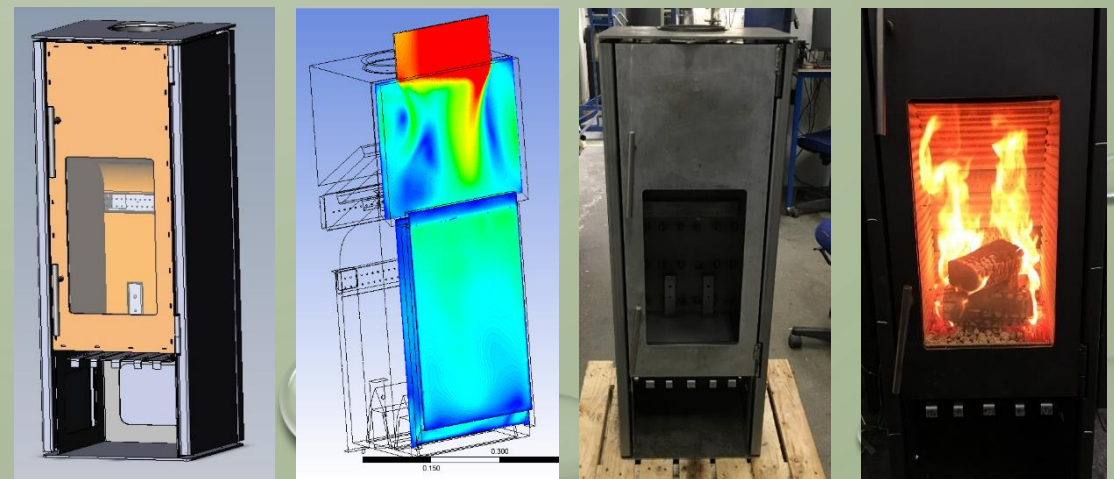
Opsamling af PM på quartz-filtre



Analyse af udslagsgivende EC-parametre



CAD, CFD, Fremstilling af fysisk LCB-ovn

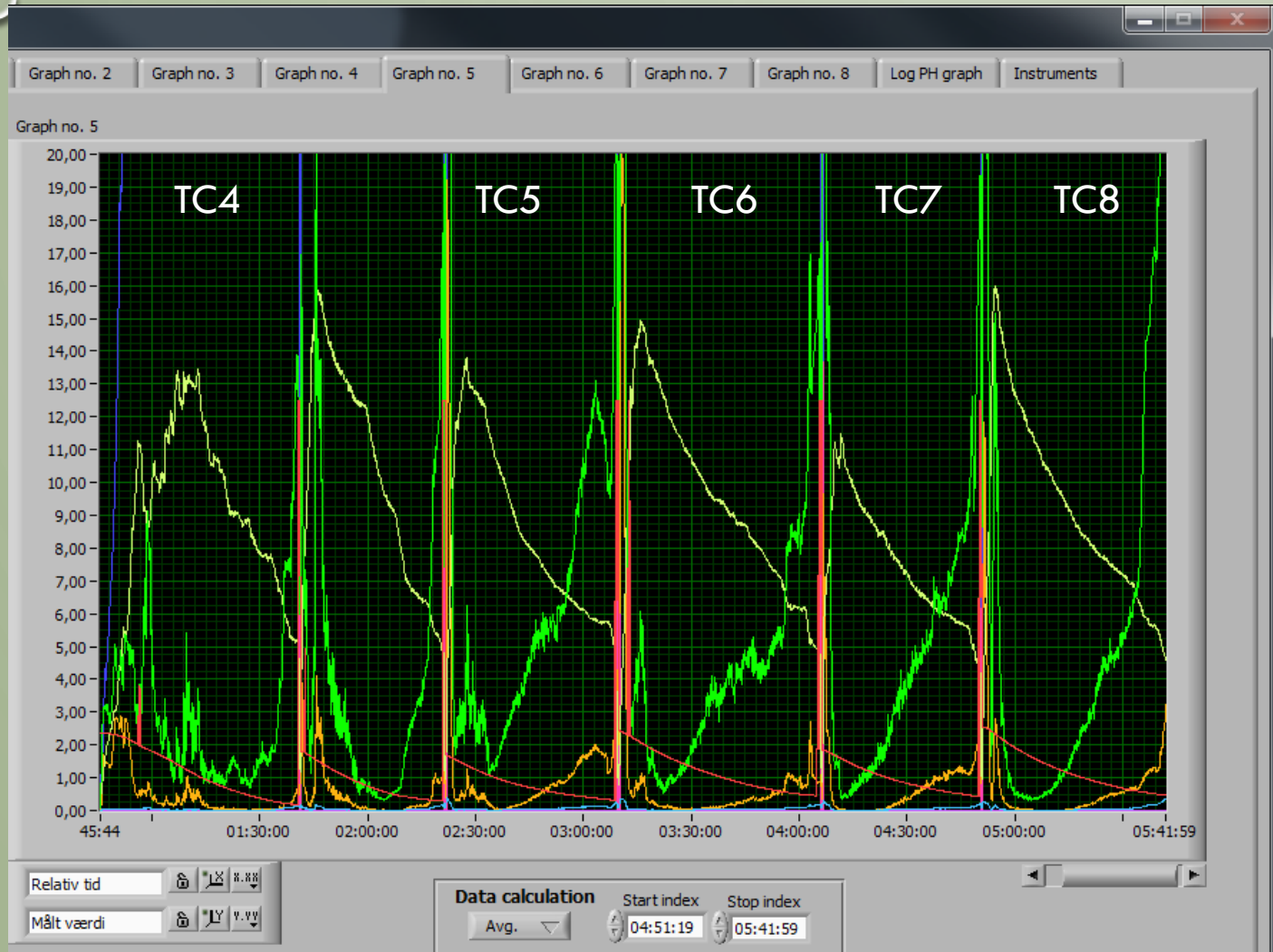


LowCarbon Brændkammer
- Testresultater for LCB ovn – Ovn T

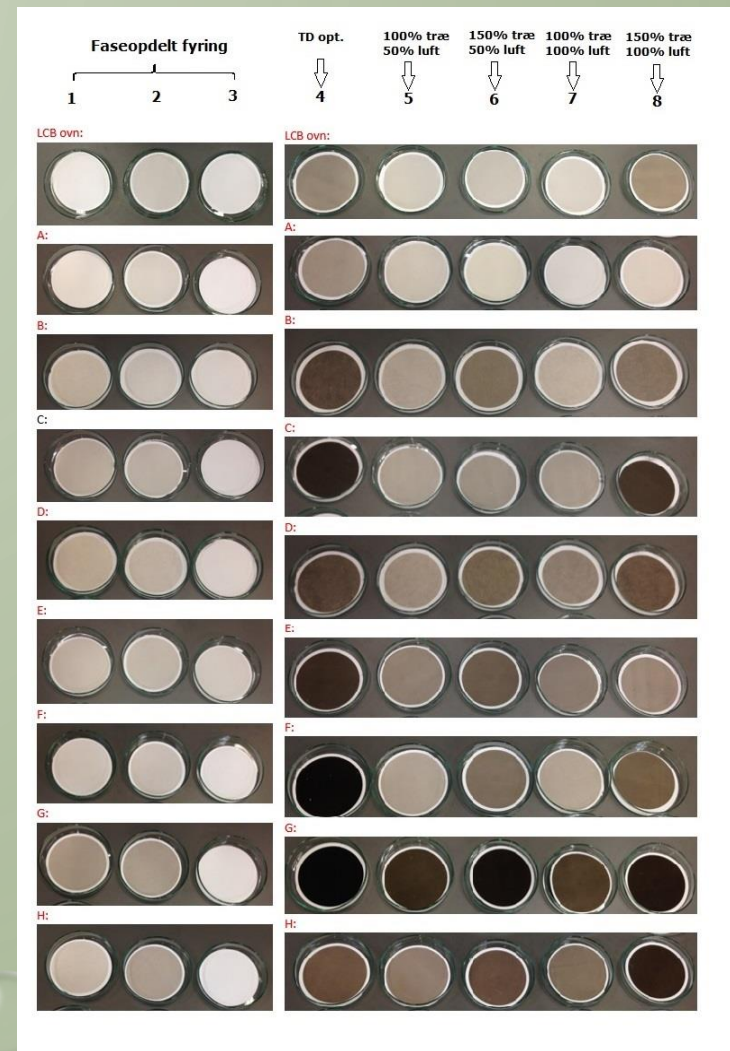


TEKNOLOGISK
INSTITUT

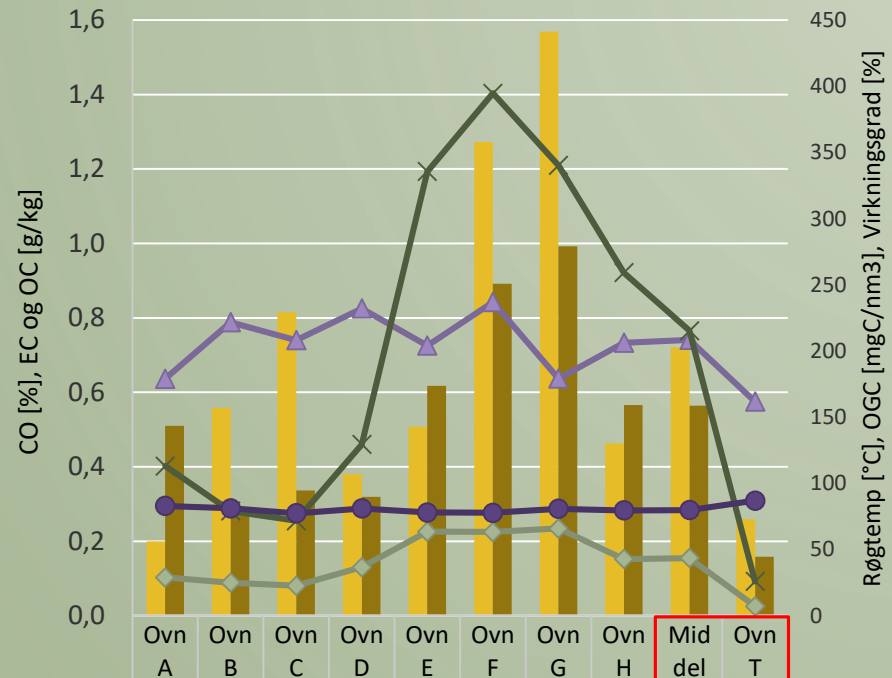
LCB ovn – emissionsforløb fra måleprocedure



Alle 72 primærfiltre



TC 4 - Topdown optænding



EC del [g/kg (tørstof)]	0,20	0,56	0,82	0,38	0,51	1,27	1,57	0,46	0,72	0,26
OC del [g/kg (tørstof)]	0,51	0,28	0,34	0,32	0,62	0,89	0,99	0,57	0,56	0,16
CO henført til 13% O2 [%]	0,10	0,09	0,08	0,13	0,23	0,23	0,23	0,15	0,16	0,03
Røggastemperatur, middelværdi ved 20°C rumtemperatur [°C]	179	222	208	232	204	237	179	206	208	162
Org. kulstof, OGC [mgC/nm³n tør gas ved 13% O2]	113	79	72	129	336	395	340	259	215	26
Virkningsgrad %	83	81	77	81	78	78	81	80	80	87

EC+OC g/kg ved de forskellige fyringssituationer



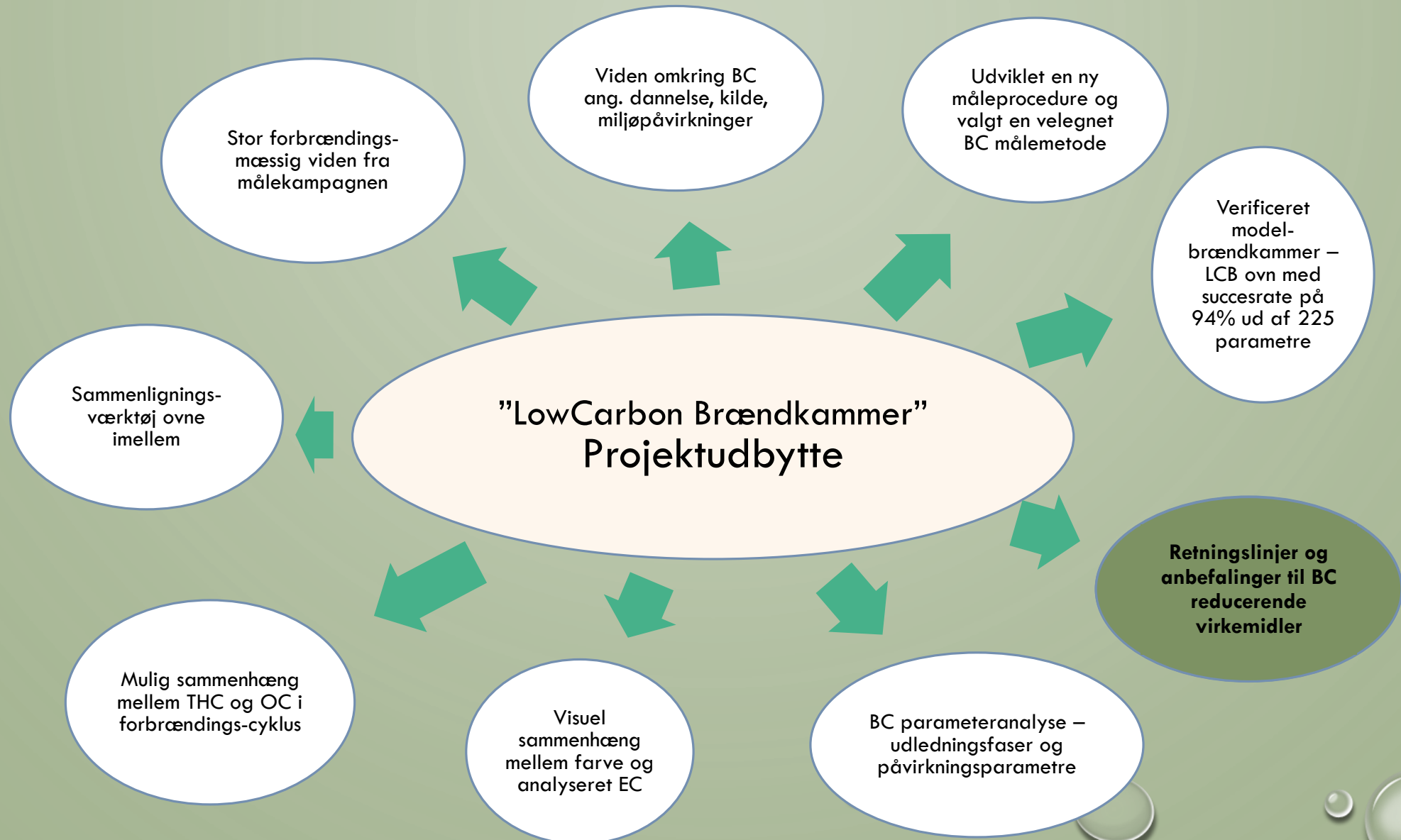
Forbedring mellem LCB ovn og middel af målekampagnen

	Virkningsgrad	CO	OGC	EC del	OC del
	%	[% v/13% O ₂]	[mgC/m ³ n tør gas ved 13% O ₂]	[g/kg (tørstof)]	[g/kg (tørstof)]
Middel målekampagne	77	0,125	138	0,48	0,62
LCB ovn	81	0,046	41	0,20	0,20
%-vis forbedring på TC 4-8	5%	61%	65%	58%	67%

5 fyringssituationer for 9 ovne med hver 5 parametre
(Virkningsgrad, CO, OGC, OC og EC) => 225
situationer LCB-testovn kun overgået i 14 situationer
=> 211/225 => succesrate på 94%!

LowCarbon Brændkammer

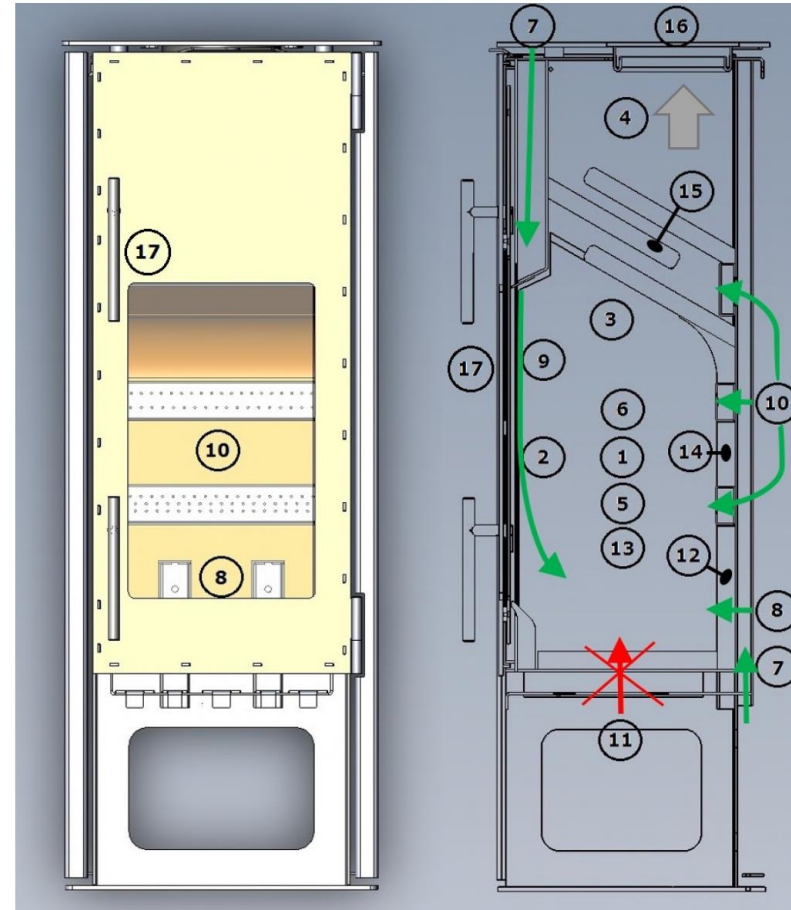
- Udbytte



Bilag 9: Retningslinjer for "Virkemidler til opbygning af brændkammer med reduceret BC udledning"

Nedenstående retningslinjer og virkemidler har vist sig at have en indvirkning på lavere BC udslip (isoleret set) – kræver dog stadig tilpasning til den enkelte ovn for at skabe gode forbrændingsegenskaber generelt set.

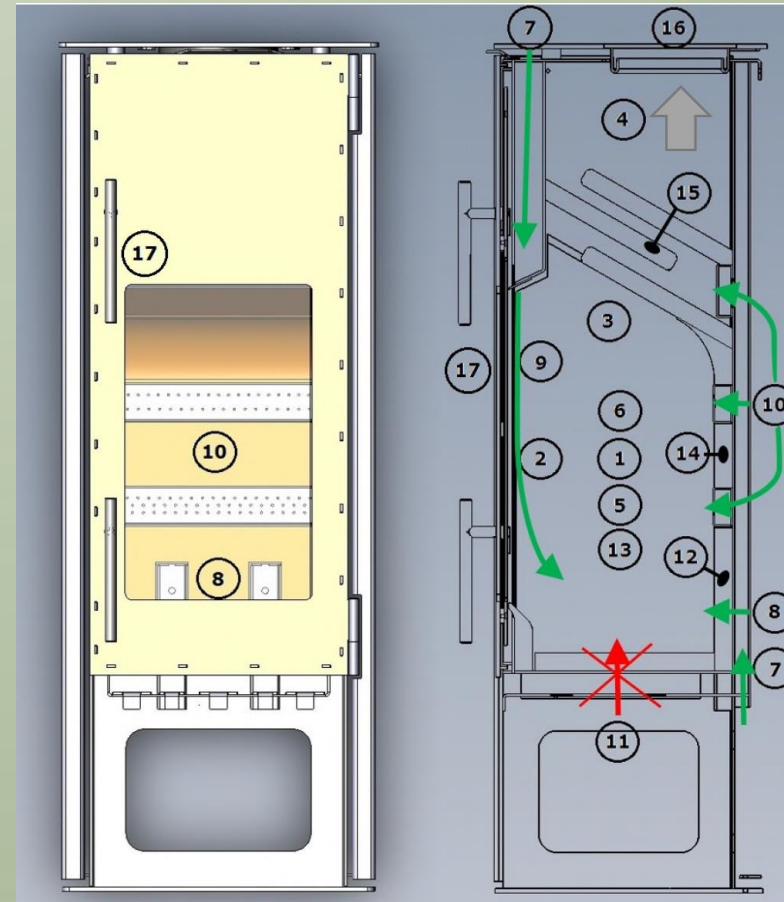
1. Veldimensioneret brændkammerstørrelse i forhold til den ønskede ydelse
2. Simpel brændkammeropbygning
 - Uden sideglas
 - Uden for stor radius eller vinkel på frontglas
3. God højde inde i brændkammer for længere opholdstid og flammeudvikling
 - Den frie flammeudvikling begrænses ikke af en lavtliggende røgvenderplade
4. Høj top over røgvenderplader for længere opholdstid og mere stabil røgtemperatur
5. Stabil og høj temperatur i brændkammer (erfaring fra projektovn)
 - Type K termoelement ca. 15mm inde i brændkammer (strålingsbeskyttet) målt 2 steder i hver side i 4 forskellige højder
 - Emissionerne falder ved en svagt opadstigende temperatur fra 450°C => den svage stigning fortsætter til over 500°C => når temperaturen falder til under 500°C igen stiger emissionerne.
 - I perioder med kraftig temperaturstigning er der ikke tilstrækkelig med ilt til stede for at lave en ren forbrænding, selvom temperaturen er over de anbefalede temperaturer.
6. God opblanding med forskellige lufttilførsler
 - Lambda hurtig ned => emissioner hurtig ned => når lambda overstiger 3 i forbrændingsforløb stiger emissioner. Emissionerne er lavest når lambdaforholdet er lavt med stabil temperaturforløb.
7. Minimal modstand i luftsystemet
 - Regulering over spjældet er essentiel – luftkanaldimensionering må ikke udgøre begrænsningen => jo flere indsnævring og bøjninger jo større modstand => jo mindre luft til forbrændingen
8. Pilotlufttilførsel OK fra bagside (nederst)
 - OK med flere niveauer (2 niveauer i LCB ovn) og helst lige over gløder
9. Sekundærlufttilførsel (rudeskyl) OK – dog ikke for stor hastighed
 - Jævn rudeskyl
 - Må ikke vinkles for meget ned i gløder, da det kan give primær luft effekt (negativ, punkt 11)
 - Direkte ind i brændkammer, ikke igennem et langt kanalsystem
10. Tertiærlufttilførsel OK i flere forskellige niveauer (LCB ovn 3 niveauer)
11. Primærlufttilførsel (op igennem gløder) IKKE GAVNLIGT FOR BC UDLEDNING som fast del af forbrændingsluften (største kilde jf. målekampagne)
12. Generelt velisoleret brændkammer
 - For at opretholde den høje temperatur
13. Turbulens via forskellige lufttilsætninger og overflader i brændkammer
 - Urolige flammer er ikke et nødvendigvis et dårligt tegn
14. Rillet overflademønster
 - Skaber lokal turbulens og kan bidrage til lavere EC-udslip pga. længere opholdstid
15. Flere røgvenderplader i vermiculite (3 røgvenderplader i LCB ovn)
 - Afstanden må ikke være for snæver => skaber for stor modstand for røgvandring og kan give røgdudslip-gener hos forbrugeren.
16. Black Carbon (elemental carbon) niveau kan forsigtigt bestemmes ud fra den visuelle farve på filtret.
17. Tæt lågesystem
 - Forhindrer falsk luft i at bidrage til forbrændingen og forvirre det øvrige luftsystem



#1 :

Veldimensioneret
brændkammerstørrelse i forhold til
den ønskede ydelse

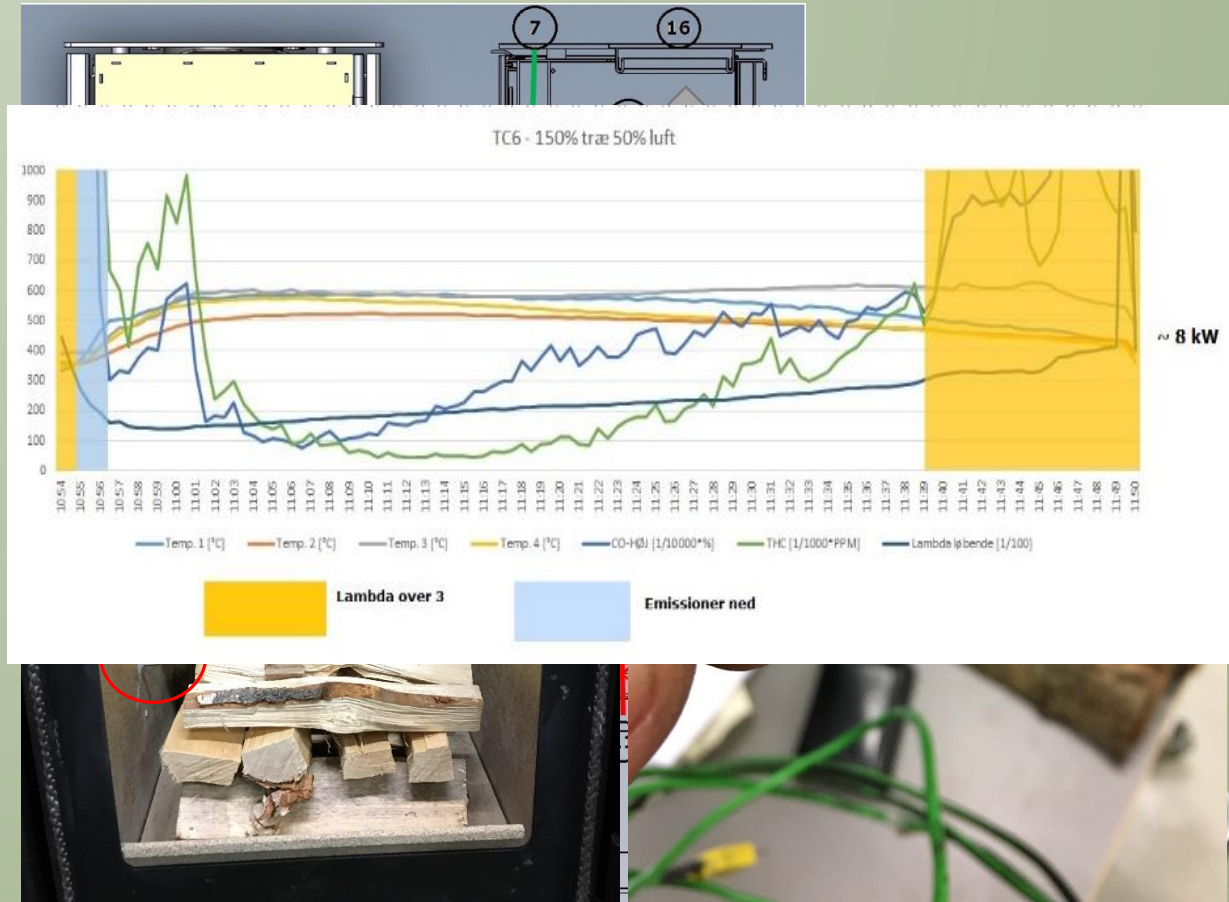
- Stort brændkammer => stor mængde brændsel
- Lille mængde brændsel og stort brændkammer giver for kolde områder => For lav temperatur til at afbrænde gasser, partikler kondenserer og sod aflejres på vermiculite.



#5:

Stabil og høj temperatur i brændkammer (erfaring fra projektovn)

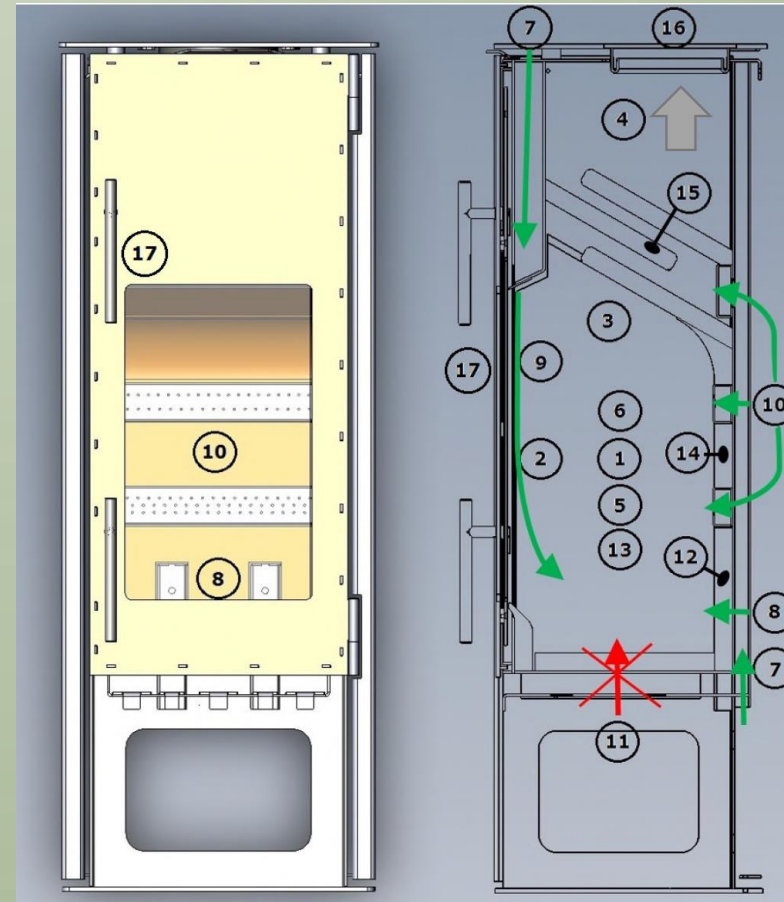
- Type K termoelement ca. 15mm inde i brændkammer (strålingsbeskyttet) målt 2 steder i hver side i 4 forskellige højder
- Emissionerne falder ved en svagt opadstigende temperatur fra $450^{\circ}\text{C} \Rightarrow$ den svage stigning fortsætter til over $500^{\circ}\text{C} \Rightarrow$ når temperaturen falder til under 500°C igen stiger emissionerne
- I perioder med kraftig temperaturstigning er der ikke tilstrækkelig med ilt til stede for at lave en ren forbrænding, selvom temperaturen er over de anbefalede temperaturer



#10:

Tertiærtilførsel OK i flere forskellige niveauer
(LCB oven 3 niveauer)

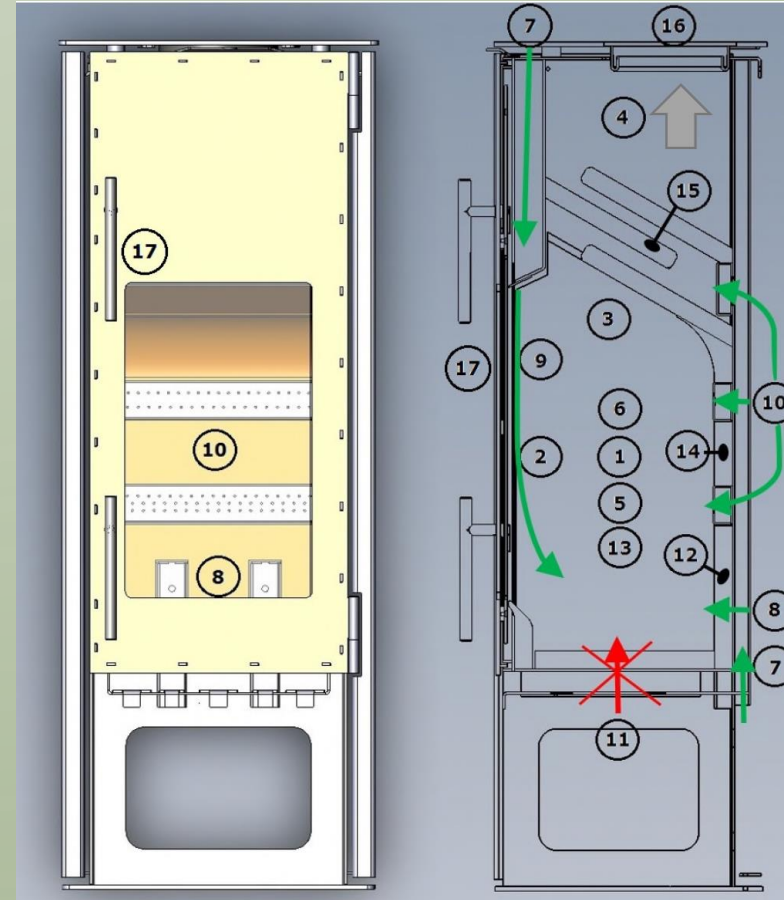
- Har til formål at tilføre flammer ekstra ilt for at brænde de uforbrændte gasser af.
- Mængder skal fintunes for ikke at fortynde røggassen => mindske CO₂ niveauet og dermed sænke virkningsgraden
- Øverste tilførsel skal være over rudeskyl og sørge for efterforbrænding ved de store træmængder



#7:

Minimal modstand i luftsystemet

- Regulering over spjældet er essentiel – luftkanaldimensionering må ikke udgøre begrænsningen => jo flere indsnævring og bøjninger jo større modstand => jo mindre luft til forbrændingen
- Forbrændingsluft typisk igennem ovn og bliver forvarmet. Indgangsluften samles ét sted.
- Opvarmes denne for meget, kan bålet mangle ilt fordi der bliver for langt mellem ilt-molekylerne
- Er der for meget modstand i kanaler, kan bålet mangle ilt.





<https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2017/06/978-87-93614-07-9.pdf>

