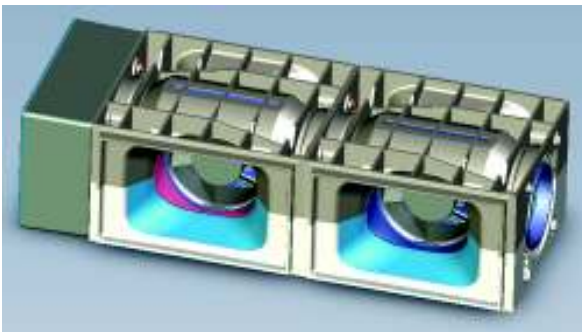


Ressourcebesparende ventilationsenhed

EUDP 2009 – II

J. nr. 64009 – 0243



Teknologisk Institut
Christian Drivsholm
Marts 2012

Konklusion

Teknologisk Institut har i 2010 og 2011 deltaget i projektet:

- EUDP 2009 – II: "Ressourcebesparende ventilationsenhed", J. nr. 64009 - 0243

Rapporten består af flere tekniske bilag og denne konklusion sammenfatter alle bilagene.

Ventilationsenheden kan placeres i kategorien: *Decentral balanceret ventilation* i modsætning til det klassiske princip: *Central balanceret ventilation*.

Ventilationsenheden monteres naturligt i ydervæggen til lokaler fx vuggestuer, børnehaver, skolefritidsordninger, fritidshjem, dagcentre, skoler, kontorum, hotelværelser, visse typer forretningslokaler og møderum med behov for udeluft og eventuelt behov for nattekøling.

Ventilationsenheden kræver elektricitet.

Det har fra starten af projektet været målsætningen at enheden skulle have følgende egenskaber:

- Ikke være baseret på rekuperativ vekslerprincip; men derimod regenerator princippet
- Varmevekslereffektivitet skal dynamisk kunne varieres mellem 0 % og maksimal værdi
- Varmevekslereffektiviteten skal i middel mindst være på 80 %
- Brug af ventilatorer med optimerede vinger fremfor for symmetriske vinger, som har lavere virkningsgrad
- Brugeren skal på enkel vis kunne justere indblæsningsretningen uden at påvirke luftmængden
- Brugeren skal på enkel vis kunne justere luftmængden højere op end minimumsværdien
- Skal overholde lydkrav

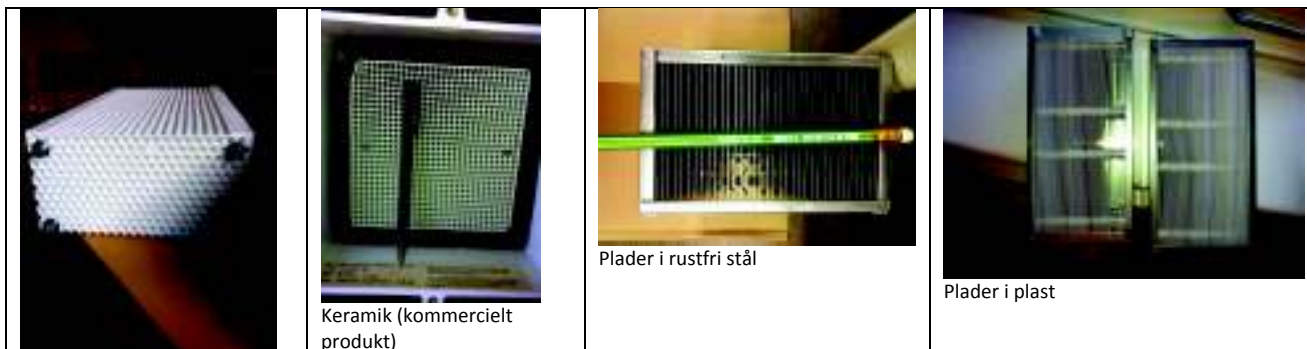
Ventilatorsystem



Vendemekanisme her vist med to ventilatorer

Dynamisk intelligent vendemekanisme. Ventilatorerne kører derfor altid den samme vej rundt og opnår herved maksimal virkningsgrad.

Regenerator system

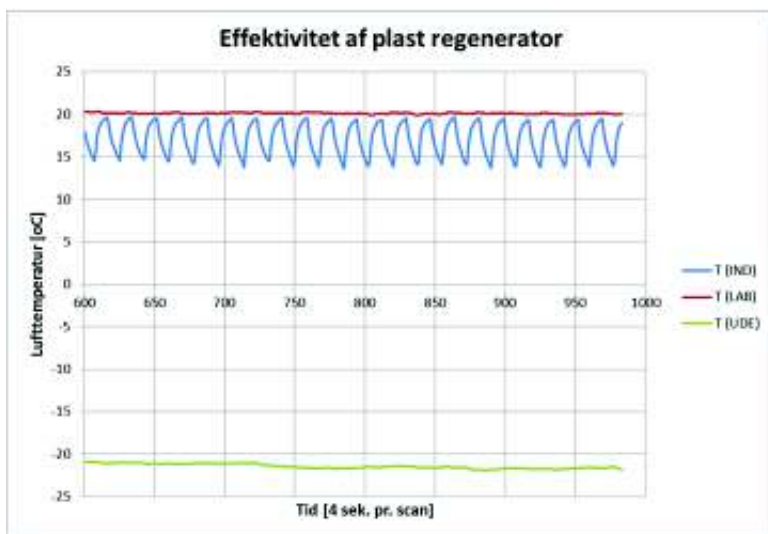


Overvejelser vedr. valg af regenerator, her vist som et tidsforløb.

Materialeanalysen peger samlet set på et valg i plast fremfor rustfri stål. Rustfri stål fx AISI 304 vil få problemer med klimaet på den danske vestkyst pga. saltindholdet i luften. Rustfri stål er også et relativt dyrt materiale.

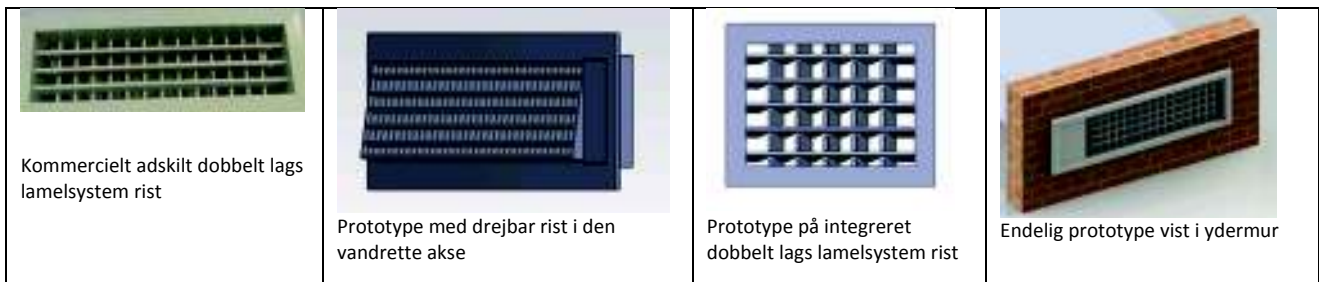
Brug af enten Polyethylen (PEHD 300) eller Polystyren (PS) vil være et bedre valg.

Udvalgt test af regeneratorsystem i laboratoriets frostrum



Udvalgt plot af regenerator effektivitet ved 5 liter/s pr. ventilator og vendecyklus på 30 sekunder. Ved en udetemperatur på ca. -22 grader C kommer indblæsningstemperaturen ned på omkring 14 grader C ved en rumtemperatur på 20 grader C.

Indblæsningsriste system



Overvejelser vedr. valg af indblæsningsrist, her vist som et tidsforløb.

Det var en vigtig forudsætning, at brugeren skulle kunne justere luftretningen op/ned og til begge sider uden tab i luftmængde. De kommercielle indblæsningsriste på markedet er ikke gearet i tilstrækkelig grad til dette. Det endelige valg minder om det ristesystem, som findes i biler.

Test i lydtrum



Der er foretaget lydmålinger af systemet. Vælges en konfiguration (system) på 2 x 2 ventilatorer, kan BR2010 lydkravene lige akkurat overholdes ved en spænding på 8 volt, hvilket giver en balanceret udeluftmængde på 10 liter/s eller 36 m³/h

Test i FlexLabHouse og FlexFamilyHouse



Billedet viser testen i FlexLabHouse

Testforløb først i FlexLabHouse og efterfølgende i FlexFamilyHouse.

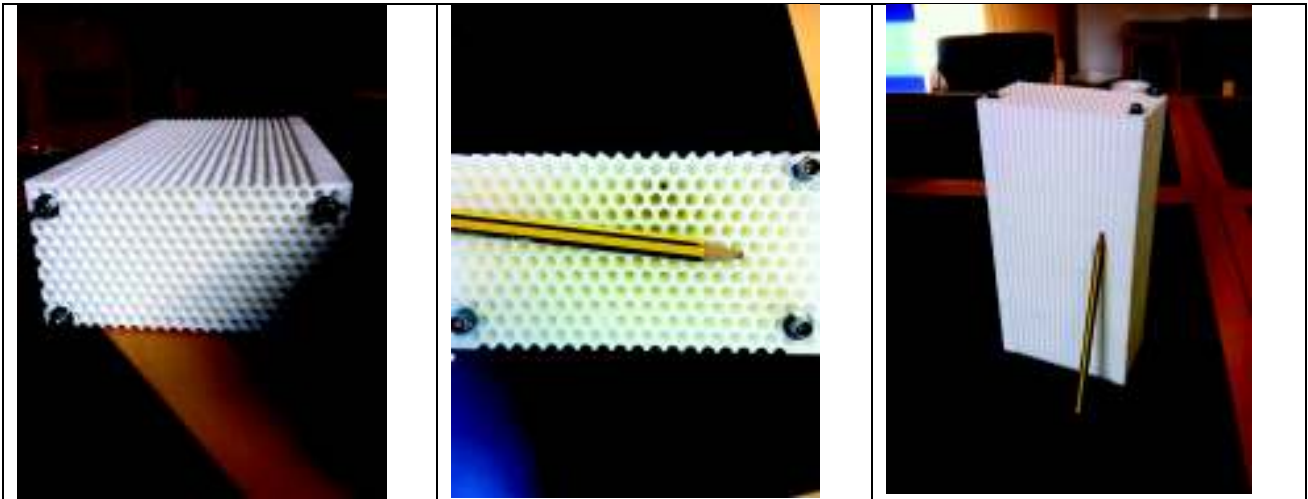
Den mest kritiske test blev foretaget i FlexFamilyHouse på et børneværelse/soveværelse. Der blev ikke rapporteret problemer med trækgener og lydniveauet generelt; men lige netop vendemekanismen til ventilatorerne eller i de ca. 3 sekunder ventilatorerne er om at vende blev subjektiv vurderet som generende. Dette problem skal nok reduceres yderligere i den endelige udgave.

Teknologisk Institut (TI)
Christian Drivsholm, projektleder for TI
Marts 2012

Bilag 1. Overvejelser vedr. regenerator materialevalg og -geometri

Tidlig i projektet blev der gjort overvejelser vedr. udformningen af regeneratoren hvad angår geometri og materialevalg. Det er nærliggende, at vælge en regenerator med cirkulære huller og der blev også fabrikeret en sådan.

Forsøgsregenerator udført med cirkulære huller



Modulopbygget forsøgsregenerator med cirkulære huller.

Denne regenerator blev sidenhen opgivet, da forholdet mellem trykfald og varmeoverføring ikke var helt optimalt.

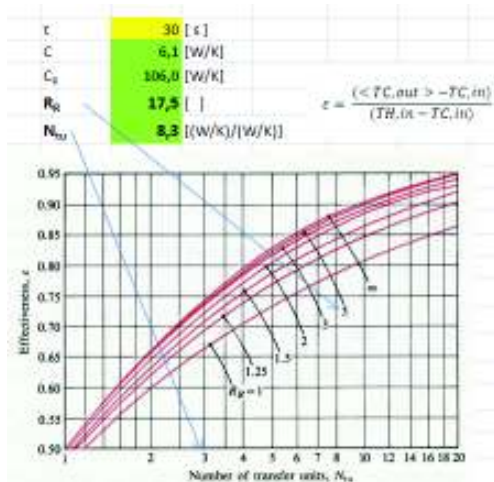
Efterfølgende blev der regnet på en anden type regenerator (kommercielt produkt) med lige vægge og hermed kvadratiske huller.



Keramisk generator med kvadratiske huller.

Beregning af keramisk regenerator med kvadratiske åbninger (kanaler)

	A	B	C	D	E	F	G
1	Simpel model af regenerator						
2	Version 1.0						
3		INPUT					
4		OUTPUT				Symmetri	
5							
6		Keramik					
7	Antal søjler, N_s	30 []					
8	Antal rækker, N_r	30 []					
9	Celledimension, a	3,5 [mm]					
10	Vægtfylde, ρ	0,8 [mm]					
11	Dybde, D	150 [mm]	(dybde af regenerator)				
12	Luftmængde, q	18 [m ³ /h]		5,00 [liter/s]			
13	Bredde, B	129,8 [mm]	(bredde af regenerator)				
14	Højde, H	129,8 [mm]	(højde af regenerator)				
15	Areal _{celle}	16848,04 [mm ²]					
16	Areal _{celle}	11025 [mm ²]	(luftpassage)				
17	Volumen _{materiale}	873456 [mm ³]					
18							
19	Cellediаметer _{eff}	3,5 [mm]	(gælder kun for et kvadrat)				
20							
21	Ledningsevne _{reg} , λ	1,5 [W/(m K)]				T_o (reg)	
22	Massefylde _{reg} , ρ	2600 [kg/m ³]		2,3 [kg]	{Vægt}	T_{in}	
23	Varmekapacitet _{reg} , C_p	1400 [J/(kg K)]	(målt)				
24							
25	"alfa" _{reg}	4,12E-07 [m ² /s]					
26	Overflade _{celle}	1890000 [mm ²]					
27	"Volumen/areal"	0,46 [mm]	($\eta_2 =$	0,4 [mm])			
28							
29	Ledningsevne _{luft}	0,0257 [W/(m K)]	Luftdata				
30	Massefylde _{luft}	1,205 [kg/m ³]					
31	Varmekapacitet _{luft}	1005 [J/(kg K)]					
32	Pr_{luft}	0,713 []					
33	Viskositet _{luft}	1,51E-05 [m ² /s]					
34							
35	V_{celle} , V	0,5 [m/s]	(beregnet middelhastighed i celle)				
36	Re_{celle}	1,05E+02 []	Laminar (hvis 'laminar' så er $Nu = 3,8$)				
37	Nu_{celle}	3,6 []	(side 275)				
38	$f \times Re_{celle}$	57 []	(side 275)				
39	α_{celle}	26,4 [W/(m ² K)]					
40	Biot	0,008 []	Biot < 0,1 ok				
41	Tidskonstant, t	63,6 [s]					
42	Tryktab, Δp	2,9 [Pa]	(Der vil herforuden være et ind- og udløbstat)				



Den keramiske regenerator har en beregnet effektivitet på omkring 0,87.

Der er efterfølgende gjort sammenligning af denne med regeneratorer udført som plane plader.

Bilag 2. Udvikling af Excel beregningsprogram til regenereratorer

I projektet er sidenhen udviklet et Excel program, som kan regne på en regenererator med lige plader uden prægninger. Teorien er givet i et senere bilag. Programmet beregner følgende to vigtige størrelser:

- Effektivitet
- Statisk tryktab

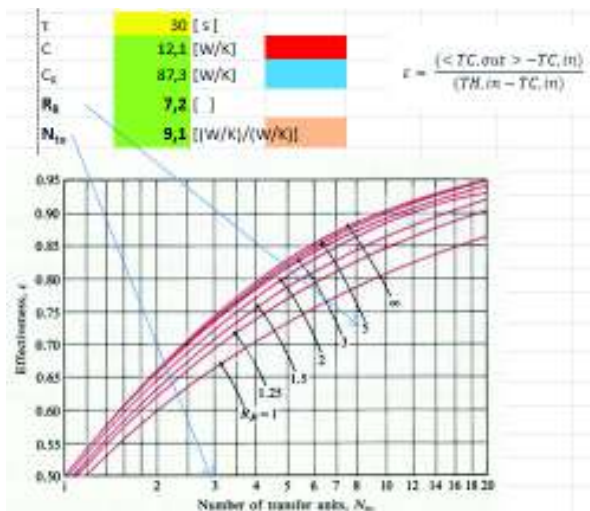
Der er i det efterfølgende regnet på tre forskellige materialer {stål, PE hd plast og PS plast}. Disse regenereratorer er også efterfølgende bygget som prototyper og målt i laboratoriet.

De to forskellige plasttyper er beskrevet mere detaljeret i et andet bilag.

Desværre har det ikke været muligt grundet tiden, at opbygge fuldstændig den samme geometri for alle tre regenereratorer. Sammenligningen er dog god nok til at udtale sig kvalificeret omkring de tre forskellige modeller.

Rustfrit stålmateriale – "reference materiale"

	A	B	C	D	E	F	G
1	Simpel model af regenererator						
2	Version 1.1						
3		INPUT					
4		OUTPUT					Symmetry
5							
6		Rustfrit stål					
7	Antal plader, N_p	81					
8	Antal rækker, N_r	30		(Bruges ikke)			
9	Spærteafstand, b	2,44	[mm]				
10	Vægtykkelse, t	0,55	[mm]				
11	Dybde, D	240	[mm]	(dybde af regenererator)			
12	Luftmængde, q	36	[m ³ /h]	10,00	[l/ter/s]		
13	Bredde, B	240	[mm]	(bredde af regenererator)			
14	Højde, H	65	[mm]	(højde af regenererator)			
15	Area _{pl}	15543,75	[mm ²]				
16	Hulerebrænde	12688	[mm ²]	(hulerebrænde)			
17	Volumen _{pl}	69480	[mm ³]				
18							
19	Celler diameter _{pl}	4,38	[mm]	(gælder kun for parallelle plader)			
20							
21	Ledningsevne _{pl}	15	[W/(m K)] (Gå side 100 i uk bog)				T_c (neg)
22	Masserfylde _{pl}	7000	[kg/m ³]	4,5	[kg]	(4 kg)	T_{uk}
23	Varmekapacitet _{pl}	477	[J/(kg K)]				
24							
25	"alpha" _{pl}	3,98E-06	[m ² /s]				
26	Overflade _{pl}	2527200	[mm ²]				
27	"Volumen/brænde"	8,28	[mm]	(\sqrt{V})	0,275	[mm]	
28							
29	Ledningsevne _{Lu}	0,0257	[W/(m K)]				
30	Masserfylde _{Lu}	1,205	[kg/m ³]				
31	Varmekapacitet _{Lu}	1005	[J/(kg K)]				
32	ρ_{Lu}	0,713	[]				
33	Viskositet _{Lu}	1,51E-05	[m ² /s]				
34							
35	V_{Lu}	0,8	[m ³ /s]	(beregnet middelværdighed i celle)			
36	R_{Lu}	2,55E+02	[]	Laminar (kvalitet af α er på 0,2)			
37	N_{Lu}	8,235	[]	(side 27)			
38	$f \times R_{Lu}$	90	[]	(side 20)			
39	α_{Lu}	43,4	[W/(m ² K)]				
40	Biot	0,0008	[]	Biot < 0,1 ok			
41	Tidskonstant, t	21,9	[s]				
42	Tryktab, Δp	8,9	[Pa]	(Der vil kunne være væk- og adskæbning)			

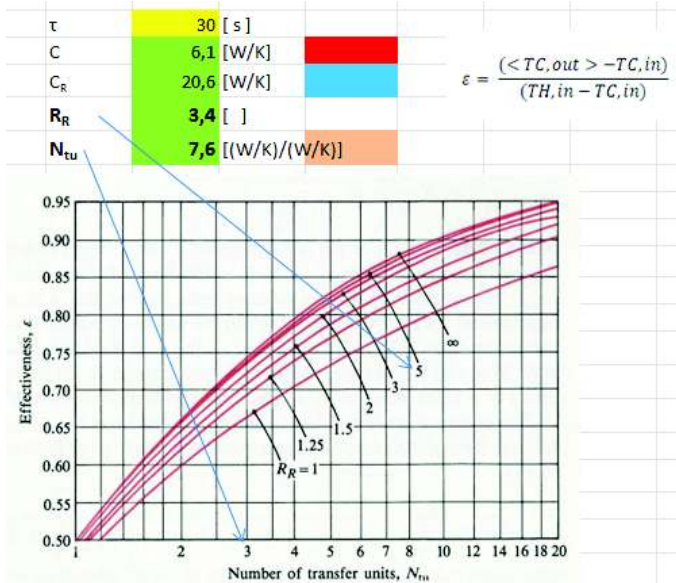


Beregningsresultat med en cyklustid på 30 sekunder.

Effektiviteten kan aflæses til omkring 0,88.

PS plast

	A	B	C	D	E	F	G
1	Simpel model af regenerator						
2	Version 6.1						
3		INPUT					
4		OUTPUT					Symmetri
5							
6		PS					
7	Antal plader, N _g	34 []					
8	Antal rækker, N _r	30 []		(bruges ikke)			
9	Spalteafstand, a	3,33 [mm]					
10	Vægtfylde, ρ	0,70 [mm]					
11	Dybde, D	250 [mm]		(dybde af regenerator)			
12	Luftmængde, Q	18 [m ³ /h]		5,00 [liter/s]			
13	Bredde, B	123 [mm]		(bredde af regenerator)			
14	Højde, H	77 [mm]		(højde af regenerator)			
15	Area _{total}	9481,01 [mm ²]					
16	Hulareal _{total}	7648 [mm ²]		(hulareal)			
17	Volume _{regenerator}	458150 [mm ³]					
18							
19	Celleradius _{total}	6,02 [mm]		(gælder kun for parallelle plader)			
20							
21	Ledningsenergi _{reg} , λ	0,12 [W/(m K)]					T _c [reg]
22	Massetylde _{reg} , ρ	1040 [kg/m ³]		0,48 [kg]			T _{reg}
23	Varmekapacitet _{reg} , C	1300 [J/(kg K)]					
24							
25	"gibs" _{reg}	8,88E-08 [m ² /s]					
26	Overflade _{total}	1309000 [mm ²]					
27	"Volumen/areal"	0,35 [mm]		(H ₀ = 0,35 [mm])			
28							
29	Ledningsenergi _{luft}	0,0257 [W/(m K)]					
30	Massetylde _{luft}	1,205 [kg/m ³]					
31	Varmekapacitet _{luft}	1005 [J/(kg K)]					
32	Pr _{luft}	0,713 []					
33	Viskositet _{luft}	1,53E-05 [m ² /s]					
34							
35	V _{reg} , V	0,7 [m ³ /s]		(beregnet med effektivitet i celle)			
36	Re _{reg}	2,80E+02 []		Laminar (vise laminar' eller Nu > 9.2)			
37	Nu _{reg}	8,235 []		(vise 215)			
38	f x Re _{reg}	98 []		(vise 215)			
39	ε _{reg}	0,5,3 [W/(m ² K)]					
40	Biot	0,3025 []		Biot > 0,1 ikke ok			
41	Tidskonstant, t	15,5 [s]					
42	Tryktab, Δp	3,8 [Pa]		(Der vil her forekomme H ₂ O- og udslæbtab.)			
43							

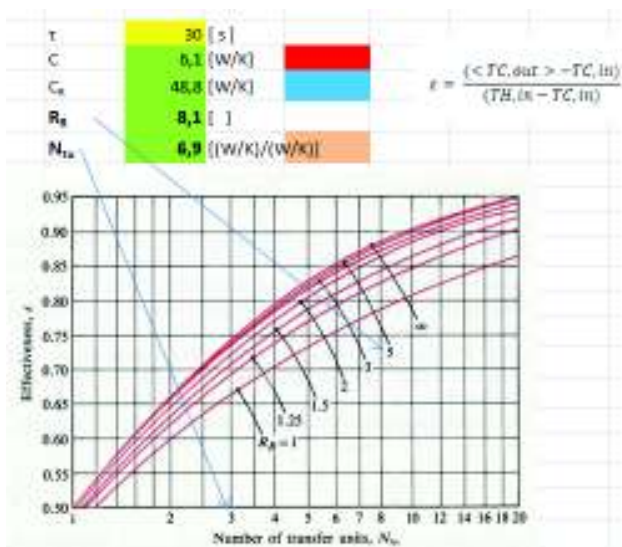


Beregningsresultat med en cyklustid på 30 sekunder.

Effektiviteten kan aflæses til omkring 0,86.

PE hd plast

1 Simpel model af regenerator			
2 Version 1.1			
3 INPUT		4 OUTPUT	
5			
6 PE hd			
7	Antal plader, N_s	31 []	
8	Antal rækker, N_r	30 []	{bruges ikke}
9	Spalteafstand, a	3,01 [mm]	
10	Vægttykkelse, t	1,10 [mm]	
11	Dybde, D	250 [mm]	{dybde af regenerator}
12	Luftmængde, q	18 [m ³ /h]	5,00 [liter/s]
13	Bredde, B	124 [mm]	{bredde af regenerator}
14	Højde, H	77 [mm]	{højde af regenerator}
15	Areal _{celle}	9578,8 [mm ²]	
16	Hulareal _{celler}	6953 [mm ²]	{luftpassage}
17	Volumen _{materiale}	656425 [mm ³]	
18			
19	Cellediameter _{cyd}	6,02 [mm]	{gælder kun for parallelle plader}
20			
21	Ledningsevne _{reg} , λ	0,34 [W/(m K)]	T_o (reg)
22	Massefylde _{reg} , ρ	970 [kg/m ³]	0,64 [kg] {Vægt} T_{luft}
23	Varmekapacitet _{reg} , C	2300 [J/(kg K)]	
24			
25	"alfa" _{reg}	1,52E-07 [m ² /s]	
26	Overflade _{celler}	1193500 [mm ²]	
27	"Volumen/areal"	0,55 [mm]	{ $t/2 = 0,55$ [mm]}
28			
29	Ledningsevne _{luft}	0,0257 [W/(m K)]	Luftdata
30	Massefylde _{luft}	1,205 [kg/m ³]	
31	Varmekapacitet _{luft}	1005 [J/(kg K)]	
32	Pr_{luft}	0,713 []	
33	Viskositet _{luft}	1,51E-05 [m ² /s]	
34			
35	V_{celler} , V	0,7 [m/s]	{beregnet middelhastighed i celle}
36	Re_{celle}	2,86E+02 []	Laminar {hvis 'laminar' så er $Nu = 8,2$ }
37	Nu_{celle}	8,235 []	{side 275}
38	$f \times Re_{celle}$	96 []	{side 275}
39	α_{celle}	35,2 [W/(m ² K)]	
40	Biot	0,0569 []	Biot < 0,1 ok
41	Tidskonstant, t	34,9 [s]	
42	Tryktab, Δp	4,3 [Pa]	{Der vil herforuden være et ind- og udlobstab}
43			



Beregningsresultat med en cyklistid på 30 sekunder.

Effektiviteten kan aflæses til omkring 0,86.

Resultatet udviser samme størrelsesorden for effektivitet. Derfor skal det endelige materialevalg begrundes ud fra andre kriterier.

Comments

1. Axial conduction more than doubles the ineffectiveness of the exchanger, even though the configuration has inherently low axial conduction.
2. Our ad hoc allowance for axial conduction in the hydrogen may be inaccurate; more detailed analysis is required in order to properly assess the possible error.

8.6 REGENERATORS

The operation of regenerators was described in Section 8.2. These exchangers may be in the form of a fixed bed through which the hot and cold streams flow alternatively, or in the form of a rotating wheel with segmented manifolds for the hot and cold streams, as shown in Fig. 8.5. Fixed beds were introduced in 1816, when checkerboard arrays of bricks were used to preheat air for combustion in steel blast furnaces. The rotary regenerator was developed in 1919 and is used for waste heat recovery from gas turbines and air-conditioning systems.

The governing equations for regenerators are partial differential equations, since temperatures in the exchanger are a function of position and time. In general, these equations must be solved using numerical rather than analytical methods. Our approach here will be to derive the governing equations and to make the equations dimensionless so as to identify the pertinent dimensionless groups. Results will then be presented in the form of a chart in terms of these groups.

8.6.1 Balanced Counterflow Regenerators

Regenerators are most often used for balanced flow, that is, when the flow thermal capacities are equal, $C_H = C_C = C$. Figure 8.24 shows a schematic of a parallel-plate regenerator matrix. The half-thickness of the wall is δ , and we will assume that the matrix temperature, T_M , is constant across the wall. The matrix is exposed to cold

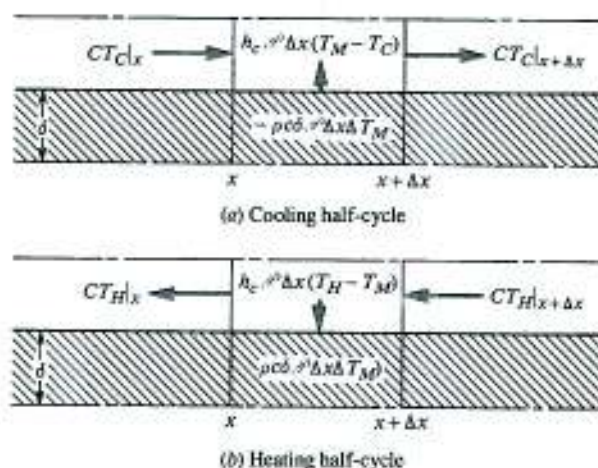


Figure 8.24 Elemental control volumes for the analysis of a regenerator.

flow from time $t = 0$ to τ , and to hot flow from $t = \tau$ to 2τ . Energy balances on the hot and cold streams for an element Δx long give

$$CT_C|_x + h_c \mathcal{P} \Delta x (T_M - T_C) = CT_C|_{x+\Delta x}$$

$$CT_H|_x + h_c \mathcal{P} \Delta x (T_H - T_M) = CT_H|_{x+\Delta x}$$

for counterflow. The heat transfer coefficients for both streams have been assumed equal. Also, energy storage in the fluid streams has been neglected, which in practice requires the fluid to be a gas. Dividing by Δx and letting $\Delta x \rightarrow 0$ gives

$$C \frac{\partial T_C}{\partial x} = h_c \mathcal{P} (T_M - T_C) \quad (8.59a)$$

$$C \frac{\partial T_H}{\partial x} = h_c \mathcal{P} (T_H - T_M) \quad (8.59b)$$

As the cold fluid flows through the exchanger, the matrix cools down. The heat capacity of a length of matrix Δx long is $\rho c \delta \mathcal{P} \Delta x$; thus, an energy balance over a time interval Δt , in which the matrix temperature change is ΔT_M , gives

$$-\rho c \delta \mathcal{P} \Delta x \Delta T_M = h_c \mathcal{P} \Delta x (T_M - T_C) \Delta t$$

for negligible axial conduction. Dividing by $\Delta x \Delta t$ and letting $\Delta t \rightarrow 0$ gives

$$-\rho c \delta \mathcal{P} \frac{\partial T_M}{\partial t} = h_c \mathcal{P} (T_M - T_C) \quad (8.60a)$$

Similarly, when the hot fluid heats up the matrix,

$$\rho c \delta \mathcal{P} \frac{\partial T_M}{\partial t} = h_c \mathcal{P} (T_H - T_M) \quad (8.60b)$$

Rewriting Eqs. (8.59a) and (8.60a) in terms of the dimensionless independent variables $x^* = x/L$ and $t^* = t/\tau$ gives, for $0 < t < \tau$,

$$C \frac{\partial T_C}{\partial x^*} = h_c \mathcal{P} L (T_M - T_C) = -C_R \frac{\partial T_M}{\partial t^*} \quad (8.61)$$

where C_R is the thermal capacity of the regenerator matrix divided by the exposure time. For a heat exchange matrix of mass W_M ,

$$C_R = \frac{\rho c \delta \mathcal{P} L}{\tau} = \frac{c W_M}{\tau}$$

and is independent of matrix geometry. Dividing Eq. (8.61) by C then gives

$$\frac{\partial T_C}{\partial x^*} = N_{tu} (T_M - T_C) = -R_R \frac{\partial T_M}{\partial t^*} \quad (8.62)$$

where $N_{tu} = h_c \mathcal{P} L / C$ and $R_R = C_R / C$.

Similarly, for $\tau < t < 2\tau$,

$$C \frac{\partial T_H}{\partial x^*} = h_c \mathcal{P} L (T_H - T_M) = C_R \frac{\partial T_M}{\partial t^*} \quad (8.63)$$

$$\frac{\partial T_H}{\partial x^*} = N_w (T_H - T_M) = R_R \frac{\partial T_M}{\partial t^*} \quad (8.64)$$

Thus, there are two dimensionless parameters in the governing equations, N_w and R_R . The required boundary conditions are

$$x = 0: \quad 0 < t < \tau; \quad T_C = T_{C,in} \quad (8.65a)$$

$$x = L: \quad \tau < t < 2\tau; \quad T_H = T_{H,in} \quad (8.65b)$$

There is no initial condition; instead, we require that the solution be periodic. The partial differential equations Eqs. (8.62) and (8.64) can be solved numerically. The solution in the form of heat transfer effectiveness $\varepsilon = (\bar{T}_{C,out} - T_{C,in}) / (T_{H,in} - T_{C,in})$, where $\bar{T}_{C,out}$ is an average over the half-cycle, is shown in Fig. 8.25.

If the exchanger is in the form of a wheel rotating at angular velocity ω rad/s, and if the matrix is exposed to hot flow from $\theta = 0$ to Θ and to cold flow for $\theta = \pi$ to $\pi + \Theta$, then the foregoing results apply, with t replaced by θ and τ replaced by Θ/ω ; also, $C_R = cW_M/(\Theta/\omega)$.

Analytical solutions can be obtained for two limit cases, as follows.

Case 1: $R_R \gg N_w$. When the characteristic time τ is small, which in practice is obtained with a wheel-type exchanger rotating at a sufficiently high speed, Eqs. (8.62) and (8.64) show that $\partial T_M / \partial t^*$ goes to zero, that is, the matrix temperature is

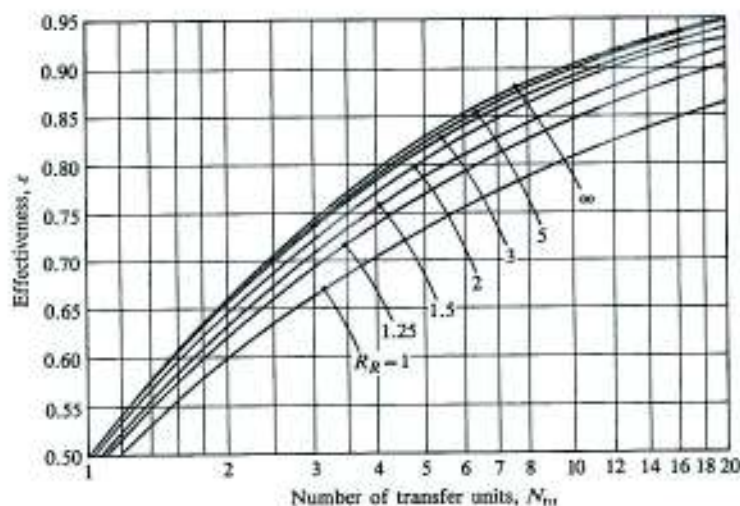


Figure 8.25 Effectiveness of a balanced-counterflow regenerator.

independent of time (or angle θ) and depends only on axial distance. Adding Eqs. (8.61) and (8.63) then gives

$$h_c \mathcal{P}L(T_H - T_C) = C \left(\frac{dT_H}{dx^*} + \frac{dT_C}{dx^*} \right)$$

But for balanced flow, $dT_H/dx^* = dT_C/dx^*$; thus,

$$h_c \mathcal{P}L(T_H - T_C) = 2C \frac{dT_H}{dx^*} = 2C \frac{dT_C}{dx^*} \quad (8.66)$$

which is equivalent to Eqs. (8.46) when $U = h_c/2$. Thus, the solution is the same as for a balanced-counterflow exchanger. From Eq. (8.45),

$$\varepsilon = \frac{N_w}{1 + N_w}; \quad N_w = \frac{h_c \mathcal{P}L}{2C} \quad (8.67)$$

When the hot and cold side heat transfer coefficients are not equal it can be shown that the relation $\varepsilon = N_w/(1 + N_w)$ remains valid if

$$N_w = \frac{U \mathcal{P}L}{C}; \quad \frac{1}{U} = \frac{1}{h_{cH}} + \frac{1}{h_{cC}} \quad (8.68)$$

Note that the transfer area $\mathcal{P}L$ is for a single stream and is therefore $\Theta/2\pi$ of the total area in a wheel unit.

Case 2: $N_w \gg R_R$. When h_c is large, we can set $T_H = T_M$, and from Eq. (8.64),

$$\frac{\partial T_H}{\partial x^*} = R_R \frac{\partial T_H}{\partial t^*} = \frac{\partial T_H}{\partial (t^*/R_R)} \quad (8.69)$$

which states that T_H is not a function of x^* or t^* independently but is a function only of the combination $x^* + (t^*/R_R)$. Similarly, T_C is a function of $x^* - (t^*/R_R)$ only. The result is that a temperature front moves like a shock wave through the regenerator. As hot fluid flows through the matrix, a hot front advances linearly with increasing time; this hot front retreats as the cold fluid flows back through the other way. In a real regenerator, the temperature change is not discontinuous due to the effect of a finite value of h_c and to axial conduction in the matrix.

The designer needs to know whether the hot front has sufficient time to pass all the way through the matrix. The requirement is $x^* = t^*/R_R$ for $x^* = 1$ and $t^* = 1$; that is,

$$R_R = \frac{cW_M}{\dot{m}c_p\tau} = 1 \quad (8.70)$$

Equation (8.70) gives the combination of length and half-period required for the front to just pass through the matrix. If R_R is much greater than unity, the matrix may be unnecessarily long, or the rate of rotation may be too fast.

Bilag 4. Undersøgelse af plastmaterialer til anvendelse i regenerator unit.

I forbindelse med udvikling af en ny regenerator blev det undersøgt, hvilke plastmaterialer, som vil være optimale at anvende til dette formål. Fra Inventilate blev der fremsendt prøver på, dels Polypropylen (PP) med talkum, dels Polyarylamid (PARA).

Polypropylen med talkum var udvalgt på grund af den for plastmaterialer høje varmekapacitet samt talkummets evne til at accelerere hastigheden, hvormed energien (varmen) optages i materialet samt afgives igen. I familien af polyolefiner, som PP er del af, findes også Polyethylen (PE), hvis mekaniske egenskaber og massefylde etc. minder meget om PP. PE har dog en bedre varmekapacitet og varmeledningsevne end PP, og derfor besluttes det, at arbejde videre med dette materiale til de efterfølgende analyser og tests. Polyethylen findes i en lang række let tilgængelige pladetykkelser til en lav pris.

Polyarylamid (PARA) ligger i den anden ende af skalaen over plastmaterialer i forhold til PP og er et high-end plastmateriale, som ofte anvendes ved produkter, som udsættes for høj temperatur og/eller styrkemæssige belastninger. Polyarylamid er forholdsvis dyrt og tilsættes ofte forstærkende materialer som eksempelvis glasfiber for at opnå unikke mekaniske egenskaber. Polyarylamid's egenskaber ligger sig op ad den keramiske løsning som er valgt i det konkurrerende produkt.

Resultatet af en DSC analyse af Polyethylen(PE) og Polyarylamid(PARA) gav følgende resultat:

Prøve	Varmekapacitet ved -40 °C J/g*K	Varmekapacitet ved -20 °C J/g*K	Varmekapacitet ved 0 °C J/g*K	Varmekapacitet ved 20 °C J/g*K	Varmekapacitet ved 40 °C J/g*K	Varmekapacitet ved 60 °C J/g*K
Polyarylamid	1,6	1,6	1,7	1,8	1,9	2,3
PE	1,9	2,0	2,2	2,4	2,7	>3,0

Øvrige relevante egenskaber for de to materialer:

	PP	Polyarylamid
Massefylde [kg/m ³]	900	1460
Varmeledningsevne [W/m*K]	0,25	0,30

Der blev desuden lavet en materialeanalyse af en regenerator fra en producent i Tyskland. Resultatet af denne analyse var, at materialet bestod af en keramik med en høj massefylde og en varmekapacitet på ca. 1,4 J/gK. Det vurderes, at dette materiale ikke er anvendeligt kommercielt på grund af en meget høj pris.

Som afslutning på projektet blev der bygget to plastmoduler til funktionstests. Det ene modul bestod af plader lavet i Polyethylen High Density (PEHD 300) med en pladetykkelse på 1,0mm. Det andet modul bestod af plader lavet i polystyren (PS) med en pladetykkelse på 0,75mm. Polystyren er et stivere materiale end PEHD 300 og derfor kan der anvendes en mindre tykkelse af pladerne og stadigvæk bevare en tilfredsstillende dimensionsstabilitet i produktet. Materialet har en lav pris og er desuden meget velegnet til aktuelle processer, som ekstrudering og termoformning.

Materialedata for de anvendte materialer er følgende:

	PEHD 300	Polystyren(PS)
Massefylde [kg/m ³]	970	1040-1090
Varmeledningsevne [W/m*K]	0,34-0,52	0,12-0,16
Varmekapacitet [J/gK]	2,3	1,3

Der har desuden været diskuteret om en af de mange typer polyestere kunne være aktuelle, som materiale til regeneratoren, men på grund af økonomi og fysiske og mekaniske egenskaber vurderes det, at det optimale materiale til anvendelse i regeneratoren skal findes blandt de testede materialer.

Mvh

Jesper Vastrup Knudsen
Center for Plastteknologi
Teknologisk Institut



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**

Gregersensvej
DK-2630 Taastrup
Telefon 72 20 20 00
Telefax 72 20 20 19

info@teknologisk.dk
www.teknologisk.dk

Teknologisk Institut
Energieffektivisering og Ventilation
Att.: Christian Drivsholm
Teknologiparken
8000 Århus

28. oktober 2011
ten-sfp/eta

Materialeidentifikation

Efter aftale pr. mail dateret den 24. oktober 2011 har vi udført en materialeidentifikation af et lille stykke materiale med udseende og konsistens som keramik.

Vi har mærket prøven følgende:

"Keramisk" materiale.

Materialeidentifikationen har omfattet termisk analyse, DSC til bestemmelse af eventuelle glasovergangstemperaturer, smeltepunkter samt til beregning af varmekapaciteten.

Derudover er der udført en FTIR analyse, et "kemisk fingeraftryk" ved hjælp af KBr metode.

Første DSC analyse til bestemmelse af eventuelle glasovergangstemperaturer og smeltepunkter er udført under følgende betingelser:

Opvarmning: Fra -20°C til 600°C med $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$

Holde de 600°C konstant i 2 min

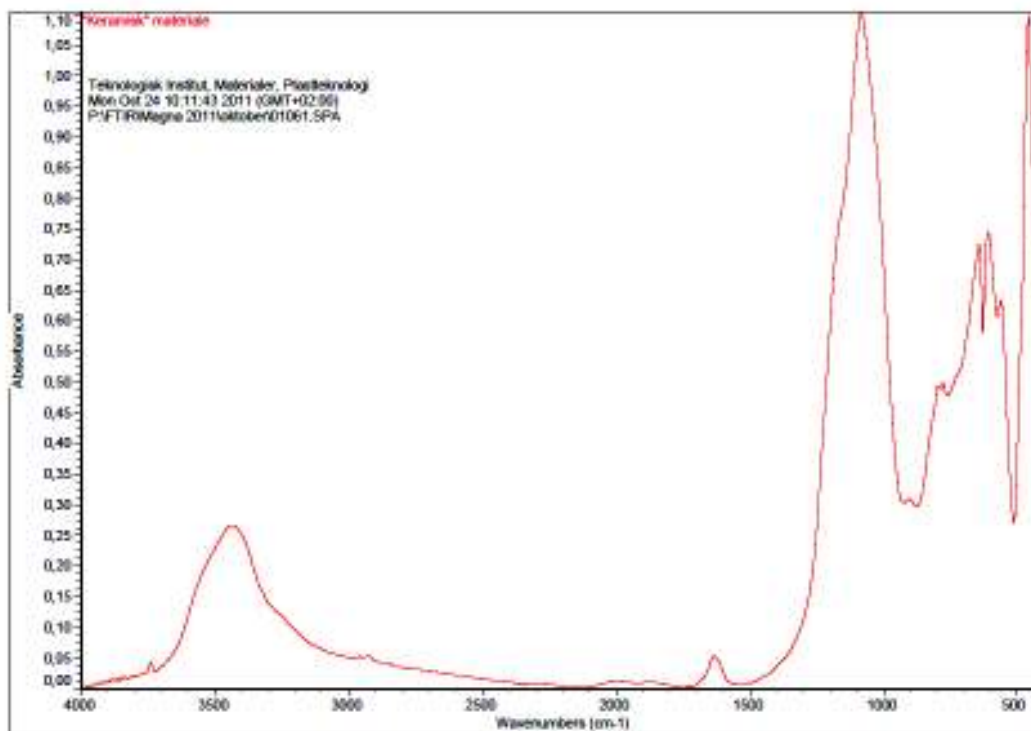
Afkøling: Fra 600°C til -20°C med $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$

Analysen er udført i nitrogen

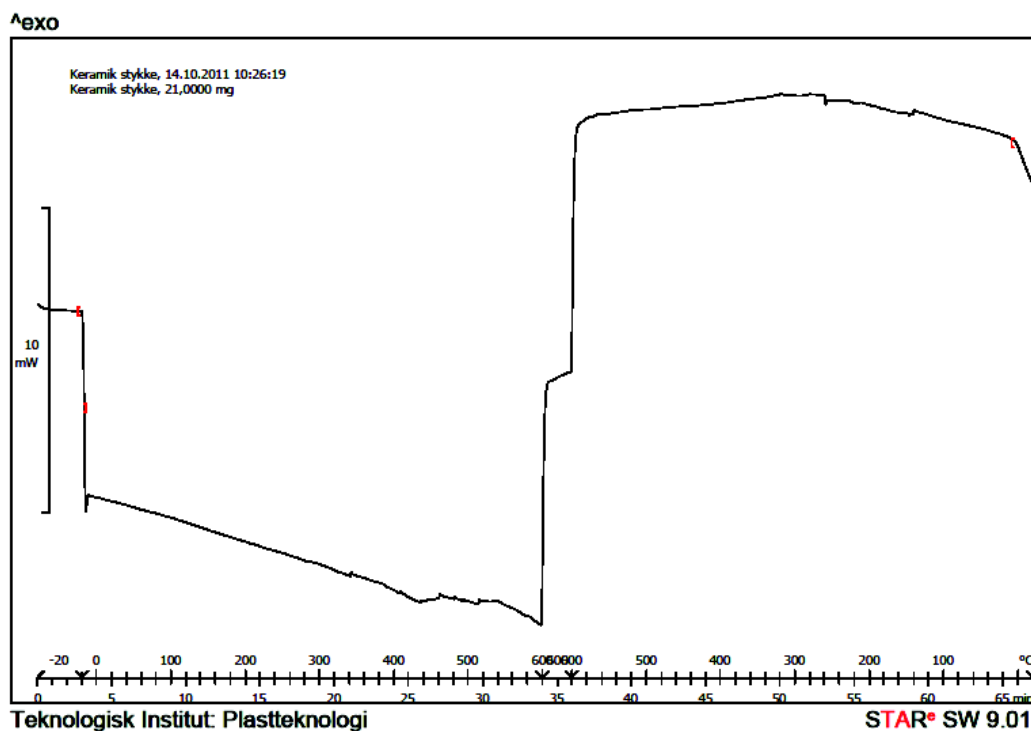
Anden DSC analyse til beregning af varmekapaciteten er udført under følgende betingelser:

Opvarmning: Fra -40°C til 400°C $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ i nitrogen.

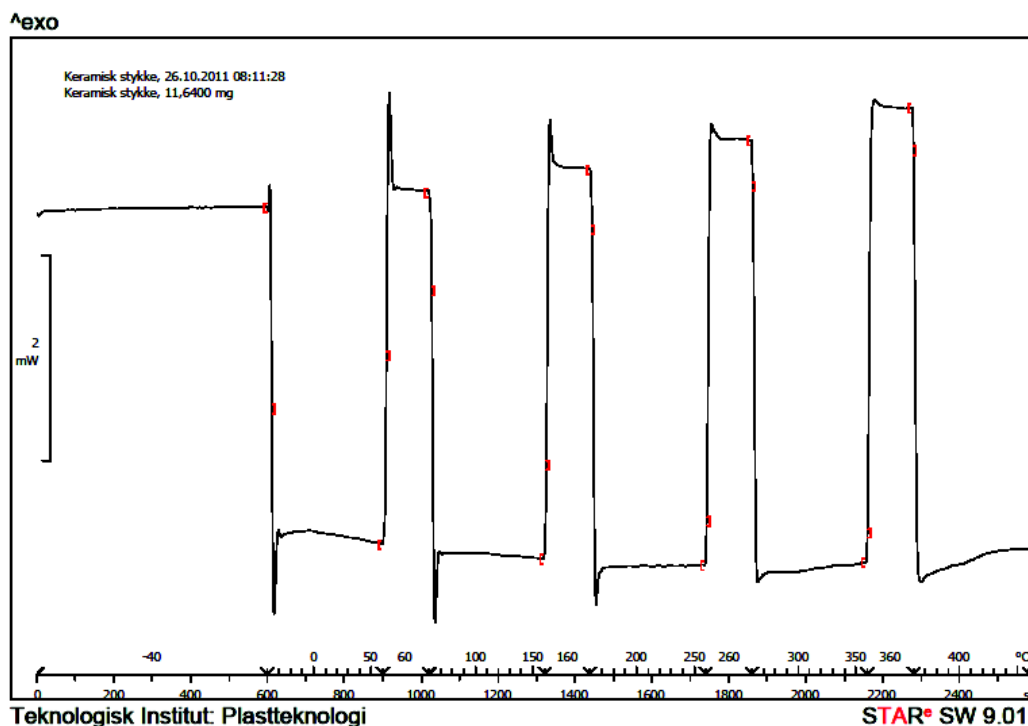
Resultater



FTIR spektret af "Keramisk" materiale. Der er ingen spor af polymer. Toppenes form og beliggenhed tyder på et uorganisk materiale



Første DSC kurve af "Keramisk" materiale. Der ses ingen termiske overgange



Anden DSC analyse af "Keramisk" materiale. Varmekapaciteten er relativt beregnet i forhold til Zink til ca. 1,4 J/gK

Konklusion

Ud fra de udførte analyser kan vi konkludere, at materialet ikke indeholder noget organisk materiale.

Materialet har hverken en glasovergangstemperatur eller et smeltepunkt inden for det undersøgte temperaturinterval (-40 – 400 °C).

FTIR spektret viser kun absorptioner fra uorganisk materiale, og materialet har en høj varmekapacitet på ca. 1,4 J/gK

Ønskes der nærmere identifikation af det uorganiske materiale, kan en røntgenanalyse måske være en mulighed.

Eventuelle spørgsmål vedrørende analysen kan rettes til undertegnede.

Med venlig hilsen
Plastteknologi

Tina Elmer Nielsen
Laboratorietekniker

Telefon: 72 20 31 13 (direkte)
E-mail: ten@teknologisk.dk

Opgaven er udført iht. Teknologisk Instituts almindelige vilkår for rekvirerede opgaver, hvoraf et eksemplar vedlægges



30. november 2011
ten-sfp/eta

Varmekapacitet

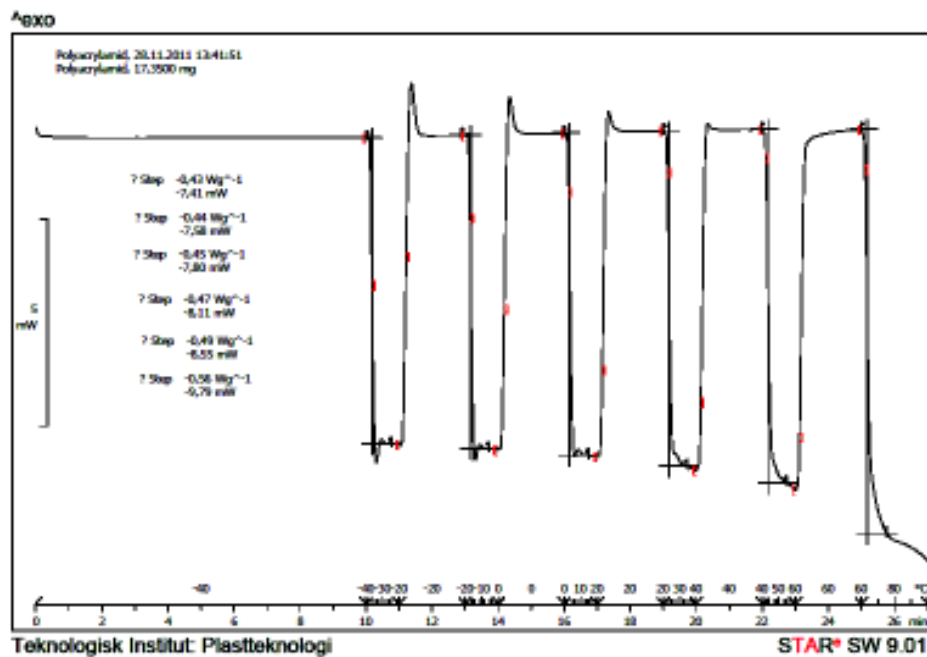
Efter aftale pr. mail dateret den 14. november 2011 har vi udført varmekapacitet på 2 prøver mærket følgende:

1. Polyacrylamid, vist i figur 1
2. PE, vist i figur 2

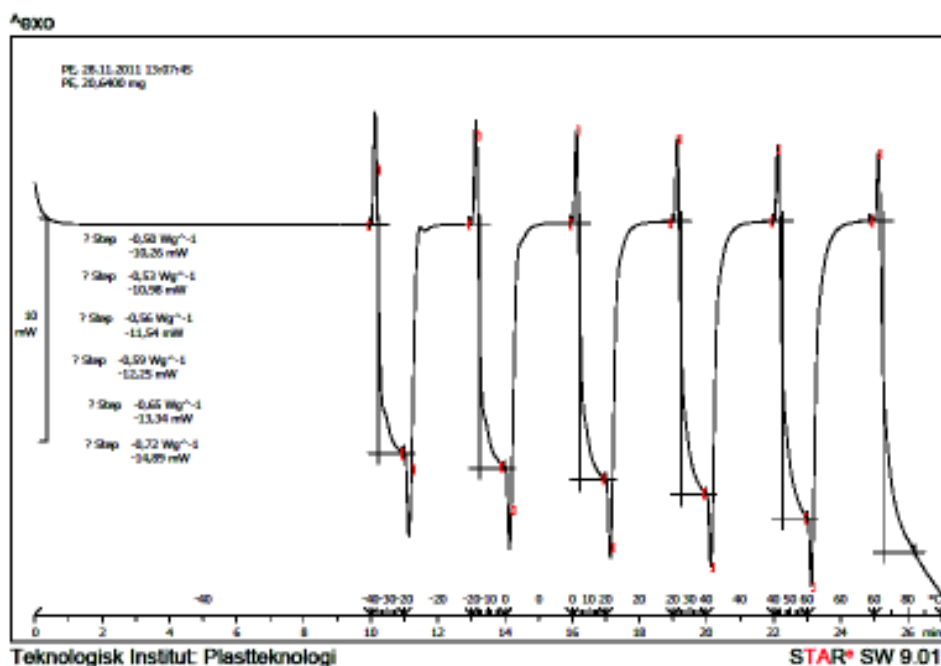
Varmekapaciteten er relativt beregnet i forhold til In.

Anden DSC analyse til beregning af varmekapaciteten er udført under følgende betingelser:
Opvarmning: Fra -40°C til 100°C $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ i nitrogen.

DSC kurver



Figur 1



Figur 2

Prøve	Varme- kapacitet ved -40 °C J/gK	Varme- kapacitet ved -20 °C J/gK	Varme- kapacitet ved -0 °C J/gK	Varme- kapacitet ved 20 °C J/gK	Varme- kapacitet ved 40 °C J/gK	Varme- kapacitet ved 60 °C J/gK
Polyacrylamid	1,6	1,6	1,7	1,8	1,9	2,3
PE	1,9	2,0	2,2	2,4	2,7	>3,0

Eventuelle spørgsmål vedrørende analysen kan rettes til undertegnede.

Med venlig hilsen
Plastteknologi

Tina Elmer Nielsen
Laboratortekniker

Telefon: 72 20 31 13 (direkte)
E-mail: ten@teknologisk.dk

Opgaven er udført iht. Teknologisk Instituts almindelige vilkår for rekvirerede opgaver, hvoraf et eksemplar vedlægges

Teknologisk Instituts almindelige vilkår for rekvirerede opgaver

Generelt

Vilkårene er gældende mellem Teknologisk Institut (Instituttet) og en kontraktpartner (rekvirenten) for alle opgaver udført af Instituttet, herunder fx rådgivning, undervisning, informationssøgning og formidling, prøvning, undersøgelser, salg og udlejning. Vilkårene er også gældende i andre og senere aftaler mellem Instituttet og rekvirenten, medmindre andet er aftalt. Modstående eller afvigende bestemmelser i den af rekvirenten afgivne ordre eller accept finder ikke anvendelse, medmindre de skriftligt er accepteret af Instituttet.

For opgaver vedrørende certificerings-, inspektions- eller godkendelsesordninger gælder dog Instituttets 'Almindelige vilkår for certificerings-, inspektions- eller godkendelsesordninger tilknyttet Teknologisk Institut'.

1. Opgaveindhold

- 1.1 Opgavens art, indhold og økonomiske betingelser angives i en skriftlig aftale. Ændringer af aftalen skal ske skriftligt.
- 1.2 Tidsplaner, prisoverslag mv. er angivet som et skøn, medmindre andet skriftligt er aftalt. Såfremt Instituttet forudser væsentlige pris-mæssige eller tidsmæssige overskridelser af aftalen eller væsentlige hindringer for opgavens udførelse orienteres rekvirenten, hvorefter denne er berettiget til at ændre eller standse arbejdet, jf. pkt. 6.1.
- 1.3 Instituttet er berettiget til aftalt vederlag for udført arbejde uafhængigt af, om de af rekvirenten forventede resultater opnås, medmindre det skriftligt er aftalt mellem parterne, at Instituttets vederlag er betinget af, at konkrete, specificerede resultater opnås.
- 1.4 Instituttet er berettiget til at lade opgaver udføre af tredjemand.

2. Diskretionspligt

- 2.1 Instituttet udviser sædvanlig diskretion med hensyn til omtale af opgaveløsninger og af indgåede aftaler. Ønsker rekvirenten egentlig hemmeligholdelse, fx af knowhow hos rekvirenten, som Instituttet bliver gjort bekendt med under en opgaves løsning, skal der indgås særlig, skriftlig aftale herom.
- 2.2 Såfremt et forsøgs- eller udviklingsarbejde fører til resultater af almindelig interesse, kan Instituttet lade disse resultater offentliggøre, medmindre andet måtte være aftalt i en hemmeligholdelsesaftale som nævnt i pkt. 2.1.
- 2.3 Når Instituttet påtager sig en opgave, hvori indgår vurdering af en ydelse præsteret af tredjepart, skal rekvirenten respektere, at Instituttet kan henvende sig til tredjeparten eller til andre relevante personer for at søge oplysninger til brug ved opgavens løsning.
- 2.4 Instituttet er til enhver tid berettiget til at meddele oplysninger, som Instituttet ifølge lovgivningen har en forpligtelse til at afgive.
- 2.5 Bliver Instituttet som led i løsningen af rekvirerede opgaver opmærksom på forhold, som efter Instituttets skøn indebærer risiko for væsentlige skadevirkninger på helbred eller miljø, kan Instituttet om fornødent underrette rekvirenten herom. Såfremt rekvirenten ikke herefter, så hurtigt som forholdene tilsiger det, foretager det fornødne for at forhindre eller begrænse risikoen for væsentlige skadevirkninger på helbred eller miljø, er Instituttet, uanset særskilt aftale om diskretion eller hemmeligholdelse, berettiget til at videregive sin viden til relevante instans.

3. Omtale af resultater m.m.

- 3.1 Instituttets rapporter må af rekvirenten kun offentliggøres i deres helhed.
- 3.2 Rekvirenten må ikke omtale eller henvise til Instituttet eller Instituttets medarbejdere i reklame- og markedsføringsforanstaltninger, medmindre der på forhånd i hvert enkelt tilfælde er indhentet skriftlig tilladelse hertil fra Instituttet. En meddelt tilladelse bortfalder, hvis rekvirenten standser eller udskyder arbejdet med en opgave, jf. pkt. 6.1
- 3.3 Udleveret kursusmateriale må ikke mangfoldiggøres. Udleveret kursusmateriale er Instituttets ejendom.
- 3.4 Instituttet har ret til at forlange tilbagelevering fra rekvirenten af de af Instituttet udarbejdede rapporter mv. med tilhørende dokumenter, såfremt Instituttet konstaterer fejl eller mangler i disse.

4. Rettigheder vedrørende opgavens resultater

- 4.1 De materielle resultater, Instituttet frembringer i forbindelse med en rekvireret opgave og retten til at udnytte dem, tilhører alene rekvirenten. Resultater, som foreligger i form af materielle genstande, såsom prototyper, udleveres til rekvirenten på dennes anmodning, så snart slutafregning har fundet sted.
- 4.2 Knowhow og andre immaterielle rettigheder, som Instituttet udvikler eller konstaterer i forbindelse med opgavens løsning, tilhører Instituttet, medmindre andet er skriftligt aftalt. Af rekvirenten kan sådanne rettigheder udnyttes til rekvirentens eget brug i det af parterne skriftligt aftalte eller klart forudsatte omfang.

5. Honorar og betalingsbetingelser

- 5.1 Rekvirerede opgaver udføres som regningsarbejde efter de af Instituttet til enhver tid fastsatte timepriser med tillæg for transportudgifter og andre udlæg.
- 5.2 Instituttet forbeholder sig ved længerevarende opgaver løbende at regulere de under pkt. 5.1 nævnte timepriser med et varsel på 30 dage.
- 5.3 Instituttet har ret til at á conto-fakturere månedsvis bagud.
- 5.4 Ved overskridelse af betalingstiden for Instituttets tilgodehavender beregnes rente med 1½% pr. påbegyndt måned.

6. Ændrings- og afbestillingsret

- 6.1 Beordrer rekvirenten arbejdet standset eller udskudt, jf. pkt. 1.2, skal allerede udført arbejde betales efter regning, ligesom rekvirenten skal refundere Instituttet de udgifter vedrørende det afbestilte eller udskudte arbejde, som Instituttet uanset afbestillingen eller udskydelsen allerede har påtaget sig at afholde, såsom udgifter til tredjemand, særligt udstyr eller lokaler mv.
- 6.2 Ændring af en opgaves karakter eller omfang i øvrigt kan alene ske med Instituttets skriftlige samtykke.

7. Ansvarsregulering

- 7.1 Instituttet er efter dansk rets almindelige erstatningsregler ansvarlig over for rekvirenten for fejl og forsømmelser ved opgavens løsning med de begrænsninger, som følger af punkterne 7.2-7.12. I intet tilfælde er Instituttet ansvarlig for tabsforvoldende forhold eller begivenheder, som ikke skyldes Instituttets fejl eller forsømmelser.
- 7.2 Standses eller udskydes arbejdet med en opgave, jf. afsnit 6, er Instituttet uden ethvert ansvar for eventuelle mangler eller fejl ved det allerede udførte arbejde.
- 7.3 Instituttet er ikke ansvarlig for skader, som indtræffer i forbindelse med anvendelse af en af Instituttet afgivet rådgivning eller prøvnings/kontrolrapport, hvis anvendelsen ligger uden for rammerne af den stillede opgave eller det beskrevne formål.
- 7.4 Afsluttes Instituttets arbejde ikke med en rapport eller levering af en ydelse, eller består ydelsen i en udtalelse, om hvilken det er anført, at den hviler på en skønsmæssig bedømmelse eller vurdering, er Instituttet ikke ansvarlig medmindre, der foreligger grov uagtsomhed hos Instituttet.
- 7.5 Instituttet er kun ansvarlig for forsinkelse i forbindelse med udførelse af opgaver for rekvirenten, såfremt Instituttet særskilt har påtaget sig skriftlig indeståelse for opgavens færdiggørelse til et bestemt tidspunkt.
- 7.6 Instituttet er ikke ansvarlig for ansvarspådragende forhold udvist af tredjemand, medmindre tredjemand er antaget af Instituttet uden at være bragt i forslag af eller er godkendt af rekvirenten.
- 7.7 Er en eller flere andre udover Instituttet ansvarlige over for rekvirenten, hæfter Instituttet kun for så stor en del af rekvirentens tab, som svarer til den del af den samlede skyld, der er udvist af Instituttet.
- 7.8 Har Instituttet påtaget sig på rekvirentens vegne at føre tilsyn med, at ydelser, fra tredjemand til rekvirenten er kontraktmæssige, er Instituttet kun ansvarlig for det tab, rekvirenten måtte lide ved, at Instituttet ikke rettidigt har påtalt, at en ydelse ikke er kontraktmæssig. Instituttets ansvar er således subsidiært i forhold til det ansvar, der af rekvirenten kan gøres gældende mod den pågældende tredjemand, og Instituttets ansvar er i øvrigt undergivet de øvrige begrænsninger i dette afsnit 7.
- 7.9 Har Instituttet modtaget prøver eller materiel fra rekvirenten, er Instituttet alene ansvarlig for tab eller beskadigelse af det modtagne, hvis det er aftalt skriftligt med rekvirenten, at de nævnte prøver/materiel skal tilbageleveres. Endvidere er Instituttets ansvar i et sådant tilfælde betinget af, at det dokumenteres, at Instituttet har udvist grov uagtsomhed, og Instituttets ansvar kan i intet tilfælde overstige materiale-værdien af den modtagne prøve eller det modtagne materiel. Hvis tilbagelevering af prøver og materiel ikke er aftalt, vil opbevaring på Instituttet kun ske indtil 6 måneder efter opgavens afslutning.
- 7.10 Instituttet kan maksimalt gøres ansvarlig for rekvirentens direkte tab. Instituttet er således ikke ansvarlig for driftstab, tabt indtjening eller andet indirekte tab. I intet tilfælde kan Instituttets samlede ansvar overskride 1.000.000 kr. pr. skade med undtagelse af ansvar for personskader i henhold til gældende lovgivning.
- 7.11 Hvis Instituttet af tredjemand bliver gjort ansvarlig for person-, tings- og formueskade, som er forvoldt af Instituttets arbejde, herunder for produktansvar, er rekvirenten forpligtet til at skadesløsholde Instituttet for ethvert ansvar, som ligger udover, hvad rekvirenten måtte kunne gøre gældende mod Instituttet efter reglerne i dette afsnit 7. Instituttet kan kræve, at rekvirenten overtager førelsen af en sådan sag på Instituttets vegne.
- 7.12 Instituttet kan ikke gøres ansvarlig for skader, som ikke skriftligt er gjort gældende inden tre år efter Instituttets levering af den ydelse, på hvilken ansvar begrundes. Instituttets ansvar er i øvrigt betinget af, at rekvirenten reklamerer skriftligt straks, når rekvirenten er eller burde være blevet opmærksom på tilstedeværelsen af et muligt erstatningsansvar for Instituttet. Uanset nævnte tre års frist er Instituttet uden ansvar for skader, som det med den viden og teknik, som forelå på tidspunktet for opgavens udførelse, ikke var muligt at forudse.

8. Tvister

- 8.1 Enhver tvist mellem Instituttet og rekvirenten afgøres efter dansk ret ved Retten i Glostrup.

Bilag 6. Forsøg med regeneratore fremstillet i plast

De første forsøg blev udført med regeneratore fremstillet i rustfast stål. Efterfølgende er der kørt to forsøgsserier med PS plast og PE hd plast, se beskrivelse i andet bilag omhandlende den egentlige plastbeskrivelse.

Forsøgene er foretaget i afdelingens frostrum, hvor temperaturen kan skrues helt ned til omkring minus 20 grader C. Der kan således arbejdes med den temperaturdifferens på omkring 40 grader C.

Der er kørt forsøg med variation i luftmængde og cyklustid.

De efterfølgende enkelte grafer viser den øjeblikkelige effektivitet beregnet som:

$$\varepsilon = \frac{T_{ude_ind} - T_{ude}}{T_{rum} - T_{ude}}$$

Variablen benævnt T_{ude_ind} er den lufttemperatur, som strømmer ind i rummet; men også ud fra rummet. Blandt flere parametre afhænger værdien af denne variabel også af cyklustiden for de vendbare ventilatorer:

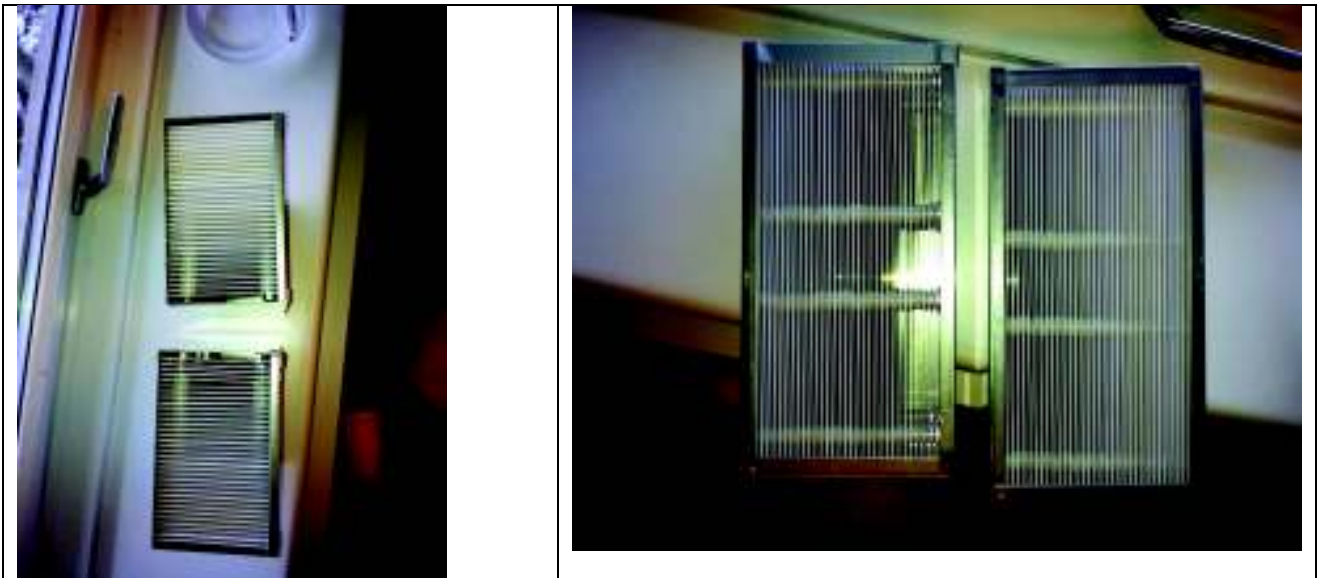
Cyklustid	T_{ude_ind}	Friskluftandel i forhold til q_{nom}
$\tau \rightarrow \infty$	$T_{ude_ind} \rightarrow T_{ude}$	$F \rightarrow 100 \%$
$\tau \rightarrow 0$	$T_{ude_ind} \rightarrow T_{rum}$	$F \rightarrow 0 \%$

Denne facilitet kan udnyttes til at justere cyklustiden dynamisk efter ønsket minimums indblæsningstemperatur og til $F = 100 \%$ om sommeren med henblik på køling/nattekøling.

Selve vendetiden på 180° er godt 3 sekunder.



Forsøgsopstilling i frostrum og tilhørende datalogger system.

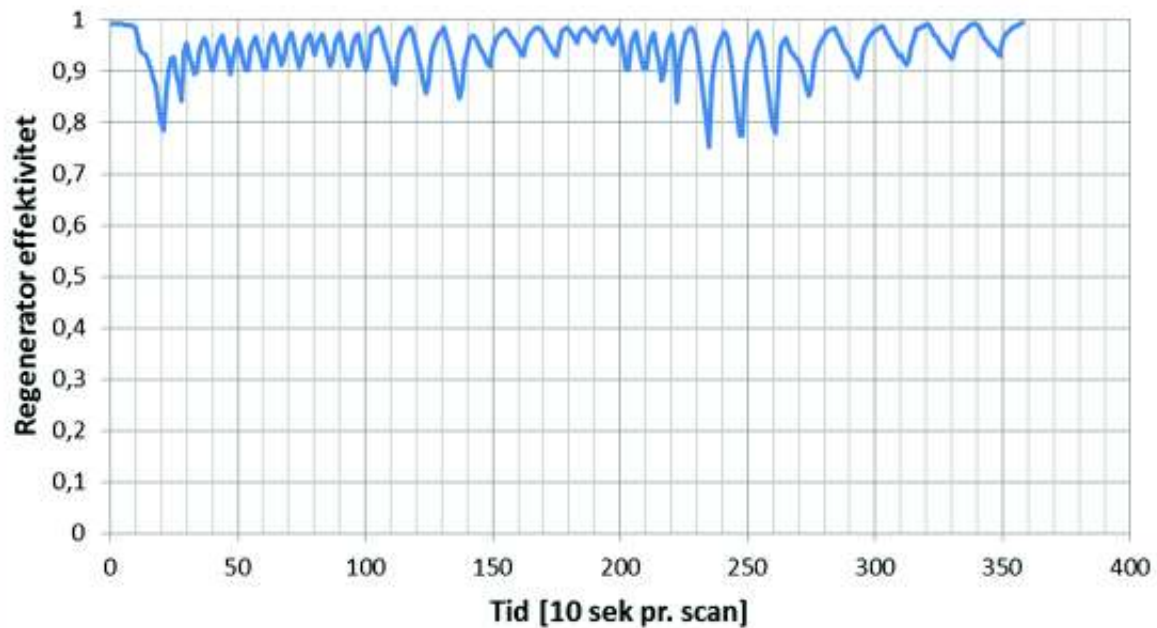


Plastgeneratorer er her fotograferet inden montage i system.

Forsøg med PS plast

Massefylde:	1040	[kg/m ³]
Varmefylde:	1300	[J/(kg K)]
Varmeledningsevne:	0,12	[W/(m K)]

Plast (PS) regenerator - forsøgsserie

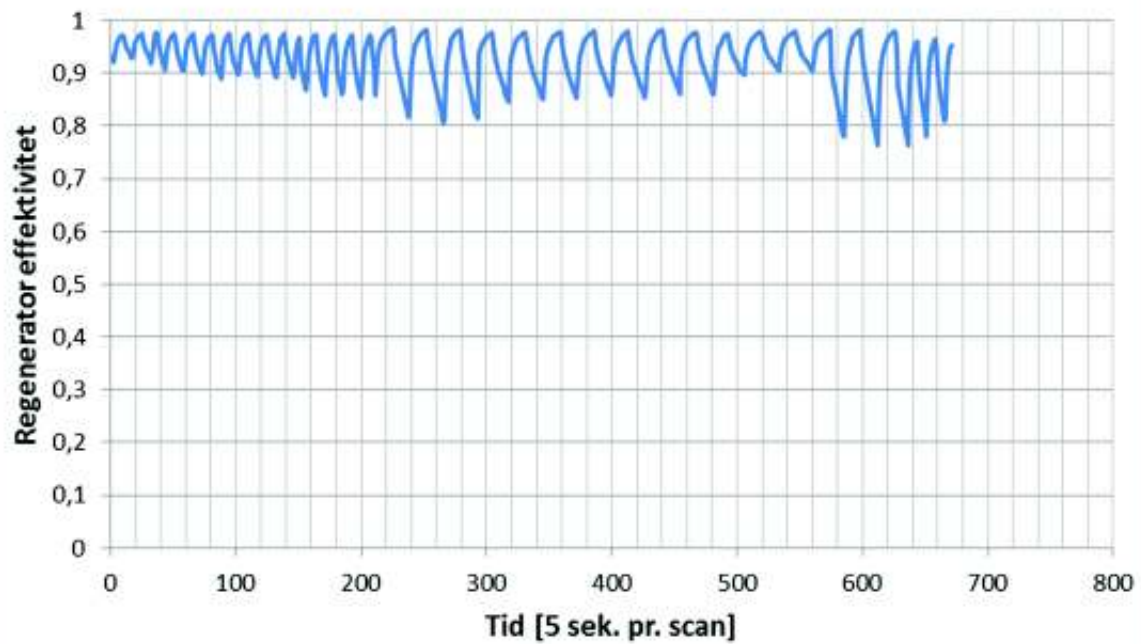


Opstart	0 - 80
PP, 8 Volt, 30 sek	81 - 102
PP, 8 Volt, 60 sek	102 - 141
PP, 6 Volt, 60 sek	141 - 177
PP, 6 Volt, 30 sek	177 - 200
PP, 10 Volt, 30 sek	200 - 222
PP, 10 Volt, 60 sek	222 - 263
PP, 6 Volt, 90 sek	263 - 316

Forsøg med PE hd plast

Massefylde:	970	[kg/m ³]
Varmefylde:	2300	[J/(kg K)]
Varmeledningsevne:	0,34	[W/(m K)]

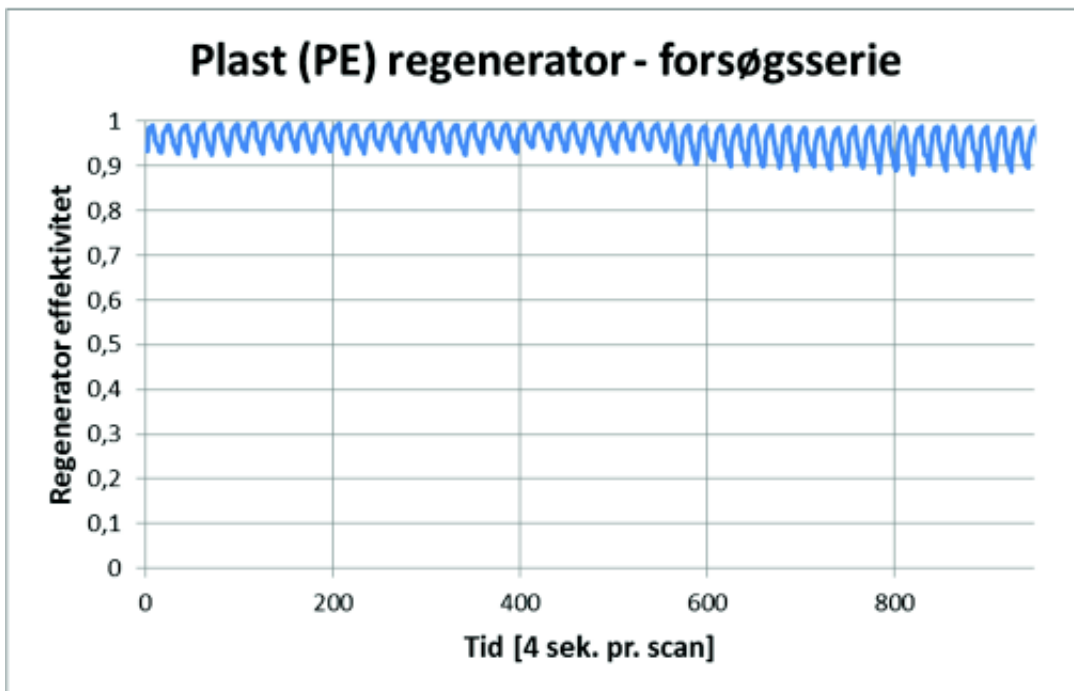
Plast (PE) regenerator - forsøgsserie



PE 6 Volt 30 sek	1 - 35
PE 8 Volt 30 sek	35 - 152
PE 10 Volt 30 sek	152 - 211
PE 10 Volt 60 sek	211 - 294
PE 8 Volt 60 sek	294 - 489
PE 6 Volt 60 sek	489 - 575
PE 12 Volt 60 sek	575 - 628
PE 12 Volt 30 sek	628 -

Ekstra forsøg med PE hd plast

Massefylde:	970	[kg/m ³]
Varmefylde:	2300	[J/(kg K)]
Varmedningsevne:	0,34	[W/(m K)]



1 - 563 8 Volt og 30 sek. Og blæsere i frostrum lig 'ON'
563 - 8 Volt og 30 sek. Og blæsere i frostrum lig 'OFF'



Rapport

Vurdering af holdbarhed på ventilationssystem i rustfrit stål

foretaget for:

InVentilate
Birk Centerpark 40
7400 Herning

Att.: Morten Lundehøj

C032 1303031 1387200 2012.01.11

Teknologisk Institut, Center for Materialeprøvning har efter aftale vurderet på ventilations system, der ønskes udført i rustfrit stål AISI 304 (1.4301). AISI 304 er et lavt legeret rustfrit stål og et af de typer rustfrit stål der oftest benyttes. Der vurderes på korrosionsbestandighed af det valgte materiale, tab af varmeoverførsel over tid og påvirkning af kondensvand. Desuden ønskes der vurderet hvorvidt 304 kan substitueres med et billigere metal materiale eller hvorvidt enkeltdele af konstruktionen med fordel kan laves i et alternativt materiale.

Kendte data

Ventilationssystemet består primært af en kasse med lameller. Et luft flow sendes gennem lamellerne, hvor det bliver opvarmet/nekølet ved varmeoverførsel fra lamellerne. Kassen er monteret direkte i murværket og er gennemgående.

Oplæg er en kasse med lameller udført i 304. Lamellerne er 0,5mm der sidder med 2,5 mm afstand. Ventilationskassen skal kunne fungere i hele Danmark også på vestkysten. Temperaturen går fra 20 °C til -5 °C og veksler gennem hele året, da systemet både kan køle og varme. Forventet levetid er minimum 20 år, hvor en flow reduktion til 75% vil være acceptabel over 20 år.

Det ønskes bl.a. vurderet om kassen kan udformes i et alternativt materiale fx aluminium eller plast.

Korrosion

Både rustfrit stål og aluminium former et tyndt oxid lag på overfladen (i iltholdigt luft, så som atmosfærisk luft), og det er dette oxidlag der "passiverer" overfladen i forhold til korrosion. Oxidlaget vil under normale omstændigheder opretholde sig selv, dog er dette en relativt langsom proces i forhold til almindelig korrosion og kan kun sikre materialet såfremt dannelsen af oxid er lavere eller lig med opløsningen af oxid via korrosion. Dvs. at såfremt korrosiviteten af det omkring liggende miljø overstiger et givent niveau vil materialet ikke kunne opretholde den passive oxidhinde. Miljøet kan i sig selv være korrosivt eller forværres grundet aflejring af korrosions produkter eller snavs.

For rustfrit stål består oxidlaget primært af jern og krom. Især stoffer som klorid og fluor, kan under de rette betingelser opløse det beskyttende oxid lag på rustfrit stål og derved åbne for punktvis korrosion i overfladen. Kaldet grubetæring eller pitting. Denne punktwise fjernelse af oxidlaget kan ses som en galvanisk celle, hvor det rene stål er anoden og det omkringliggende oxid lag er katoden. Denne opbygning af en celle giver en fremskyndet nedbrydning ved anoden og derved en hurtig korrosion af stålet. De resulterende korrosionsprodukter fremmer yderligere korrosion, da de bevirker at det lokale miljø bliver mere aggressivt og korrosionsraten vil derfor stige eksponentielt.

Man kan i de fleste tilfælde modvirke galvanisk korrosion ved at påsætte et "offer" metal (ofte zink i en galvanisering), der har en større affinitet for korrosion end det rustfrie stål.

Aluminium er ved normale forhold også beskyttet af et oxid lag på overfladen. Dog er der som ved stål samme risiko forstærkede korrosions angreb i kloridholdige miljøer, da oxid laget er følsomt over for angreb af klorider. På aluminium har man dog muligheden at forstærke oxid laget ved anodisering.

Anodisering af aluminium giver et tykkere oxidlag på overfladen og gør derfor materialet mere korrosionsbestandigt. Til forskel fra rustfrit stål, vil en anodiseret aluminiums overflade godt kunne modstå et saltholdigt miljø i en længere periode, da oxid laget er betydeligt tykkere og korrosionshastigheden langsommere.

Varmevirkning og kondensvand

Når der for denne komponent tales om varmekorrosion, refereres der til materialets evne til at overføre varme, både mht. optagelse og afgivelse af varme. Metaller har en bedre evne til at overføre varme (varmekapacitet) end de fleste andre materialer. Men der er også forskel indenfor metaller. For eksempel opvarmes en sølvske hurtigere ved neddykning i kogende vand, end en ske af rustfrit stål.

De fleste reaktioner heriblandt korrosion bliver fremskyndet ved højere temperaturer. Da komponenten er tænkt som et ventilations apparat med temperatur regulering, vil der være en tilført varmekorrosion i lamellerne. Det er desuden bekræftet at der er kondensvand på lamellerne grundet en forventet forskel i luftfugtighed, hvorfor alle komponenter for at skabe et ideelt korrosivt miljø er til stede. Ved den danske vestkyst eller andre kystnære områder vil kondensvandet desuden indeholde klorider fra luften. I værste tilfælde kan det risikeres at kondensvand vil ligge stillestående i bunden af kassen, med en tilført varmeveksling fra lamellerne, det bliver opvarmet ved strøm. Dette vil skabe et anaerobt (iltfattigt) miljø hvor korrosion vil udvikle sig under optimale betingelser. Lamellerne vil hvis de er udført i 304 være betydeligt korroderet indenfor en kort periode.

Vurderinger

En komponent udført i rustfrit 304 stål vil ikke kunne holde til klimaet på den danske vestkyst og vil korrodere længe før den forventede levetidsgrænsen på 20 år. Det skyldes at luften ved den danske vestkyst er yderst saltholdig og derfor aggressiv mod lavt legeret rustfrit stål. Det findes typer af rustfrit stål, der er modstandsdygtige overfor denne type miljø, dog er de legeringer, som med nogenlunde sikkerhed vil kunne modstå miljøet, væsentlig dyrere end 304. En opgradering til rustfrit 316 stål vil ikke med sikkerhed sikre konstruktionen mod korrosion under de aggressive forhold der findes fx ved vestkysten.

Eftersom der er tale om en komponent, der skal opvarme/køle luft via et flow gennem komponenten er varmeoverførsel og dermed varmekapacitet en faktor. Med hensyn til varmeoverførsel er metaller under normale omstændigheder at foretrække frem for plast, dog kan der måske fremstilles særlige plast typer hvor denne forskel udlignes. I modsætning til metalliske legeringer vil plast ikke direkte korrodere ved kontakt med salte (klorider) fra luften, der dog fortsat risiko for degradering af plasten, specielt er

plast ofte følsomt overfor sollys. Såfremt der anvendes en plast er det vigtigt at klarlægge for leverandøren at der forventes en levetid på min. 20år.

Hvis dele af kassen bliver lavet i andet metallisk materiale end lamellerne, skal der indbygges en adskillelse, så de to metaller ikke er i direkte kontakt. Dette gøres for at sikre mod galvanisk korrosion i overgangen mellem de 2 metaller. Ofte laves en adskillelse som denne vha. en gummiliste eller fugning mellem de 2 materialer.

Med henblik på konstruktioner ved den danske vestkyst, anbefales det at fremstille så mange delkomponenter som muligt i plast, da stål er følsomt overfor saltholdigt luft. Et alternativ til rustfrit stål, kunne være aluminium, da dette metal ikke er nær så følsomt overfor salte som rustfrit 304 og 316stål.

Plastik vil under alle omstændigheder have en lavere varmeoverførsel end metaller, og aluminium har en lavere varmekapacitet end stål. Valget af materiale vil derfor være afhængigt af hvor stor betydning varmekapaciteten for materialet har for produktet.

Både aluminium og rustfrit stål ville skulle have en overfladebehandling, dog kan aluminium nøjes med anodisering, hvor rustfrit stål skulle males/lakeres. Da rustfrit stål skal have en overflade behandling for at kunne klare miljøet, kunne der lige så godt benyttes almindeligt stål. I begge tilfælde bør det overvejes om en evt. lakering/maling vil påvirke varmekapaciteten i materialet, samt om vedhæftningen vil kunne holde i længden. Hvilket giver nye variable i valg af materialer til komponenten.

Det vil dog være muligt at fremstille kassen i plast og holde lamellerne i metal, for at beholde varmekapaciteten til konstruktionen. Dette vil også hindre rust af kassen og dermed risiko for overførsel af fugt til huset.

Konklusion

Med fokus på lav kost og lang levetid anbefales det at fremstille en så stor del som muligt af komponenten i plast. For dele hvor der er behov for stor varmekapacitet, anbefales det at fremstille i anodiseret aluminium. Dog er det vigtigt at have fokus på levetiden i forbindelse med valg af plasttype.

Anvendelse af rustfrit stål eller alm. stål vil enten kræve anvendelse af meget dyre legeringstyper eller kræve en overfladebehandling i form af bemaling.

Aarhus, den 11. Januar 2012
Center for Materialeprøvning


Sarah Pedersen
Civilingeniør


Dagny Primdahl
Diplomingeniør

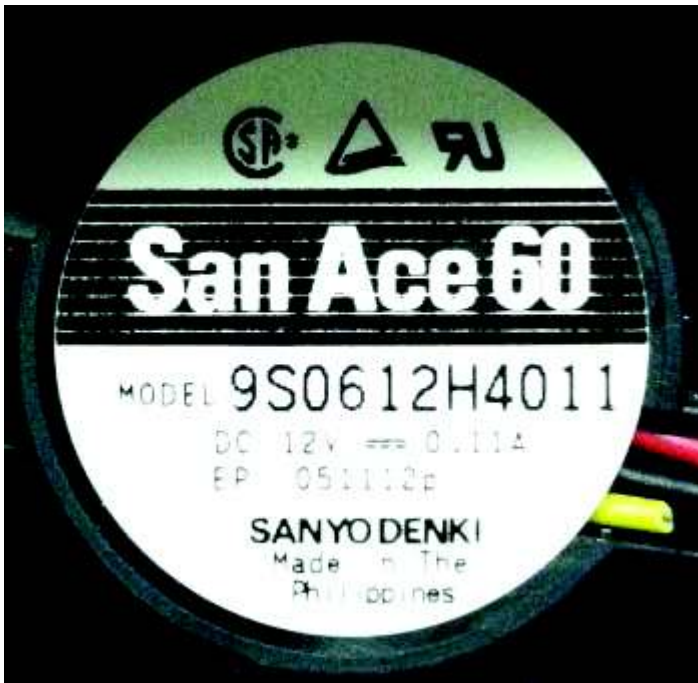
Bilag 8. Måling af flow gennem ventilationsenheder

Der er fremstillet en enhed med 5 stk. ventilatorer i række incl. regeneratore, hvilket giver bedre mulighed for at måle flow end enhed med kun én eller to ventilatorer.

Til måling af flow er anvendt den professionelle TSI måletragt med indbygget målekryds og elektronisk beregning og udlæsning af aktuelt flow.



Billeder af forsøgsopstilling med ventilationsenhed indbygget i kraftig spånplade efterfulgt af regeneratore i stål.

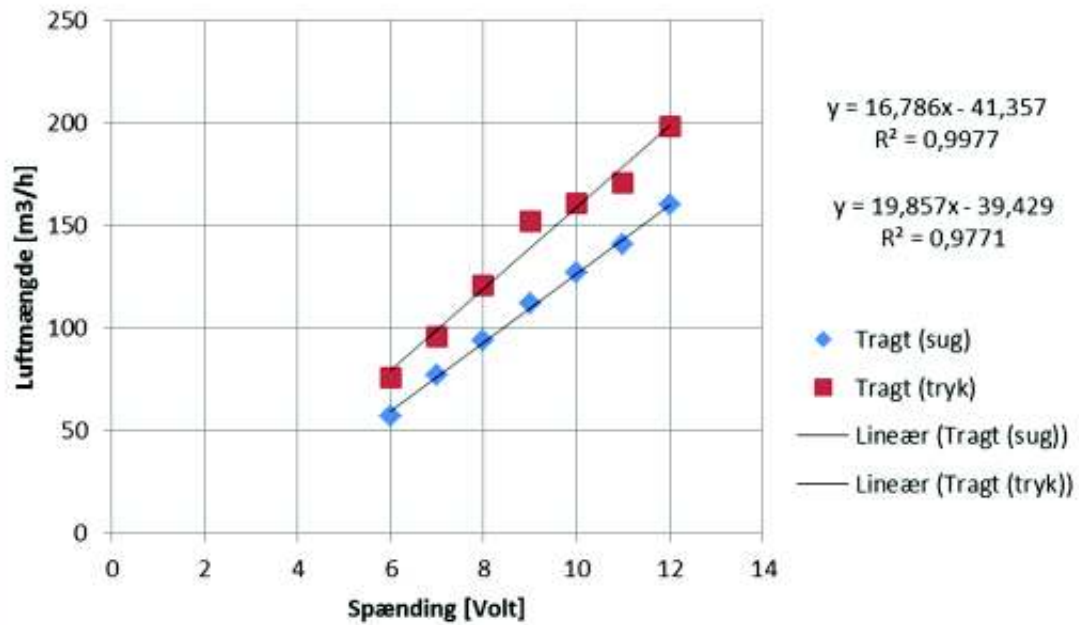


Close up billede af ventilator med modelbetegnelse.

TSI måletragten kan i princippet håndtere indblæsning i tragten og udsugning i tragten. Indblæsning i tragten kan dog være forbundet med større usikkerheder, da der ofte er turbulens involveret i indblæsningsfeltet. Udsugning gennem tragten giver en meget rolig strømning. Teknologisk Institut lægger derfor mest vægt på de flowmålinger, som er foretaget med sug gennem tragten. Indblæsning er markeret med ordet 'tryk'. Flowet er målt som funktion af voltspændingen på ventilatoren. I tabellen er det totale flow omregnet til flow pr. ventilator, fx giver én ventilator et flow på 5,2 liter/s ved en spænding på 8 volt.

Volt	Flow sug	Flow tryk	diff	diff%	[liter/(s stk.)]
6	57	76	19	33,3	3,2
7	77	96	19	24,7	4,3
8	94	121	27	28,7	5,2
9	112	152	40	35,7	6,2
10	127	161	34	26,8	7,1
11	141	171	30	21,3	7,8
12	160	198	38	23,8	8,9

5 stk. San Ace 60 [9S0612H4011] og regenerator



Bilag 9. Sporgasforsøg i FlexLabHouse rum 3

Formålet med dette forsøg var at måle det *lokale* friskluftskifte to forskellige steder i lokalet og herved afkræfte eller bekræfte om friskluften kom relativt ensartet ind i hele rummet, dvs. god friskluftopblanding i rummet.



Vinduet i rum 3 er udskiftet med træfinér og øverst i hulrummet ses de to ventilationsenheder. Forsøgsræssigt er det ligegyldigt med glas i hulrummet.

Målesonden blev placeret i rummets symmetriakse dels 1/3 D fra bagvæg, dels 1/3D fra ydervæg begge 1,0 meter over gulvniveau.

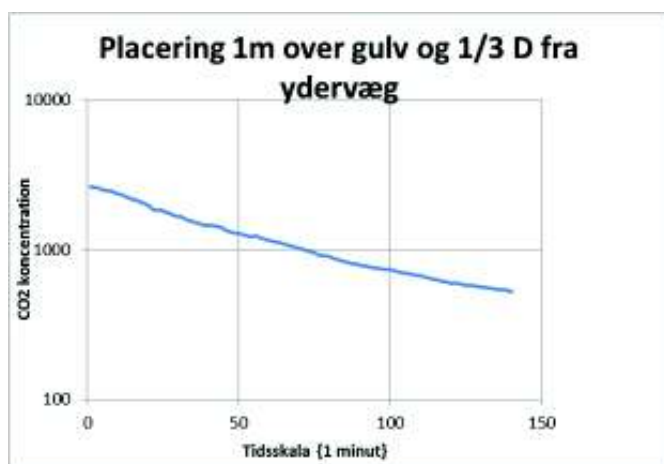
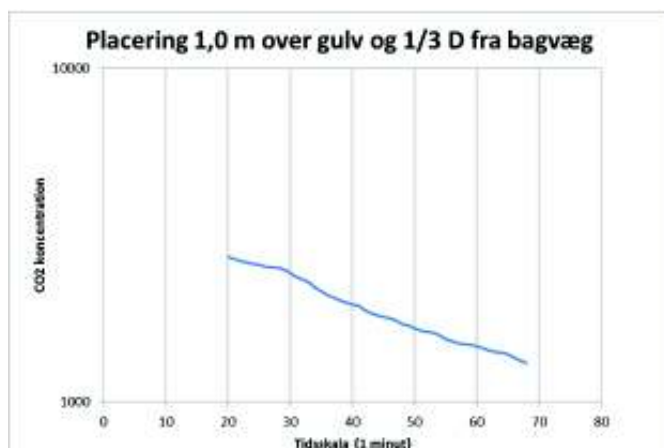
Efterfølgende blev der foretaget to sporgas henfaldsforsøg med CO₂.

Følgende formel blev benyttet til beregning af henfaldet:

$$-n = \frac{\ln\left(\frac{C_{\tau} - C_i}{C_o - C_i}\right)}{\tau}$$

Udetemperaturen var omkring 12 grader C.

Cyklustiden for ventilatorerne var 60 sekunder og spændingen lig 8 Volt.



Resultat

Det lokale friskluftskifte blev målt til følgende værdier:

- 1,24 (1/3D fra ydervæg)
- 1,21 (1/3D fra bagvæg)

Begge værdier var i samme størrelsesorden. Det kan herved afkræftes, at ventilationsenhederne skulle have svært ved at nå tilstrækkeligt ind i lokalet.



We help ideas meet the real world

Rapport

Måling af støj fra blæsere i vægmonteret klimaanlæg

Udført for Teknologisk Institut, Ventilation og Proces

AV 179/11

Sagsnr.: T200877

Side 1 af 8

1. november 2011

DELTA
INCUBA Science Park
Skejby
Brendstrupgårdsvej 102
8200 Aarhus N
Danmark

Tlf. +45 72 19 48 00
Fax +45 72 19 48 01
www.delta.dk
CVR nr. 12275110

Titel

Måling af støj fra blæsere i vægmonteret klimaanlæg

Journal nr.

AV 179/11

Sagsnr.

T200877

Vores ref.

KDM-HSO/ilk

Rekvirent

Teknologisk Institut
Ventilation og Proces
Teknologiparken
Kongsvang Allé 29
8000 Aarhus C

Rekvirentens ref.

Christian Drivsholm

DELTA, 1. november 2011



Kaj Dam Madsen
Akustik



Indholdsfortegnelse

1. Baggrund.....	4
2. Måleobjekt	4
3. Målemetode og måleopstilling.....	5
4. Måleinstrumenter.....	6
5. Måleresultater	6



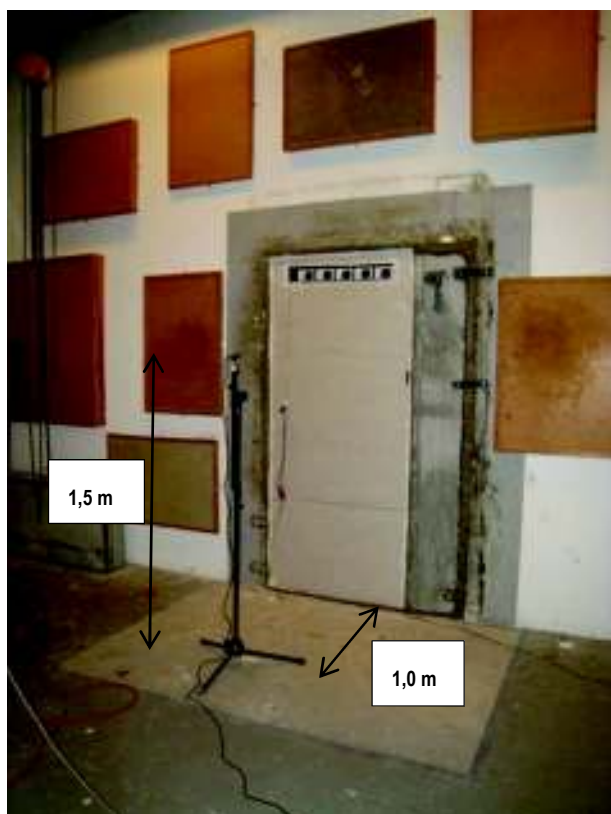
1. Baggrund

I henhold til aftale med Christian Drivsholm, Teknologisk Institut, er der foretaget lydmålinger på blæsere monteret i et vægmonteret klimaanlæg til brug ved vurdering af støjafgivelsen i forhold til støjkrav i Bygningsreglement 2010.

2. Måleobjekt

Der er foretaget målinger på to versioner af klimaanlægget monteret mellem to målerum, som vist i Figur 1, hvor opstillingen er set fra den side, hvor støjmålingerne er foretaget. I Figur 2 er anlægget vist set fra den anden side. De to anlægsversioner refereres i det følgende som anlæg med ”små” blæsere og anlæg med ”store” blæsere.

Luftstrømmen i anlægget kan vendes ved, at enheden med blæserne drejes 180 grader. I det følgende betegnes situationen, hvor anlægget blæser ind i målerummet som blæseside, og hvor anlægget suger ud fra målerummet som sugeside.



Figur 1
Klima-anlæg med 5 blæsere set fra den side, hvor der er foretaget målinger.



Figur 2
Anlæg set fra den side der er modsat rummet, hvor der er foretaget støjmålinger.

3. Målemetode og måleopstilling

Der er foretaget støjmålinger i en position, som anvist i SBi-anvisning 217 ”Udførelse af bygningsakustiske målinger”. Dvs. i en position 1,5 m over gulv og i en vandret afstand på 1 m fra ventilationsenheden. I Figur 1 er målepositionen vist med den angivne måleafstand.

I den aktuelle måleopstilling var afstanden fra gulv til blæsercentrum 1,98 m. Målemikrofonen var placeret ud for den midterste blæser.

Målerummet, hvor lydmålingerne blev foretaget, har dimensionerne 4,85 x 6,15 x 3,92 m og et rumvolumen på 117 m³.

Målerummet var under målingerne indreguleret med en efterklangstid som vist i Tabel 1. Efterklangstiden er målt iht. SBi-anvisning 217 ”Udførelse af bygningsakustiske målinger”.

De anførte måleresultater er gældende for den anvendte opstilling, men der kan foretages en normering af resultaterne til andre rum ud fra data for rumvolumen og efterklangstid i de rum, hvor lydniveauer ønskes estimeret.

Frekvens, Hz	125	250	500	1000	2000	4000
Efterklangstid, sek.	1,17	1,12	0,88	0,92	0,93	0,94

Tabel 1

Målerummets efterklangstid angivet i 1/1-oktaver. Målt iht. SBI-anvisning 217 "Udførelse af bygningsakustiske målinger".

Der er forsøgsvist også foretaget målinger på anlægget, hvor én eller flere blæsere var afbrudt.

Lydniveauerne er bestemt som A-vægtede energiækvivalente lydtrykniveauer midlet over min. 30 sek.

Baggrundsstøjkorrektion er foretaget iht. DS/ISO 16032, hvor korrektion foretages i 1/1-oktaver med en maksimal korrektion på 2,2 dB. Med det baggrundsstøjniveau, der var i målerummet under målingerne, vil der for de angivne værdier under 20 dB(A) være tale om en konservativ korrektion. De angivne værdier vil i disse tilfælde kunne betragtes som maksimum støjniveauer.

Den aktuelle driftssituation under målingerne blev bestemt ved en aflæsning af forsynings-spændingen til blæsere og er angivet sammen med resultaterne af lydmålingerne.

4. Måleinstrumenter

Ved målingerne er følgende udstyr anvendt:

Lydtrykmåler	Brüel & Kjær	type 2250
Mikrofon	Brüel & Kjær	type 4189
Kalibrator	Brüel & Kjær	type 4231

5. Måleresultater

I Tabel 2 og 3 er måleresultaterne angivet for hhv. anlæg med små og store blæsere. Resultaterne er vist efter korrektion for baggrundsstøj.



Lydmålinger på anlæg med små blæsere			
Blæserorientering	Blæser- antal	Spænding Volt	Lydniveau dB(A) re. 20 µPa
Sugeside	5 blæsere	6	19,1
	5 blæsere	8	23,9
	5 blæsere	10	29,5
	5 blæsere	12	34,9
Blæseside	5 blæsere	6	20,2
	5 blæsere	8	25,5
	5 blæsere	10	30,8
	5 blæsere	12	35,2
Sugeside	4 blæsere	10	29,6
	2 blæsere	10	27,1
	1 blæser	10	22,9
Sugeside	4 blæsere	10	29,7
	2 blæsere	10	27,8
	1 blæser	10	24,1

Tabel 2

Resultater af lydmålinger for anlæg med små blæsere efter korrektion for baggrundsstøj.

Lydmålinger på anlæg med store blæsere			
Blæserorientering	Blæser- antal	Spænding Volt	Lydniveau dB(A) re. 20 µPa
Sugeside	5 blæsere	4	13,4
	5 blæsere	5	15,3
	5 blæsere	6	20,7
	5 blæsere	7	27,3
	5 blæsere	8	32,2
	5 blæsere	10	39,1
	5 blæsere	12	43,9
Blæseside	5 blæsere	4	13,4
	5 blæsere	5	15,1
	5 blæsere	6	20,9
	5 blæsere	7	27,3
	5 blæsere	8	32,5
	5 blæsere	10	39,1
	5 blæsere	12	43,5
Sugeside	4 blæsere	10	37,6
	2 blæsere	10	35,0
	1 blæser	10	30,7
	4 blæsere	8	31,0
	2 blæsere	8	29,4
	1 blæser	8	24,6
	Sugeside	4 blæsere	10
2 blæsere		10	35,9
1 blæser		10	29,3
4 blæsere		8	29,5
2 blæsere		8	27,8
1 blæser		8	23,9

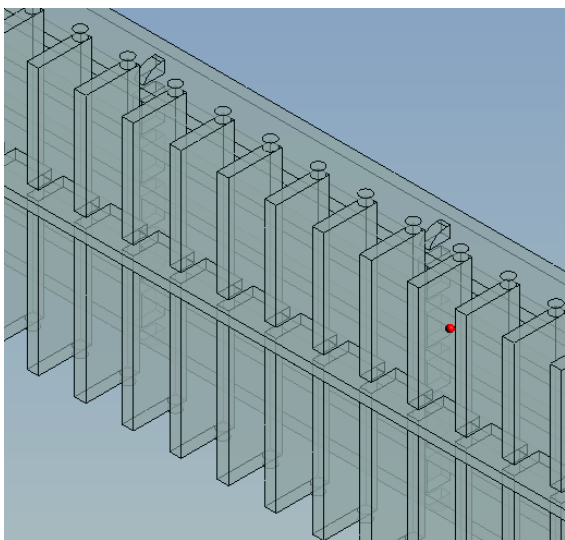
Tabel 3

Resultater af lydmålinger for anlæg med store blæsere efter korrektion for baggrundsstøj.

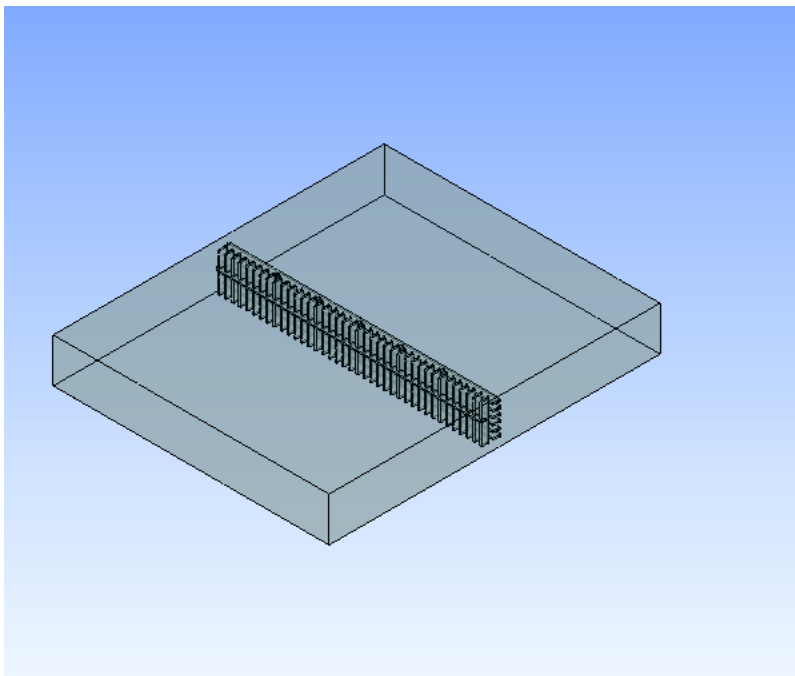


Bilag 11. Tryktab i indblæsningsrist

Der er foretaget en beregning af det statiske tryktab gennem selve risten. Da der anvendes aksialblæsere med begrænset trykydelse, skal det samlede tryktab i hele enheden holdes så lavt som muligt. Beregningen er foretaget med CFD programmet Ansys Cfx 12. Risten er tegnet i Solid Works.

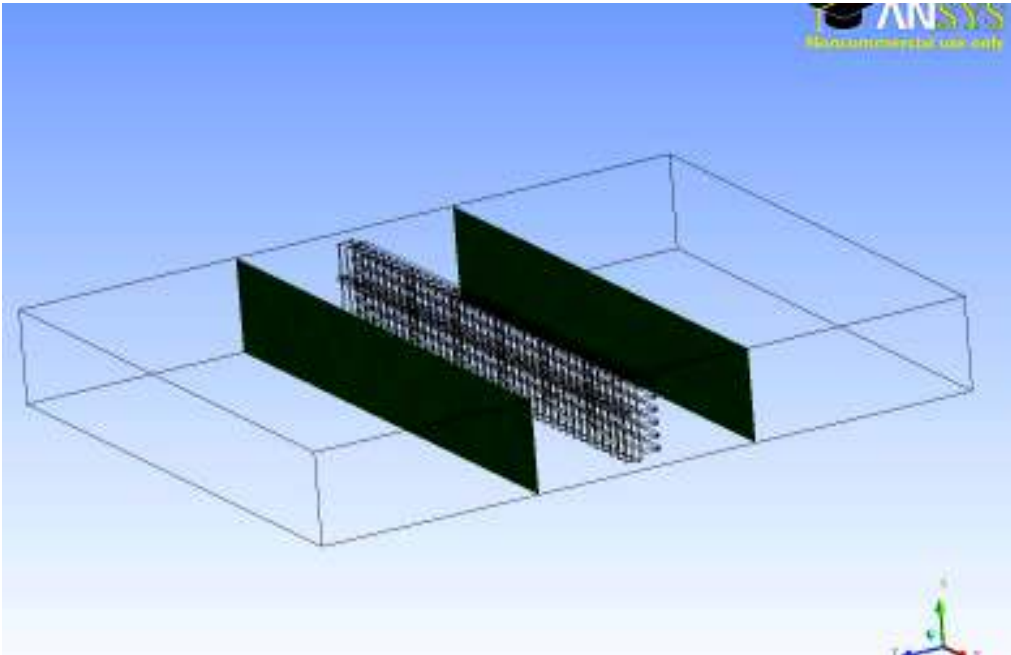


Udsnit af rist.



Hele risten placeret i beregningsdomænet.

Resultat af beregning

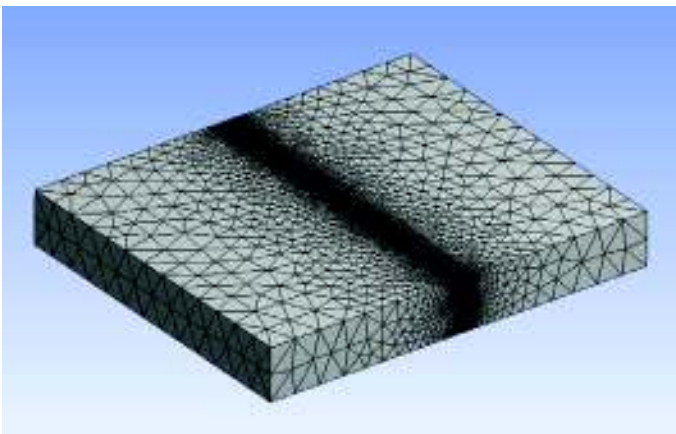


Plane 01: -0,1 meter

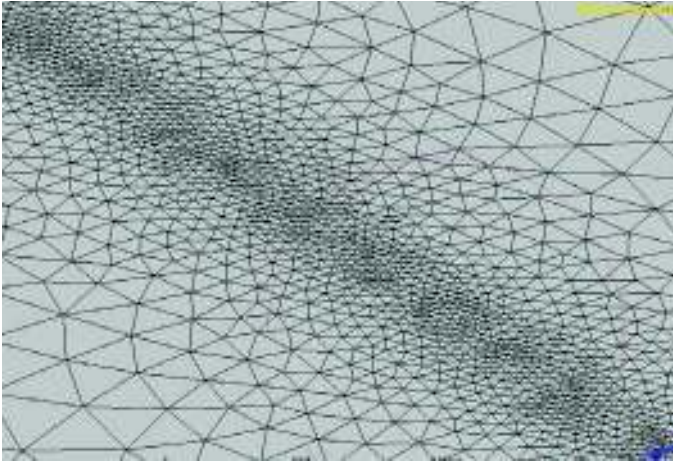
Plane 02: +0,1 meter

Delta_p = ca. 1 Pascal ved lufthastighed lig 1,5 meter/s

Dette tryktab må siges at være acceptabelt.



Mesh



Close-up af mesh

Bilag 12. Simulering af *udkast 4* i yderposition

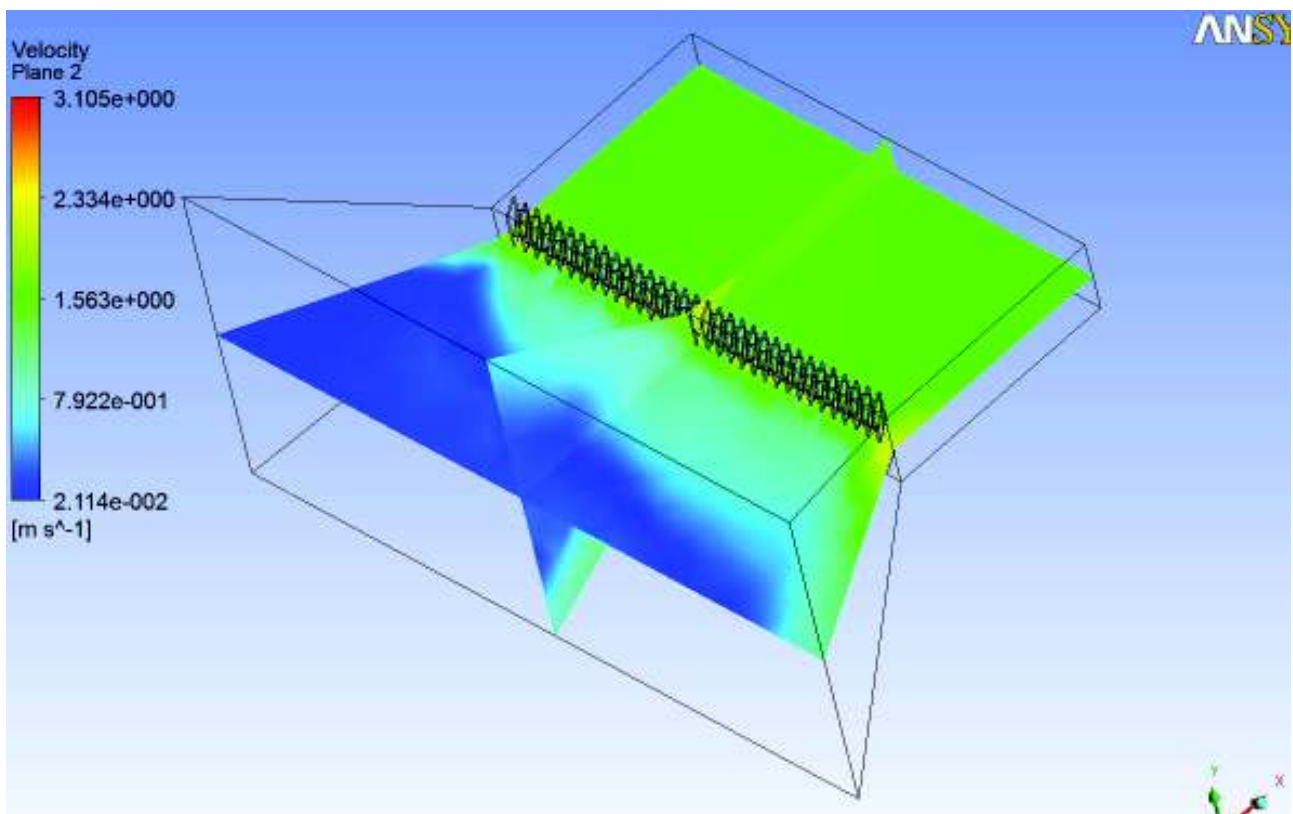
Denne beregning er foretaget med CFD programmet Ansys Cfx 12 for at kunne vurdere om det viste set-up for lamel-system ser fornuftigt ud hvad angår indblæsningsmønster. I neutral position vil der normalt ikke være problemer. Derfor er beregningen foretaget ud fra følgende positioner:

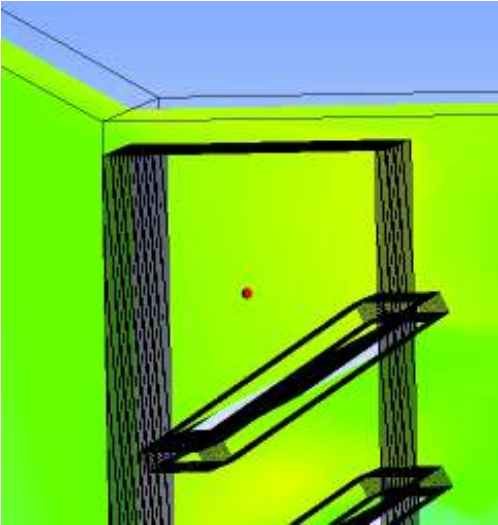
- Horizontal yderposition
- Vertikal yderposition

Indblæsningshastighed i kanal er midlet 1,5 meter/s

Det ses (anes) ud fra beregningsresultat, at den horisontale yderposition fungerer mere tilfredsstillende end den vertikale yderposition. I den vertikale yderposition strømmer der ganske rigtigt luft nedad; men da der er frit gennemløb foroven, vil en del af luften også køre opad. Det kan ikke udelukkes, at den såkaldte Coanda effekt (klæbeeffekt) spiller ind her på de skrå flader.

Der bør ikke kunne strømme luft igennem uden at luften møder en lamel (bliver dirigeret).





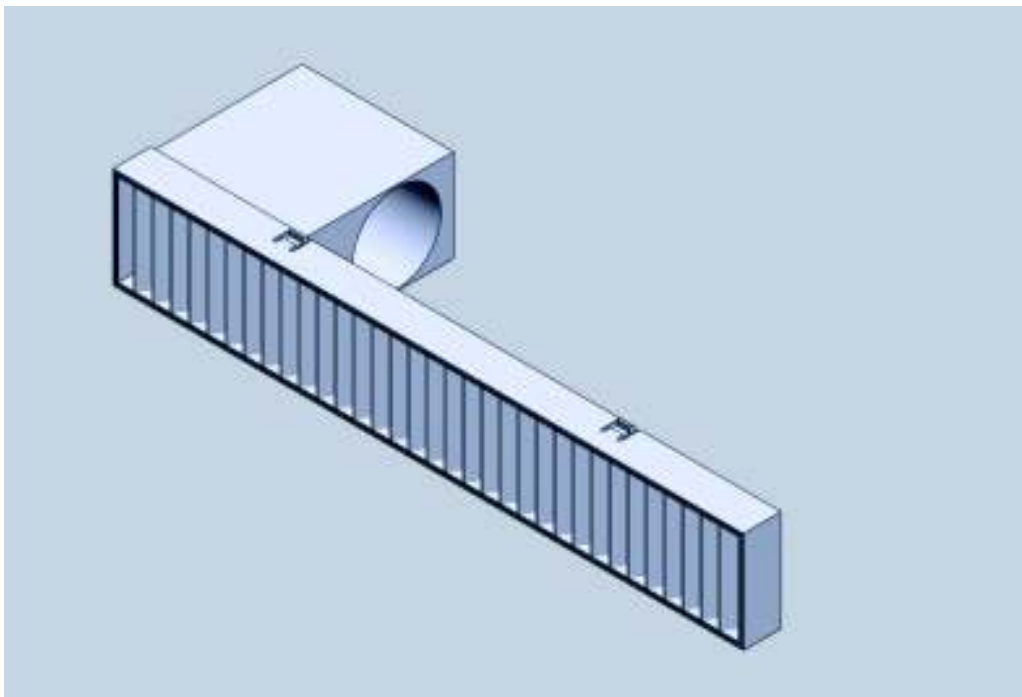
Close-up billede af den øverste lamel. En mindre del af luften kan strømme lige gennem risten uanset position af lamel, hvilket ikke er tilfredsstillende.

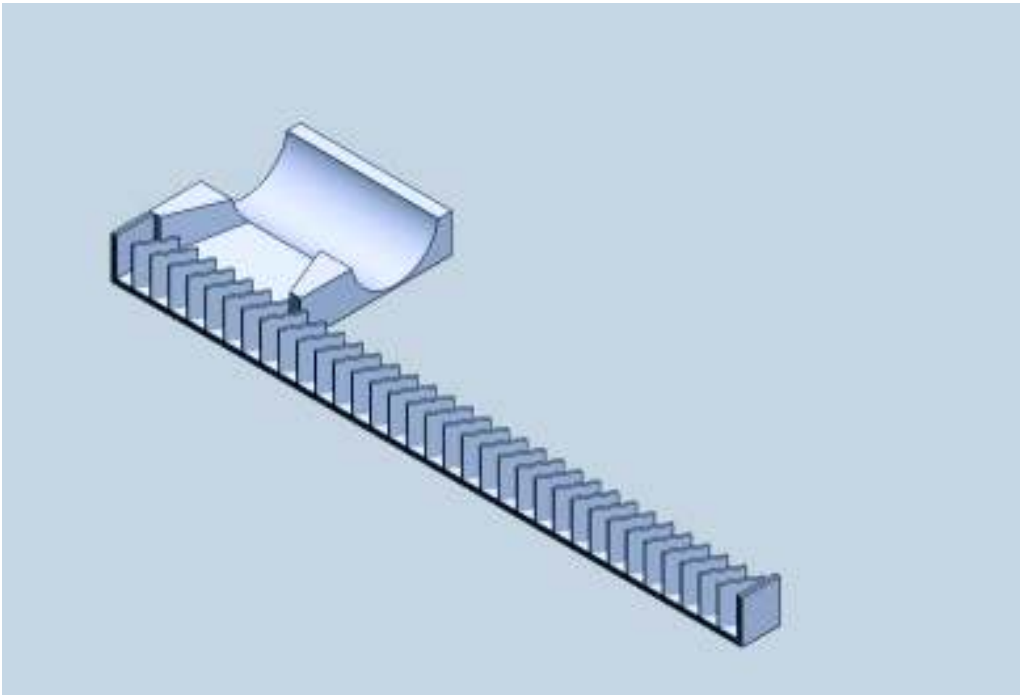
Denne "fej" er rettet i den endelige risteudformning.

Bilag 13. Udformning af rist – et optimeringsforløb

Problemet som Christian pointerede i sin mail fra d. 6/10 var, at det er uønsket at luften kan strømme igennem uden at blive rettet af. Dette forekommer i én side af gangen og enten foroven eller forneden, afhængig af hvilken retning lamellerne er rettet.

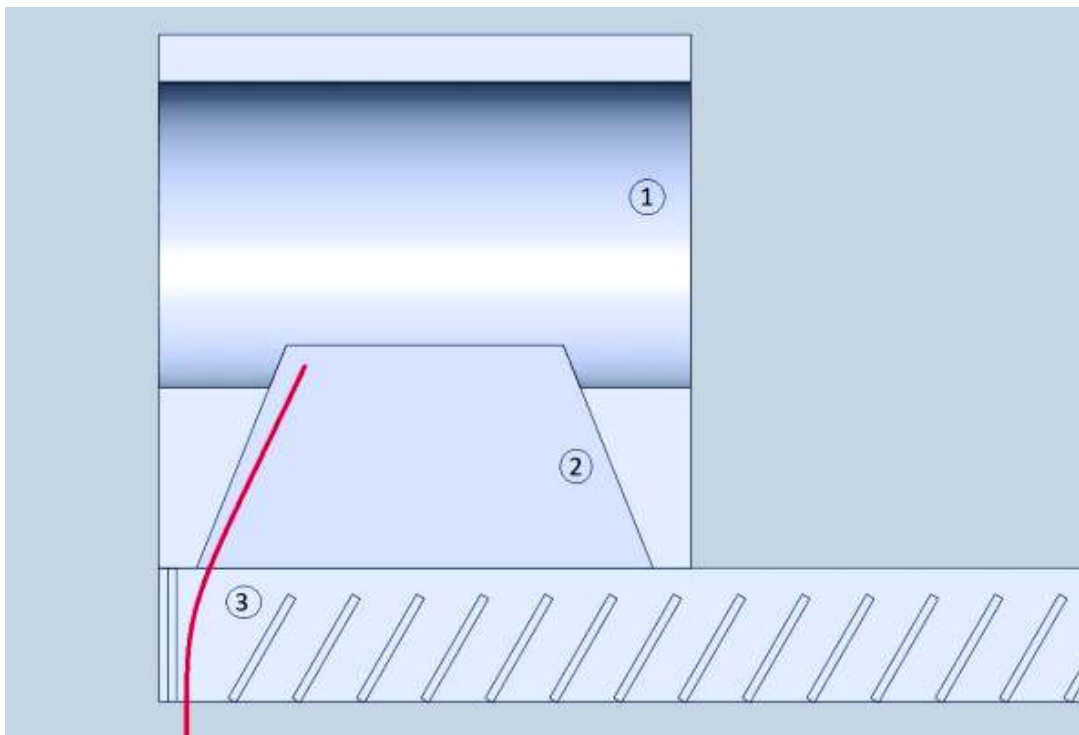
Nedenfor ses et enkelt modul bag ved ventilationslamellerne.



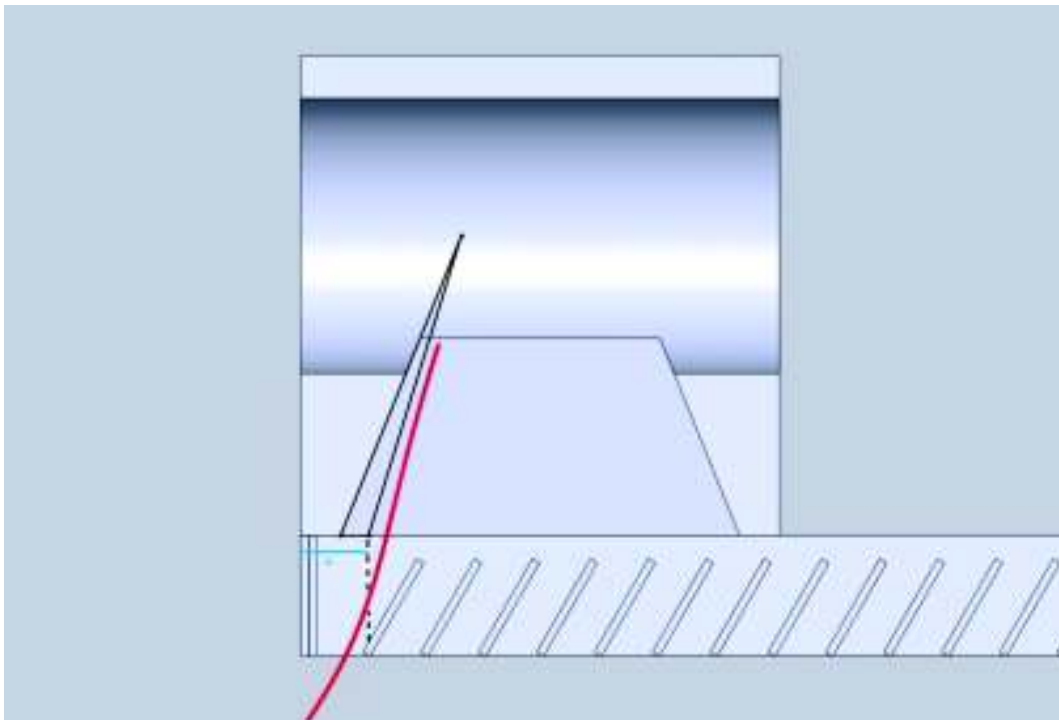


Samme billede skåret halvt igennem.

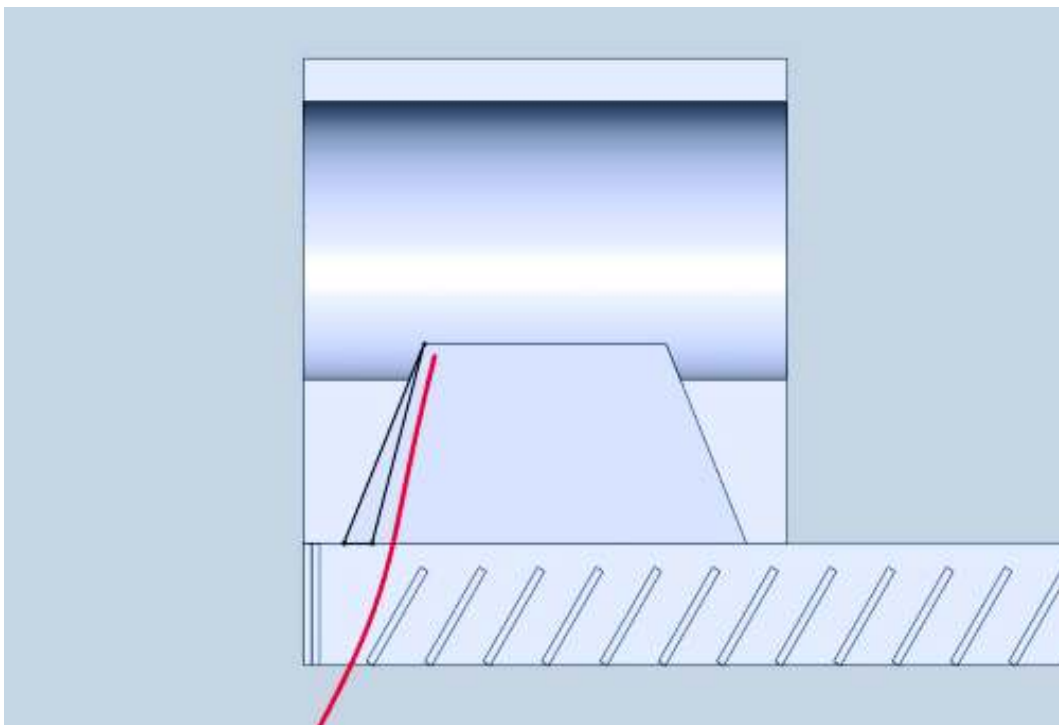
Set ovenfra. Her er problemet skitseret hvor luftstrømmen (illustreret ved den røde streg) "klæber" sig langs siden og bliver ikke rettet af af de skrå ripper. 1: Cylindrisk kanal til rotor. 2: Nuværende kanal med skrå vægge i modul. 3: Princip over de vertikale ventilationsripper. – Samme problemstilling med de vertikale, illustreres til sidst.



Nedenfor ses løsningsforslaget. Den sorte skitse illustrerer hvorledes væggen kan være knap så skrå, således breddere og derved minimere det *frie* rum som luften kan strømme lige igennem.

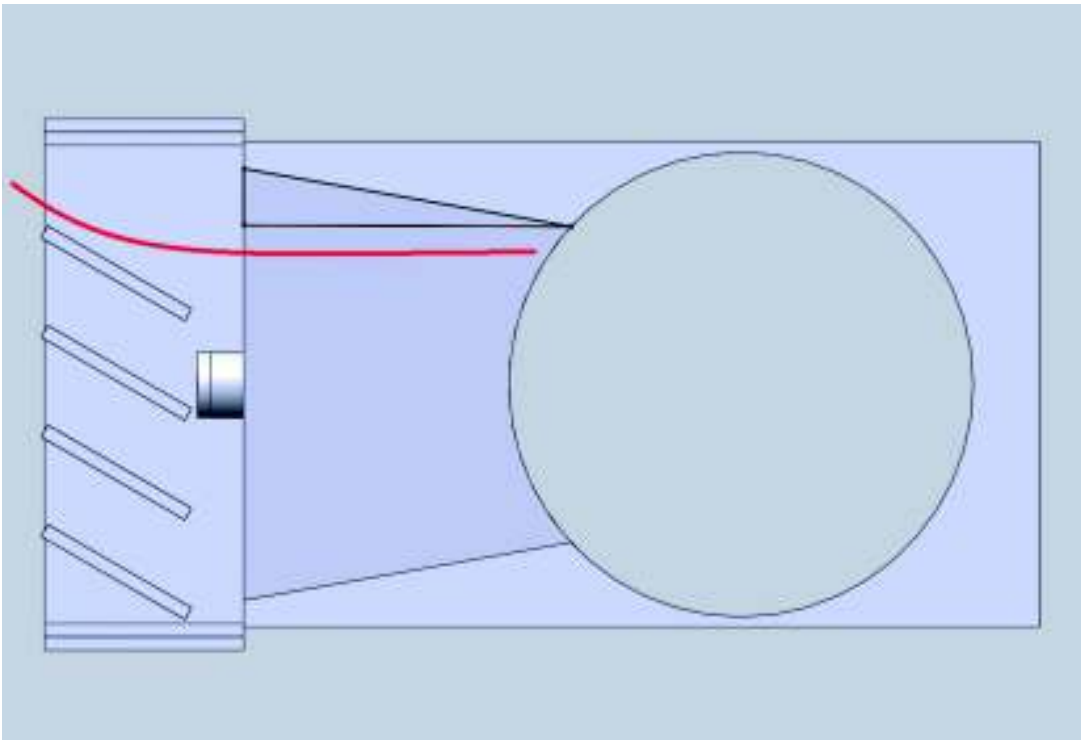


Samme princip – bare en anden skråvinkel..

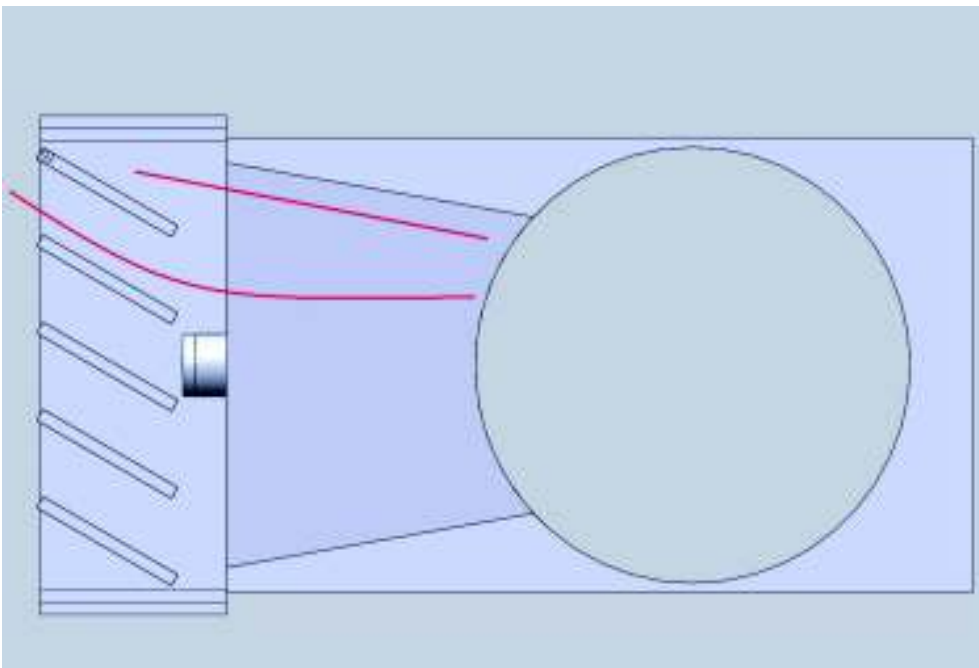


Denne løsning medfører en anden problemstilling. Der skal fremstilles forskellige moduler til brug til de to yderste i rækken og desuden indskrænkes arealet. Det sidste gælder specielt når det største problem ligger

i top og bund, for så skal denne formindskelse af kanalens areal gælde hele rækken. Skitseret nedenfor i toppen ved den sorte trekant.



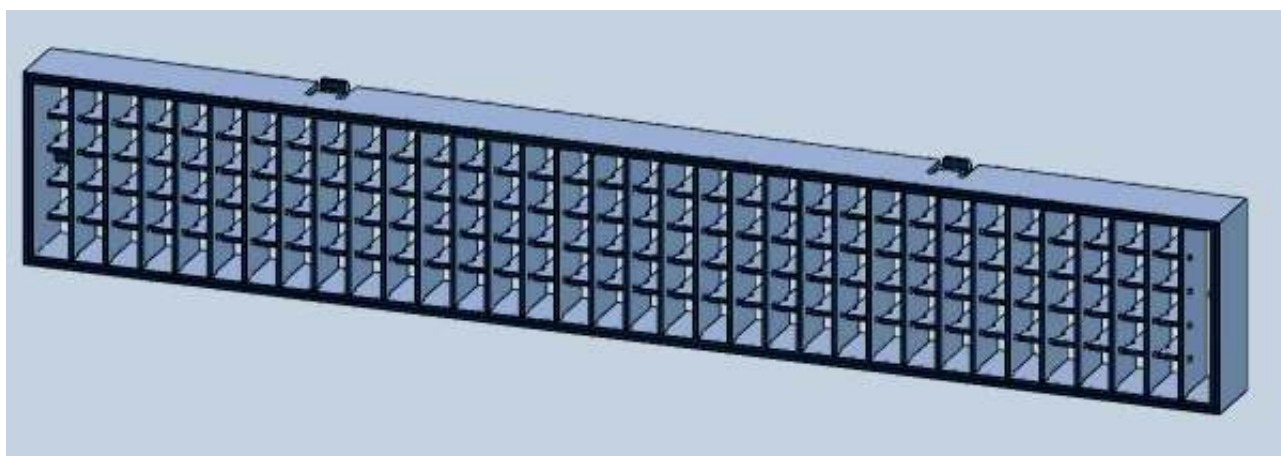
En anden løsning er også at indsætte en ekstra rippe hvis omdrejningspunkt ligger oppe ved kanten ("loftet" i dette tilfælde). Dette indebærer dog, at hele systemet er begrænset til kun at have yderposition pegende i en retning – enten op eller ned.



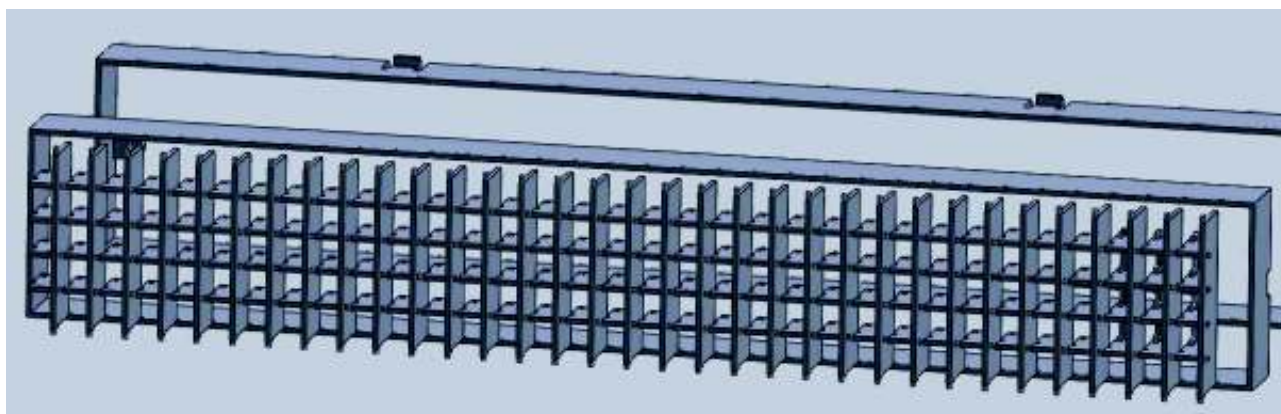
Bilag 14. Endelig udformning af indblæsningsrist

Den endelige udformning af indblæsningsrist giver mulighed for at justere lidt på indblæsningsristen i den horisontale- og vertikale retning. Normalt vil denne fleksibilitet kræve to uafhængige rækker lameller, som sidder efter hinanden. Indbygningsdybden kommer herved til at fylde relativt meget i forhold til hele enhedens dybde. Desuden er der ikke umiddelbart ligetil, at justere (bevæge) den inderste række lameller.

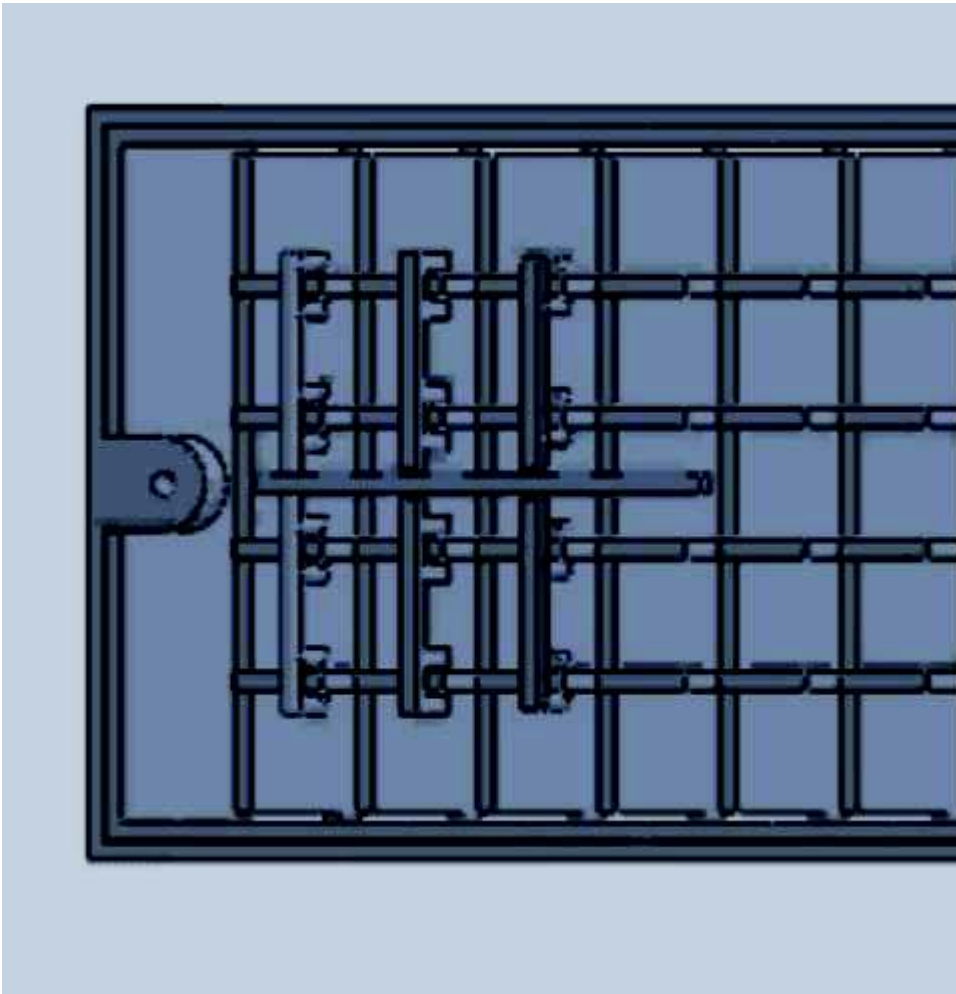
Det udviklede lamelsystem kræver kun én række; men er til gengæld mere kompliceret i sin opbygning, se de efterfølgende tegninger.



Billedet viser det komplette ristssystem når alle delkomponenter er samlet.

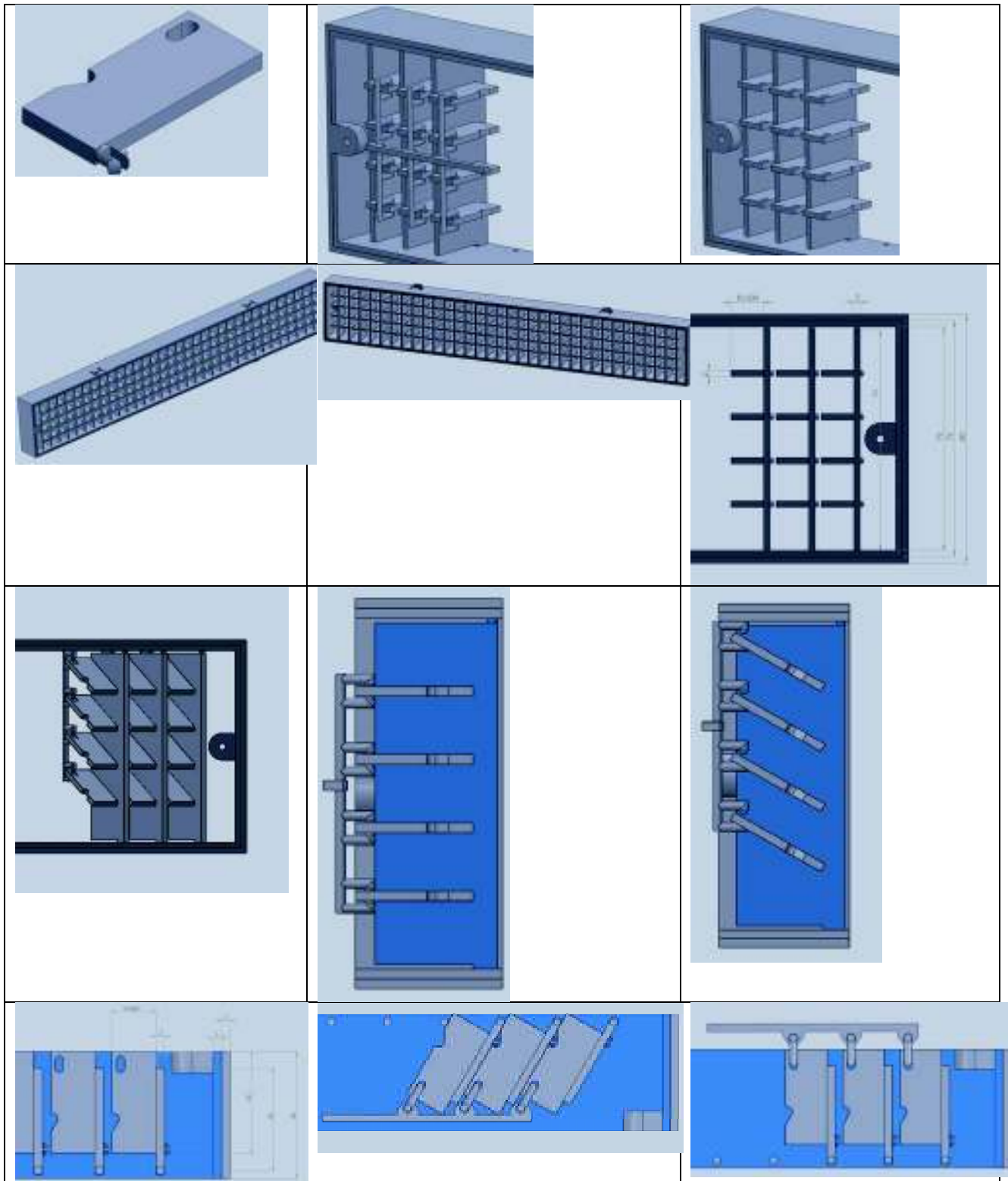


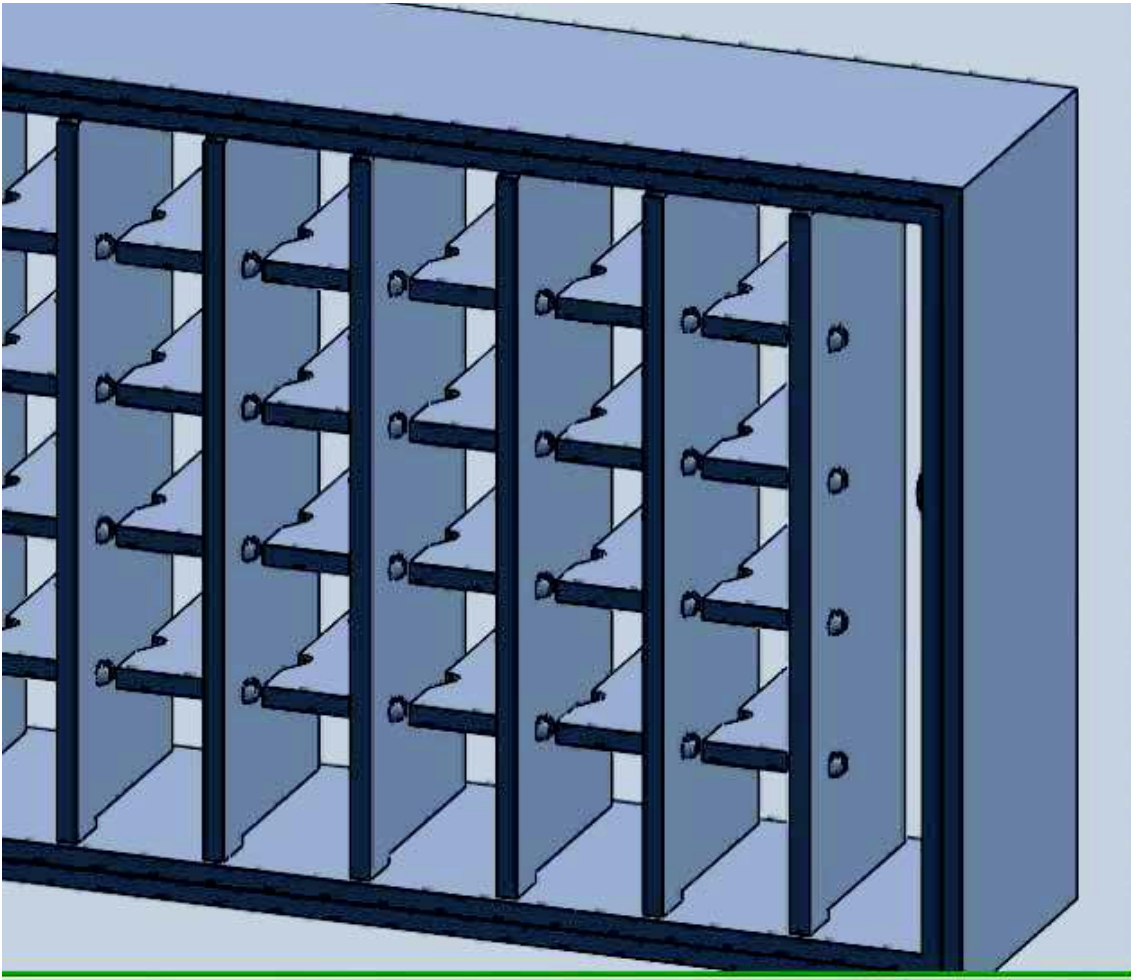
Billedet viser et delvist eksploderet billede af rist.



Bevægeme kanisme til at justere indblæsningsristen vertikalt og horisontalt.

Detaljeret tegninger af delkomponenter til indblæsningsristen





Close up billede af lamelsystemet.

Bilag 15. Test i FamilyFlexHouse

Ventilationsenhederne er testet af en enkelt familie i december måned 2011. Enhederne blev installeret på et børneværelse. Der blev aftalt, at mindst en voksen person også skulle prøve at sove i børneværelset nogle nætter. Den subjektive vurdering stammer derfor fra ét barn og én voksen person.

En mere omfattende teknisk test er som sagt tidligere udført i LabFlexHouse.



Diverse billeder af ventilationsenhederne, som er placeret i stedet for det lille øvre vindue. Denne løsning valgtes som alternativ til placering i selve ydervæggen af hensyn til dampspærren.

Kommentar fra familien:

Hej Christian

"Min mand testede det ved at sove i rummet nogle dage, og han syntes ikke, at der var trækgener. Der var lydgener – hver gang at blæseren vendte gav det en klik lyd, som var meget tydelig.

Det var vores yngste datter der normalt sov i rummet, men mens ventilationssystemet var på, kunne hun ikke sove derinde, da lyden generede hende meget".

Med venlig hilsen

AnneMette Bak og Claus

Den efterfølgende tekst beskriver familiens sammensætning, generel oplevelse af FamilyFlexHouse etc.

Vi vil savne det sunde indeklima

'Vi har virkelig nydt at bo i Teknologisk Instituts lavenergihus. Det har været sjovt at prøve selv at regulere indeklimaet i huset med en iPad! Også pigerne har været rigtig glade for at bo her – og den yngste har ikke været så meget forkølet og ramt af feber, som hun ellers plejer på den her årstid.'

Meldingen om at hele familien i det sidste halve år har haft en god hverdag i Teknologisk Instituts lavenergihus i Taastrup kommer fra AnneMette Bak, der til daglig bor i et rækkehus i Taastrup med sin mand Claus og døtrene Sasha på otte år og Mille på fire år. Mor, far og børn er netop flyttet hjem i egen bolig efter at have holdt jul i det moderne forsøgshus på 216 kvadratmeter, hvor de juleaften dansede rundt om det fire meter høje juletræ, som nåede helt op til loftet i den store stue.

Nu kan familien se tilbage på en epoke, hvor de havde til opgave at teste en ny og moderne teknologi til at styre lavenergihusets indeklima. Hver eneste dag har de voksne ført dagbog over deres oplevelse af en automatisk styring af indeklimaet – et system der bevirker, at ventilationsvinduerne selv åbner sig og persienerne selv ruller ned, når solen skinner, og det bliver for varmt inden døre. I december kulminerede forsøget med, at familien fik udleveret en iPad, hvor de selv via en App. kunne regulere indeklimaet.

Ny teknologi er enkel, overskuelig og smart at bruge

Både AnneMette og Claus har kun positive ting at sige om den nyeste teknologi, der virker over nettet. Systemet har en såkaldt energisparefunktion, der sikrer, at temperaturen i huset automatisk sænkes til 19 grader, hvis husets bevægelsessensorer registrerer, at det er mennesketomt. Teknologien har også en såkaldt komfortfunktion, der automatisk kan holde temperaturen på fx 22 grader. Skærmen giver løbende brugeren en status på, hvordan det aktuelle indeklima er i hele huset. Samtidig har brugeren via denne oversigt adgang til selv at ændre ved indeklimaforholdene.

- Den nye App. er både enkel, overskuelig og smart at håndtere. Den tillader ved et enkelt 'touch', at du selv kan skruer op eller ned for varmen, aktivere solafskærmningen eller åbne for vinduerne både i stueetagen og på første sal – og det uanset om du befinder dig hjemme eller er ude af huset, siger Claus begejstret.

Foretrækker at kunne regulere indeklimaet med ny teknologi

Familien havde fx i løbet af efteråret stor gavn af selv at kunne sætte varmen op til 23 grader på badeværelset og i det nordvest vendte børneværelse i forsøgshuset.

- Det var dejligt at træde ud af badet om morgenen uden at småfryse. Det var også skønt med en god varme på børneværelserne, så vi ikke skulle bekymre os om vores yngste datter Mille, som

plejer konstant at være meget forkølet og få feber omtrent hver tredje uge i vinterhalvåret. Hun har kun haft feber én gang, mens vi har boet her. Så det har været en god ting, at vi ikke skulle slå krøller på os selv for at få hverdagen til at hænge sammen med to job og et barn, der ofte er syg i en hel uge eller længere, fortæller AnneMette Bak og tilføjer, at hun krydser fingre for, at eksperterne snart bliver færdige med deres mange test, så familien kan komme til at købe et færdigudviklet styringssystem til rækkehuset. Her har familien nemlig svært ved at regulere temperaturen og udluftningen både i sommer- og vinterhalvåret.

Ifølge ingeniør Anders Høj Christensen fra Teknologisk Institut er der udsigt til, at der om et par år kommer et samlet system, som får de forskellige installationer fra forskellige producenter til at 'snakke' sammen og fungere tilfredsstillende i forskellige typer af boliger.

- Vi har fået en uvurderlig hjælp fra familien Bak til at optimere på vores nye prototype til at styre indeklimaet i vores lavenergihus – fx har familien påpeget, at det vil være en fordel, hvis vi på oversigten for husets indeklima har en funktion, som synliggør, hvad det vil koste at hæve temperaturen én grad i husets forskellige værelser. På den måde kan fremtidige beboere vurdere, om den ekstra komfort, der ligger i en højere rumtemperatur, også er pengene værd, siger Anders Høj Christensen, der fortsætter arbejdet med at udvikle en brugbar løsning på en samlet styringsstrategi til at sikre et godt og komfortabelt indeklima i fremtidens boliger.



AnneMette og Claus Bak har sammen med pigerne Sasha og Mille haft en god oplevelse af at bo i Teknologisk Instituts lavenergihus, hvor en ny 'intelligent' teknologi styrer indeklimaet, så det opleves som behageligt. Og meget tyder på at indeklimaet også er sundt – i hvert fald har den yngste ikke været ramt af forkølelse og feber, som hun ellers plejer i vinterhalvåret.



Teknologisk Instituts forsøgshus venter nu på den sjette familie, der skal flytte ind. De kommende beboere skal teste en videreudvikling af indeklimastyringen med henblik på at udvikle komponenter til boligsektoren.



MÅLERAPPORT

LDV hastighedsprofilmåling af ventilationssystem

Udført for:

inVentilate
Att. Morten Lundehøj
Birk Centerpark 40
7400 Herning

Udført af:

Teknologisk Institut
Kalibreringslaboratorierne
Kongsvangs Allé 29
8000 Århus C

Tekniker:

Matthew Adams, Cand.Scient.

Måleperiode:

4-8. august 2011

Målested:

Laboratoriet for Køle- og Varmepumpeteknik

Dato:

9. marts 2012

Indhold

1.	Formål.....	3
2.	Måleforhold	3
3.	Resultater	4
4.	Bilag.....	5

1. Formål

Formålet med målingerne er at undersøge luftforholdene omkring udgangen af et ventilationssystem produceret af firmaet inVentilate, med henblik på at vurdere energieffektiviteten af anlægget under driftsforhold. Dette undersøges både ved ind sugning og udblæsning.

2. Måleforhold

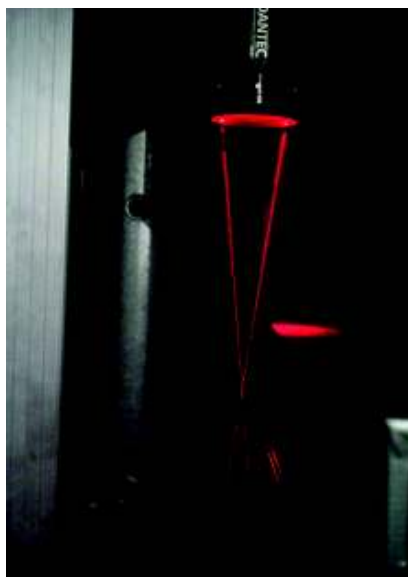
Ventilationssystemet består af 5 komponenter samlet i en kasse, hvor hver komponent har sin egen varme/køleflade og blæser. En 5-12V forsyningskabel tilsluttet systemet regulerer alle blæsere samtidigt.

For alle målinger anvendes følgende spændinger: 6 - 8 - 10 - 12 Volt. Dette svarer til udblæsnings- og ind sugningshastigheder i hhv. 0 - 3 m/s og 0 - 1,5 m/s området.

Ventilationssystemet anbringes i et tætsluttet klimaskab af dimensioner $h \cdot l \cdot b = 4\text{m} \cdot 5\text{m} \cdot 8\text{m}$ for at sikre mod utilsigtede luftstrømme.

For hver spændingsindstilling udføres en profilmåling over det samlede tværsnitsareal af ventilationssystemets udgang ved hjælp af Laser-Doppler Velocimetri (LDV). Det anvendte LDV udstyr består af en HeNe 10mW laserkilde, en probe med en brændevide på 160,3mm og en signalprocessor til behandlingen af måledata. Ydermere anvendes røggas seeding under forsøget for at muliggøre hastighedsmåling vha. LDV.

LDV proben anbringes på en traverseringsbænk, og indstilles til at måle i step á 10mm hen over tværsnitsarealet i både x og y akser. Fra disse målinger kan et hastighedsprofil tegnes for hver spændingsindstilling.



En detaljeret optegning af ventilationssystemet angives i bilag 1.

3. Resultater

	VDC indstilling	Vægtet middel-hastighed (m/s)	Flow pr. enhed (l/s)	Total flow (l/s)
Udblæsning	6 V	1,020	8,6	42,9
	8 V	1,381	11,6	58,0
	10 V	1,713	14,4	71,9
	12 V	1,766	14,8	74,2

	VDC indstilling	Vægtet middel-hastighed (m/s)	Flow pr. enhed (l/s)	Total flow (l/s)
Indsugning	6 V	-0,537	-4,5	-22,5
	8 V	-0,733	-6,2	-30,8
	10 V	-0,922	-7,7	-38,7
	12 V	-0,904	-7,6	-38,0

4. Bilag

I de følgende LDV profilbilleder kan ses omridset af åbningerne for hver af de 5 komponenter i siddende i kassen (farvet med mørkeblåt).

Bilag 1

Optegning af ventilationssystemet produceret af inVentilate

Bilag 2a

Udblæsning: LDV hastighedsprofil for 6 - 8 - 10 - 12 Volt (*anskuelsesvinkel a*).

Bilag 2b

Udblæsning: LDV hastighedsprofil for 6 - 8 - 10 - 12 Volt (*anskuelsesvinkel b*).

Bilag 2c

Udblæsning: LDV hastighedsprofil for 6 - 8 - 10 - 12 Volt (*anskuelsesvinkel c*).

Bilag 2d

Udblæsning: LDV hastighedsprofil for 6 - 8 - 10 - 12 Volt (*anskuelsesvinkel d*).

Bilag 2e

Udblæsning: LDV hastighedsprofil for 6 - 8 - 10 - 12 Volt (*anskuelsesvinkel e*).

Bilag 3a

Indsugning: LDV hastighedsprofil for 6 - 8 - 10 - 12 Volt (*anskuelsesvinkel a*).

Bilag 3b

Indsugning: LDV hastighedsprofil for 6 - 8 - 10 - 12 Volt (*anskuelsesvinkel b*).

Bilag 3c

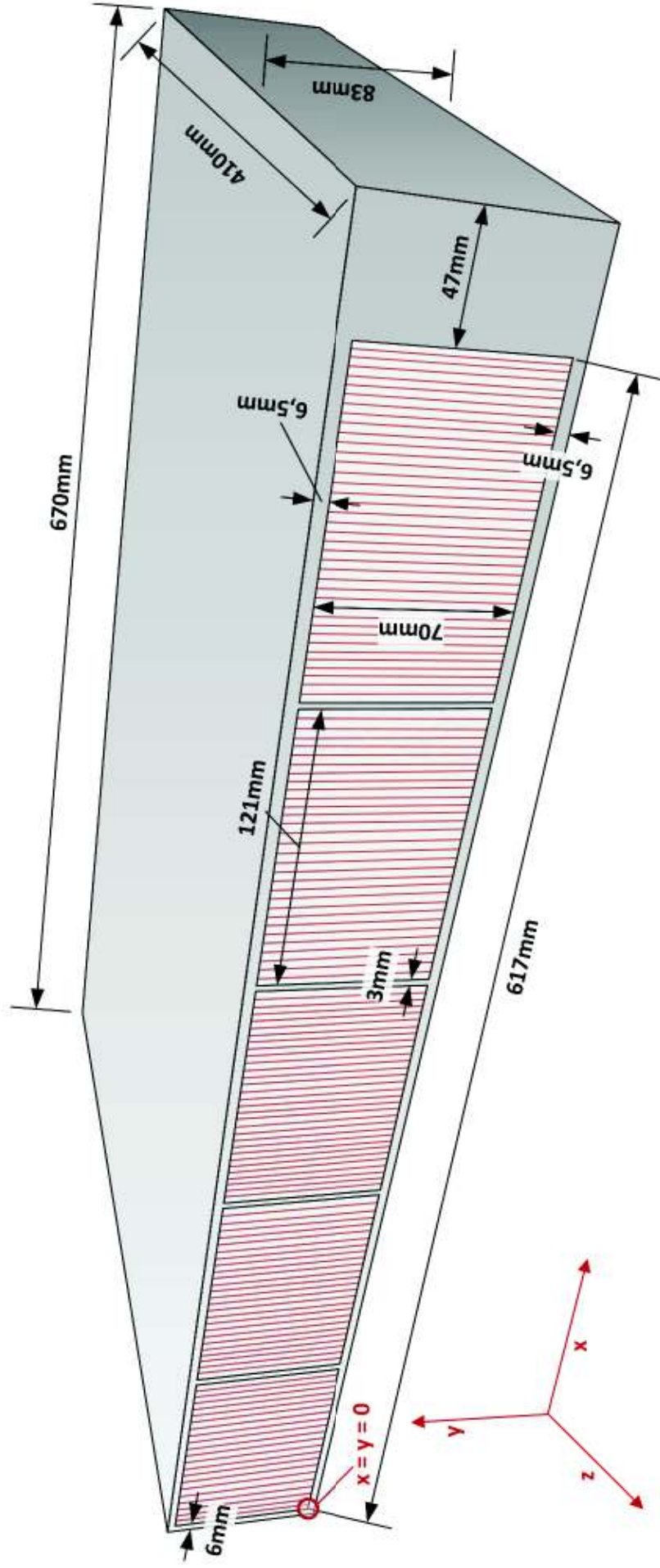
Indsugning: LDV hastighedsprofil for 6 - 8 - 10 - 12 Volt (*anskuelsesvinkel c*).

Bilag 3d

Indsugning: LDV hastighedsprofil for 6 - 8 - 10 - 12 Volt (*anskuelsesvinkel d*).

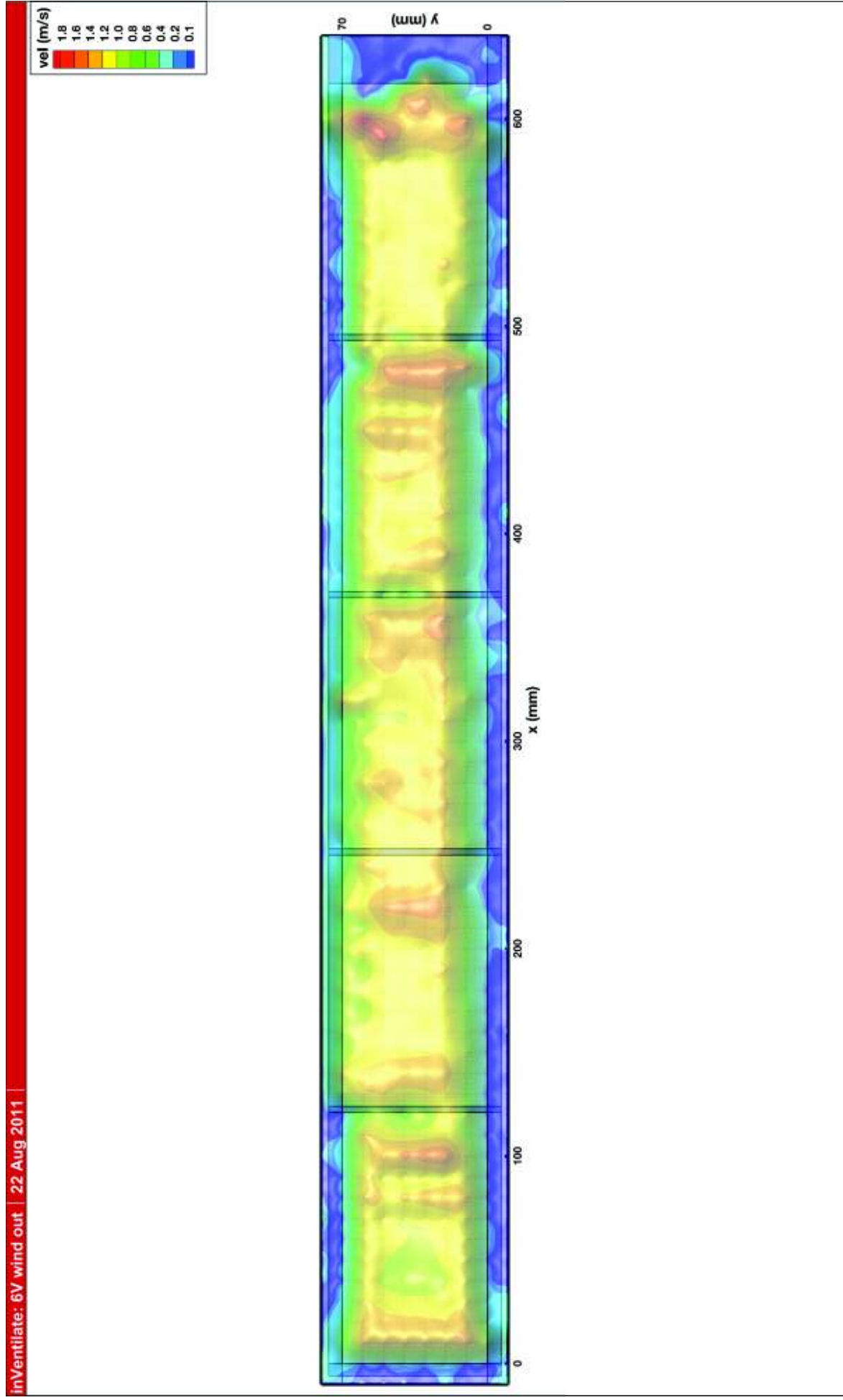
Bilag 3e

Indsugning: LDV hastighedsprofil for 6 - 8 - 10 - 12 Volt (*anskuelsesvinkel e*).

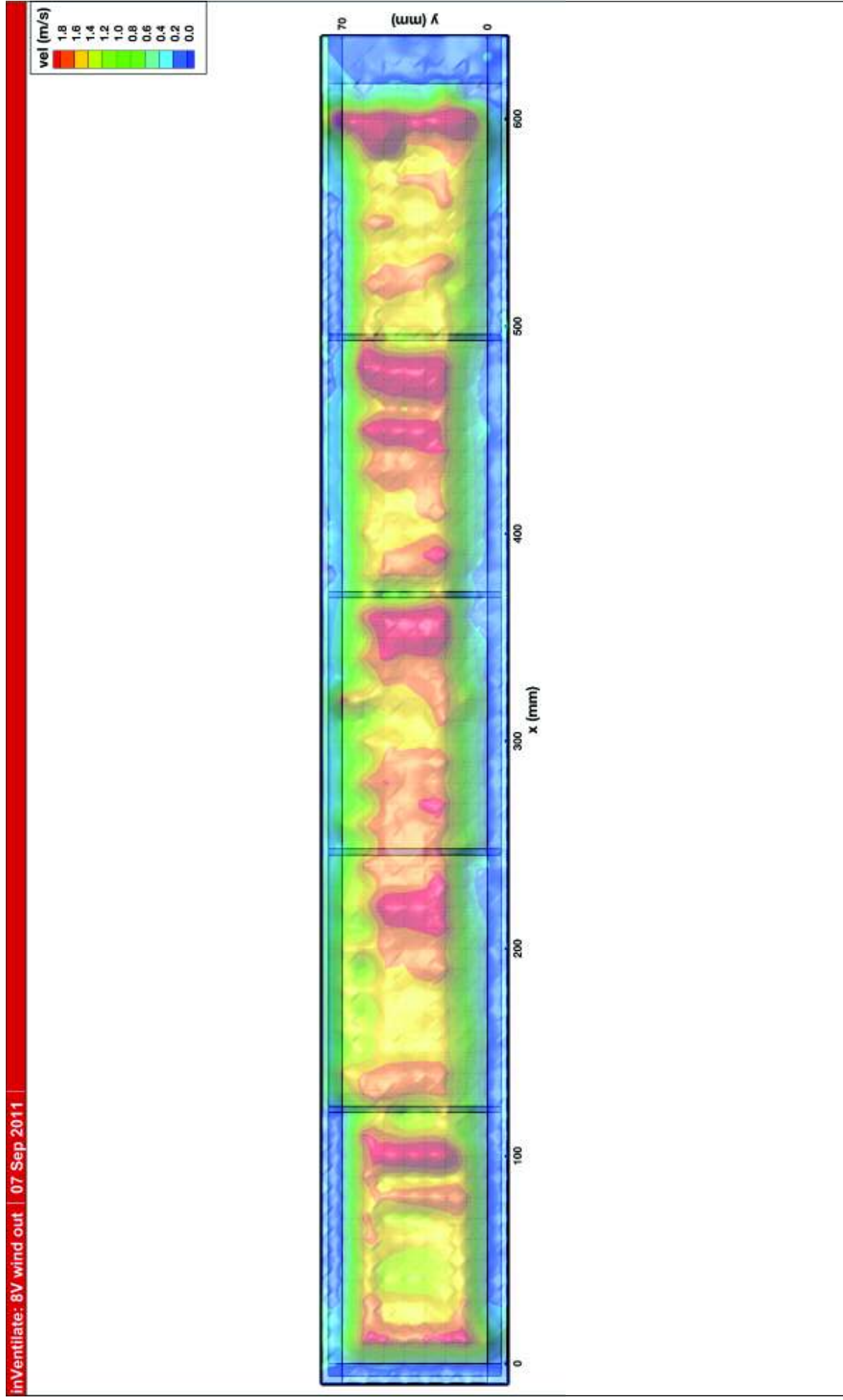


Optegning af ventilationssystemet, med forsiden vendt udadtil. Det viste koordinatsystem svarer til det benyttet i LDV målingerne, som også fremgår i de følgende profilleder.

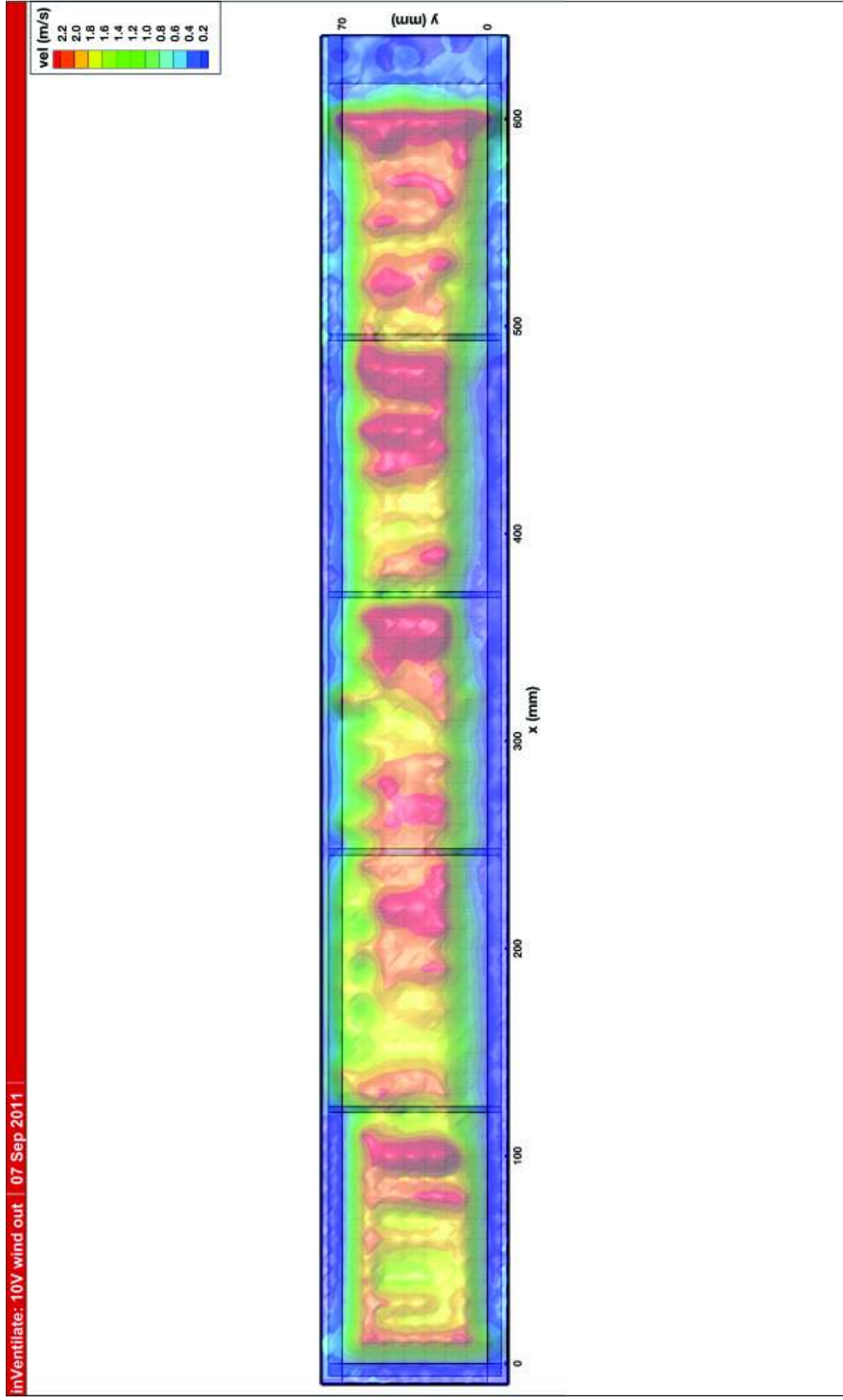
Dato: 9. marts 2012
Bilag: 2a (Udblæsning)



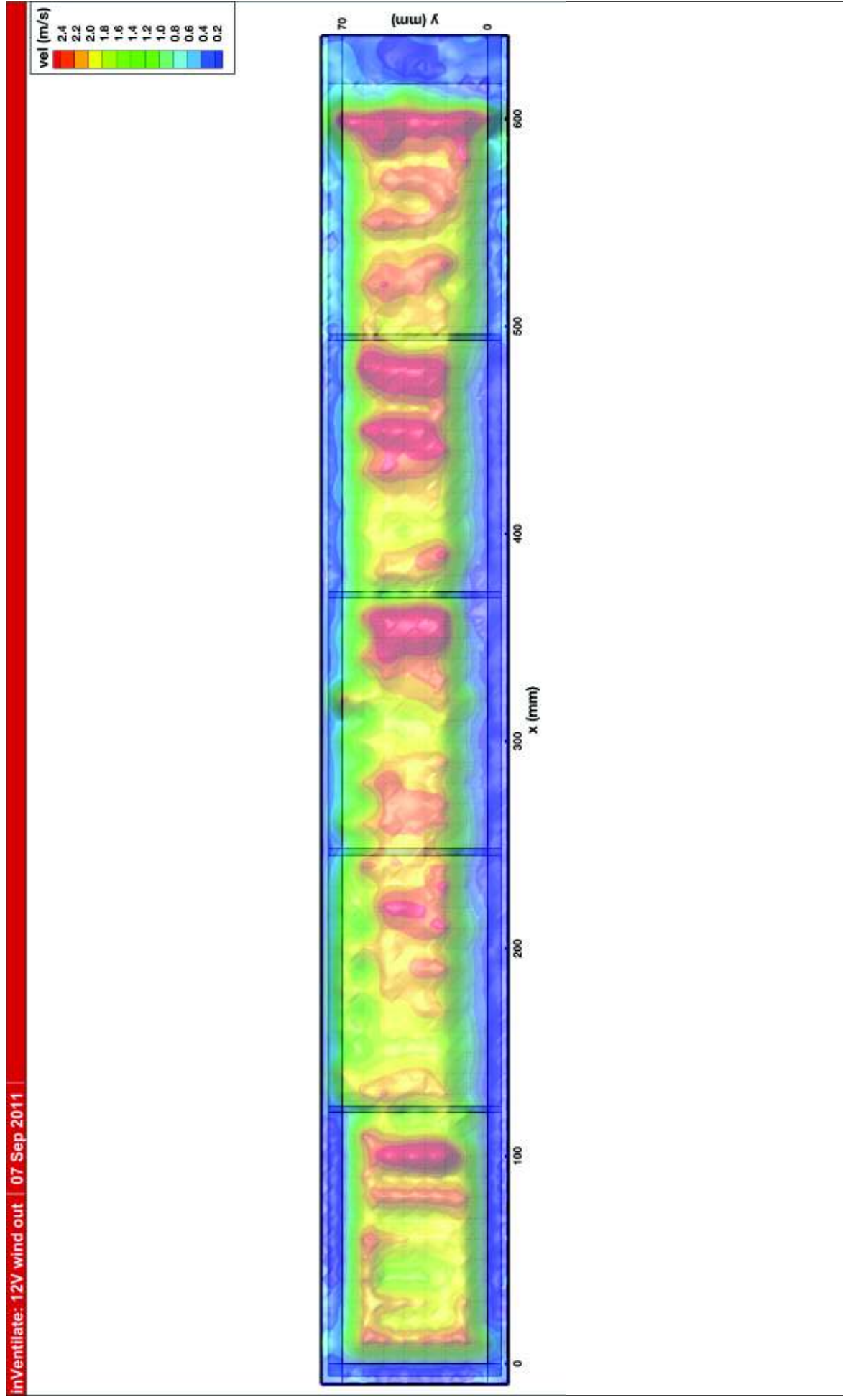
Dato: 9. marts 2012
Bilag: 2a (Udblæsning)



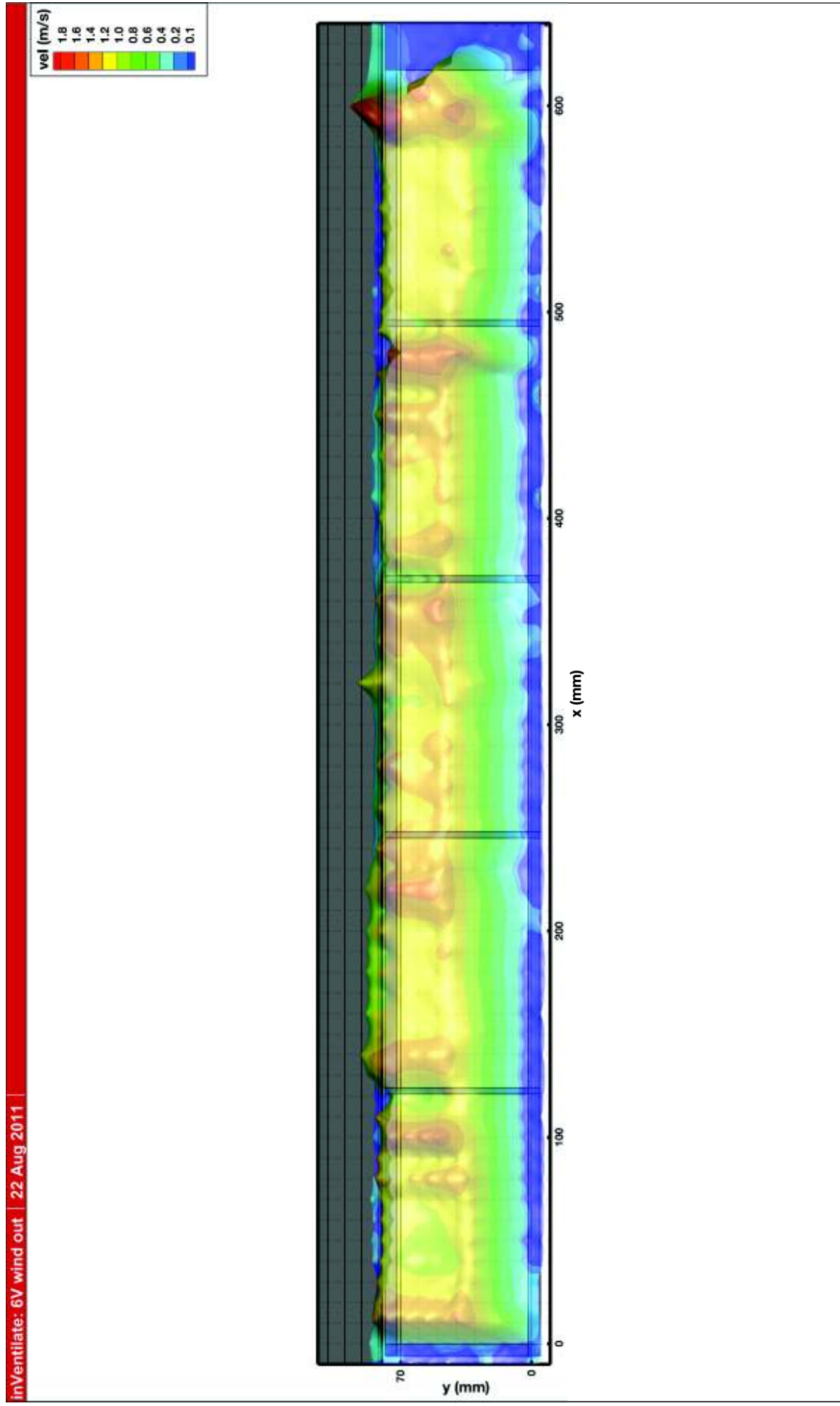
Dato: 9. marts 2012
Bilag: 2a (Udblæsning)



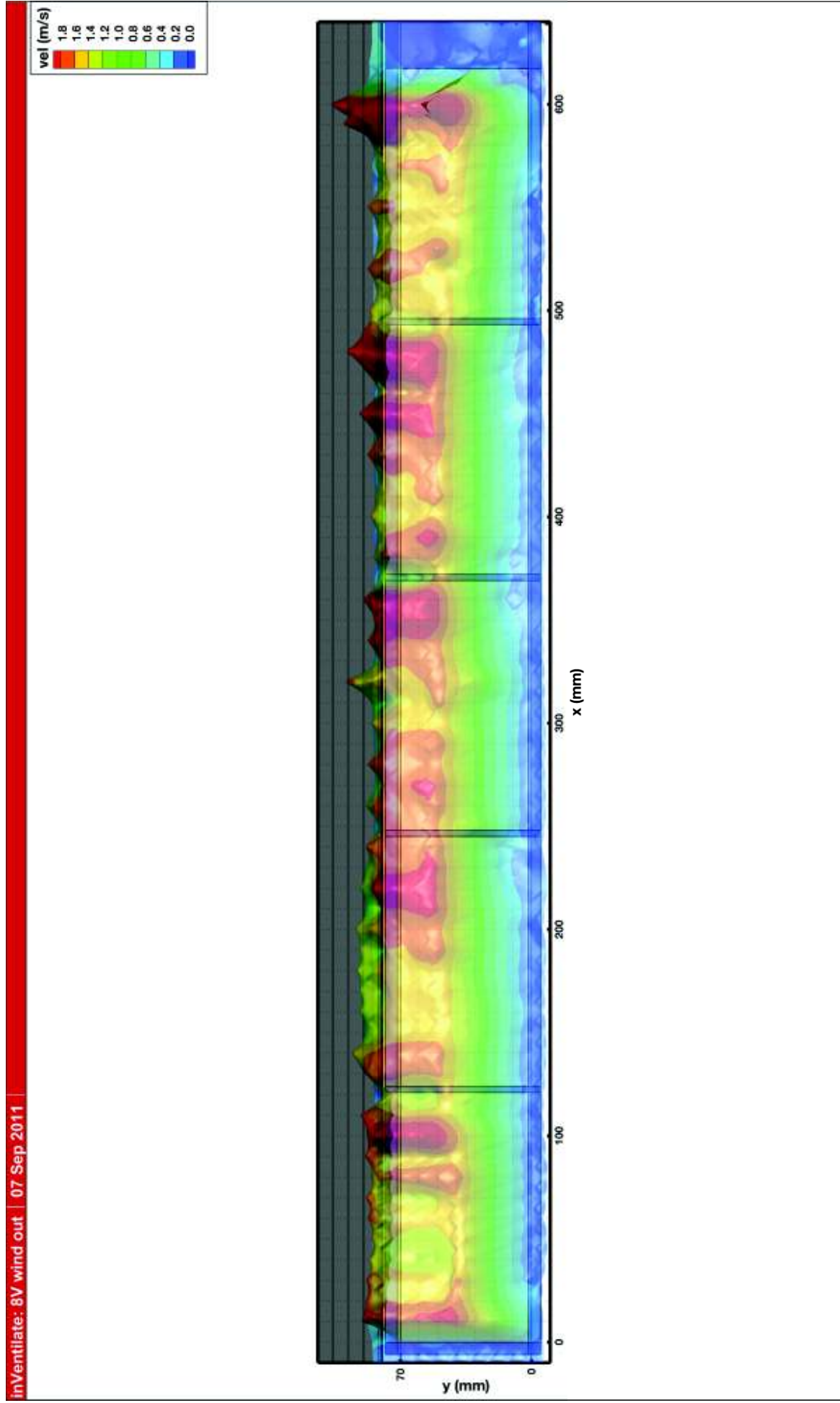
Dato: 9. marts 2012
Bilag: 2a (Udblæsning)



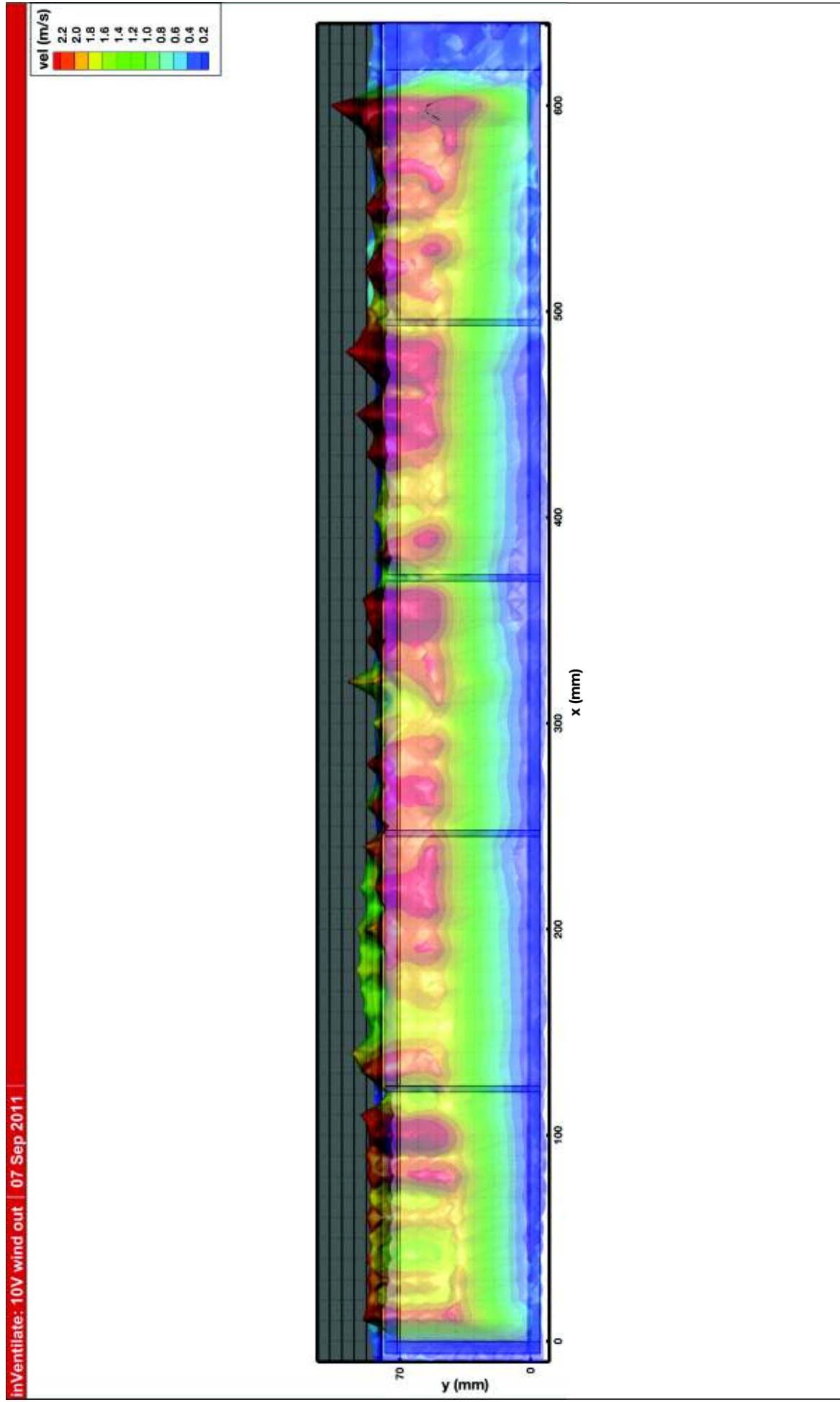
Dato: 9. marts 2012
Bilag: 2b (Udblæsning)



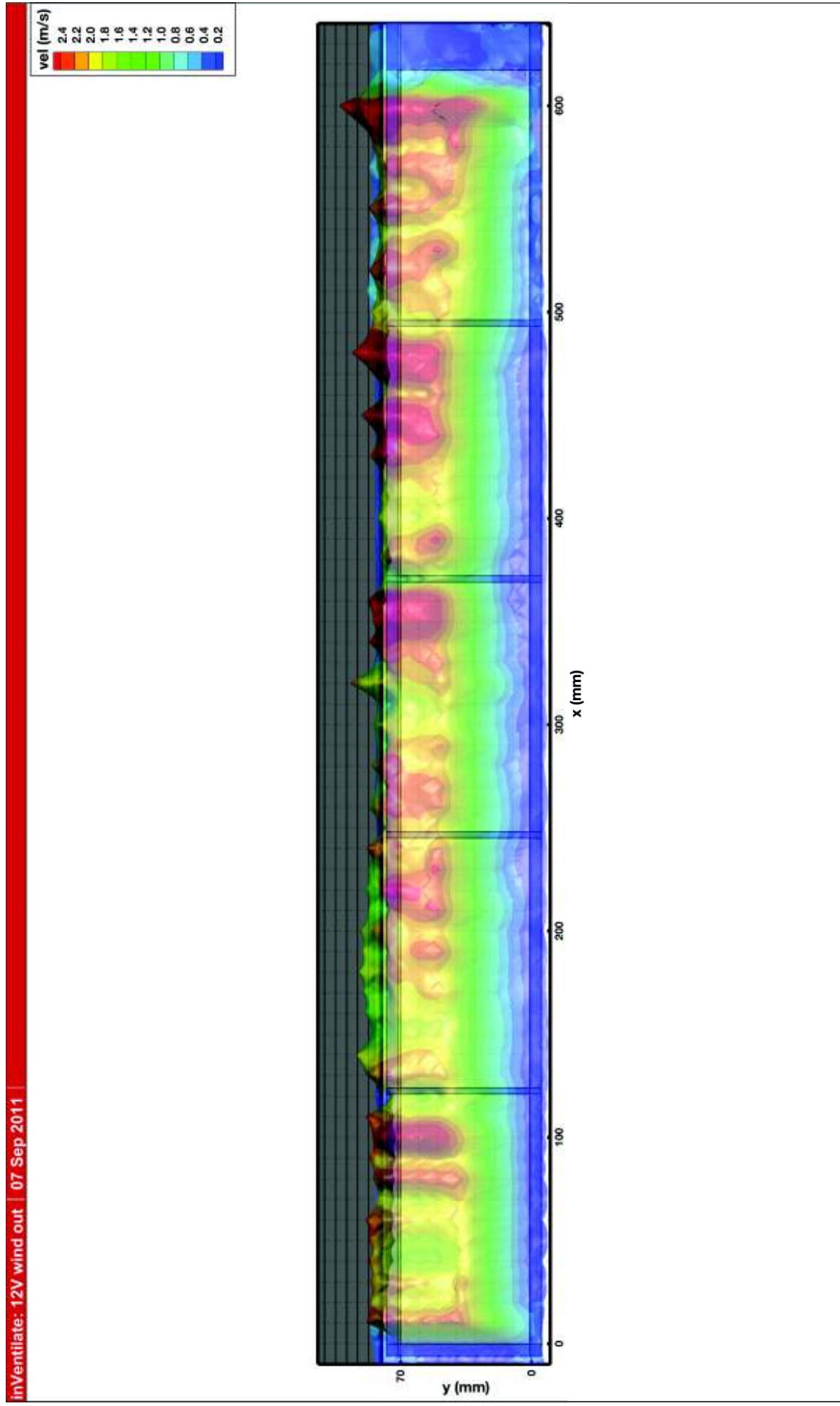
Dato: 9. marts 2012
Bilag: 2b (Udblæsning)



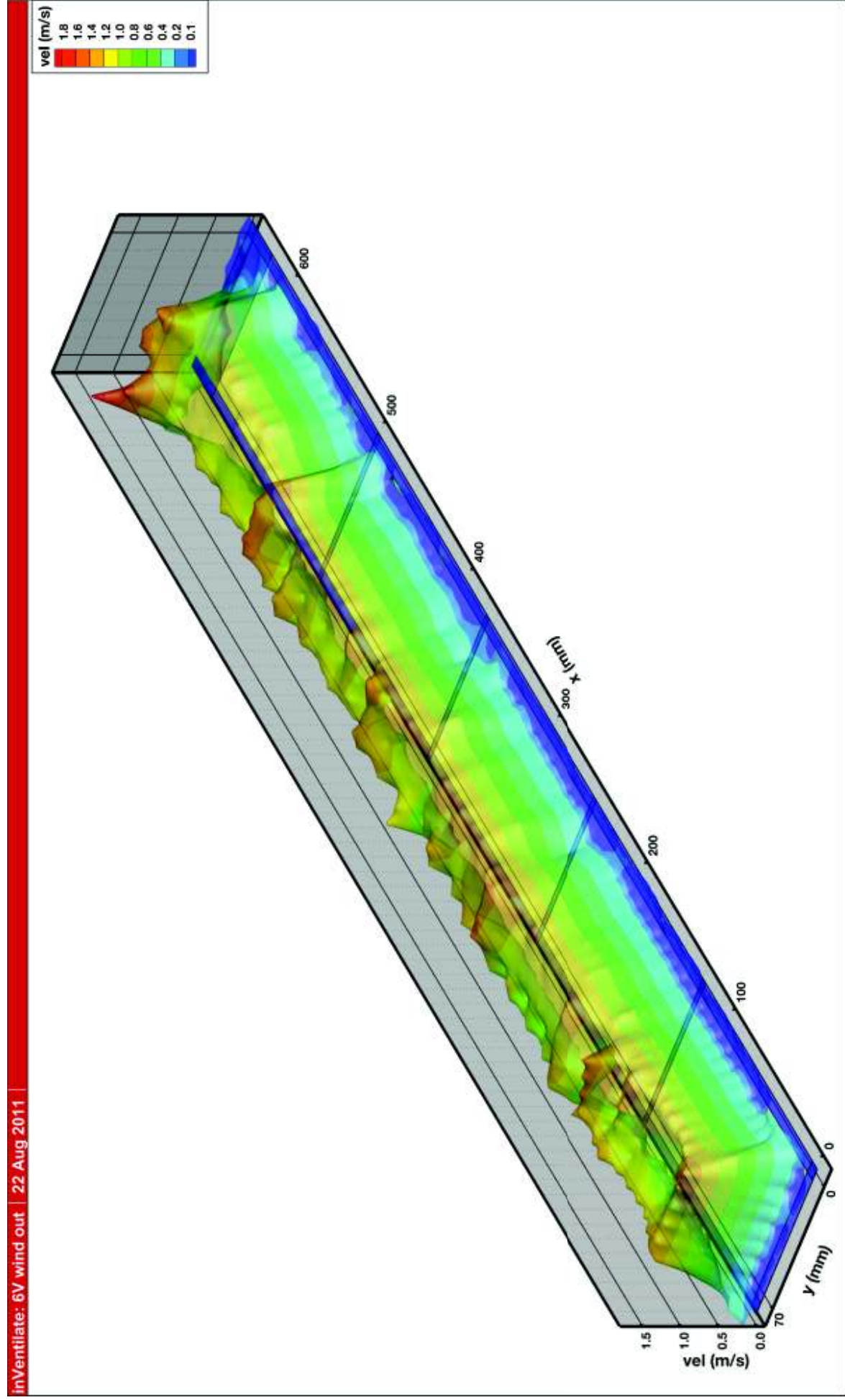
Dato: 9. marts 2012
Bilag: 2b (Udblæsning)



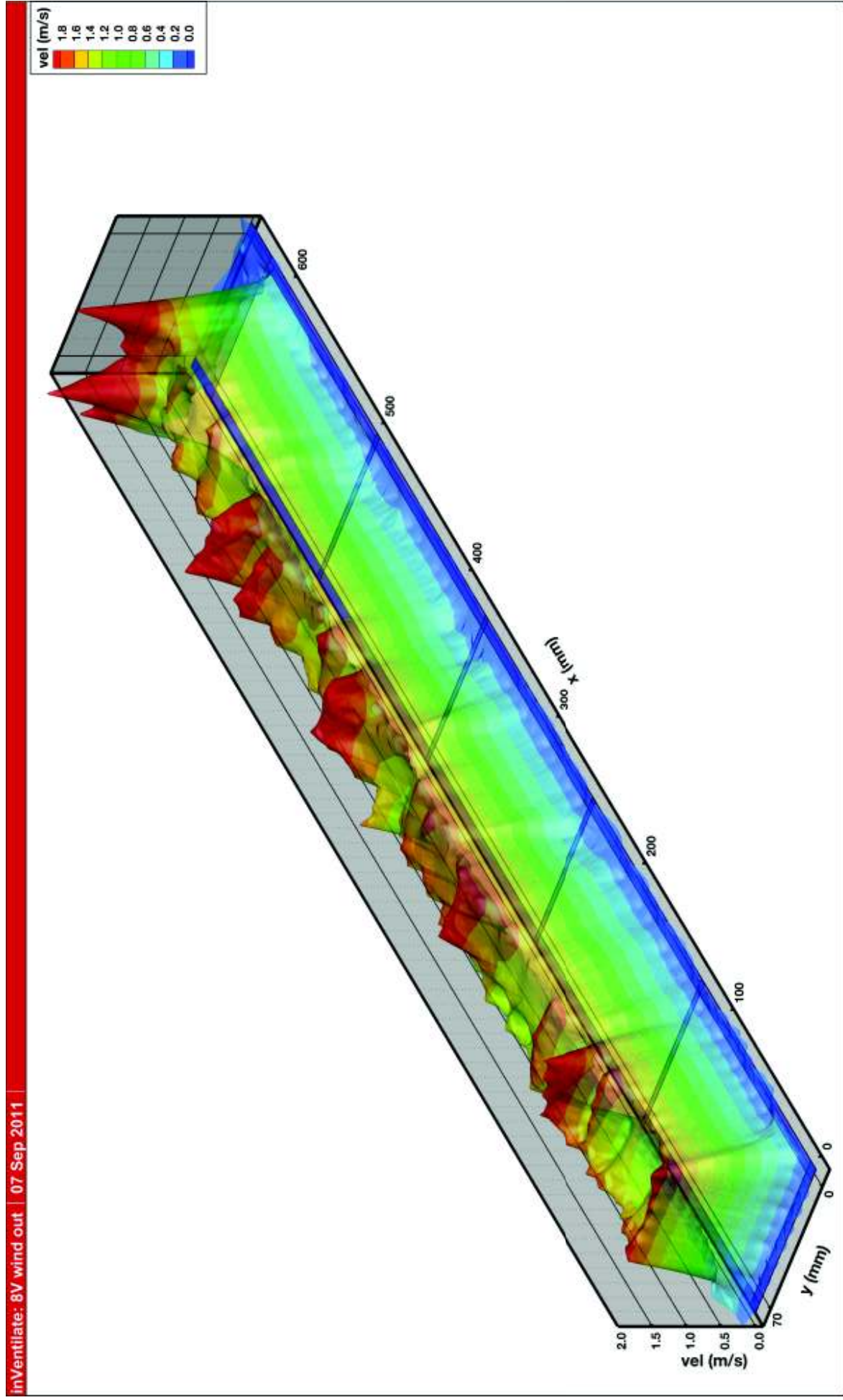
Dato: 9. marts 2012
Bilag: 2b (Udblæsning)



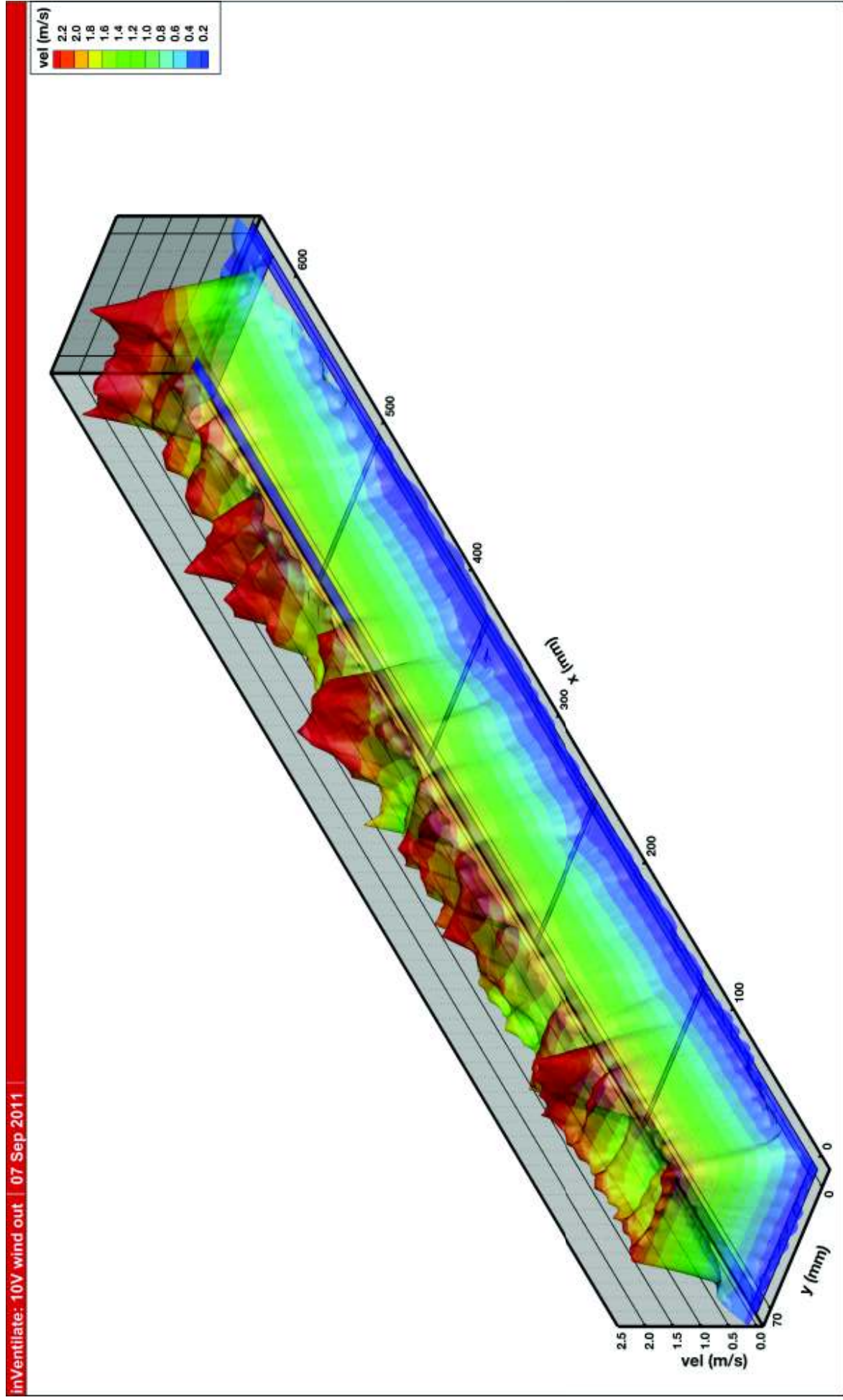
Dato: 9. marts 2012
Bilag: 2c (Udblæsning)



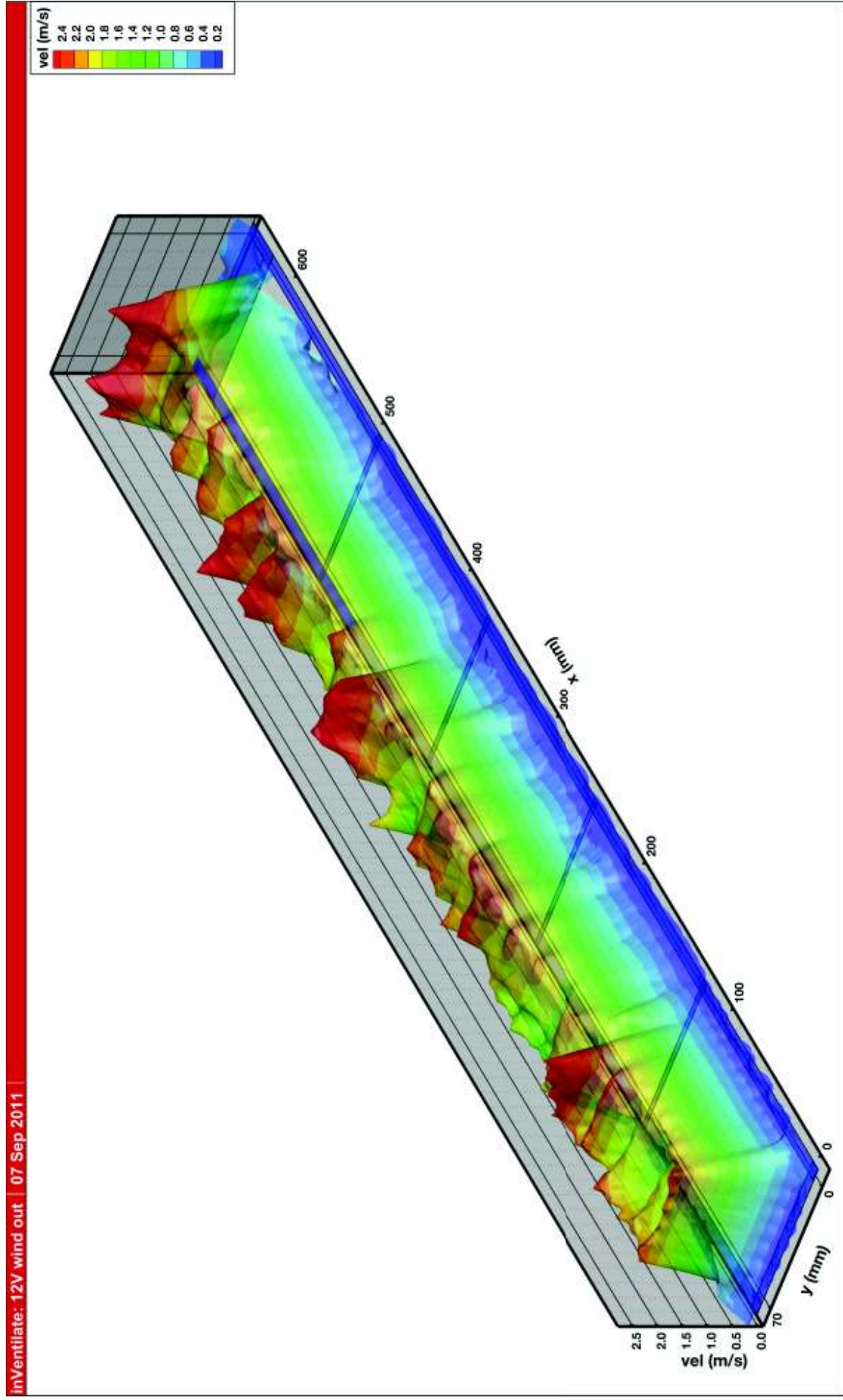
Dato: 9. marts 2012
Bilag: 2c (Udblæsning)



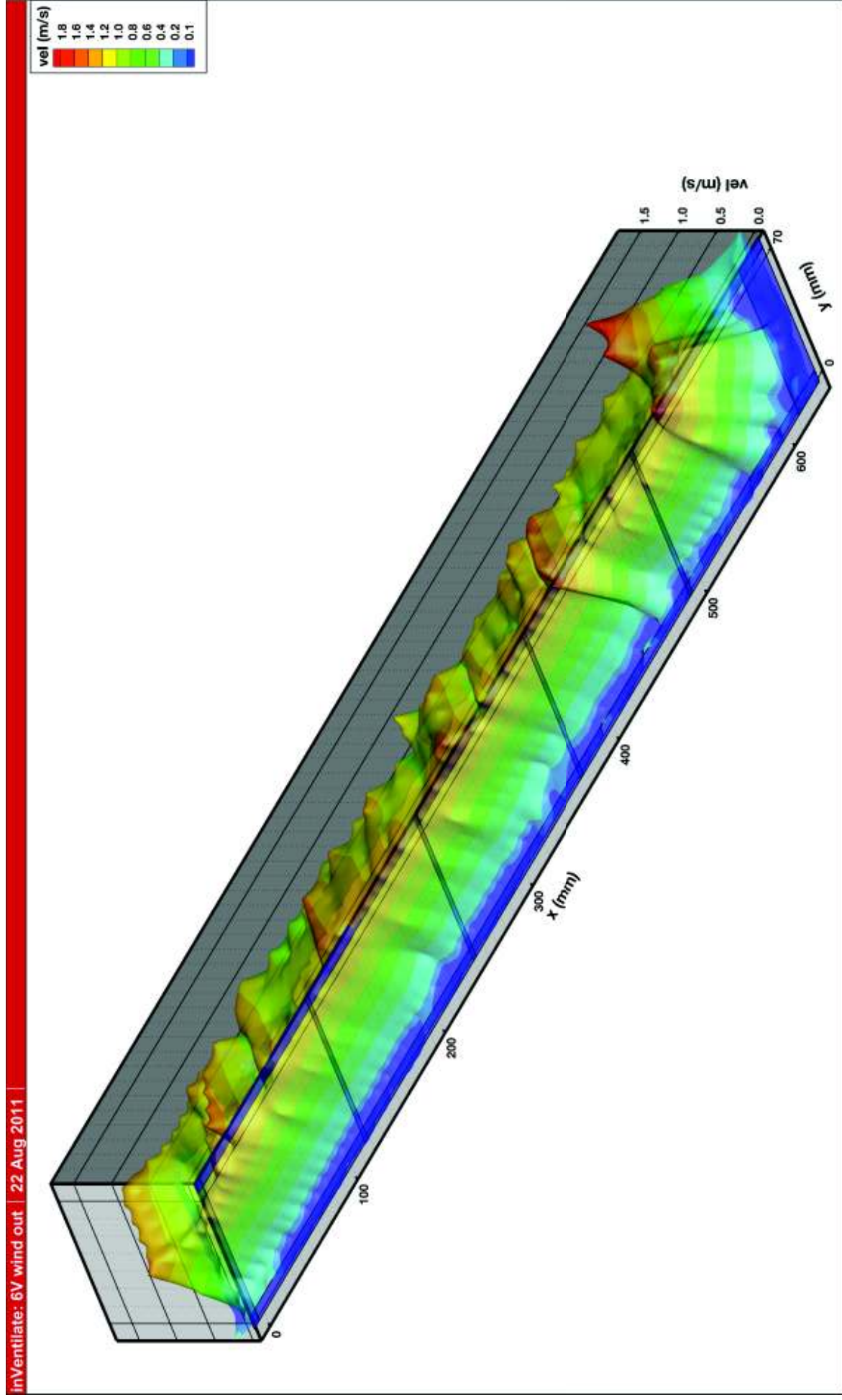
Dato: 9. marts 2012
Bilag: 2c (Udblæsning)



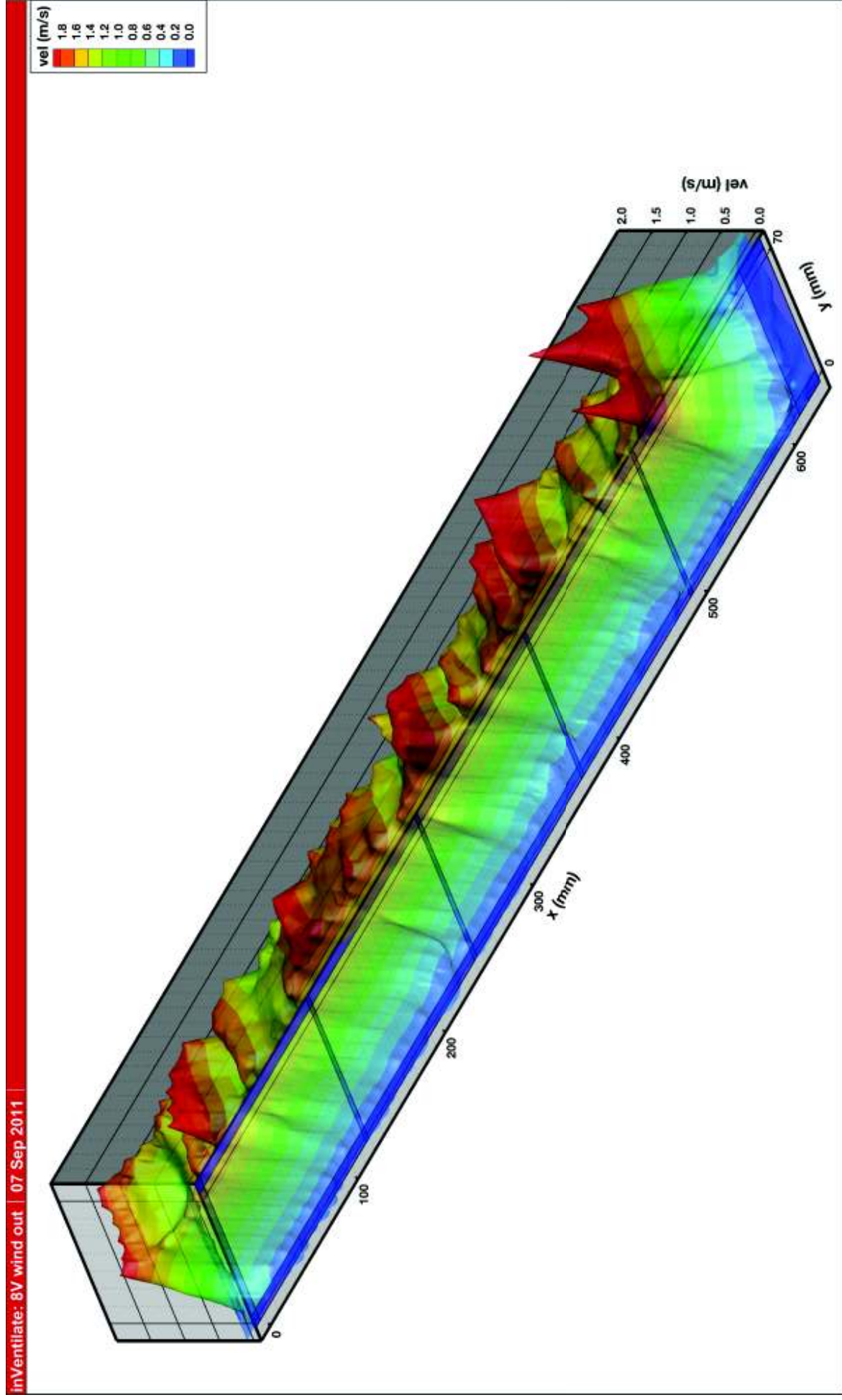
Dato: 9. marts 2012
Bilag: 2c (Udblæsning)



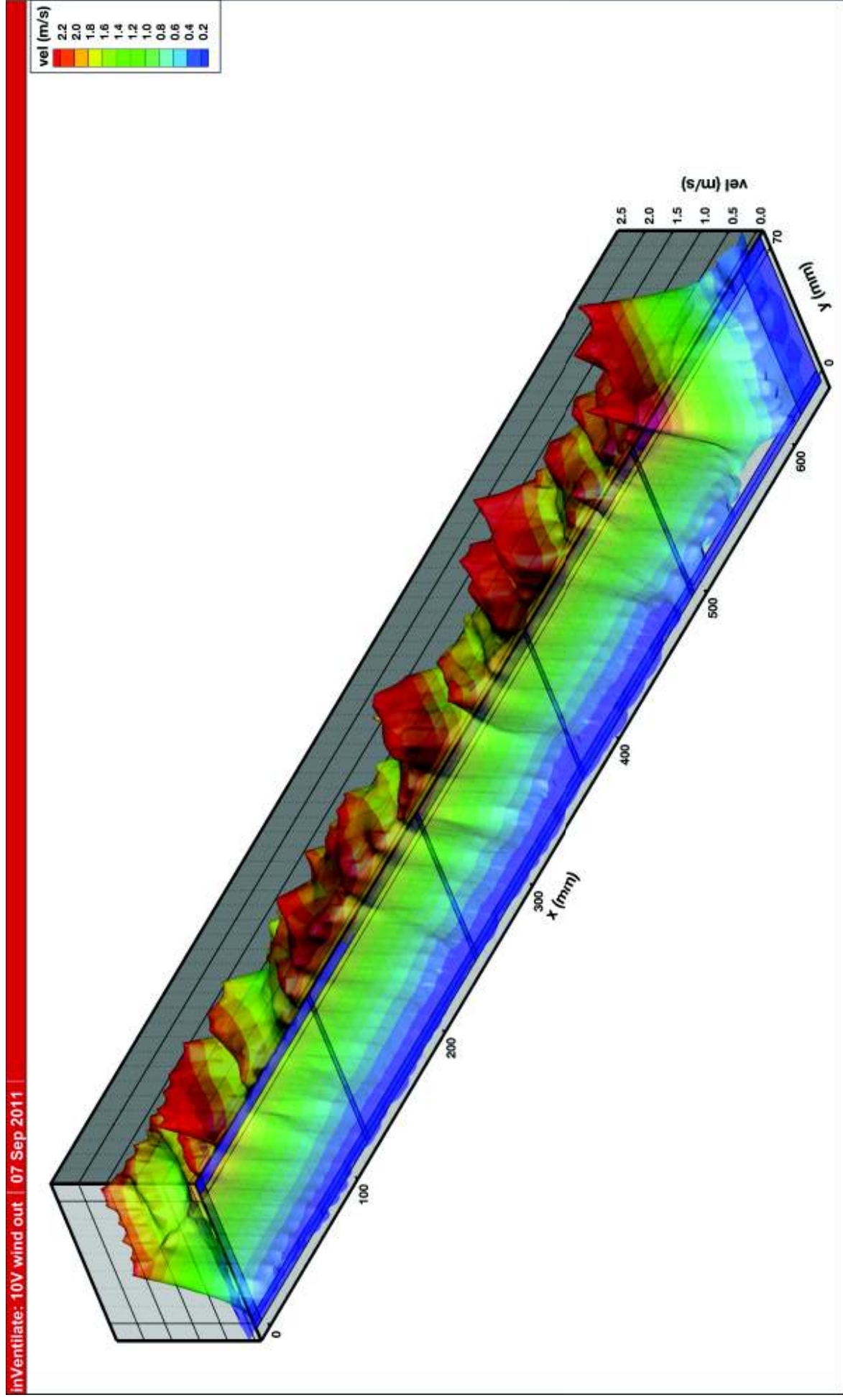
Dato: 9. marts 2012
Bilag: 2d (Udblæsning)



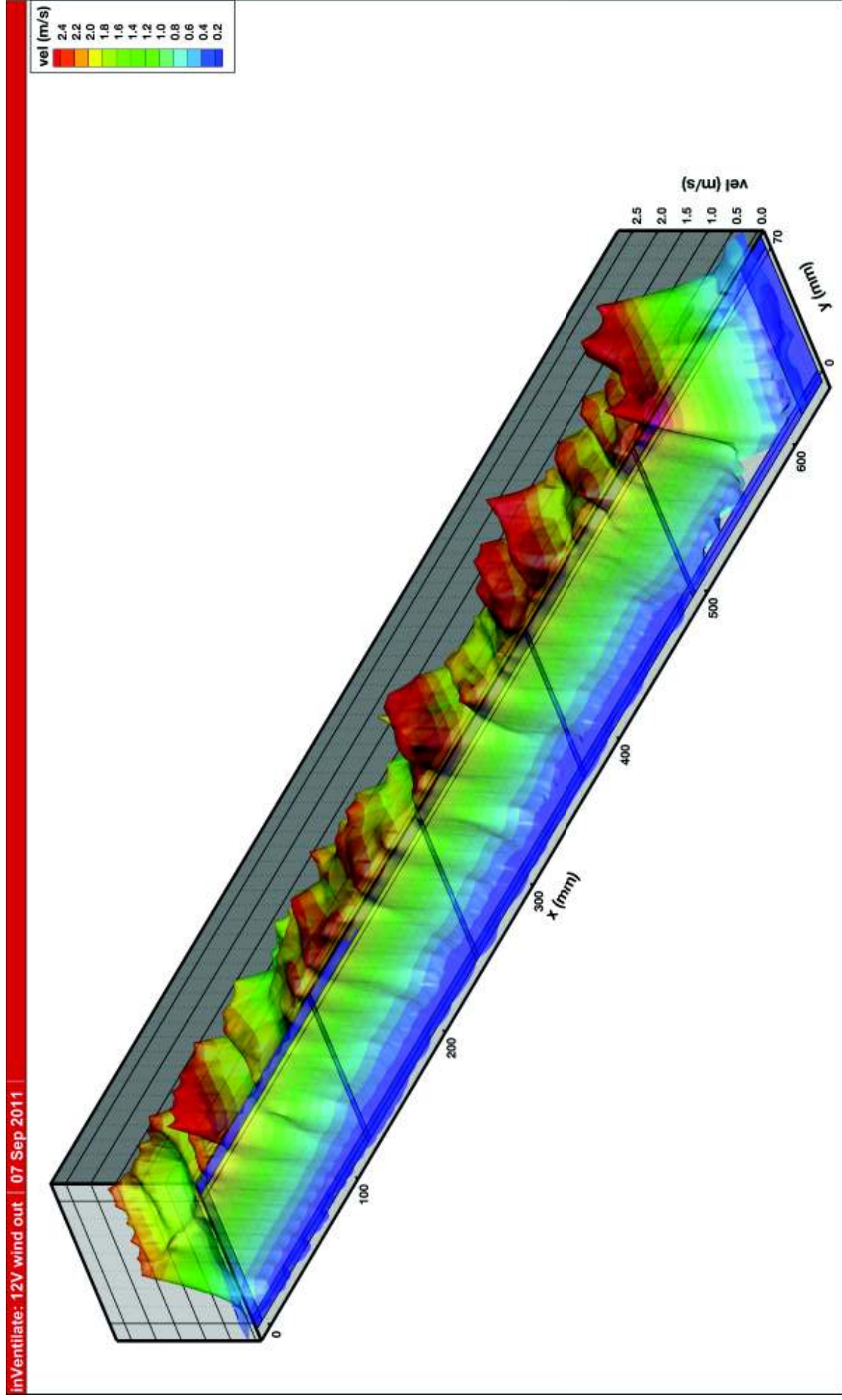
Dato: 9. marts 2012
Bilag: 2d (Udblæsning)



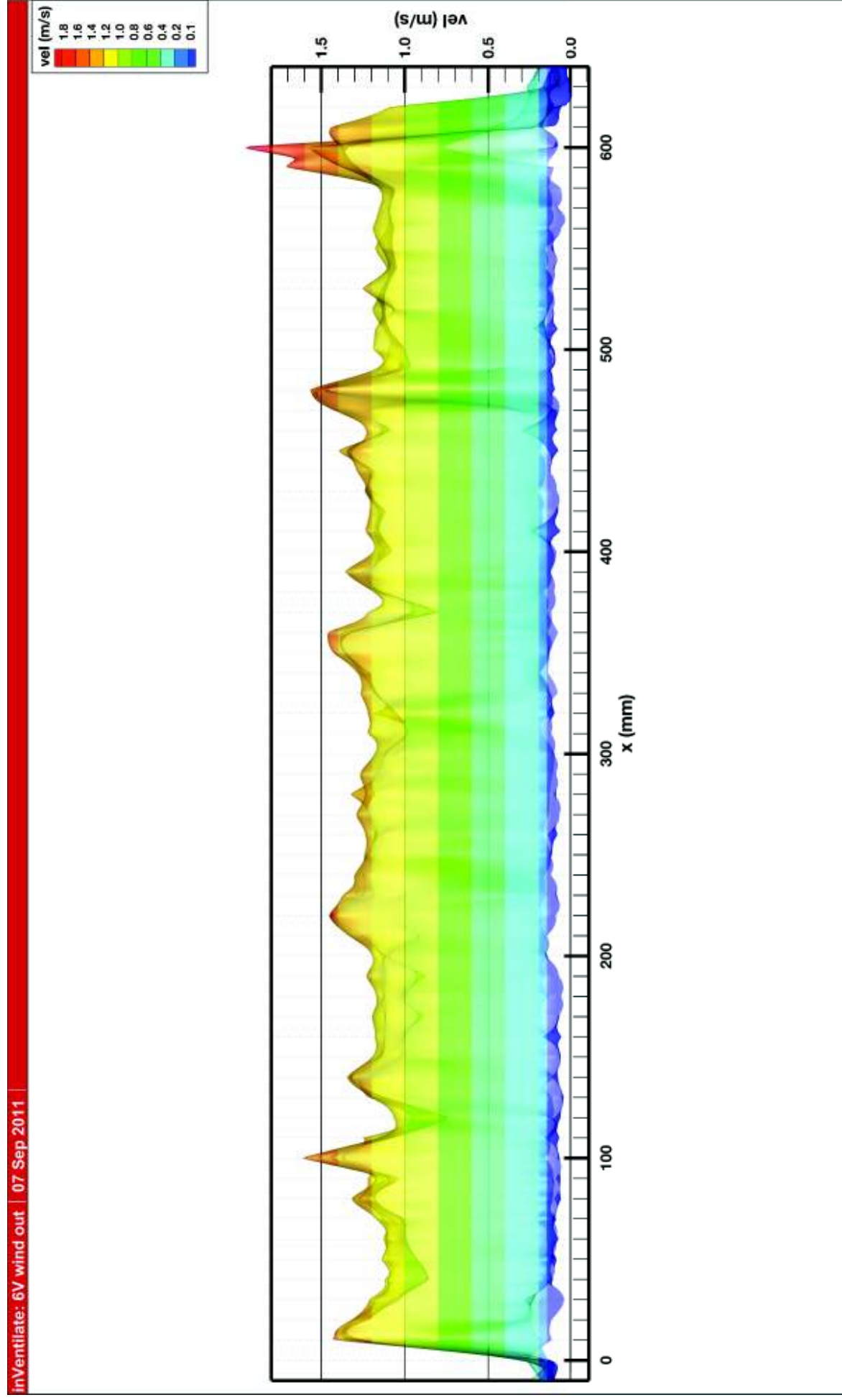
Dato: 9. marts 2012
Bilag: 2d (Udblæsning)



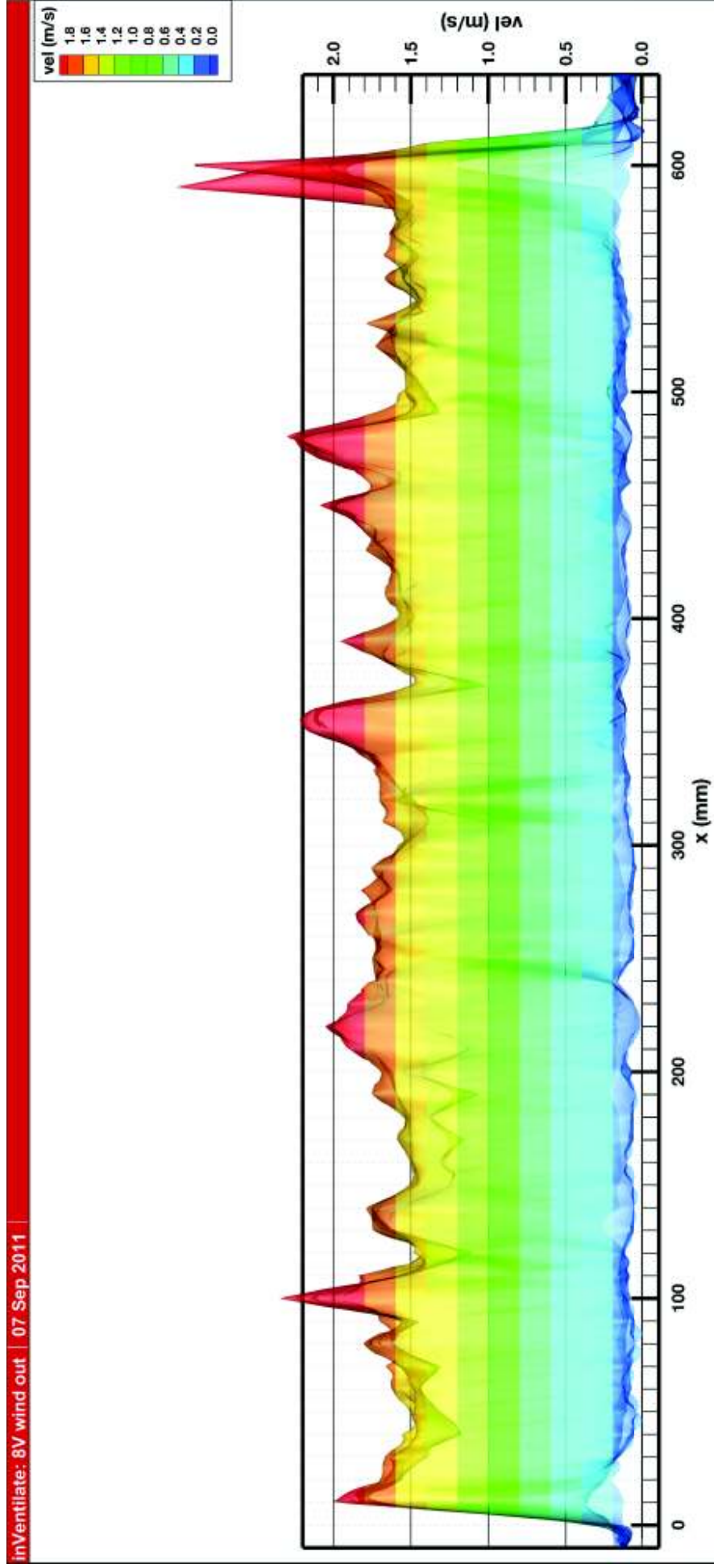
Dato: 9. marts 2012
Bilag: 2d (Udblæsning)



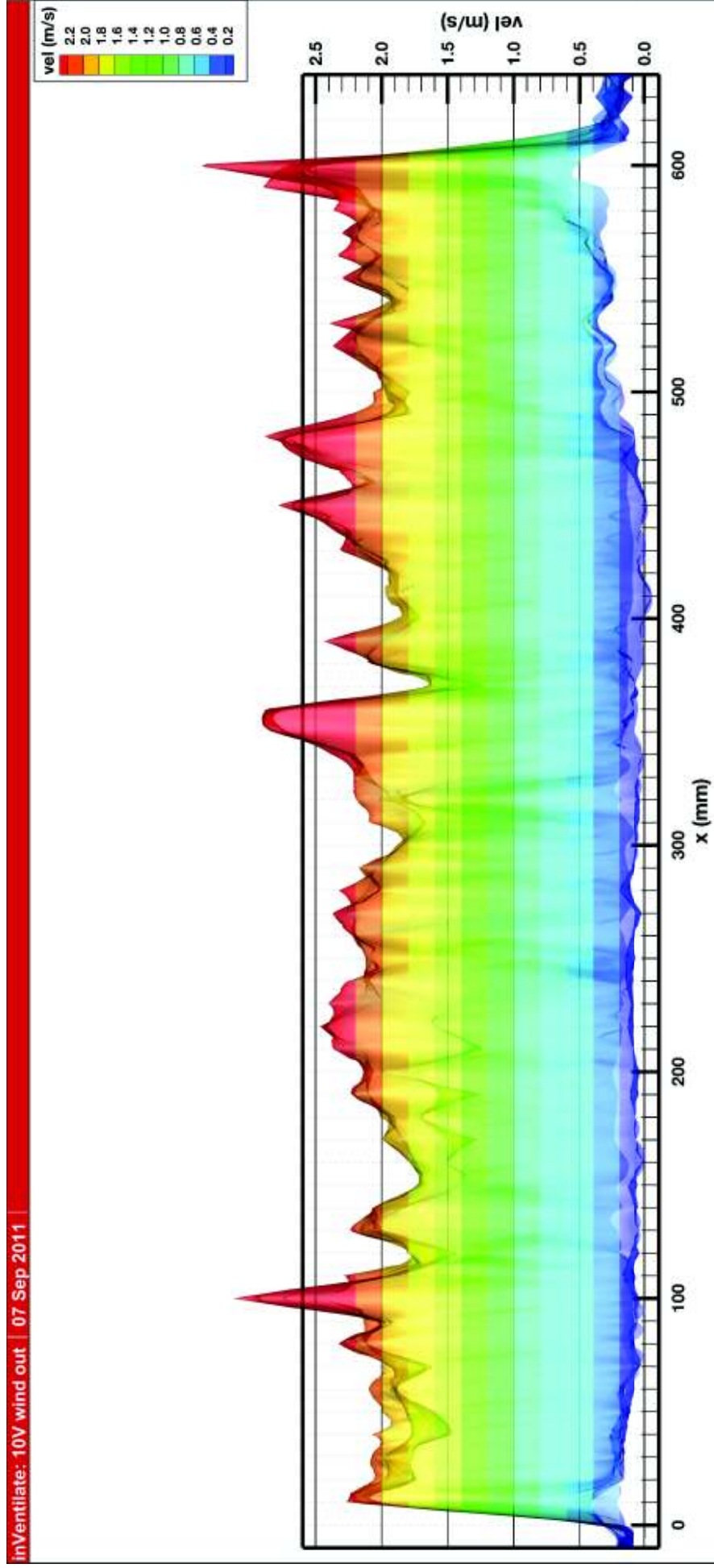
Dato: 9. marts 2012
Bilag: 2e (Udblæsning)



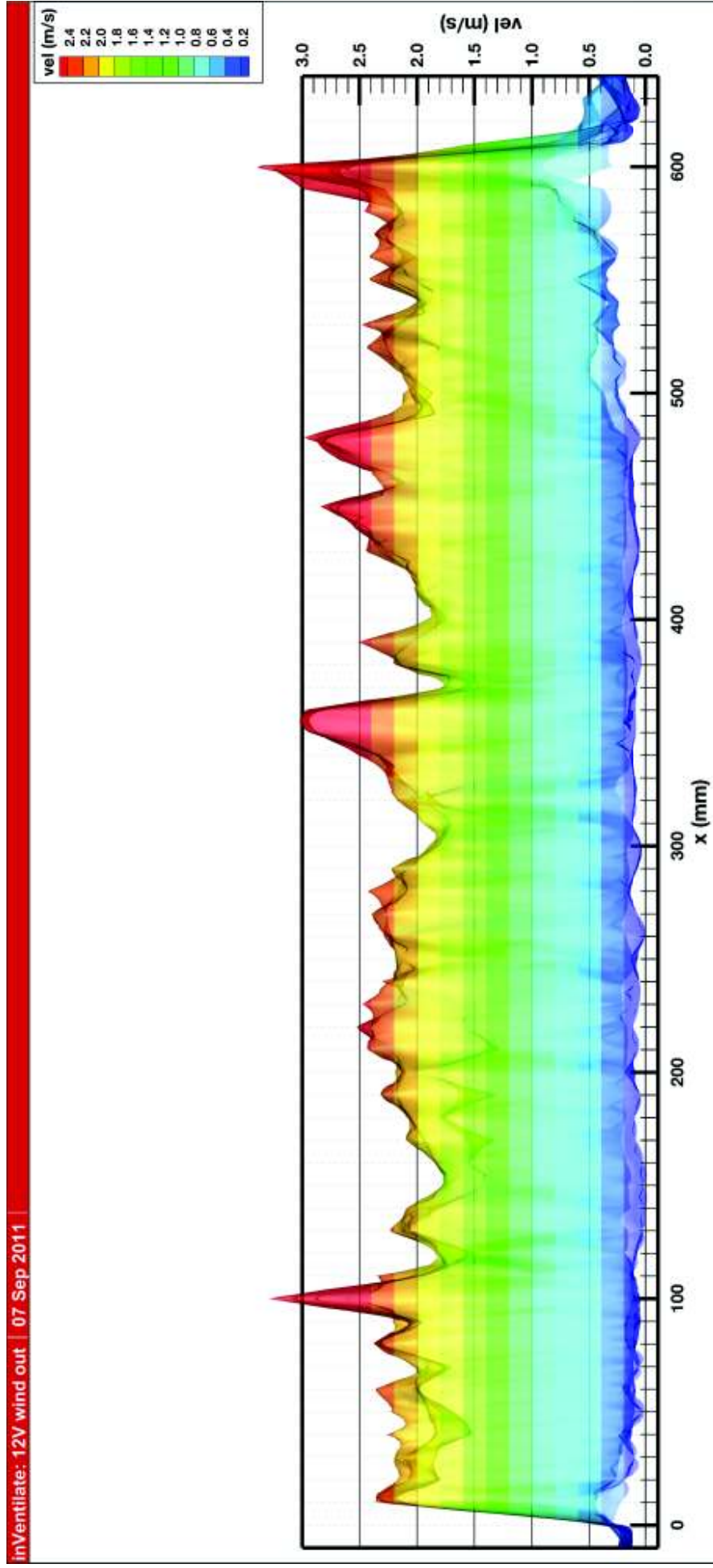
Dato: 9. marts 2012
Bilag: 2e (Udblæsning)



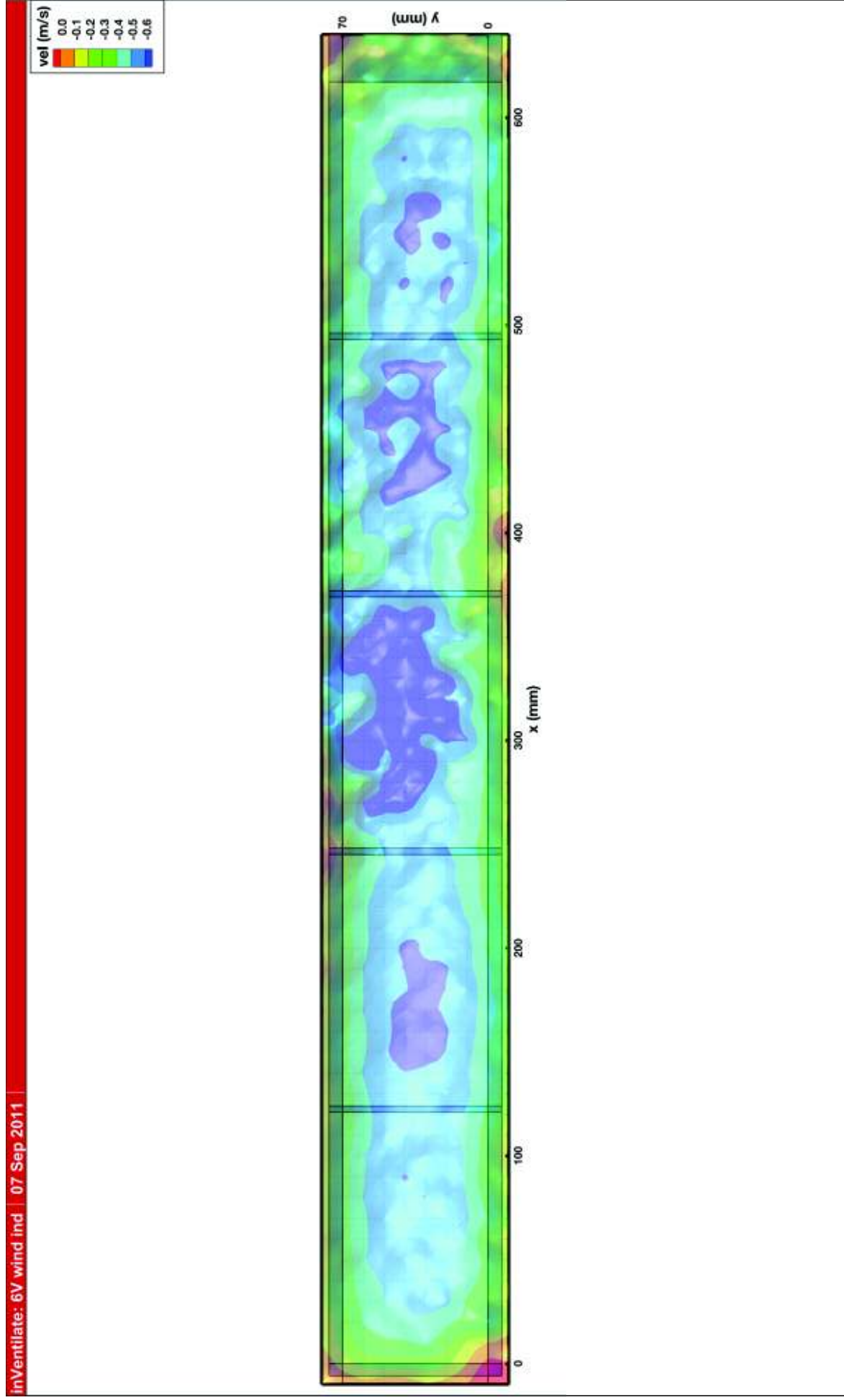
Dato: 9. marts 2012
Bilag: 2e (Udblæsning)



Dato: 9. marts 2012
Bilag: 2e (Udblæsning)

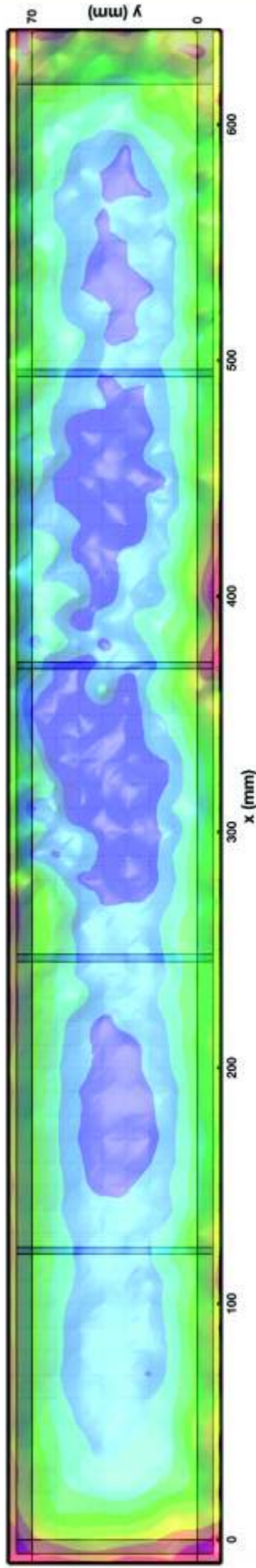
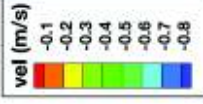


Dato: 9. marts 2012
Bilag: 3a (Indsugning)



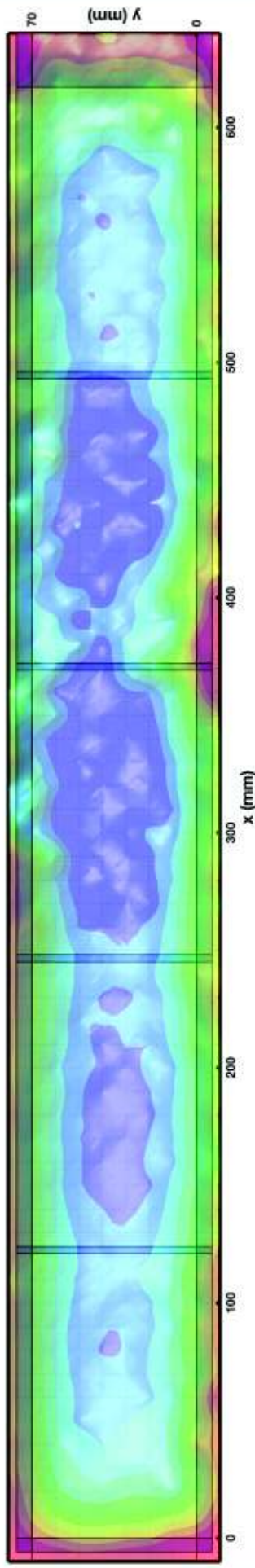
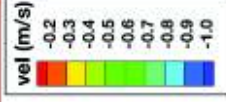
Dato: 9. marts 2012
Bilag: 3a (Indsugning)

inVentilate: 8V wind ind | 07 Sep 2011



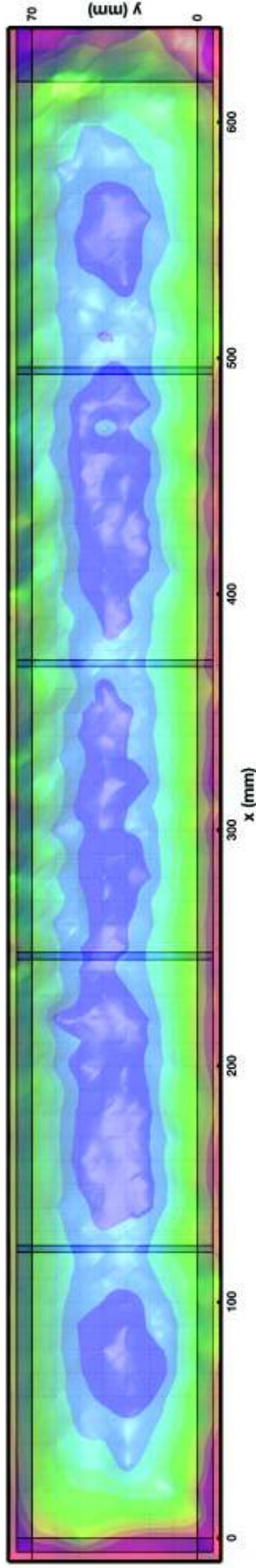
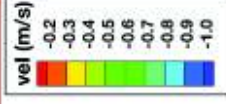
Dato: 9. marts 2012
Bilag: 3a (Indsugning)

inVentilate: 10V wind ind | 07 Sep 2011

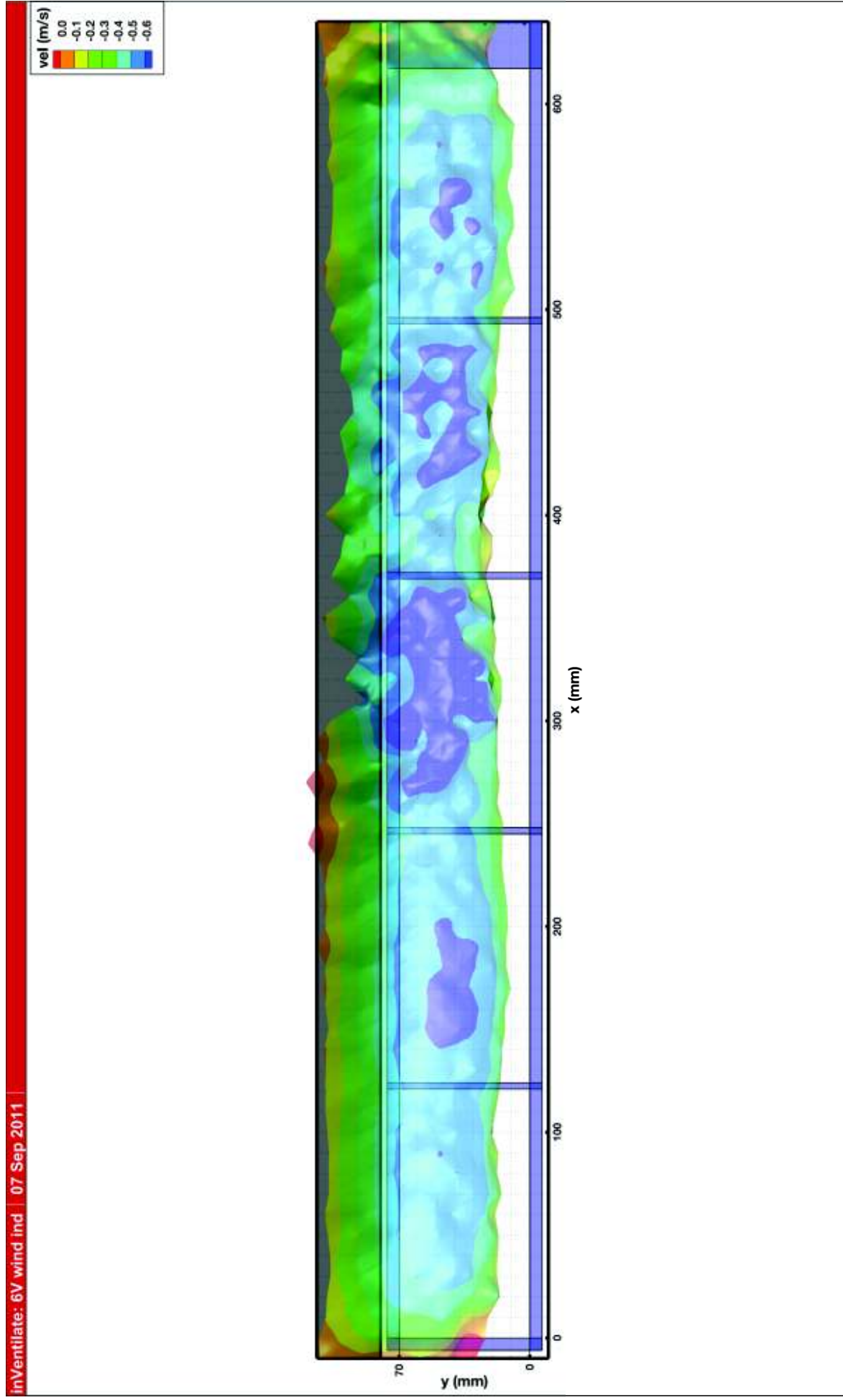


Dato: 9. marts 2012
Bilag: 3a (Indsugning)

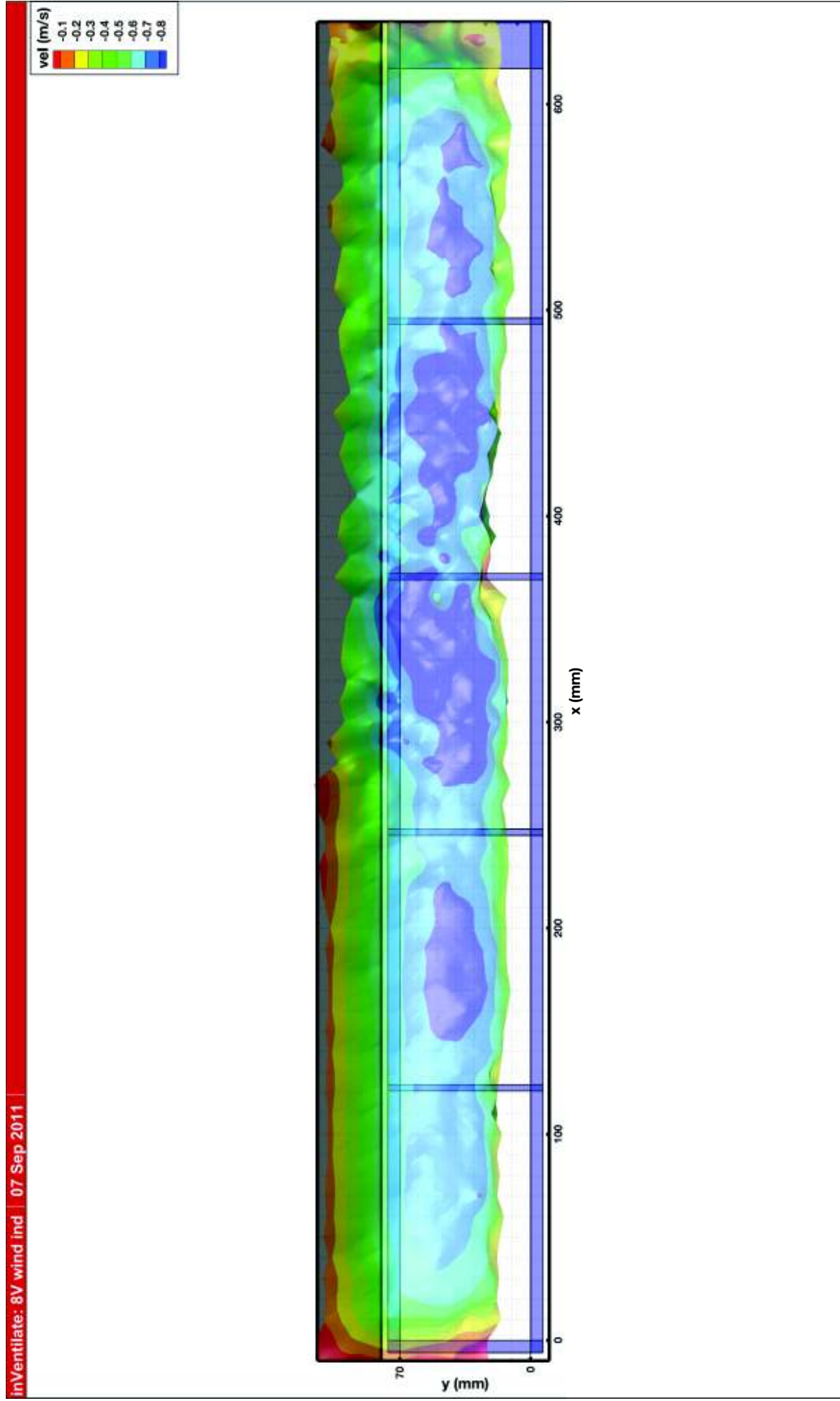
inVentilate: 12V wind ind | 07 Sep 2011



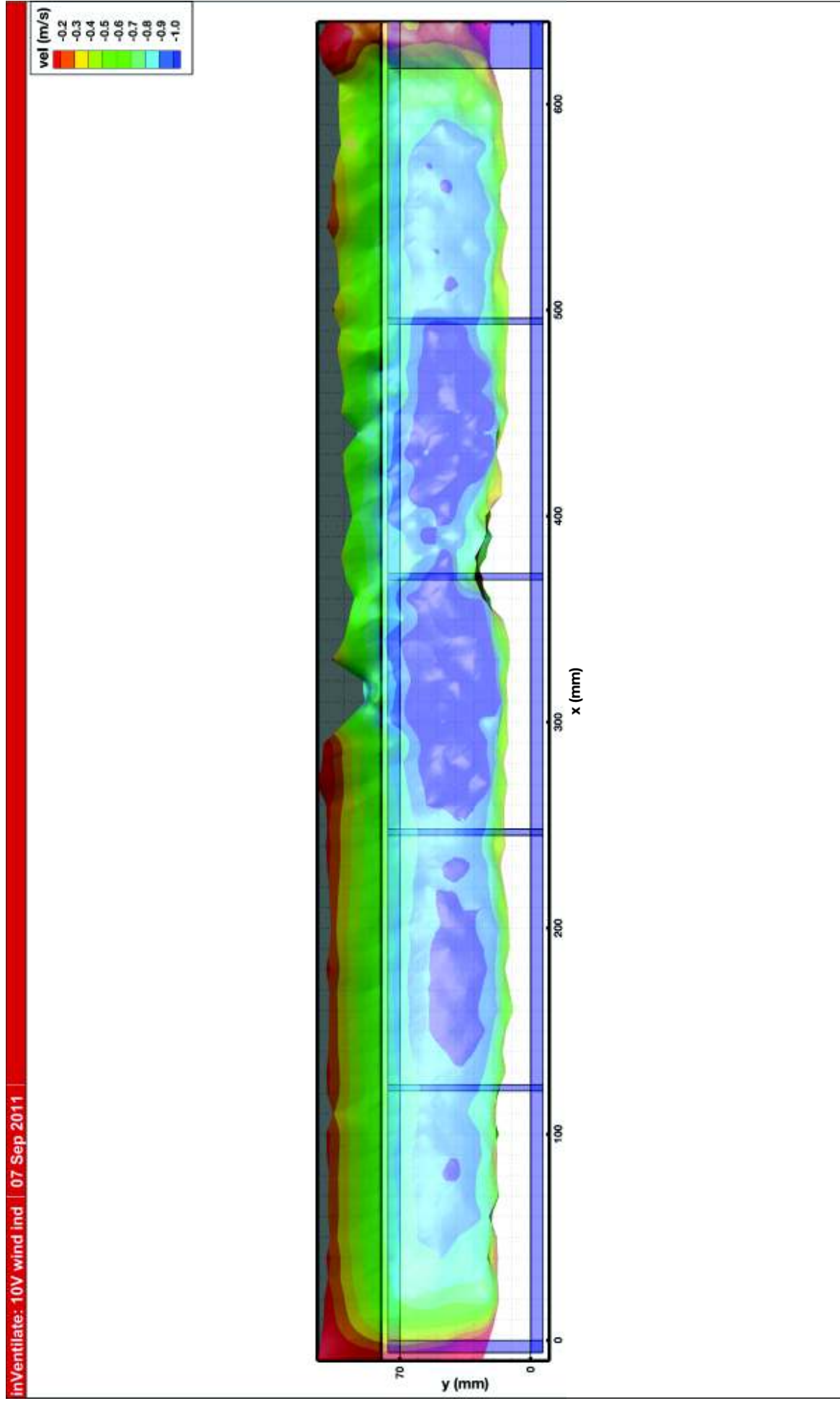
Dato: 9. marts 2012
Bilag: 3b (Indsugning)



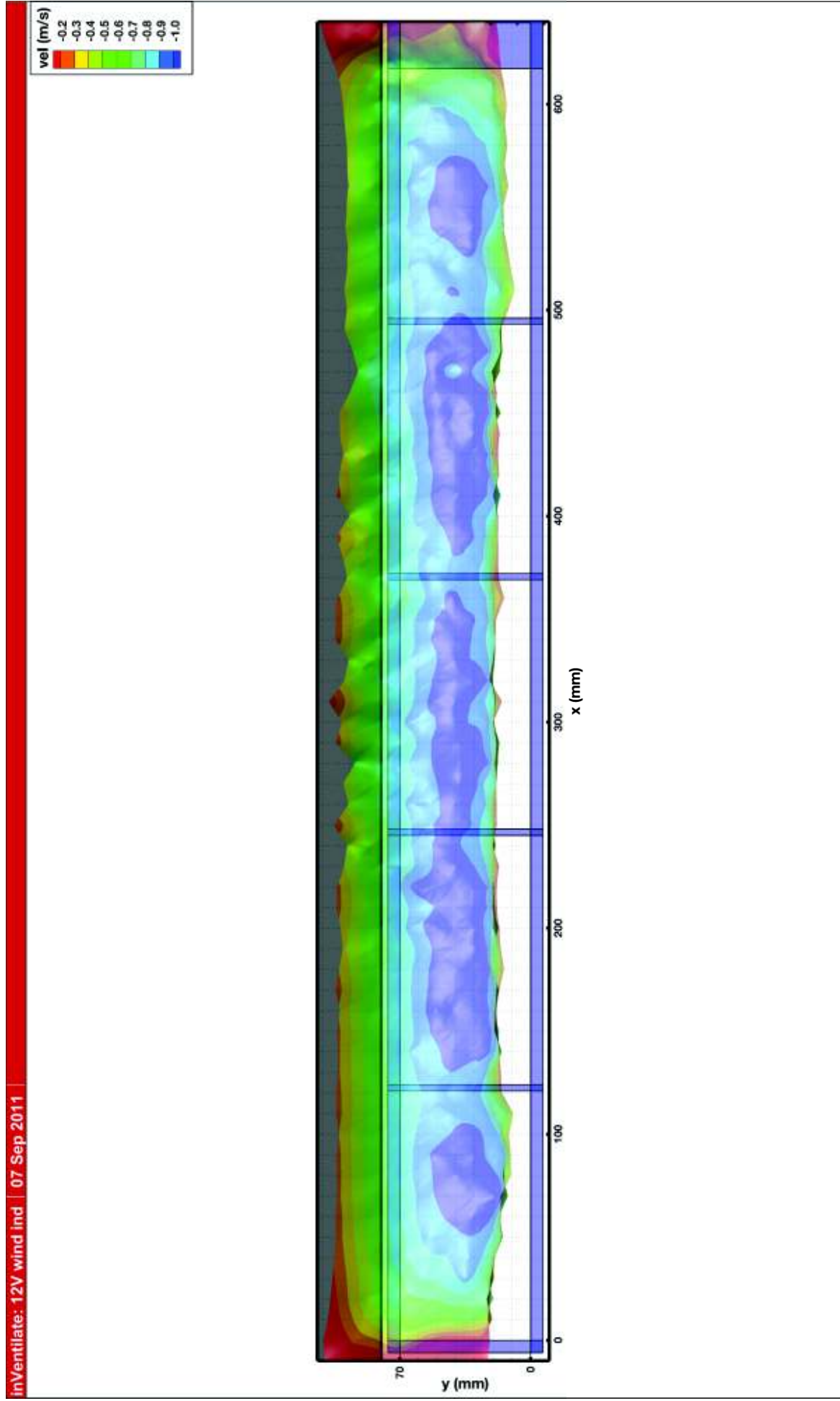
Dato: 9. marts 2012
Bilag: 3b (Indsugning)



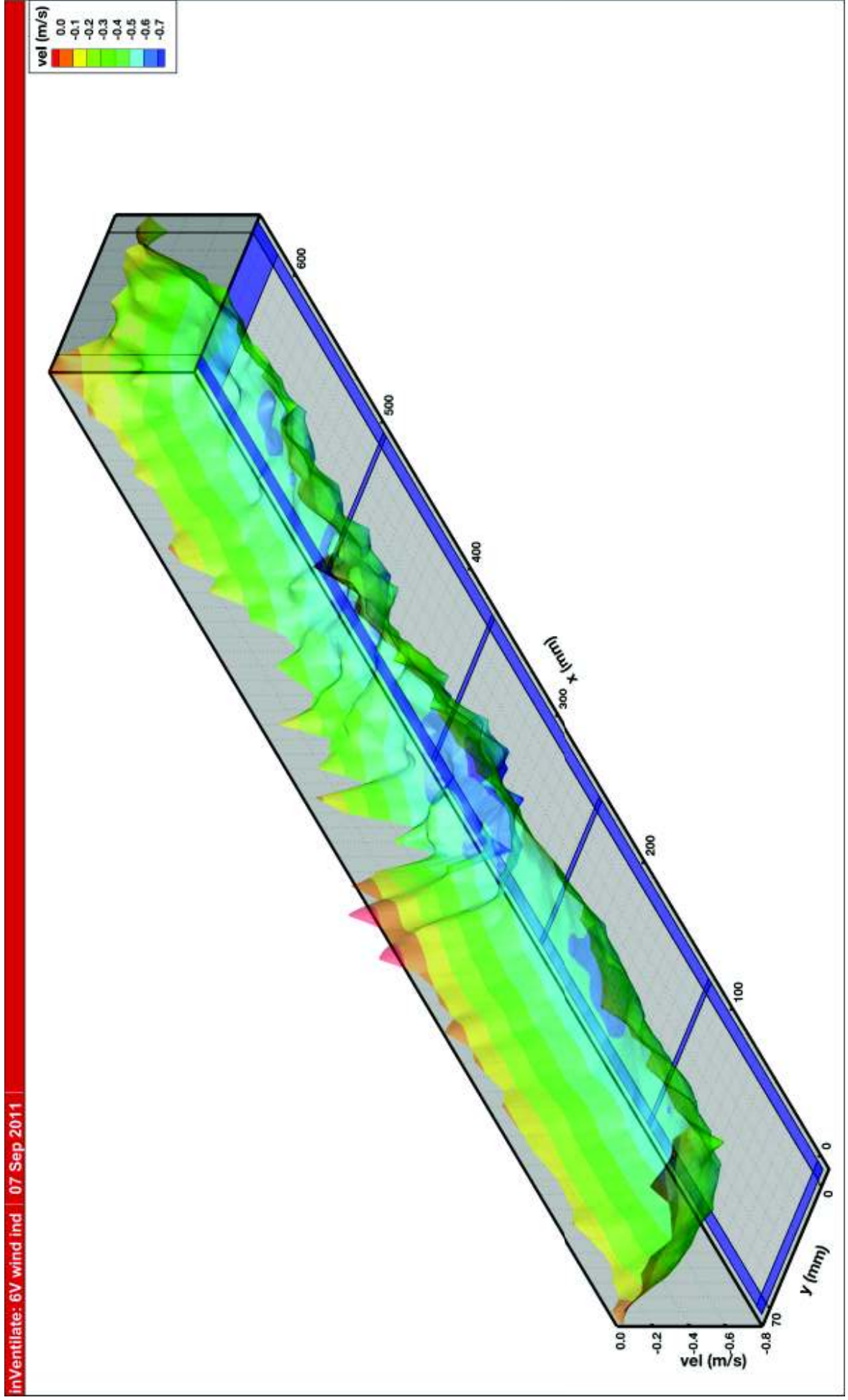
Dato: 9. marts 2012
Bilag: 3b (Indsugning)



Dato: 9. marts 2012
Bilag: 3b (Indsugning)

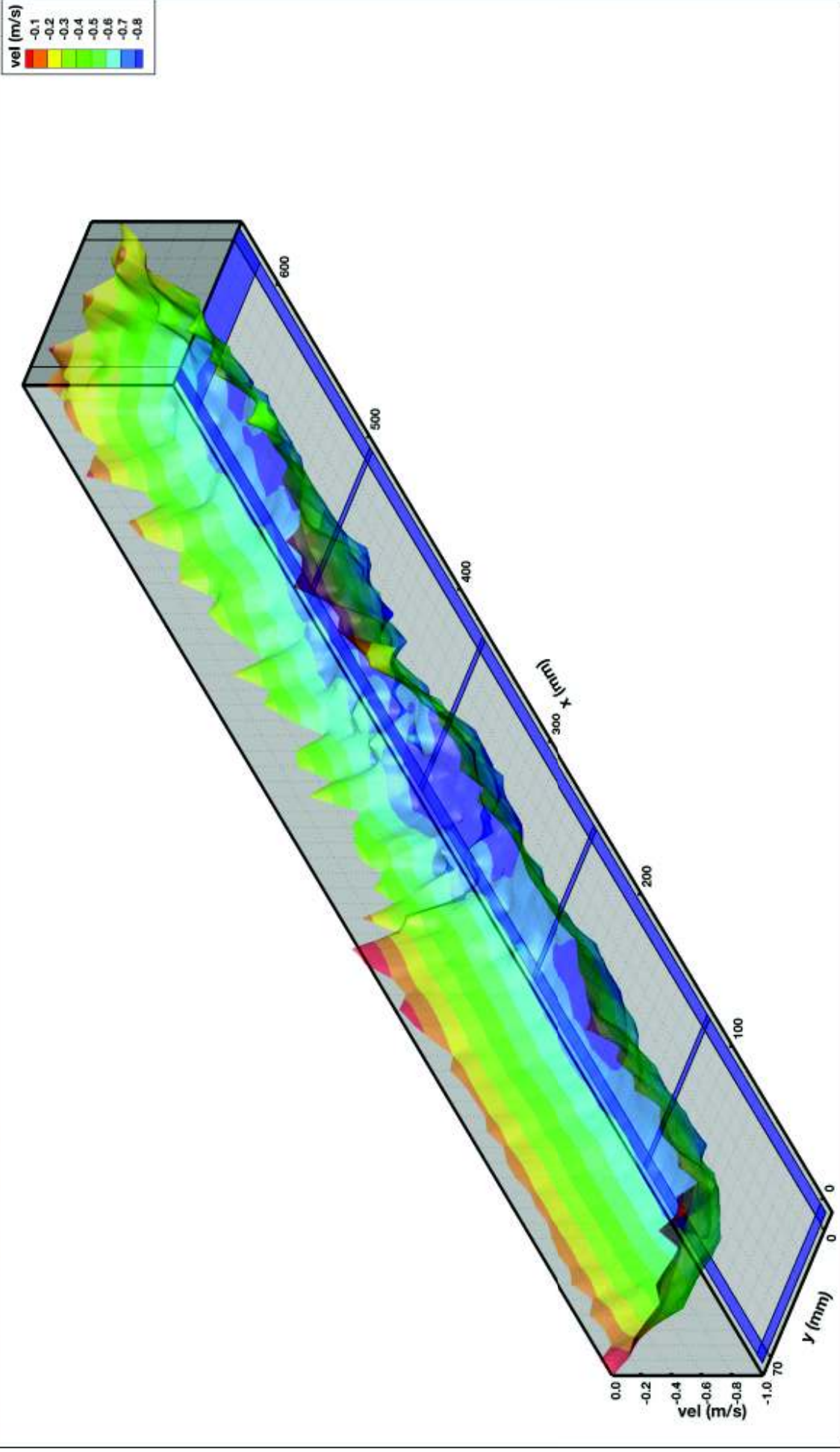


Dato: 9. marts 2012
Bilag: 3c (Indsugning)



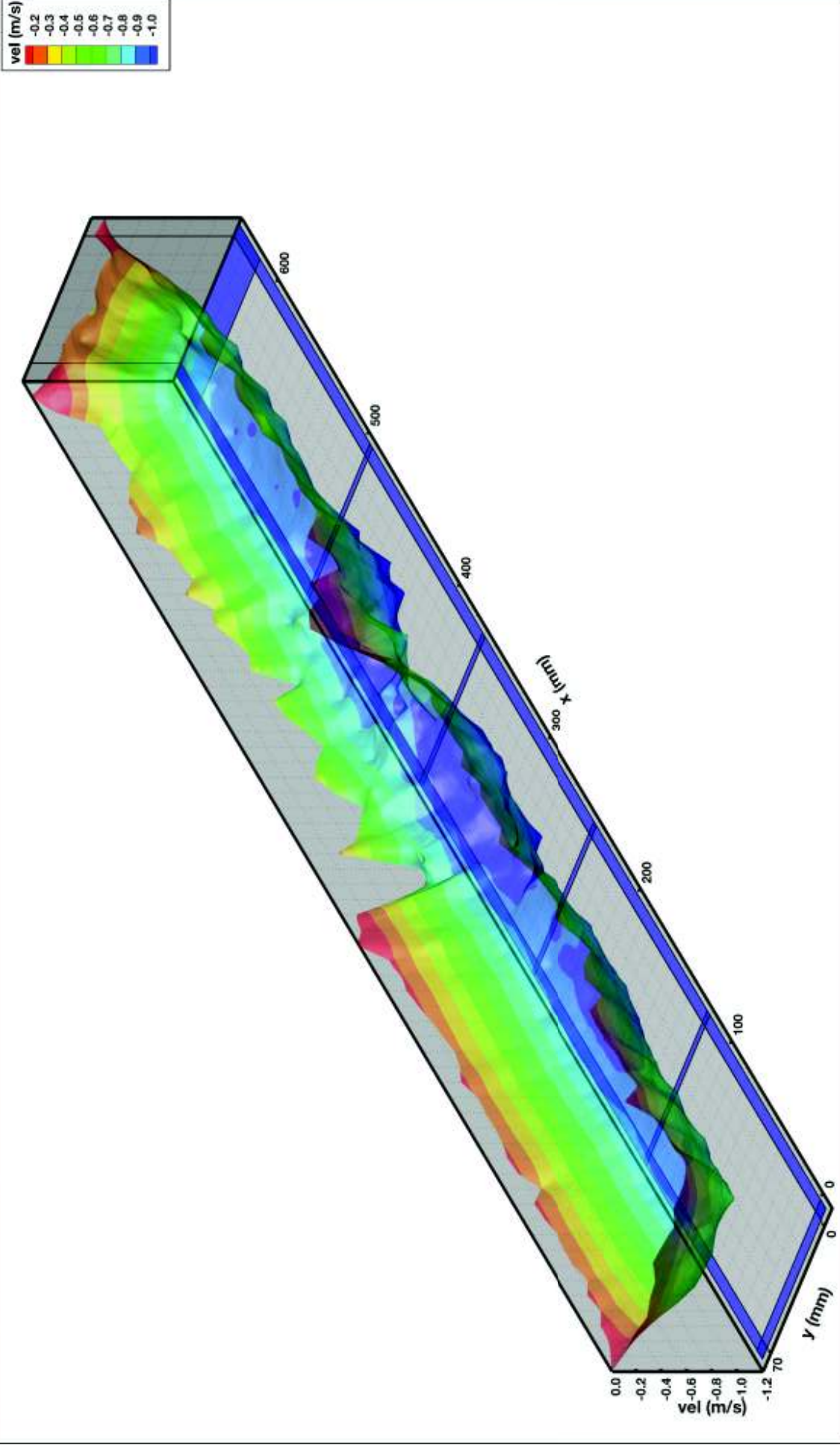
Dato: 9. marts 2012
Bilag: 3c (Indsugning)

inVentilate: 8V wind ind | 07 Sep 2011



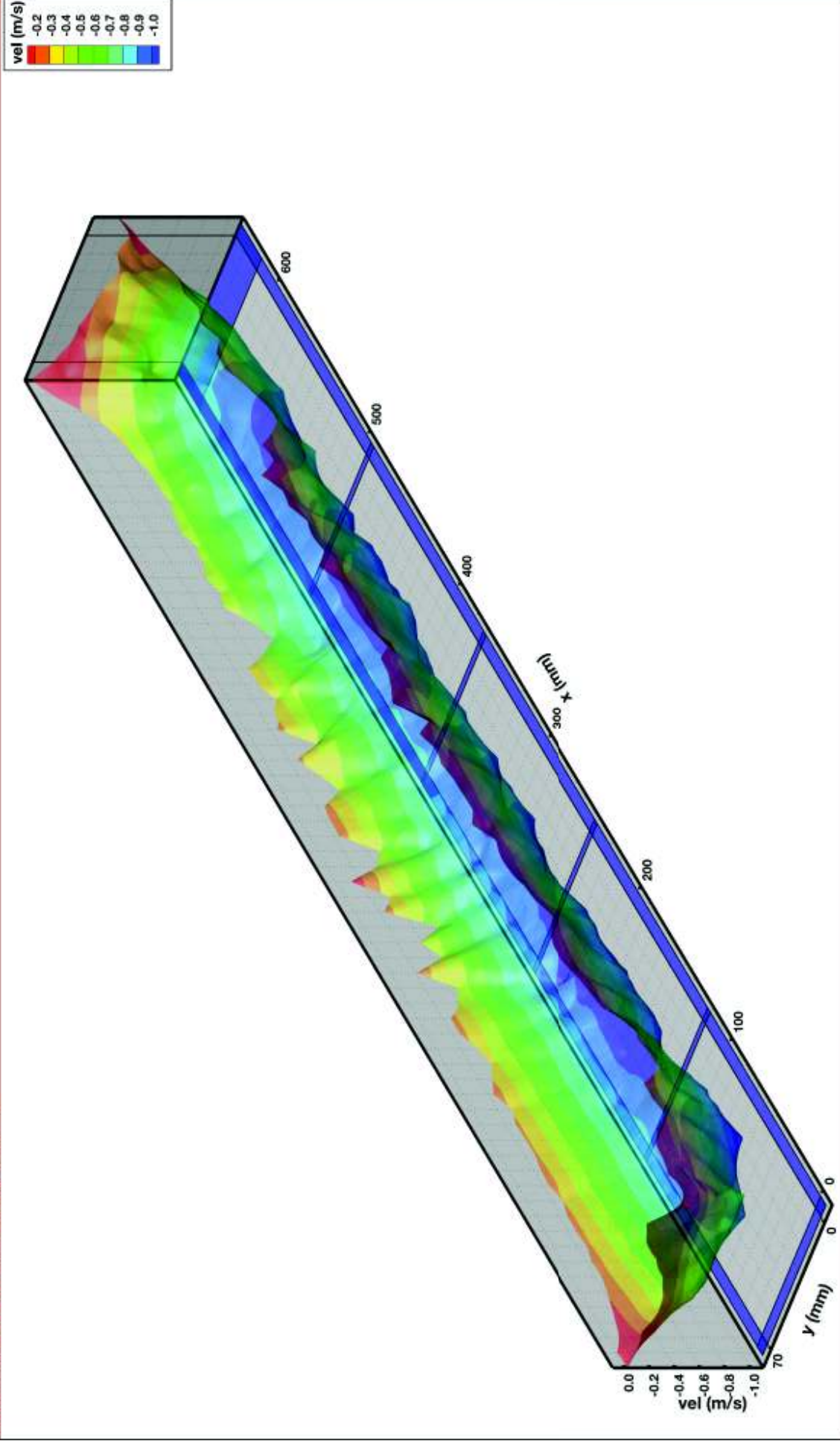
Dato: 9. marts 2012
Bilag: 3c (Indsugning)

inVentilate: 10V wind ind | 07 Sep 2011

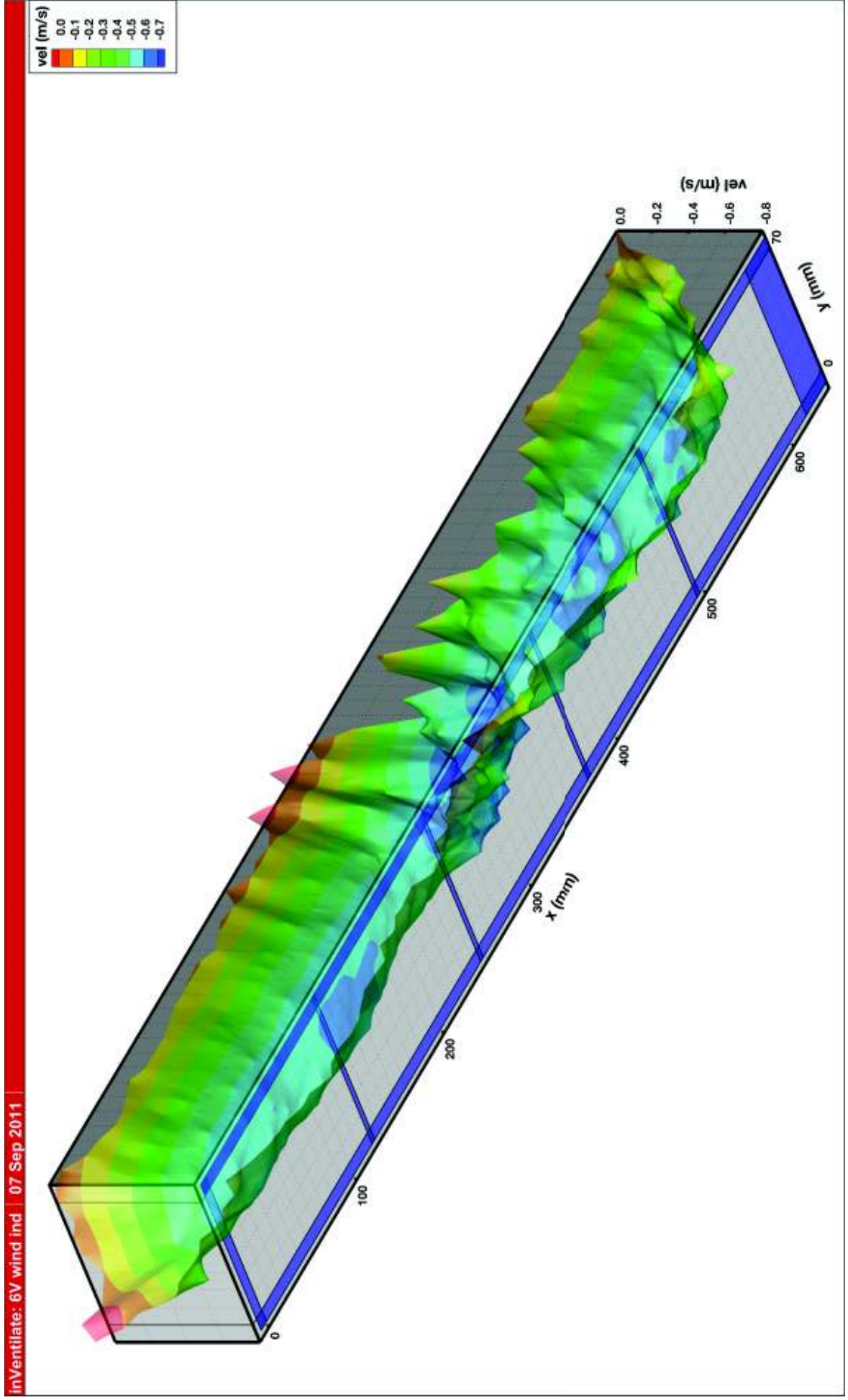


Dato: 9. marts 2012
Bilag: 3c (Indsugning)

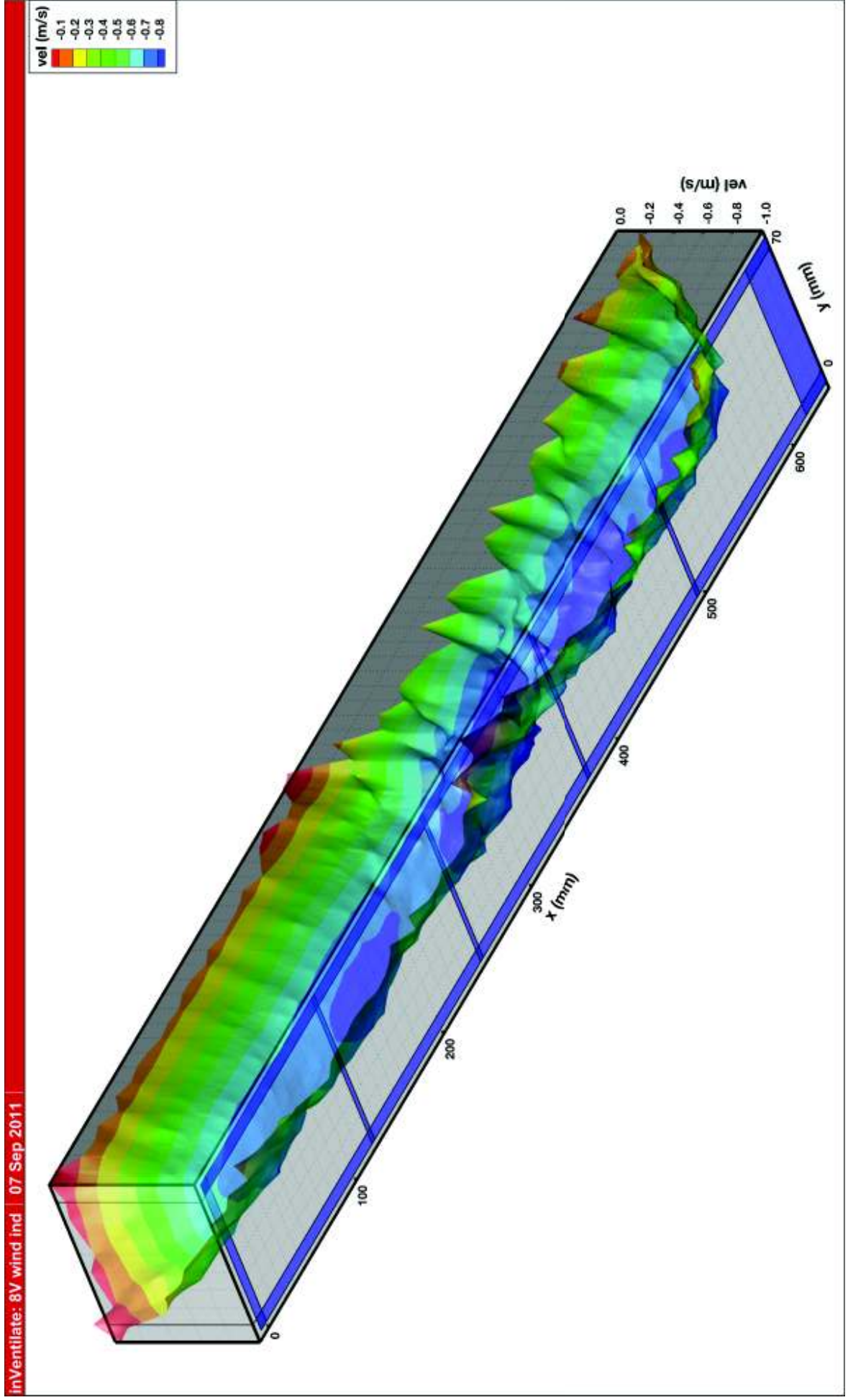
inVentilate: 12V wind ind | 07 Sep 2011



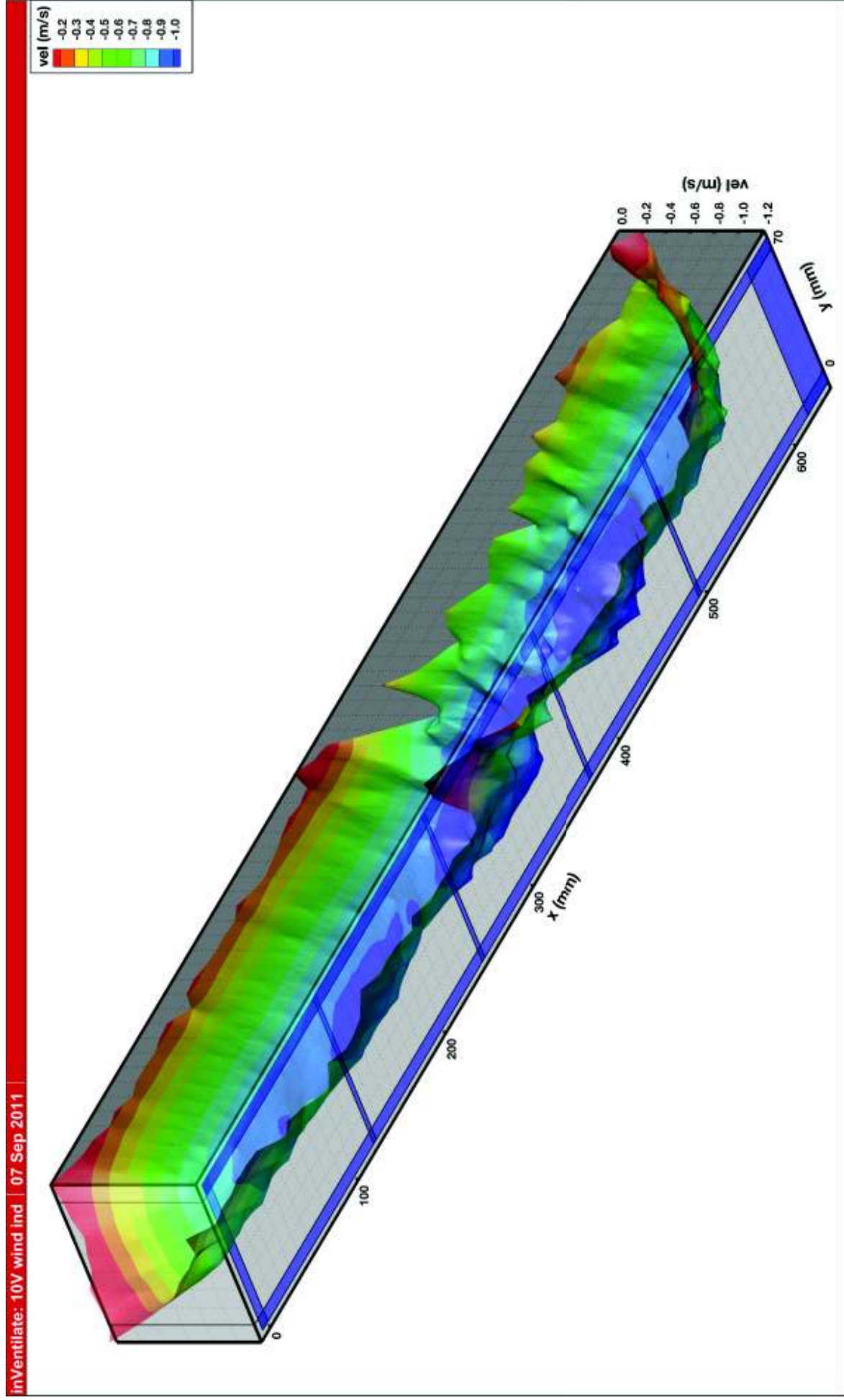
Dato: 9. marts 2012
Bilag: 3d (Indsugning)



Dato: 9. marts 2012
Bilag: 3d (Indsugning)

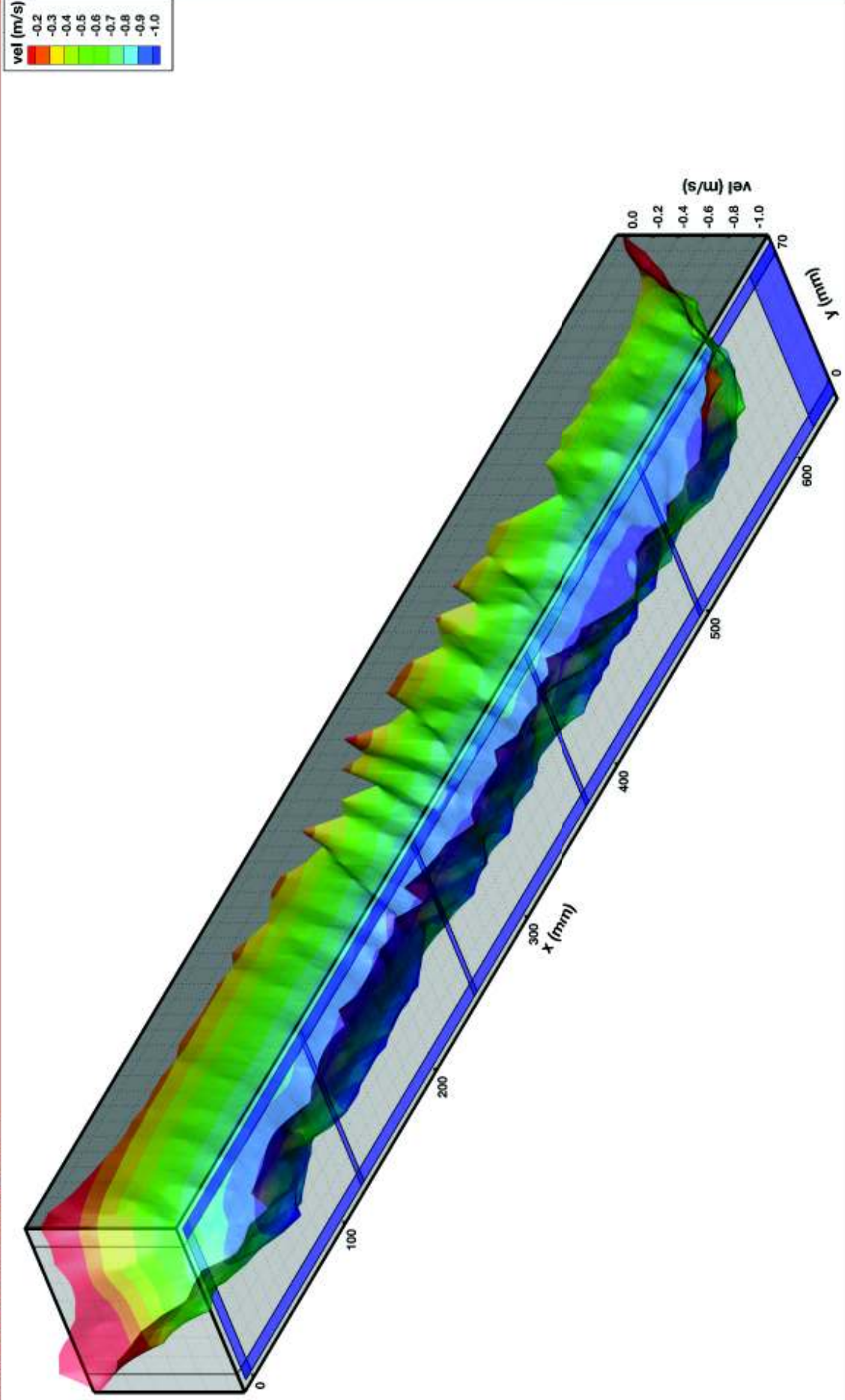


Dato: 9. marts 2012
Bilag: 3d (Indsugning)

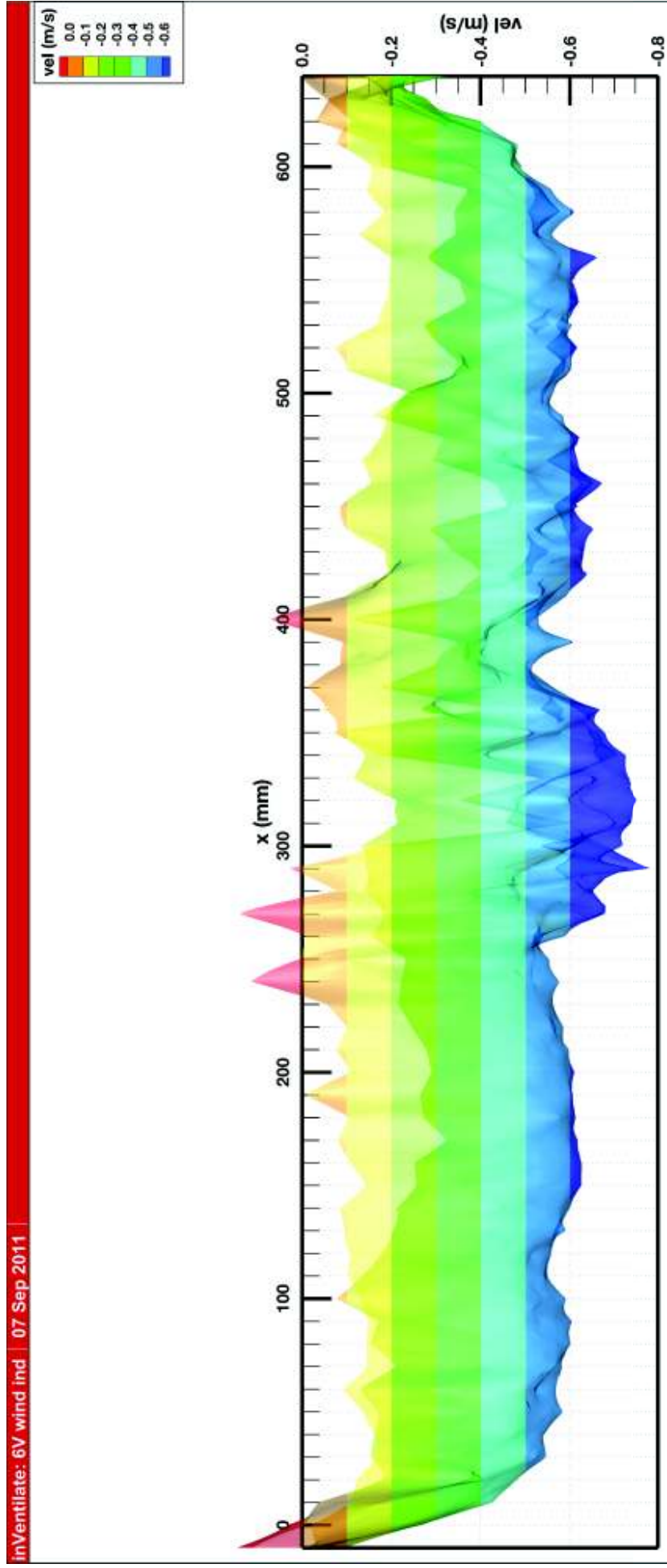


Dato: 9. marts 2012
Bilag: 3d (Indsugning)

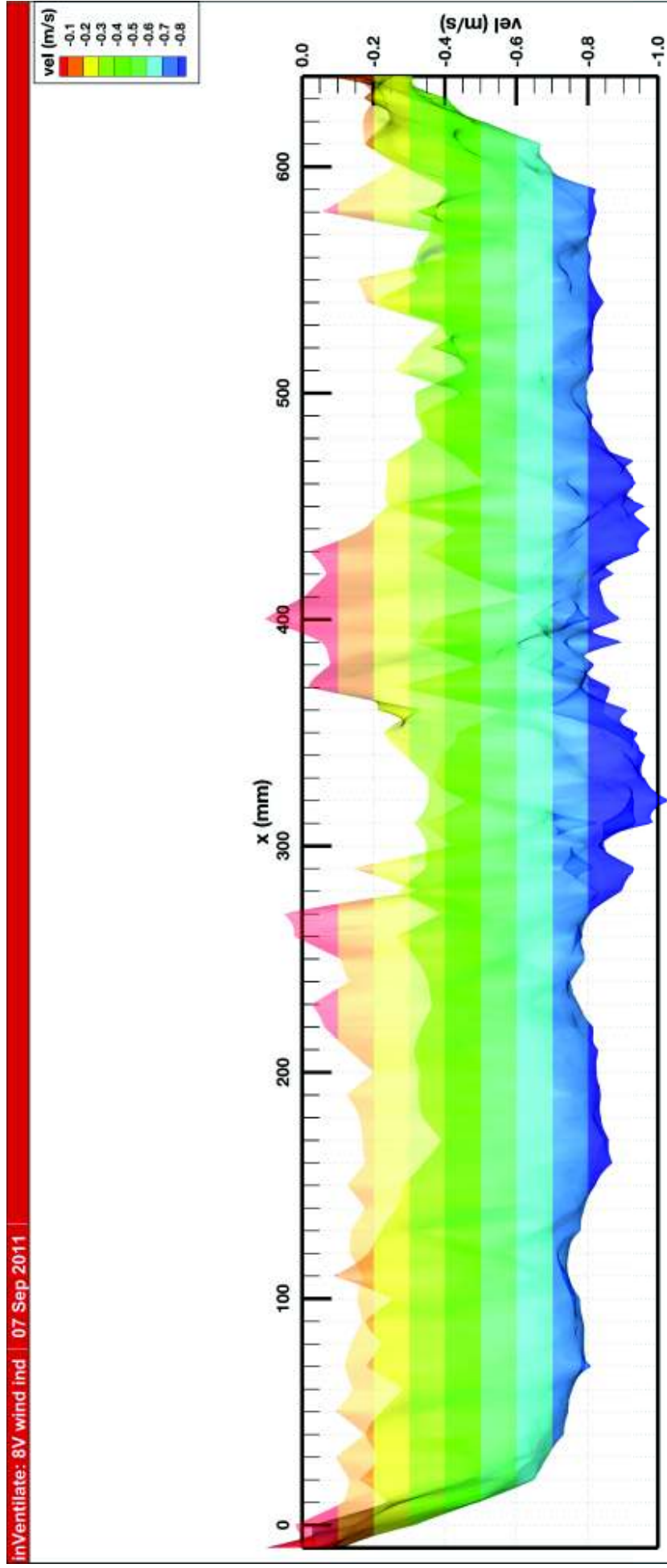
inVentilate: 12V wind ind | 07 Sep 2011



Dato: 9. marts 2012
Bilag: 3e (Indsugning)

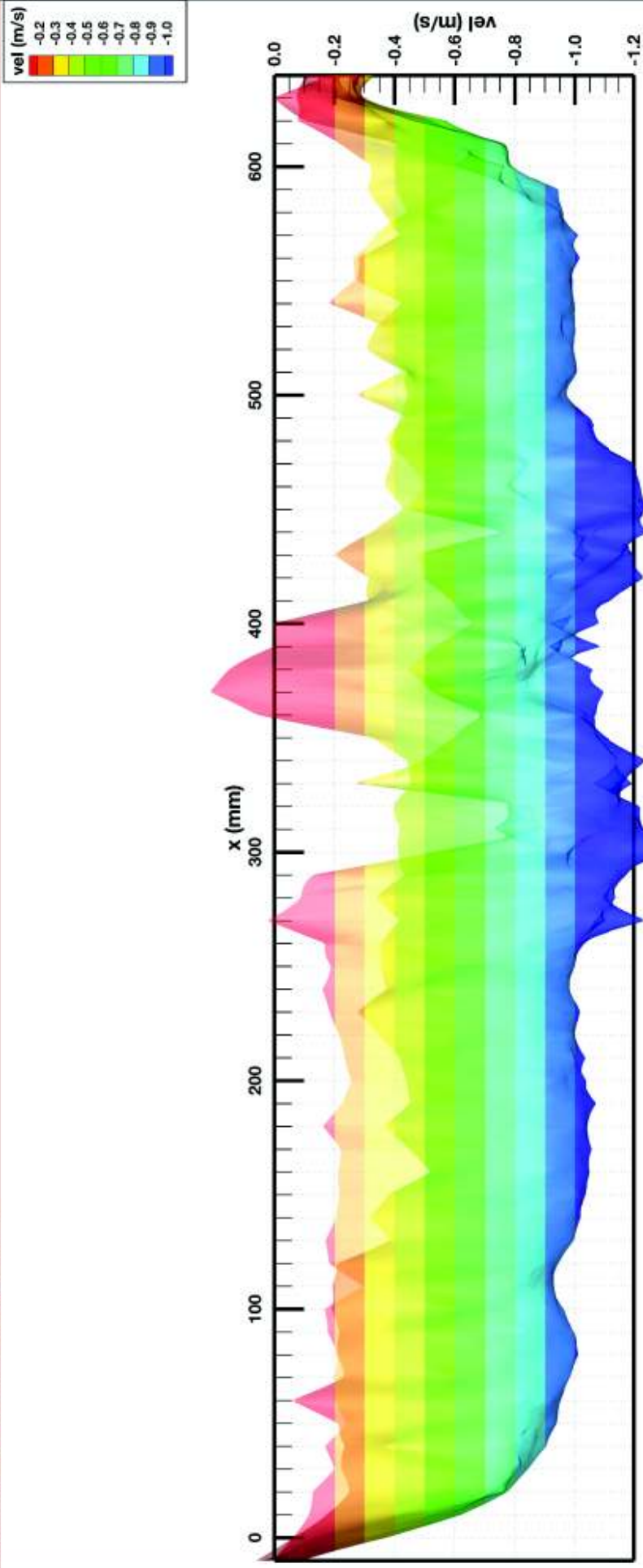


Dato: 9. marts 2012
Bilag: 3e (Indsugning)



Dato: 9. marts 2012
Bilag: 3e (Indsugning)

inVentilate: 10V wind ind | 07 Sep 2011



Dato: 9. marts 2012
Bilag: 3e (Indsugning)

