



Værktøj til luftoptimeret brændeovn



TEKNOLOGISK
INSTITUT



Miljø- og Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

06. marts 2018

Fagligt seminar - Teknologisk Institut

Anne Mette Frey +45 7220 1273 amf@teknologisk.dk

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



DAGSORDEN:

- PROJEKTETS FORMÅL
- TRYK OG FLOWUDVIKLING PÅ FORSØGSBASIS
- TRYKTAB I LIGE RØR OG VED ENKELTMODSTANDE
- DIMENSIONERINGS- OG LUFTKAPACITETSVÆRKTØJ TIL BRÆNDEOVNE

PROJEKTETS OVERORDNEDE FORMÅL:

Formål

- Formålet med projektet er, at sikre at brændeovne har tilstrækkeligt luft til at kunne brænde træ af i de mængder forbrugeren anvender

Parametre

- Undersøge optimal luftmængde
- Spjæld og kanalstørrelser
- Brændemængder

Outcome

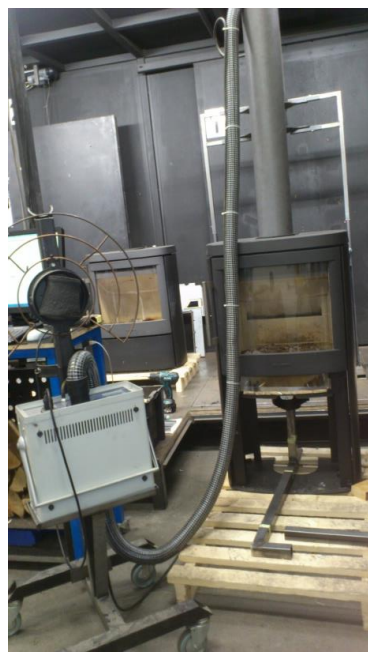
- Metodik/apparat til luftkapacitetsmåling
- Udviklede retningslinjer og algoritme til opbygning af luftsystem
- Udvikling af ovn med optimeret luftsystem



Luftoptimeret Brændeovn

- Tryk og flowudvikling i system på forsøgsbasis

TRYK OG FLOWUDVIKLING PÅ FORSØGSBASIS:



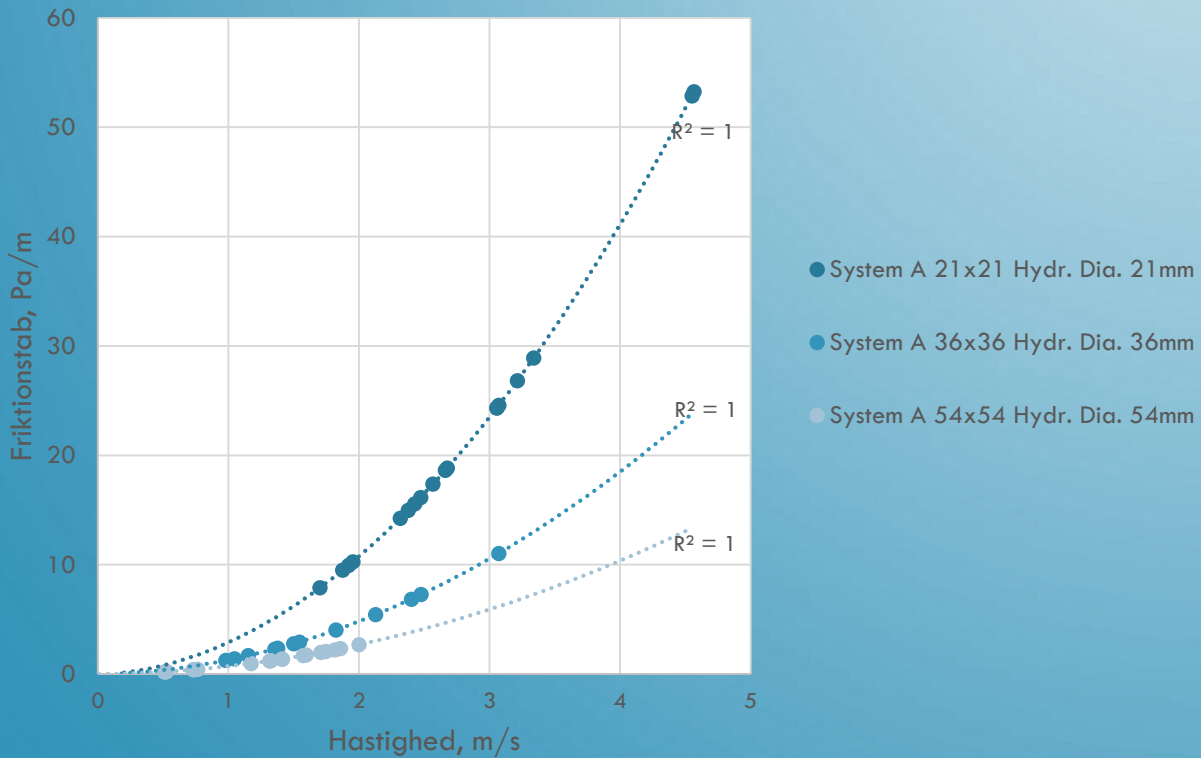
← 21x21
36x36
54x54

	0%	50%	100%
12 Pa	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h
18 Pa	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h

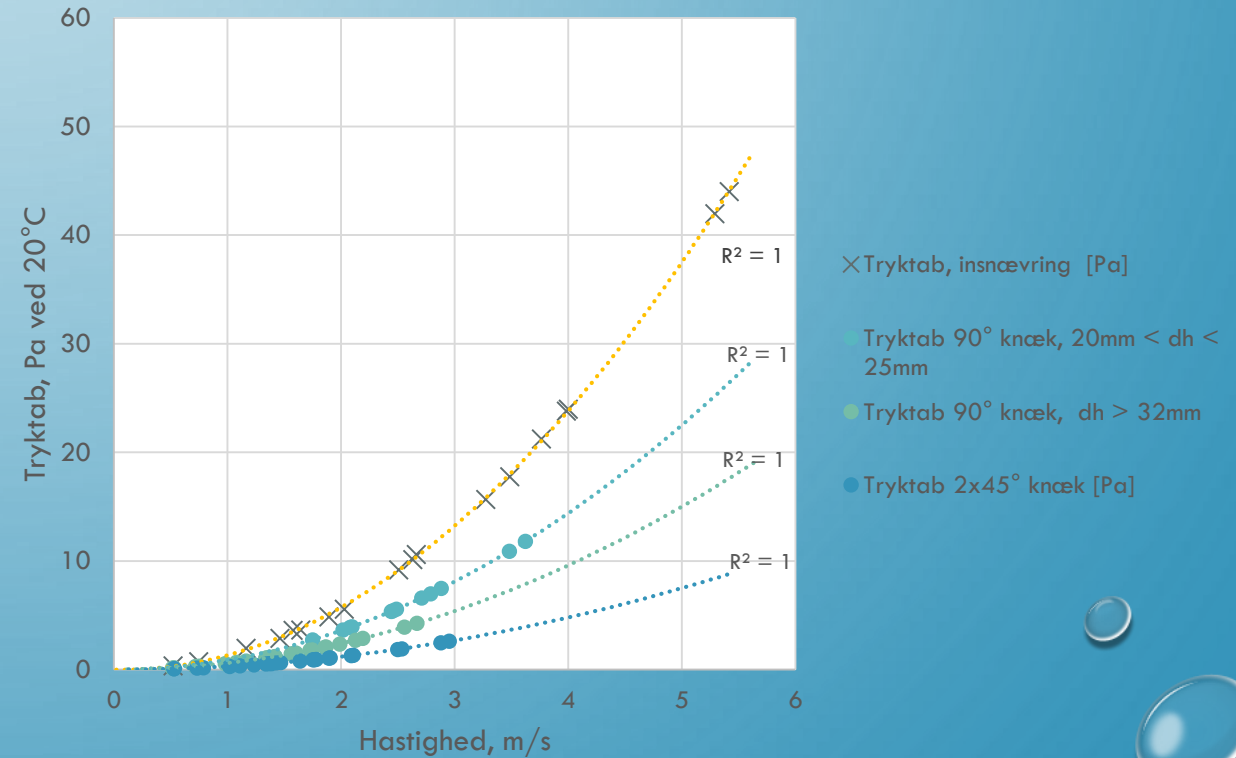


TRYKTAB LIGE RØR OG VED ENKELTMODSTANDE:

Friktionstab, lige rør pr. meter, Δp_f ved 20°C



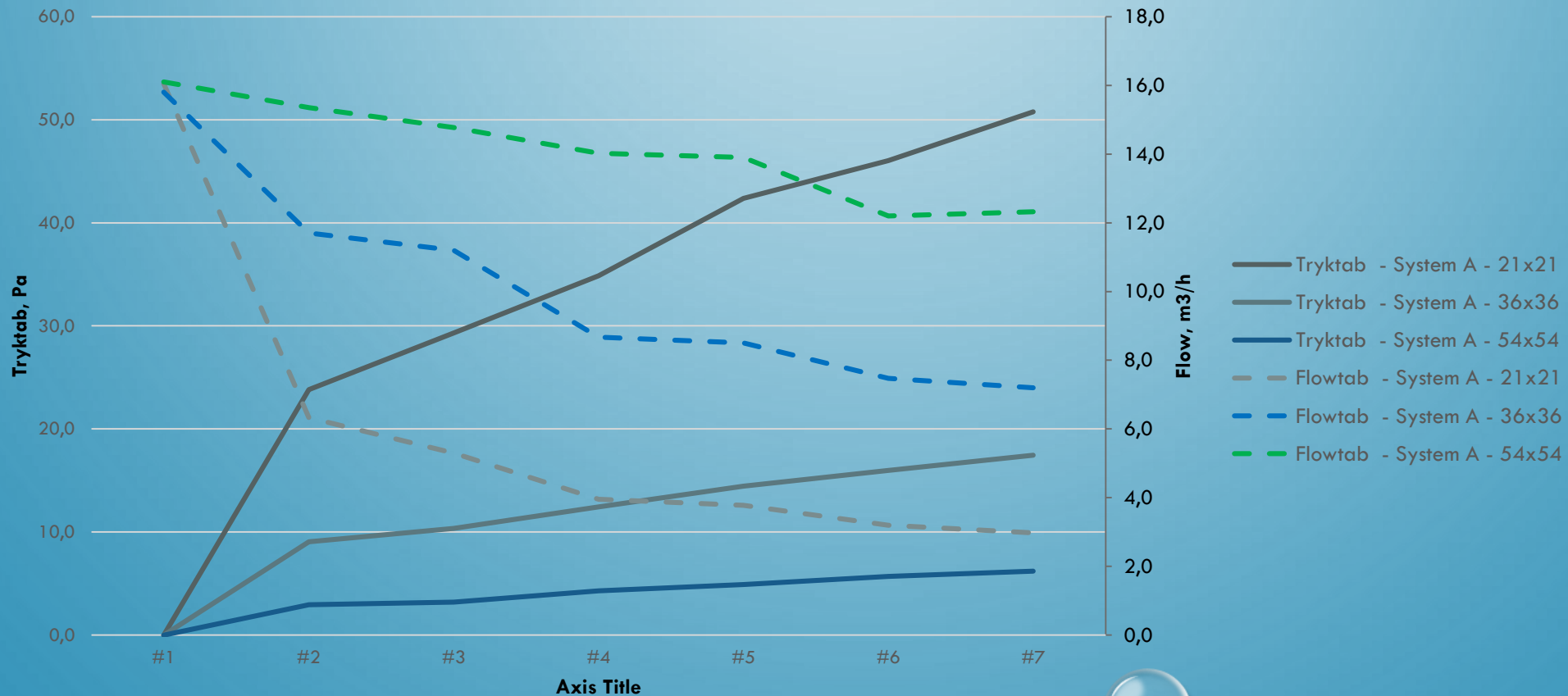
Tryktab, enkeltmodstande samlet, Δp_e





AKKUMULERET FLOWTAB OG – TRYKTAB:

Akk. Flowtab og akk. tryktab i system efter ovn ved 50% (12Pa)

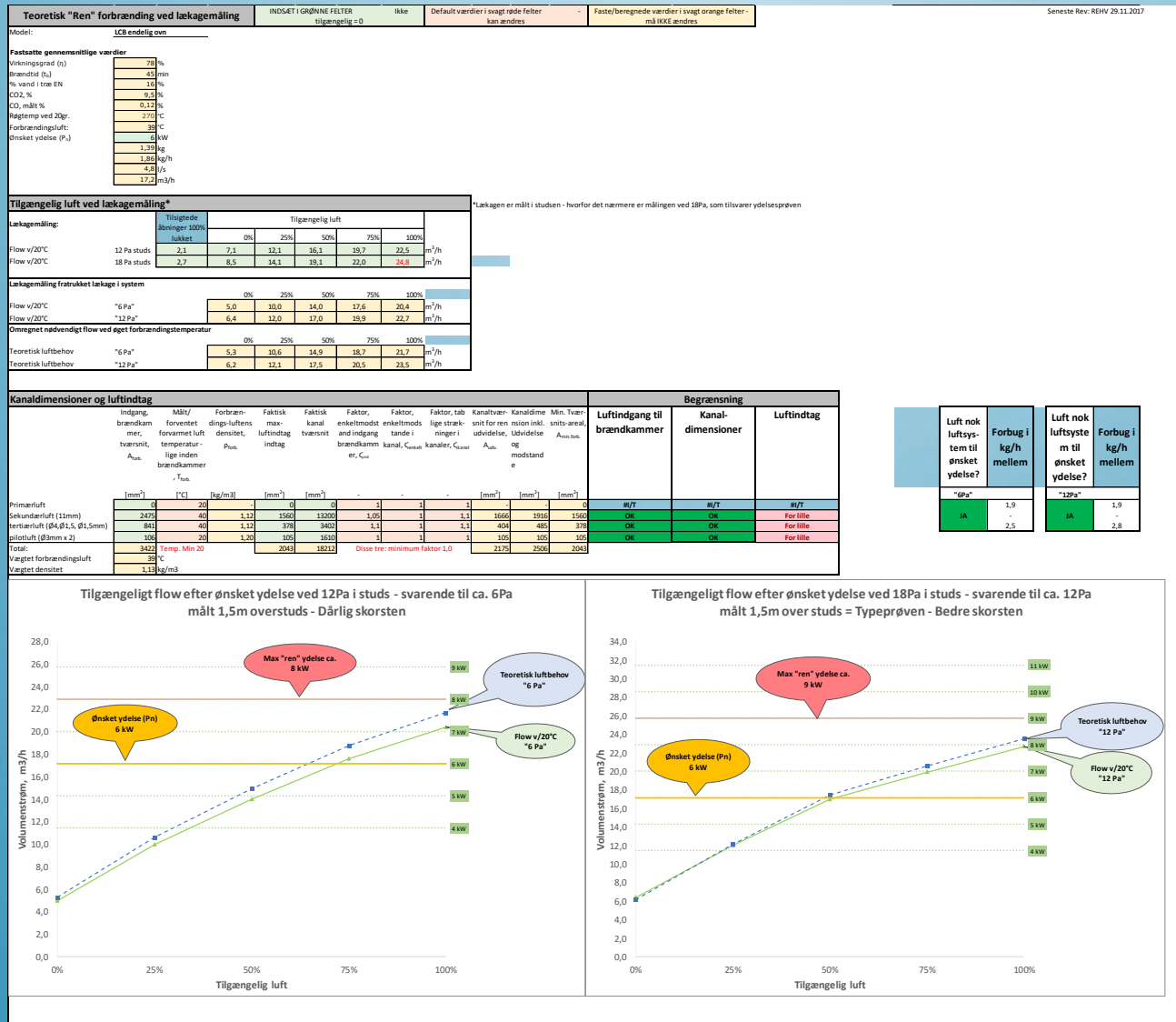




Luftoptimeret Brændeovn

- Tryk og flowudvikling i system på forsøgsbasis

LUFTKAPACITETSVÆRKTØJ:



DIMENSIONERINGS- OG LUFTKAPACITETSVÆRKTØJ TIL BRÆNDEOVNE:

Standardbetingelser:

Model:	LCB endelig ovn
Fastsatte gennemsnitlige værdier	
Virkningsgrad (η)	78 %
Brændtid (t_b)	45 min
% vand i træ EN	16 %
CO ₂ , %	9,5 %
CO, målt %	0,12 %
Røgtemp ved 20gr.	270 °C
Forbrændingsluft:	39 °C
Ønsket ydelse (P_n)	6 kW
	1,39 kg
	1,86 kg/h
	4,8 l/s
	17,2 m ³ /h

$$q_{v.rum} = \text{Lambda} * \text{Min}_{\text{luft}} * \text{forbrug} * \left(\frac{273 * t_{rum}}{273 * (1 + 1,61 * w)} \right)$$

$$\text{lambda} = \left(1 + \left(\frac{\text{CO}_{2\text{max}}}{\text{CO} + \text{CO}_2} - 1 \right) \right) * \frac{\text{Min}_{\text{tør.røg}}}{\text{Min}_{\text{luft}}}$$

$$\text{Min}_{\text{tør.røg}} = C_{\text{net}} * 1,8535 + S_{\text{net}} * 0,6827 + N_2 * 0,7995 + \frac{\text{Min}_{\text{luft}}}{0,7906}$$

$$\text{Min}_{\text{luft}} = \left(\frac{\text{Min } O_2}{0,2094} \right) = \frac{C_{\text{net}} * 1,864 + S_{\text{net}} * 0,6982 + H_{\text{net}} * 5,5531 - O_{2\text{net}} * 0,6997}{0,2094}$$

LUFTFLOW IGENNEM OVN VED FORSKELLIG INDSTILLING OG TRÆK

Tilgængelig luft ved lækagemåling*								
Lækagemåling:		Tilsigtede åbninger 100% lukket	Tilgængelig luft					
			0%	25%	50%	75%	100%	
Flow v/20°C	12 Pa studs	2,0	5,8	9,7	15,8	17,2	18,5	m ³ /h
Flow v/20°C	18 Pa studs	1,9	7,8	13,1	21,4	22,7	24,8	m ³ /h
Lækagemåling fratrukket lækage i system								
			0%	25%	50%	75%	100%	
Flow v/20°C	"6 Pa"		3,8	7,7	13,8	15,2	16,5	m ³ /h
Flow v/20°C	"12 Pa"		5,8	11,1	19,4	20,7	22,8	m ³ /h
Omregnet nødvendigt flow ved øget forbrændingstemperatur								
			0%	25%	50%	75%	100%	
Teoretisk luftbehov	"6 Pa"		3,8	7,7	13,8	15,2	16,5	m ³ /h
Teoretisk luftbehov	"12 Pa"		5,9	11,2	19,5	20,8	22,9	m ³ /h

BEGRÆNSNING I SYSTEMER:

Kanaldimensioner og luftindtag												Begrænsning		
	Indgang, brændkammer, tværsnit, $A_{forb.}$	Målt/forventet forvarmet luft temperatur - lige inden brændkammer, $T_{forb.}$	Forbrændings-luftens densitet, $\rho_{forb.}$	Faktisk max-luftindtag	Faktisk kanal tværsnit	Faktor, enkeltmodst indgang, ζ_{ind}	Faktor, enkeltmodst ande i kanal, ζ_{kanal}	Faktor, tab lige strækninger i kanaler, ζ_{kanal}	Kanalværsnit for rennsion inkl. udvidelse, $A_{udv.}$	Kanaldimension inkl. modstande	Min. Tværsnits-areal, $A_{min.forb.}$	Luftindgang til brændkammer	Kanal-dimensioner	Luftindtag
	[mm ²]	[°C]	[kg/m ³]	[mm ²]	[mm ²]	-	-	-	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	#I/T	#I/T	#I/T
Primærluft	0	20	-	0	0	1	1	1	-	-	0	#I/T	#I/T	#I/T
Sekundærluft (11mm)	2475	40	1,12	1560	13200	1,05	1	1,1	1666	1916	1560	OK	OK	For lille
tertiærluft (Ø4, Ø1,5, Ø1,5mm)	841	40	1,12	378	3402	1,1	1	1,1	404	485	378	OK	OK	For lille
pilotluft (Ø3mm x 2)	106	20	1,20	105	1610	1	1	1	105	105	105	OK	OK	For lille
Total:	3422	Temp. Min 20		2043	18212	Disse tre: minimum faktor 1,0			2175	2506	2043			
Vægtet forbrændingsluft		39°C												
Vægtet densitet		1,13 kg/m ³												

Ønske: Begrænsning sidder i luftindtaget – ikke i kanalen eller i luftindgangen til brændkammeret



OPLYSNING TIL FORBRUGEREN OMKRING MAX PÅFYLDNING:

Luft nok luftsyste- m til ønsket ydelse?	Forbrug i kg/h mellem	Luft nok luftsyste- m til ønsket ydelse?	Forbrug i kg/h mellem
"6Pa"		"12Pa"	
JA	1,9 - 2,5	JA	1,9 - 2,8



Forudsat, at lufttilførslen
øges tilsvarende den
øgede brændemængde

OPSAMLING

- ET VÆRKTØJ ER UDVIKLET, DER
 - VURDERER OM DER KAN TILFØRES LUFT NOK TIL AT BRÆNDE RENT VED DEN ØNSKEDE YDELSE
 - IDENTIFICERER MULIGE LUFTBEGRÆNSNINGER I OVNEN
 - GIVER ET BUD PÅ HVOR MEGET TRÆ, DER MAXIMALT KAN AFBRÆNDES RENT I OVNEN HOS FORBRUGEREN