

# INNOVATÍV GÁZÁRAMLÁS MÉRÉS ULTRAHANGOS ÁTHALADÁSI IDŐ MÓDSZER HASZNÁLATÁVAL, BEÉPÍTETT SZOFTVERREL ÉS MATEMATIKAI KIÉRTÉKELŐ ALGOLITMUSOKKAL

Jan Ilko<sup>1</sup>, Balazs Borbely<sup>2</sup>, Christian Halper<sup>3</sup>,

<sup>1</sup> *Slovak Society of Environment Slovakia - the branch of Association of Slovak Scientific and Technological Societies in Bratislava/ FLEXIM, GmbH, Olbendorf, Austria,*

<sup>2</sup> *Flowell, kft. Budapest, Hungary,*

<sup>3</sup> *MEDON, GmbH/ FLEXIM, GmbH, Olbendorf, Austria.*

## **Kivonat:**

A tanulmány olyan gőz méréssel foglalkozik, melyett valódi üzemi körülmények között végeztek egy magyar gyártó üzemben, a Flexeim ST G601 hordozható ultrahangos készülékkel. A berendezés a Flexim új generációs áramlás mérője. A kísérleti mérés célja egy 165 oC-os gőz áram áramlási sebességének mérése, a mérési adatok eltárolása, valamint az adatok eljuttatása volt a gyártási technológia kezelőjéhez. A kezelők feladata ezután az eredmények összehasonlítása volt a meglévő insitu üzemi áramlás mérő adataival. A tanulmány során az új ultrahangos áramlásmérő stabilitására és megbízhatóságára is kíváncsiak voltunk.

*Kulcsszavak: Gőz, Áramlás mérés,, Ultrahang, Clam-on technológia.*

## **Bevezetés**

A gőz egy bonyolult üzemi tulajdonságokkal rendelkező közeg. Ez idáig megvalósíthatatlannak tűnt a gőz áramok sebességének ultrahangos mérése. Az ultrahangos folyamat mérésekben vezető szerepet betöltő német gyártó Flexim GmbH sok időt és munkát fektetett abba, hogy ezen a területen egy megbízható és precíz műszert fejlesszen ki. A Flexim csapatának köszönhetően ma már rendelkezésünkre áll egy felhasználó barát, kompakt kialakítású berendezés a világpiacon hordozható, illetve állandóan telepített kivitelben. Jelenleg a berendezéssel 100-180 oC-os hőmérsékletű gőzárásokat mérhetünk, azonban úgy tűnik, hogy a közel jövőben képesek leszünk ennél magasabb hőmérsékletű gőzárások monitorozására is ezzel a módszerrel.

## **Gőz, mint technológiai közeg**

A gőzzel, mint közeg segítségével képesek vagyunk energiát szállítani áramtermelés céljából hő-, illetve atomerőművekben. A gőz megfigyelése segíthet az energia és műveleti hatékonyság növelésében az ilyen üzemekben. A gőz áramlási sebességének folyamatos mérése az egyik módszer, mellyel ellenőrizhetjük a gőzfogyasztást, detektálhatunk szivárgásokat, valamint a gőz helyi elakadását. Jelenleg a megcsapolós (orifice), illetve örvény (vortex) áramlásmérő berendezések alkalmazása az elterjedt széles körben száraz gőzök alkalmazása esetén. Azonban ezen módszerek körülményesek kis nyomású nedves gőz közegek esetén, hiszen a kiváló vízcseppek kiülnek a mérőberendezés felszínére, ezzel megzavarva a mérést. Továbbá problémát jelent az is, hogy az invazív szondák további nyomásesést eredményeznek, ezzel is megnövelve a gőzárak nedvességét.<sup>11</sup> Az Iparban nagyon fontos, mivel a gőzt hőforrásként, szárításra és még egyéb műveletkhez használjuk, hogy ismerjük a gőz áramlási sebességét az üzem effektív energia háztartásának felállításához.

## **Ultrahangos áramlás vizsgálat**

Az ultrahangos módszerek fontos előnyei a gőzárak mérések területén, hogy képesek szinte bármilyen gáz vagy gázkeverék mérésére széles nyomástartományon és átfogási arányon. Az ultrahangos áramlásmérők továbbá képesek kétirányú áramlások mérésére is, illetve mivel nem invazívák így nem okoznak nyomásesést sem. Azok a felhasználók akik ultrahangos áramlásmérő módszereket választanak a hagyományos módszerek helyett általában a következő szempontok miatt teszik:

Az ultrahangos mérések pontosak maradnak attól függetlenül, hogy a fluidum egy vagy több fázisú; A berendezés könnyen használható; az áramlási profil lehet lamináris, átmeneti vagy turbulens; A távadók a rendszeren kívül helyezkednek el; Ha rendszer nem clamp-on akkor is a módszer csak kimértékben invazív, nincs igazi nyomásesés; Ha a mérési körülmények megfelelőek, a mérési pontosság jobb is lehet, mint 0,5%;

gyors válaszidő; a hőmérsékleti extrémításoktól függetlenül megbízható a mérés; A berendezés a beüzemelési és a karbantartási költségek relatíve alacsonyak. <sup>ii</sup>. A gázáramok ultrahangos sebesség mérését sokáig nagyobb kihívásnak tartották, mint a folyadékokét, azonban a mérés valójában két szempontból is könnyebb. Az első az ellenterjedési módszer, ahol az upstream – downstream idődifferencia sokkal nagyobb a gázokban, mint folyadékokban, mivel a hang terjedési sebessége a gázokban jóval lassabb, mint folyadékokban. A másik szignifikáns faktor a tömegáram mérésekkor jelentkezik (scfm esetén is), mely az elméleti/empirikus ultrahang terjedés és sűrűség összefüggésekből adódik, hiszen ezeket az összefüggéseket sokkal könnyebb alkalmazni gázok esetén, mint folyadékoknál. <sup>iii</sup> A transzmittált ultrahang jel intenzitása a legfontosabb faktor a clamp-on ultrahangos gázáramlás mérések során.

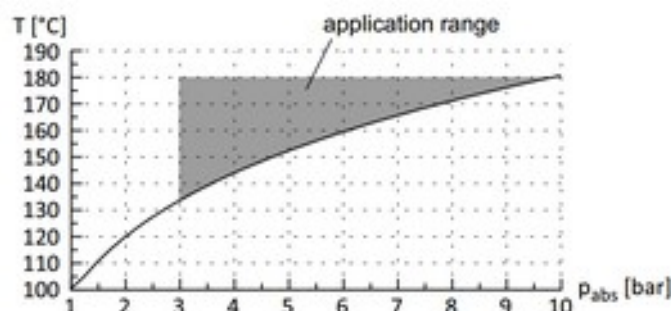
### Technológia és felszerelés

Az új típusú hordozható FLEXIM G601ST gáz/gőz áramlásmérőt választottuk a méréshez. A berendezés az *1. képen* látható.

Az ilyen típusú áramlásmérő berendezések száraz forró gőzöket képesek mérni egészen 180 °C-ig (*1. diagram*). A clamp-on ultrahangos rendszer mind hordozható, mind rögzített változatban is elérhető. A G721ST a rögzített változat gőzök esetén, mely több digitális kommunikációra is képes: Profibus Modbus RTU, TCP stb. A gyártó a G601 ST készülékkel egy valós többfunkciós eszközt készített a karbantartási és energia szakembereknek. A gőzön felül a készülékkel mérhetünk folyadék, gát, kompresszionált levegő és hőáramokat is.



*1. kép: Flexim G601 áramlásmérő kontroll egysége*



*1. diagram: Száraz gőz nyomás-görbélye alkalmazhatósági tartománnyal*

### A clamp on rendszer a következő előnyökkel rendelkezik

- Megbízható és nem invazív gőzáram mérések
- Nagy dinamikus áramlási tartomány
- Könnyű és költséghatékony utólagos beszerelés
- Szivárgás mentes, nyomásesés mentes
- Integrált tömeg áram mérés<sup>iv</sup>

### A mérési pont

A mérést egy magyarországi gyártó üzemben végeztük egy fél-vertikális (2. kép), 61,7 mm átmérőjű acélcsőben. A hőálló lakkot, amit a nagy hőmérsékletű csőfelszín alá kell helyezni (180 °C-ig), az áramlásmérő beszállítója biztosította. A rétegek száma (1-5 réteg) a transzducser típusától függ. Azonban a rétegek számának növelése a jel mindig a jel minőségének javulását eredményezi. Annak a területnek, ahogy a mechanikus kontaktust létesítjük a szenzor és a cső között lakkmentesnek kell lennie, ezért elengedhetetlen, hogy a lakkot itt felkarcoljuk valamilyen pengével, vagy késsel (lásd 3. kép)



2. kép: Gőz cső melyre az ultrahangos szenzort installáljuk



3. kép A telepített szenzor konzol a felkarcolt területtel

A 4-es képen látható az áramlás monitor és a szenzor pozíciója. Jól látható, hogy az áramlás mérő berendezés irányító egységét könnyen egy asztalra vagy egy emelvényre állítható optimális pozícióban, de akár fel is

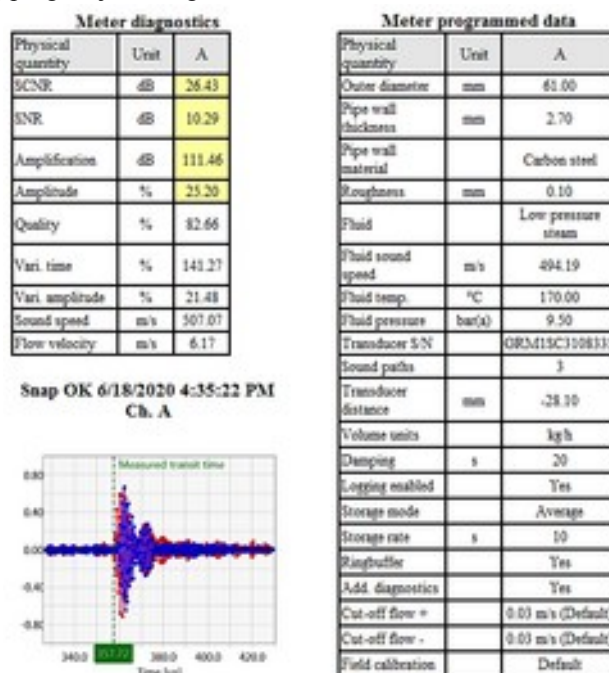
lógatható a technológiai építményre. Az érzékelők speciálisan 100 °C feletti gázok/gőzök mérésére lettek tervezve. Fontos ennek okán, hogy az érzékelők körül megfelelő szigetelést biztosítsunk, hogy azok hőmérsékletét a megfelelő tartományba tarthassuk.



4. kép Az áramlás monitor és érzékelő elrendezkedése

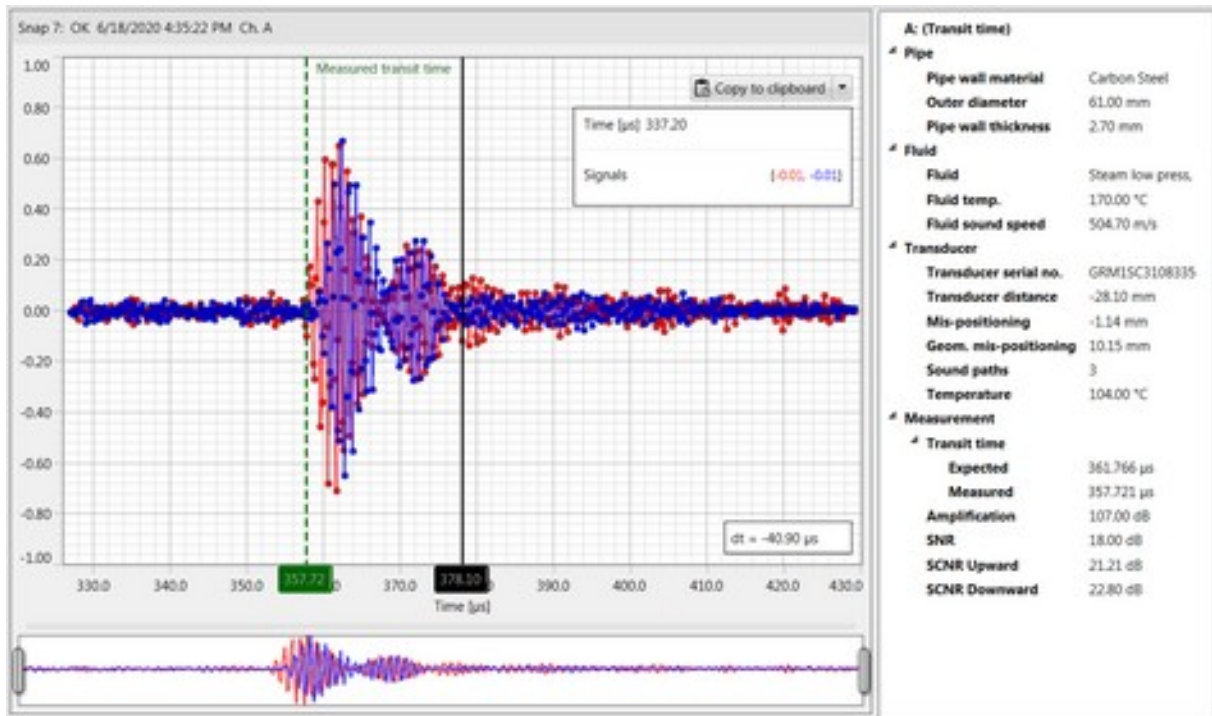
#### Az áramlásmérő beállítása

Az áramlásmérőt a cső valódi geometriájához és tulajdonságaihoz állítottuk, A beállítás az 5. képen látható. A képet a Flexim FluxDiag programjából vágtuk ki.



5. kép: Képernyőfotó az irányító egység beállításairól és a mérés diagnosztikájáról

A „Meter diagnostics“ (mérés diagnosztikai) ablakban a valódi diagnosztikai értékek láthatóak. Ezek az paraméterek jelzik a kezelő számára a mérés jóságát. Továbbá a grafikus diagnosztikai képernyő a tranzit jelek alakját mutatják. Ennek a részletezése látható a 6. képen.



6. kép: Az áramlásmérő ultrahangjeleinek részletes bemutatása a FluxDiag programban.

### Gőz áram mérés és adat analízis

Miután stabilizáltuk a szenzor hőmérsékletét 100 °C felett, elkezdtük a mérést. Az irányító egység a 7. képen látható a mérés közben



7. kép: Flexim G601ST áramlásmérő a mérési folyamat közben.

A rögzített adatokat az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: A gőz áram sebessége és tömegárama.

Time and Date	Flow velocity	Mass flow rate	Sound speed
	[m/s]	[kg/h]	[m/s]
6/18/2020 4:33:56 PM	5,68	248,83	507,10
6/18/2020 4:34:06 PM	5,35	234,37	506,45
6/18/2020 4:34:16 PM	5,87	256,89	505,91
6/18/2020 4:34:26 PM	4,82	210,98	506,18
6/18/2020 4:34:36 PM	6,27	274,55	506,23
6/18/2020 4:34:46 PM	5,17	226,27	506,05
6/18/2020 4:34:56 PM	5,73	250,62	505,82
6/18/2020 4:35:06 PM	5,18	226,57	505,80
6/18/2020 4:35:16 PM	6,14	268,74	506,01
6/18/2020 4:35:26 PM	6,52	285,36	505,69
6/18/2020 4:35:36 PM	5,77	252,53	505,56
6/18/2020 4:35:46 PM	5,80	254,02	505,53
6/18/2020 4:35:56 PM	6,25	273,42	505,78
6/18/2020 4:36:06 PM	7,72	338,11	505,91
6/18/2020 4:36:16 PM	6,42	280,91	506,03
6/18/2020 4:36:26 PM	5,61	245,63	550,87
6/18/2020 4:36:36 PM	6,22	272,09	551,10
6/18/2020 4:36:46 PM	7,01	307,07	530,99
6/18/2020 4:36:56 PM	6,43	281,52	505,58
6/18/2020 4:37:06 PM	6,48	283,63	505,68
6/18/2020 4:37:16 PM	5,33	233,35	505,73
6/18/2020 4:37:26 PM	5,65	247,43	536,64
6/18/2020 4:37:36 PM	6,79	297,06	533,28
6/18/2020 4:37:46 PM	6,06	265,36	516,28
6/18/2020 4:37:56 PM	7,42	324,78	506,07
6/18/2020 4:38:06 PM	5,92	259,27	506,13
6/18/2020 4:38:16 PM	6,51	285,07	506,00
6/18/2020 4:38:26 PM	6,43	281,51	506,48
6/18/2020 4:38:36 PM	6,65	291,22	506,32
6/18/2020 4:38:46 PM	5,80	254,05	506,05
6/18/2020 4:38:56 PM	6,07	265,68	505,98
6/18/2020 4:39:06 PM	5,03	220,14	506,40
6/18/2020 4:39:16 PM	6,86	300,35	506,06
6/18/2020 4:39:26 PM	5,96	261,03	506,14
6/18/2020 4:39:36 PM	6,90	301,88	506,15
6/18/2020 4:39:46 PM	6,11	267,67	505,86
6/18/2020 4:39:56 PM	5,93	259,52	505,68
6/18/2020 4:41:41 PM	Fail	Fail	504,08
6/18/2020 4:41:51 PM	5,83	255,16	505,55
6/18/2020 4:42:01 PM	5,62	246,09	505,84
6/18/2020 4:42:11 PM	6,70	293,09	505,96
6/18/2020 4:42:21 PM	6,16	269,78	505,95
6/18/2020 4:42:31 PM	7,49	328,01	505,98
6/18/2020 4:45:02 PM	Fail	Fail	505,47

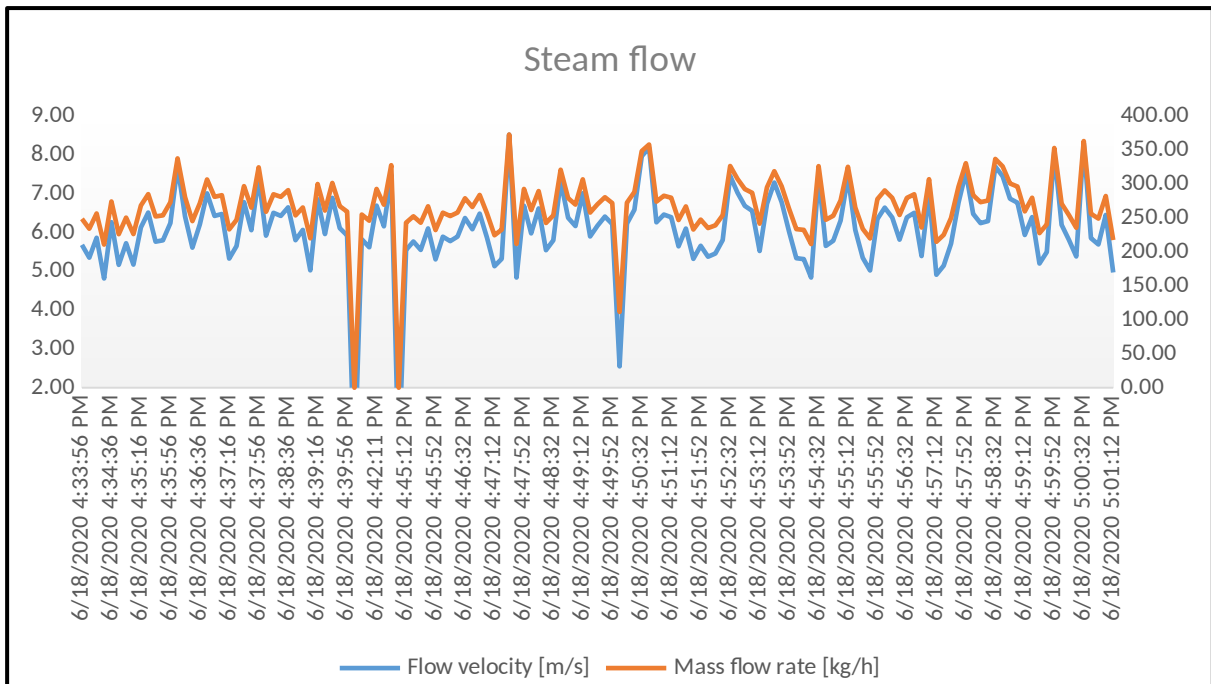
6/18/2020 4:45:12 PM	5,56	243,23	506,17
6/18/2020 4:45:22 PM	5,77	252,63	506,07
6/18/2020 4:45:32 PM	5,56	243,20	505,91
6/18/2020 4:45:42 PM	6,11	267,39	505,83
6/18/2020 4:45:52 PM	5,31	232,53	505,86
6/18/2020 4:46:02 PM	5,89	258,03	505,76
6/18/2020 4:46:12 PM	5,78	253,09	505,75
6/18/2020 4:46:22 PM	5,90	258,24	505,70
6/18/2020 4:46:32 PM	6,38	279,24	505,67
6/18/2020 4:46:42 PM	6,09	266,44	505,59
6/18/2020 4:46:52 PM	6,49	284,16	505,60
6/18/2020 4:47:02 PM	5,87	256,81	505,57
6/18/2020 4:47:12 PM	5,14	224,75	505,54
6/18/2020 4:47:22 PM	5,32	233,04	505,54
6/18/2020 4:47:32 PM	8,53	373,34	505,53
6/18/2020 4:47:42 PM	4,84	211,99	505,53
6/18/2020 4:47:52 PM	6,70	293,06	505,56
6/18/2020 4:48:02 PM	5,98	261,79	505,57
6/18/2020 4:48:12 PM	6,62	289,93	505,56
6/18/2020 4:48:22 PM	5,55	242,88	505,51
6/18/2020 4:48:32 PM	5,80	254,00	505,51
6/18/2020 4:48:42 PM	7,34	321,26	505,50
6/18/2020 4:48:52 PM	6,38	279,44	505,50
6/18/2020 4:49:02 PM	6,17	270,07	505,46
6/18/2020 4:49:12 PM	7,02	307,18	505,43
6/18/2020 4:49:22 PM	5,90	258,30	505,43
6/18/2020 4:49:32 PM	6,18	270,34	505,41
6/18/2020 4:49:42 PM	6,41	280,82	505,41
6/18/2020 4:49:52 PM	6,22	272,31	505,40
6/18/2020 4:50:02 PM	2,55	111,61	505,36
6/18/2020 4:50:12 PM	6,23	272,81	505,35
6/18/2020 4:50:22 PM	6,59	288,51	505,45
6/18/2020 4:50:32 PM	7,97	348,93	505,53
6/18/2020 4:50:42 PM	8,19	358,51	505,55
6/18/2020 4:50:52 PM	6,27	274,27	505,63
6/18/2020 4:51:02 PM	6,47	283,07	505,49
6/18/2020 4:51:12 PM	6,40	280,12	505,45
6/18/2020 4:51:22 PM	5,65	247,24	505,33
6/18/2020 4:51:32 PM	6,11	267,29	505,24
6/18/2020 4:51:42 PM	5,33	233,14	505,08
6/18/2020 4:51:52 PM	5,66	247,81	505,13
6/18/2020 4:52:02 PM	5,38	235,41	505,64
6/18/2020 4:52:12 PM	5,46	239,19	505,61
6/18/2020 4:52:22 PM	5,81	254,24	505,73
6/18/2020 4:52:32 PM	7,47	326,79	505,55
6/18/2020 4:52:42 PM	7,03	307,70	505,39
6/18/2020 4:52:52 PM	6,69	292,77	505,29
6/18/2020 4:53:02 PM	6,56	287,28	505,18

6/18/2020 4:53:12 PM	5,53	241,94	505,93
6/18/2020 4:53:22 PM	6,75	295,39	506,19
6/18/2020 4:53:32 PM	7,29	319,25	506,24
6/18/2020 4:53:42 PM	6,79	297,03	505,90
6/18/2020 4:53:52 PM	6,02	263,54	505,44
6/18/2020 4:54:02 PM	5,34	233,75	505,36
6/18/2020 4:54:12 PM	5,32	232,75	505,48
6/18/2020 4:54:22 PM	4,84	211,88	505,44
6/18/2020 4:54:32 PM	7,46	326,68	506,28
6/18/2020 4:54:42 PM	5,66	247,70	506,13
6/18/2020 4:54:52 PM	5,79	253,44	506,35
6/18/2020 4:55:02 PM	6,31	276,19	505,92
6/18/2020 4:55:12 PM	7,44	325,66	505,65
6/18/2020 4:55:22 PM	6,07	265,74	505,46
6/18/2020 4:55:32 PM	5,35	234,21	505,47
6/18/2020 4:55:42 PM	5,03	219,94	505,40
6/18/2020 4:55:52 PM	6,35	278,12	505,77
6/18/2020 4:56:02 PM	6,64	290,85	506,42
6/18/2020 4:56:12 PM	6,39	279,83	506,28
6/18/2020 4:56:22 PM	5,82	254,78	505,77
6/18/2020 4:56:32 PM	6,39	279,91	505,19
6/18/2020 4:56:42 PM	6,51	285,07	505,12
6/18/2020 4:56:52 PM	5,40	236,19	505,34
6/18/2020 4:57:02 PM	7,02	307,36	505,54
6/18/2020 4:57:12 PM	4,91	215,14	505,70
6/18/2020 4:57:22 PM	5,15	225,29	506,78
6/18/2020 4:57:32 PM	5,72	250,19	506,62
6/18/2020 4:57:42 PM	6,77	296,42	508,93
6/18/2020 4:57:52 PM	7,56	330,85	506,56
6/18/2020 4:58:02 PM	6,48	283,77	506,34
6/18/2020 4:58:12 PM	6,25	273,46	505,83
6/18/2020 4:58:22 PM	6,30	275,77	505,17
6/18/2020 4:58:32 PM	7,70	337,28	505,14
6/18/2020 4:58:42 PM	7,45	326,25	505,17
6/18/2020 4:58:52 PM	6,88	301,08	505,46
6/18/2020 4:59:02 PM	6,78	296,57	505,49
6/18/2020 4:59:12 PM	5,94	260,00	505,38
6/18/2020 4:59:22 PM	6,40	280,15	505,20
6/18/2020 4:59:32 PM	5,20	227,83	505,56
6/18/2020 4:59:42 PM	5,50	240,64	505,39
6/18/2020 4:59:52 PM	8,07	353,37	505,49
6/18/2020 5:00:02 PM	6,20	271,43	505,55
6/18/2020 5:00:12 PM	5,81	254,45	505,63
6/18/2020 5:00:22 PM	5,39	235,71	505,65
6/18/2020 5:00:32 PM	8,31	363,69	505,43
6/18/2020 5:00:42 PM	5,86	256,46	505,75
6/18/2020 5:00:52 PM	5,70	249,31	505,94
6/18/2020 5:01:02 PM	6,46	282,66	505,85



6/18/2020 5:01:12 PM	4,97	217,78	505,76
----------------------	------	--------	--------

Az áramlási adatok grafikus kiértékelése látható a 2. diagramon



2. diagram: A gőz sebesség és tömegáram ábrázolása

Egy szofisztikált statisztikai elemző függvény van integrálva a FluxDiag programba a mérések kiértékeléséhez. Ennek segítségével gyorsan számítható a mérés bizonytalansága. a kiértékelést a következő táblázatok tartalmazzák.

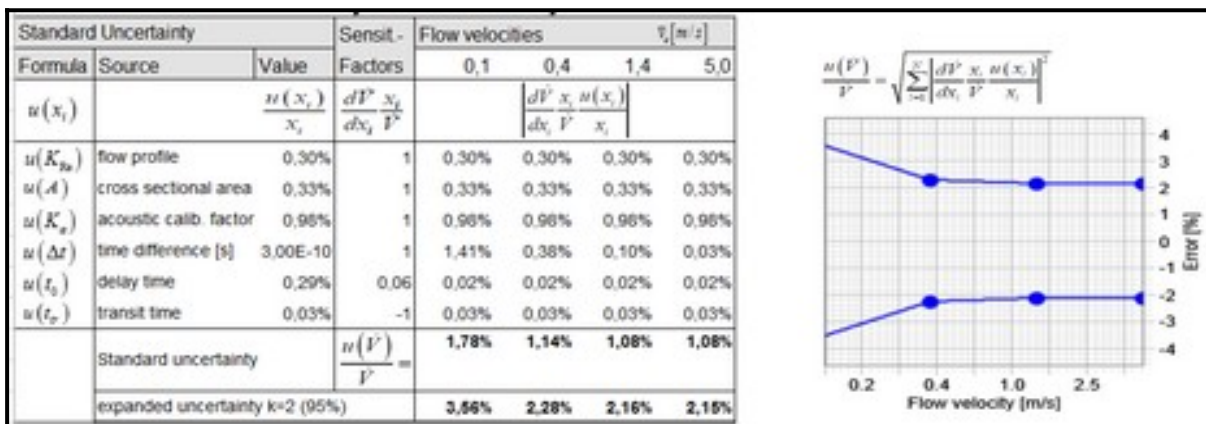
2. táblázat: Az alkalmazás paramétereit.

Parameter		Value	Unit
outer diameter	$D_o$	6,10E-02	m
wall thickness	$\delta$	2,70E-03	m
wall soundspeed (1)	$c_w$	3143,00	m/s
fluid soundspeed	$c$	494,19	m/s
flow velocity max	$V_{,max}$	5,0	m/s
flow velocity min	$V_{,min}$	0,1	m/s
lining thickness	$\delta_l$		m
lining soundspeed	$c_l$		m/s
fluid temperature	$T$	170,0	°C
kin. viscosity	$\nu$	3,049	mm <sup>2</sup> /s
number sound paths	N_path	3	
number channels	N_Ch	1	

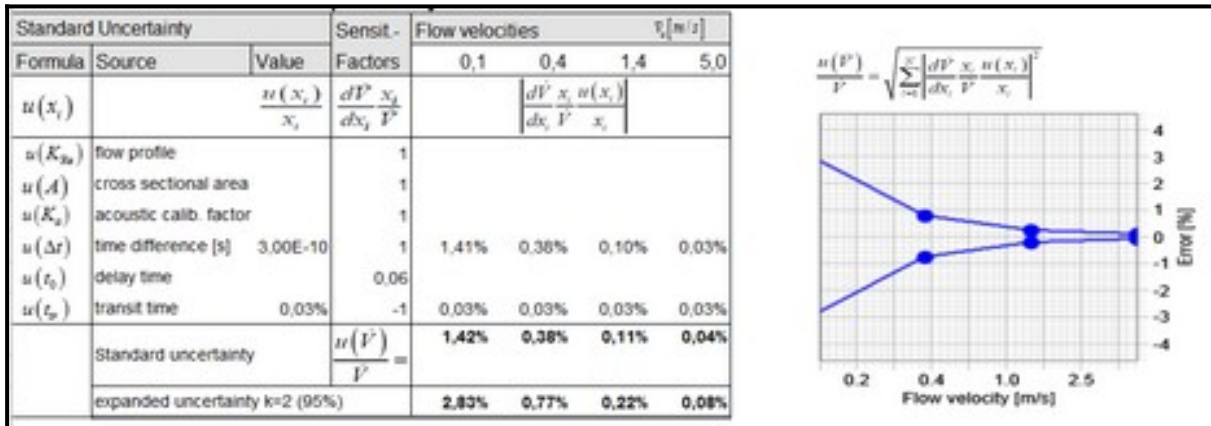
3. táblázat: Betáplált bizonytalanságok.

Input Uncertainties		Source of uncertainty	expan.	stand.	
velocity profile	$u(K_{2a})$	fully developed turbulent flow	0,60%	0,30%	
outer diameter	$u(D_o)$	Caliper, 3 points	0,03%	0,02%	
wall thickness	$u(\delta)$	US probe, 8 points	3,70%	1,85%	
wall soundspeed	$u(c_w)$	sound speed table	60	30	m/s
transferability of ac. calibr. fact	$u_{tr}(K_a)$	Lamb Wave	1,95%	0,98%	
correlated sources	$u_{cs}(\Delta t)$	non	0,0E+00	0,0E+00	s
acoustic calib. factor	$u(K_a)$	factory calibration	0,15%	0,08%	
time difference	$u(\Delta t)/T_0$	factory calibration	6,00E-10	3,00E-10	s
transit time	$u(t_p)/T_0$	factory calibration	2,00E-07	1,00E-07	s
delay time in coupling wedge	$u(t_c)$	production tolerance	0,50%	0,25%	

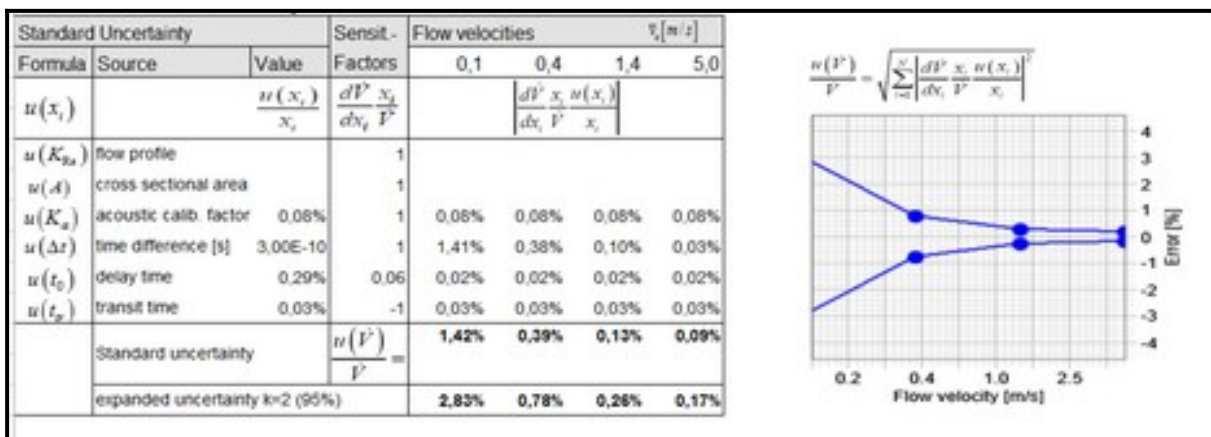
4. táblázat: Teljes bizonytalanság az áramlási sebességre nézve.



5. táblázat: A mérés ismételtetősége.



6. táblázat: A távadó és transzdücer teljes bizonytalansága.



7. táblázat: A transzdücer paramétereit.

Parameter		Value	Unit
acoustic calib. factor	$K_a$	3151,43	m/s
sound speed wedge (1)	$c_t$	2216,70	m/s
path length wedge (1)	$l_t$	1,88E-02	m
transducer frequency	$f_0$	1,0E+06	Hz

8. táblázat: A cső belső területének bizonytalansága

Standard Uncertainty			Sensit. Factors	Contribution	
Formula	Source	Value			
$u(x_i)$		$u(x_i)$	$\frac{u(x_i)}{x_i}$	$\frac{c_i x_i u(x_i)}{A x_i}$	
$u(D_s)$	outer dia.	1,00E-05	0,02%	2	0,03%
$u(\delta)$	wall thick.	5,00E-05	1,85%	0,18	0,33%
	Standard uncertainty		$\frac{u(A)}{A} =$	<b>0,33%</b>	

## Diskusszió

A mérésre való előkészületi munkák, azaz a cső felszínének méréshez való előkészítése, körülbelül 1 órát vettek igénybe. Az érzékelő 2 óra alatt érte el a 100 °C hőmérsékletet. Annak érdekében, hogy ezt az időt lerövidítsük, szükséges volt egy jó hőszigetelő réteg készítése. A szenzor telepítése és a szigetelés előkészítése közben körültekintően kell eljárni a csőfelszín magas hőmérséklete miatt.

Mivel a szigetelés kialakítása közben szerves gőzök is keletkeznek szükséges aktívszén betétes gázmaszk viselete.

A mérés sikeres volt, az eredményeket az üzem operátorainak eljuttattuk további elemzésre, illetve a technológiai kalkulációkkal való összehasonlításra. A mérési eredmények helyességét az operátor megerősítette, és megállapítottuk, hogy a mérés pontossága és stabilitása jobb mint a helyben telepített in-situ örvény áramlás mérő által végzett mérések esetén.

## **Konklúzió**

Az ultrahangos gőz áram mérés egy nagyon előremutató technika. A mérés során nem lép fel nyomásesés, illetve termékvesztés köszönhetően a technika non invazív mivoltának. A mérés elvégezhető bármilyen egyenes csőszakaszon amit lehetséges akadálymentesen megközelíteni, illetve ahol az eszköz biztonságosan kezelhető. A mérési adatok ezek után belső memóriában tárolhatók, illetve továbbíthatók külső modemmel és kapcsolattal Modbus protokollal a világ vármelyik FTP szerverére.



<sup>i</sup>1. TSUKADA, Keisuke; KIKURA, Hiroshige. Study on Velocity Profile Measurement of Saturated Jet Flow by Air-coupled Ultrasound. *Energy Procedia*, 2017, 131: 436-443. ISSN: 1876-6102

<sup>ii</sup> LYNNWORTH, L. C.; LIU, Yi. Ultrasonic flowmeters: Half-century progress report, 1955–2005. *Ultrasonics*, 2006, 44: e1371-e1378. ISSN: 0041-624X

<sup>iii</sup> CONRAD, Keven; LYNNWORTH, Larry. [online]- Fundamentals of ultrasonic flow meters. *American School of Gas Measurement Technology*, 2002, 1: 53-54. Available on URL:  
<https://asgmt.com/paper/fundamentals-of-ultrasonic-flow-meters-2002/>

<sup>iv</sup> FLEXIM. [online]- Stationary Clamp-on Steam Measurement. Available on URL:  
<https://www.flexim.com/us/products/steam-flowmeters/fluxus-g721-st>

---

#### **Authors` data**

**Ilko Jan**, Ing. PhD. **Slovak Society of Environment Slovakia** - the branch of Association of Slovak Scientific and Technological Societies in Bratislava / **FLEXIM**, GmbH, Olbendorf, Austria. [www.sszp.eu](http://www.sszp.eu) / [www.flexim.com](http://www.flexim.com)

**Borbely Balazs**, Ing. **Flowell**, kft. Budapest, Hungary. [www.flowell.hu](http://www.flowell.hu)

**Halper Christian**, Ing. **MEDON**, GmbH / **FLEXIM**, GmbH, Olbendorf, Austria. [www.medon.at](http://www.medon.at) / [ww.flexim.com](http://ww.flexim.com)