

Мерење у системима под притиском
ултразвучним мерачем протока SebaKMT-UDM
200

Студенти:

Александра Топаловић

Исидора Лалатовић

Тања Јовичић

Петар Јелић

Милош Бојић

Ментори:

проф. др Душан Продановић

доц. др Дамјан Иветић

доц. др Милош Милашиновић

1. Увод

Ултразвучни мерач протока SebaKMT-UDM 200 се користи како би измерили проток у цевима тј системима под притиском у радним условима. Уређај није у директном контакту са водом и поставља се ван цеви сто значи да не ремети конструкцију саме цеви и не омета водоснабдевање.

Главни делови комплета за мерење јесу заштитна кутија, мерна јединица, примопредајници (сонде односно главе мерног уређаја) и пратећа опрема су пуњач, ланци за пришвршћавање сонди, четка којом се чисти цев пре него што се ставе сонде, кабл за повезивање с рачунаром...



Слика 1. Ултразвучни мерач протока-мерна јединица



Слика 1.2. Делови уређаја

Овај уређај ради на принципу transit-time методе односно проток се мери преко ултразвучних сигнала. Главе ултразвучног мерача протока имају двоструку улогу а то су да емитују ултразвучни сигнал кроз цев као и да га примају зато су оне заправо примопредајници. Једна сонда односно глава ултразвучног мерача емитује сигнал низводно а друга узводно. С обзиром да вода тече, у једном смеру ће ултразвук брже путовати, низводно а узводно спорије. Овај мерач управо мери ту разлику у брзини путовања сигнала и на основу ње се даље израчуна проток. С обзиром да су цеви под притиском већински водоводи, може се закључити да уређај ради у чистој води.

2. Како уређај ради?

Уређај се базира на методи “Transit-time”. Наизменично свака глава ултразвучног мерача протока ради као предајник- емитује ултразвучне сигнале кроз медијум, и као пријемник. Проток мери тако што се два ултразвучна сигнала шаљу кроз медијум, један низводно у смеру тока, а други узводно у супротном смеру.

$$T_{niz} = \frac{L}{c_2 + v \cos \theta_2},$$

$$T_{uzv} = \frac{L}{c_2 - v \cos \theta_2},$$

где је L размак између два примопредајика, c_2 брзина пропације, v брзина медијума, $\cos \theta_2$ угао под којим сигнали путују.

Пошто се сигнал брже простире у низводном него у узводном смеру, тиме је време простирања сигнала низводно краће. Уређај мери разлику између та два времена и на основу ње даје средњу брзину помоћу које се рачуна проток.

$$\Delta T = T_{uzv} - T_{niz} = \frac{2dv}{c_2^2 - v^2 \cos^2 \theta_2},$$

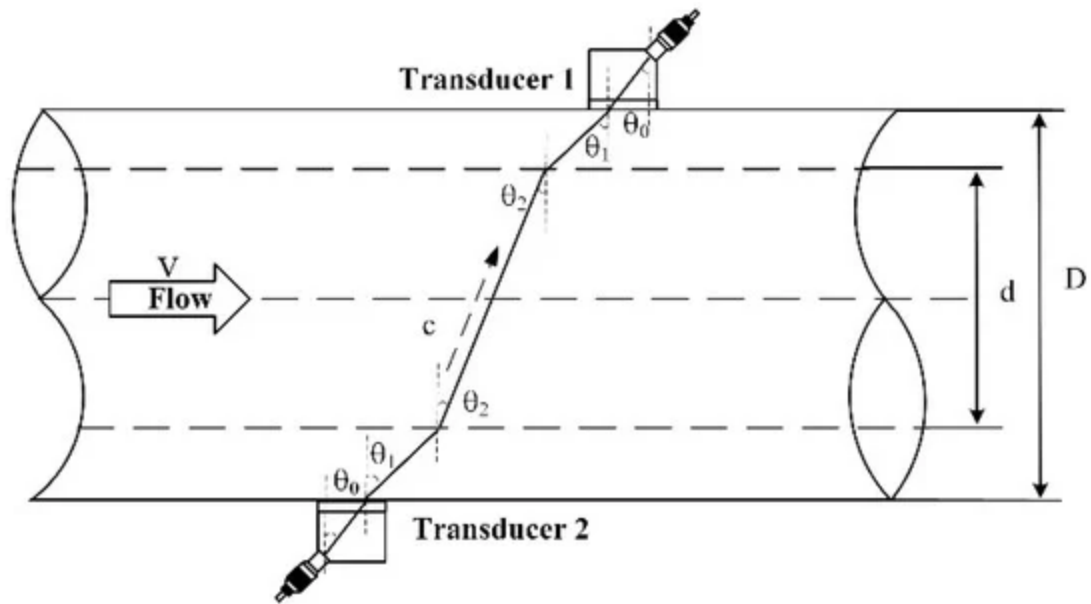
разлика времена узводно и низводно

$$v = \frac{-d + \sqrt{d^2 + \Delta T^2 c_2^2 \cos^2 \theta_2}}{\Delta T \cos^2 \theta_2},$$

брзина медијума на основу разлике времена простирања сигнала







$$q = \frac{\pi d^2}{4} v,$$



проток медијума у цеви.



Слика 2.1: Скица принципа рада уређаја

Управљање мерном јединицом је једноставно. На дисплеју су јасно дефинисане ставке које су неопходне да се унесу да би се вршио прорачун, а у наставку су приказане те ставке као и кратко упутство за руковање:

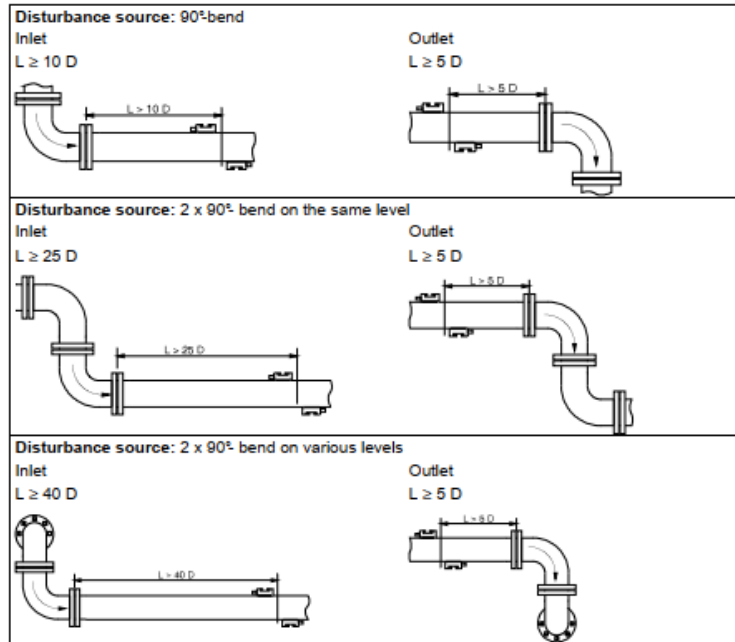
	Паљење уређаја
  <div style="border: 1px solid gray; padding: 2px; width: fit-content;"> >PAR< mea opt sf Parameter </div>	Листати опције док се не појави "par" и притиснути Enter → прелази се на унос параметара
  	Команде за манипулисање унесеним подацима
<div style="border: 1px solid gray; padding: 2px; width: fit-content;"> Outer Diameter 100.0 mm </div>	Спољашњи пречник цеви у милиметрима
<div style="border: 1px solid gray; padding: 2px; width: fit-content;"> Wall Thickness 3.0 mm </div>	Дебљина зида цеви у милиметрима
<div style="border: 1px solid gray; padding: 2px; width: fit-content;"> Pipe Material : Steel (Normal) </div>	Материјал од којег је направљена цев
<div style="border: 1px solid gray; padding: 2px; width: fit-content;"> Lining no >YES< </div>	Да ли је цев обложена? (ако јесте → упутство)
<div style="border: 1px solid gray; padding: 2px; width: fit-content;"> Roughness 0.4 mm </div>	Апсолутна хрпавост цеви у милиметрима

Medium : Water	Течност која струји кроз цев
Medium Temperat. 20.0 °C	Просечна температура течности
Additional cable 65.0 m	Продужење кабла у метрима (ако је потребно)
Мерење	
par >MEA< opt sf Measuring	Након уноса параметара изабрати „mea“ помоћу стрелица
Sound Path 1 NUM	Подешавање пута звука. Пожељно оставити препоручену вредност, ако је могуће.
Transd. Distance 54 mm Diagon	Растојање између трансдуктора у милиметрима (препоручена/стварна вредност)
S= ■■■■■■ ■ <> ■ = 54 mm!	Интензитет ултразвучног сигнала (пожељно је да буде што јачи и стабилнији)
Transd. Distance? 53.9 mm	Поновна потврда растојања између трансдуктора (уколико је било потребно кориговање положаја)
Volume flow 54.5 m3/h	Уређај започиње мерење
За време мерења	
 	Помоћу стрелица бирамо да ли ће уређај приказати тренутни проток или укупну запремину

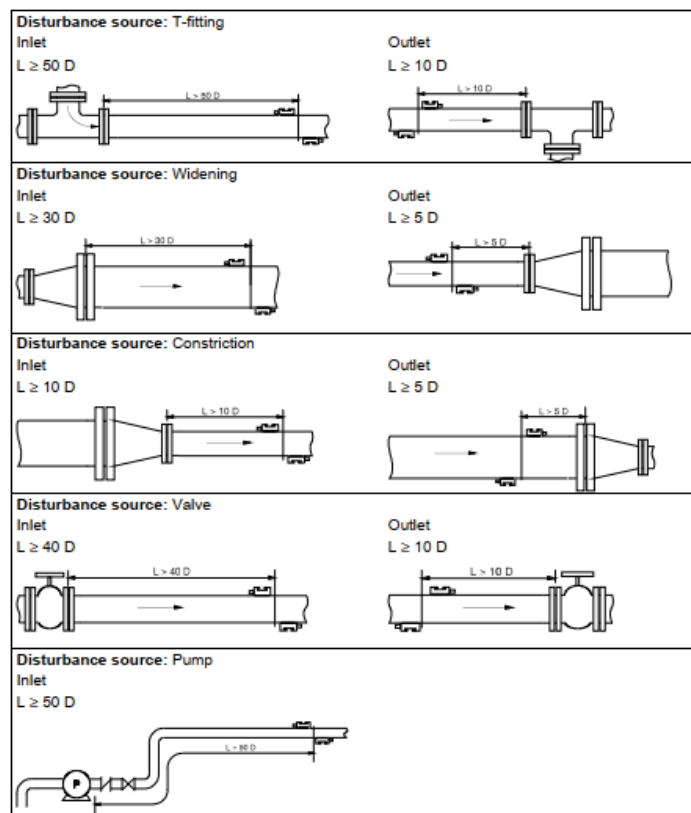
Слика 2.2: Битни параметри и кратко упутство за покретање

Пре него што се примопредајници монтирају на цев, важно је претходно очистити површину цеви од нечистоћа јер оне могу да поремете сигнале и самим тим се добијају непоуздани резултати. Такође везу сигнала може пореметити ваздух који се налази између површине примопредајника и цеви, тако да је пожељно стављати маст.

Приликом одабира места мерења мора се водити рачуна о самој диспозицији цеви. Идеално је поставити уређај на месту где постоји довољна удаљеност од локација које изазивају поремећаје у току. На слици 2.3 и 2.4 дате су препоруке за локације за постављање уређаја. Треба водити рачуна да се при одабију локације избегну места где је цев оштећена или деформисана, у близини шава заваривање, где постоји талог унутар цеви,....

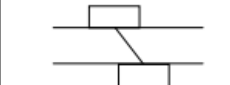
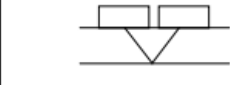

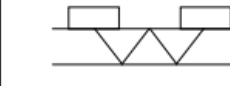


Слика 2.3: Локације за постављање уређаја ако је у питању цев са коленом



Слика 2.4: Локације за постављање уређаја ако поремећај изазива Т-рачва, проширење, сужење цеву, затварач...

При монтирању примопредајника, мора се изабрати њихов положај на цеви. За прорачун, битно је колико ће бити преламања ултразвучног сигнала. Примопредајници се могу поставити дијагонално и да имају непаран број преламања, или један поред другог и да имају редан број прелома. Већи број прелома сигнала даје тачније мерење, али што је већа удаљеност сигнал је слабији.

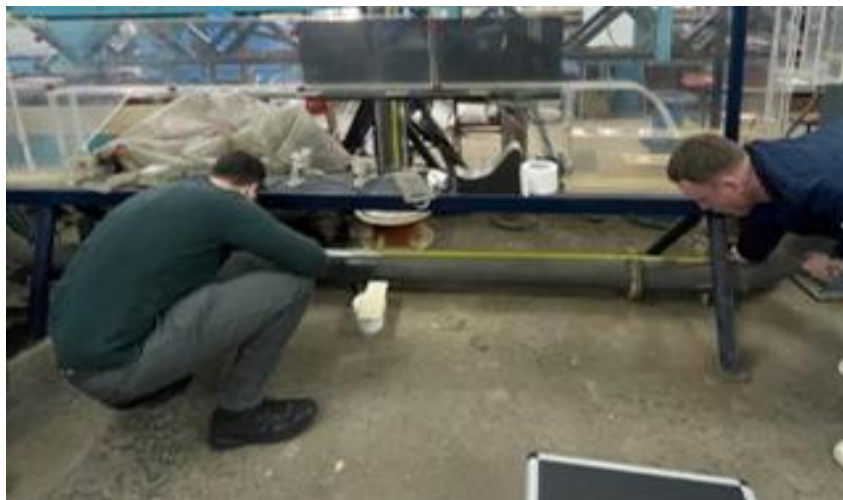
Arrangement of the transducers in diagonal mode		Arrangement of the transducers in reflection mode	
Number of sound paths	Sound path	Number of sound paths	Sound path
1		2	
3		4	
and so on			

Слика 2.5: Могуће диспозиције примопредајника

3. Мерење

Сам процес мерења састоји се у постављању сонди, повезивању уређаја и дефинисања параметара самог уређаја.

1. Положај мерног места се бира тако да постоји довољна удаљеност од локације које изазивају поремећаје у воденом току. Ограничења при избору мерне тачке детаљније су исписана у тачки 2.



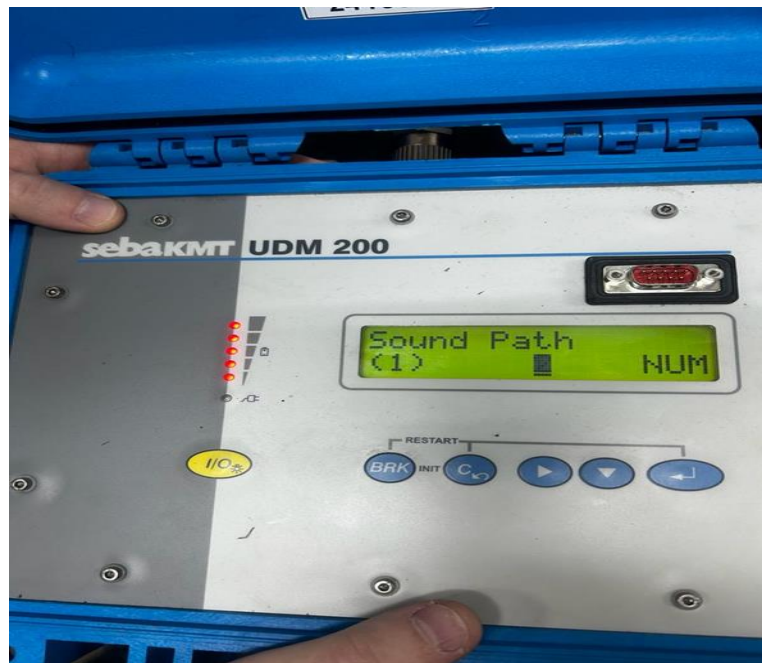
Слика 3.1. Бирање положаја мерног места

2. Соне се на цев постављају са спољне стране у неколико корака. Убацују се прво у специјалне носаче и води се рачуна о правцима постављања. Приликом мерења важно је успоставити добру везу између цевовода и трансдуктора-сонди. Свака нечистоћа на површини цевовода (рђа, прашина...) мора се очистити, јер она упија део ултразвучног сигнала који уређај емитује и тиме га слаби. Веза се додатно побољшава употребом посебне масти, која се поставља између сензора и цеви како би се елиминисао ваздух између њих.



Слика 3.2. Постављене сонде на цев

3. Главе ултразвучног мерача протока-сонде имају двојаку улогу: да емитују ултразвук кроз цев и да раде као пријемници одбијеног ултразвука. Постаљају се тако да једна глава емитује ултразвук у низводном смеру а друга у узводном. Пошто вода тече, време простирања ултразвука низводно је краће од времена путовања сигнала узводно. Уређај мери разлику између та два временска путовања и на основу ње се одређује средња брзина, односно проток кроз цев. Удаљеност примопредајника зависи од више фактора(спољашњи пречник цеви, материјал цеви, флуида, температуре флуида...). Њихов положај се коригује у односу на препоручену вредност.
4. Након повезивања уређаја са мерном јединицом, приступимо њеном паљењу и уношењем података(спољашња дебљина цеви, апсолутна храпавост, растојање између примопредајника...).



Слика 3.3. Подешавање параметара мерне јединице

5. Након извршеног мерења извршили смо повезивање мерне јединице са рачунаром зарад преноса и обраде добијених података. За обраду података коришћен је софтвер SmarTTY.



Слика 3.4. Повезана мерна јединица на рачунар

4. Примери

1.1. Пример број 1: Упоредивање са другом мерном методом

Након упознавања са мерним уређајем и свим његовим карактеристикама, прешли смо на мерења у лабораторији. Пример број 1 се односи на упоређивање предметне методе мерења са неком другом мерном методом. Ми смо упоређивали методу мерења протока у системима под притиском „Tranist-time” са методом мерења висине преливног млаза преко „Tompsonovog” прелива, путем које смо индиректно добили проток.

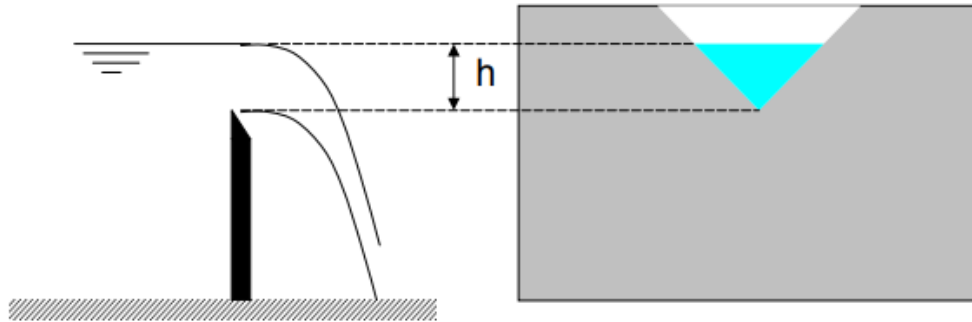
Метода мерења висине преливног млаза преко „Tompsonovog” прелива се заснива на следећем: помоћу мерне игле одређује се кота висине воденог огледала и на основу познате коте дна „Tompsonovog” прелива простом разликом долазимо до висине („дебљине“) преливног млаза:

$$h = Z_{VO} - Z_{DTP}$$

h - висина преливног млаза

Z_{VO} – кота висине воденог огледала

Z_{ДТР} – кота дна „Томпсоновог” прелива



Слика 4.1.1: „Томпсоновог” прелив



Слика 4.1.2: „Томпсоновог” прелив и менра игла на локацији мерења

До протока овом методом долазимо индиректно преко математичке формуле:

$$Q = C_Q \sqrt{2gh^5}$$

$$C_Q = 0.581 \frac{8}{15}$$

g – гравитационо убрзање $g = 9.81 \text{ m}^2/\text{s}$

C_Q – коефицијент протока, не зависи од висине преливног млаза h

А методом „Tranist-time” чије нас име само упућује на то, у тренутку времена на дисплеју мерне јединице читавамо проток у l/s .



Слика 4.1.3: Уређај у току рада

Такође на затварачу у склопу инсталације на којој смо мерили смо путем маневрисања самог затварача мерења вршили на три различита протока, за малу, средњу и велику отвореност затварача.



Слика 4.1.4: Маневрисање затварача

На основу резултата мерења које смо добили видимо да уз незнатна одступања добијамо приближно исте вредности протока обема методама. Такође видимо да методом мерења висине преливног млаза преко „Томпсоновог” прелива добијамо једнозначну вредност протока. Док методом „Транст-тима” добијамо опсеге у којима се проток креће.

Табела 1.1.1: Упоредивање резултата мерења различитим методама

ОТВОРЕНОСТ ЗАТВАРАЧА	ПРОТОК Q[l/s]	
	ПРЕКО ТОМПСОНОВОГ ПРЕЛИВА	МЕРНИМ УРЕЂАЈЕМ
МАЛА	0.11	0.13-0.15
СРЕДЊА	2.76	2.78-2.79
ВЕЛИКА	6.95	8.03-8.10

1.2. Пример број 2: Утицај маневрисања параметрима цеви

Пример број 2 се односи на утицај маневрисања параметрима цеви на резултате мерења. Параметре за које смо мењали вредности су рапавост цеви и дебљина зида цеви. Њих смо мењали за две вредности протока, да би видели колика ће се одступања јавити при малим и при великим вредностима протока. Мерења смо вршили тако што један од два параметра фиксирамо на неку вредност а други мењамо и обрнуто.



Слика 4.2.1: Приказ подешавања параметара цеви

Током мерења били смо свесни да приликом повећавања рапавости цеви требамо да измеримо мање вредности протока. И да приликом повећања дебљине зида цеви треба да добијемо мање вредности протока, јер ултразвук брже путује кроз материјал веће густине па последично а с обзиром да се метода „Tranist-time” заснива на времену пропагације ултразвучних таласа кроз медијум, у овом случају кроз воду, са повећањем дебљине зида време путовања ултразвучних таласа кроз воду дуже траје, јавља се мања брзина а самим тим и мањи проток.

Такве смо резултате мерења добили при већем протоку. Интересантан закључак овог мерења јесте да се при малим вредностима протока маневрисање параметрима цеви скоро па не види, тачније нема утицаја на промену вредности протока.

Табела 4.2.1: Утицај маневрисања дебљине зида цеви када је рапавост цеви константна, при већем протоку

	ПРОТОК Q[l/s]	
	РАПАВОСТ=0.4	
ДЕБЉИНА ЗИДА [mm]=5	ПРЕКО ТОМПСОНОВОГ ПРЕЛИВА	МЕРНИМ УРЕЂАЈЕМ
4.5	9.96	10.31-10.35
5.5	9.96	10.06-10.12
6	9.96	9.96-10.00

Табела 1.2.1: Утицај маневрисања рапавости цеви када је дебљина зида цеви константна, при већем протоку

	ПРОТОК Q[l/s]	
	ДЕБЉИНА ЗИДА [mm]=5	
РАПАВОСТ	ПРЕКО ТОМПСОНОВОГ ПРЕЛИВА	МЕРНИМ УРЕЂАЈЕМ
0.1	9.96	10.23-10.27
0.5	9.96	10.14-10.19
1	9.96	10.06-10.13
2	9.96	10.02-10.05

Табела 4.2.3: Утицај маневрисања дебљине зида цеви када је рапавост цеви константна, при мањем протоку

ПРОТОК Q[l/s]		
РАПАВОСТ=0.4		
ДЕБЉИНА ЗИДА [mm]=5	ПРЕКО ТОМПСОНОВОГ ПРЕЛИВА	МЕРНИМ УРЕЂАЈЕМ
4.5	1.28	1.23-1.25
5.5	1.28	1.23-1.26
6	1.28	1.22-1.23

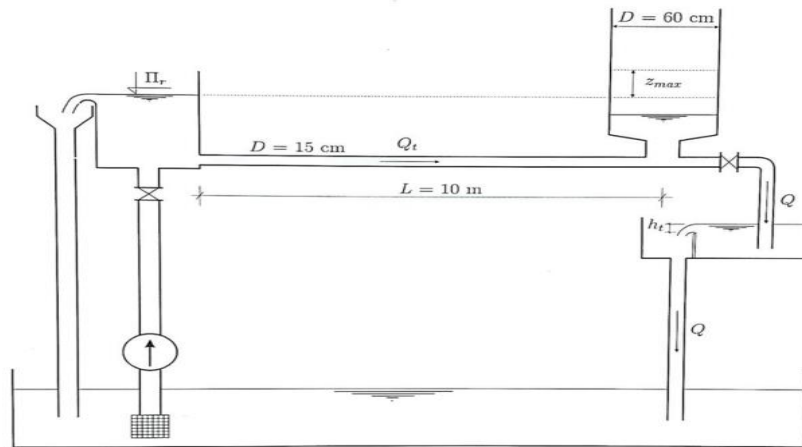
Табела 4.2.4: Утицај маневрисања рапавости цеви када је дебљина зида цеви константна, при мањем протоку

ПРОТОК Q[l/s]		
ДЕБЉИНА ЗИДА [mm]=5		
РАПАВОСТ	ПРЕКО ТОМПСОНОВОГ ПРЕЛИВА	МЕРНИМ УРЕЂАЈЕМ
0.1	1.28	1.23-1.25
0.4	1.28	1.23-1.26
2	1.28	1.20-1.23

1.3. Пример број 3: Мерење на инсталацији са Водостаном (Damping factor)

Пример број 3 се односи на мерења која смо вршили на инсталацији са Водостаном. Инсталација се састоји из једног великог резервоара у који се пумпом константно упумпава вода тако да са њиме симулирамо константа ниво. И тог резервоара кроз цев истиче вода под притиском, на крају ове цеви се налази Водостан са затварачем на самој цеви. Циљ мерења је пратити податке које меримо при наглом затварању/отварању затварача(изазивање хидрауличког удара).

Као што знамо Водостан је грађевина која служи да прихвати осцилације протока у случају хидрауличког удара, који смо ми покушалки да симулирамо. Такође вредности које добијамо мерењем треба да нам дају синусни облик функције осциловања на дијграму промене протока у току времена.



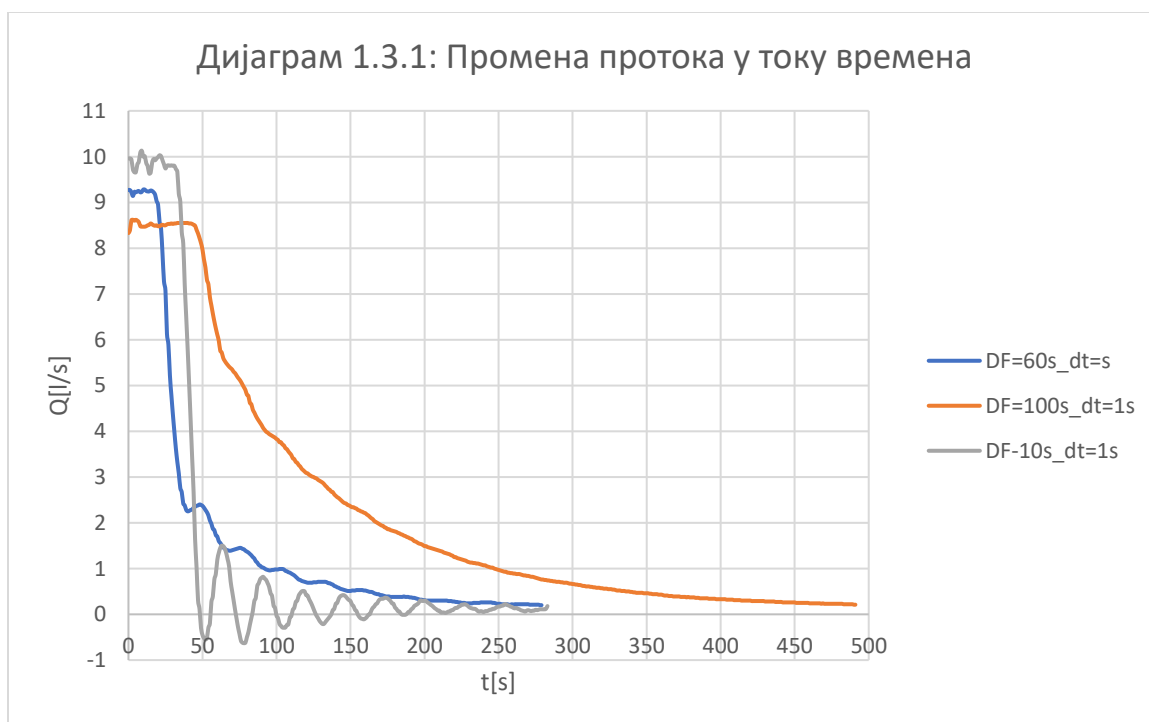
Слика 4.3.1: Схематски приказ инсталације са водостаном

Уводимо појам damping factor-а, који представља време на које се врши осредњавање података. У овом случају на основу добијених резултата мерења видимо да у системима где се очекују нагле промене протока damping factor треба да буде што мањи да би ухватио сваки тренутак амплитуде осциловања протока у току времена и да би добили најреалнији облик криве протока.



Слика 4.3.2: Подешавање *damping factor-a*

За три вредности *damping factor-a* које смо узели ($DF=100s$, $DF=60s$ и $DF=10s$) за најмању вредност *damping factor-a* добијамо најреалнији облик криве протока. Такође закључак је да се код система где се очекује константан проток треба узети произвољно велики *damping factor-a* јер би мала вредност ухватила непотребне амплитуде осциловања протока. Резултати мерења су дати у табелама у прилогу.



5. Закључци

1. Пре свега уређај SebaKMT-UDM 200 је лак за коришћење. Није великих габарита, долази у кутији која је лако преносива. Сам интерфејс је интуитиван, лако се уносе параметри и подешава уређај за мерење. Лако се повезује са рачунаром.
2. Треба обратити пажњу о положају трансдуктора преко који се шаље и прима сигнал. Током мерења која смо ми вршили због ограничености у виду простора и локације ми смо поставили сонде у положај који је једини био могућ и ако је то погрешан положај из разлога шта се у цевима под притиском, поготово кад се ради о мањим вредностима протока у горњим зонама цеви може јавити ваздух који је мање густине него вода самим тим ће реметити пренос ултразвучног таласа. Најбољи положај трансдуктора је од угла од 45° до 90° . Такође савет је да ако постоји могућност да се мерење изврши у два положаја трансдуктора чиме би се додатно стекао увид у вредности података добијених мерењем.
3. Овај уређај омогућава мерења у току нормалног рада систем. Тачније систем може неометано да ради приликом мерења. Што даје могућност праћења података у реалном времену што представља и сам циљ „Tranist-time” методе.
4. Погодан је за мерење у медијуму који је чист. Пошто ова метода прати време пропагације таласа, уређај је погодан за чисте медијуме јер запрљани медијум честицама које су растворене, суспендоване упија један део ултразвучног таласа чим се губи сигнал а тиме и тачност добијених података. Ово је показатељ супротности у односу на уређаје који раде на принципу Доплеровог ефекта којима одговара запрљан медијум. Закључак је да је овај уређај погодан за мерење у склопу водоводних система под притиском.
5. Треба се обезбедити добро пријањање између цевовода и трансдуктора јер свака нечистоћа на површини цеви упија део ултразвучних таласа и слаби сигнал чиме се добијају лошији подаци. Савет са лица места је да четка која се добија заједно са уређајем обично није довољна да исчисти корозију са цеви. Тако да је најбоље користити брусилу помоћу које би се обриси површински слој цеви, где се обично налазе насlage корозије и других нечистоћа.

6. Прилози

Табела 1.3.1: Промена протока у току времена за $DF=10s$

DF=10s	
t(s)	Q(l/s)
0	9.96
1	9.96
2	9.94
3	9.72
4	9.66
5	9.66
6	9.83
7	9.89
8	10.09
9	10.13
10	10
11	10.01
12	9.86
13	9.79
14	9.63
15	9.65
16	9.87
17	9.95
18	9.92
19	9.96
20	9.99
21	10.03
22	10.01
23	9.92
24	9.83
25	9.74
26	9.8

DF=10s	
t(s)	Q(l/s)
27	9.81
28	9.8
29	9.81
30	9.8
31	9.8
32	9.73
33	9.67
34	9.19
35	9.02
36	8.35
37	8.1
38	7.21
39	6.5
40	5.79
41	5.02
42	4.24
43	3.43
44	2.67
45	1.64
46	1.03
47	0.3
48	0.12
49	-0.3
50	-0.45
51	-0.52
52	-0.55
53	-0.52
54	-0.29
55	-0.2
56	0.27
57	0.39

DF=10s	
t(s)	Q(l/s)
58	0.76
59	0.88
60	1.19
61	1.34
62	1.45
63	1.5
64	1.49
65	1.44
66	1.34
67	1.2
68	1.04
69	0.72
70	0.51
71	0.31
72	0.1
73	-0.09
74	-0.28
75	-0.43
76	-0.58
77	-0.62
78	-0.63
79	-0.62
80	-0.5
81	-0.39
82	-0.23
83	-0.08
84	0.07
85	0.29
86	0.36
87	0.62
88	0.68

DF=10s	
t(s)	Q(l/s)
89	0.77
90	0.8
91	0.82
92	0.78
93	0.75
94	0.68
95	0.6
96	0.46
97	0.4
98	0.19
99	0.14
100	-0.03
101	-0.08
102	-0.21
103	-0.25
104	-0.29
105	-0.29
106	-0.29
107	-0.23
108	-0.22
109	-0.07
110	-0.04
111	0.1
112	0.14
113	0.27
114	0.3
115	0.41
116	0.46
117	0.5
118	0.51
119	0.5

DF=10s	
t(s)	Q(l/s)
120	0.42
121	0.41
122	0.33
123	0.27
124	0.2
125	0.12
126	0.04
127	-0.03
128	-0.08
129	-0.14
130	-0.18
131	-0.21
132	-0.21
133	-0.17
134	-0.13
135	-0.09
136	-0.05
137	0
138	0.09
139	0.12
140	0.23
141	0.25
142	0.34
143	0.39
144	0.41
145	0.42
146	0.41
147	0.38
148	0.34
149	0.31
150	0.29

DF=10s	
t(s)	Q(l/s)
151	0.21
152	0.18
153	0.1
154	0.07
155	-0.01
156	-0.06
157	-0.09
158	-0.1
159	-0.11
160	-0.09
161	-0.06
162	-0.01
163	0
164	0.08
165	0.14
166	0.17
167	0.22
168	0.24
169	0.3
170	0.33
171	0.34
172	0.34
173	0.36
174	0.36
175	0.35
176	0.32
177	0.29
178	0.24
179	0.23
180	0.15
181	0.12

DF=10s	
t(s)	Q(l/s)
182	0.07
183	0.06
184	0.01
185	-0.01
186	-0.01
187	-0.01
188	0.01
189	0.05
190	0.06
191	0.11
192	0.13
193	0.18
194	0.2
195	0.22
196	0.25
197	0.3
198	0.3
199	0.29
200	0.3
201	0.29
202	0.26
203	0.24
204	0.21
205	0.19
206	0.16
207	0.13
208	0.11
209	0.08
210	0.08
211	0.04
212	0.04

DF=10s	
t(s)	Q(l/s)
213	0.04
214	0.03
215	0.04
216	0.06
217	0.06
218	0.09
219	0.09
220	0.12
221	0.14
222	0.14
223	0.17
224	0.18
225	0.21
226	0.21
227	0.22
228	0.21
229	0.19
230	0.16
231	0.14
232	0.13
233	0.12
234	0.12
235	0.1
236	0.07
237	0.06
238	0.07
239	0.06
240	0.05
241	0.07
242	0.07
243	0.08

DF=10s	
t(s)	Q(l/s)
244	0.1
245	0.1
246	0.12
247	0.12
248	0.14
249	0.16
250	0.17
251	0.17
252	0.19
253	0.19
254	0.22
255	0.22
256	0.2
257	0.19
258	0.17
259	0.16
260	0.14
261	0.13
262	0.14
263	0.12
264	0.11
265	0.09
266	0.08
267	0.07
268	0.06
269	0.08
270	0.09
271	0.08
272	0.07
273	0.08
274	0.08

DF=10s	
t(s)	Q(l/s)
275	0.1
276	0.09
277	0.1
278	0.11
279	0.11
280	0.11
281	0.11
282	0.12
283	0.18

Табела 1.3.2:Промена протока у току времена за $DF=60s$

DF=60s	
t(s)	Q(l/s)
0	9.27
1	9.27
2	9.22
3	9.14
4	9.23
5	9.22
6	9.24
7	9.25
8	9.22
9	9.23
10	9.28
11	9.28
12	9.25
13	9.24
14	9.24
15	9.26
16	9.25
17	9.22
18	9.17
19	9.03
20	8.95
21	8.58
22	8.43
23	7.88
24	7.27
25	7.07
26	6.13
27	5.89
28	5.22

DF=60s	
t(s)	Q(l/s)
29	4.78
30	4.37
31	3.99
32	3.63
33	3.33
34	3.08
35	2.76
36	2.67
37	2.42
38	2.38
39	2.28
40	2.25
41	2.26
42	2.28
43	2.29
44	2.33
45	2.35
46	2.37
47	2.38
48	2.4
49	2.39
50	2.37
51	2.33
52	2.28
53	2.23
54	2.16
55	2.05
56	1.98
57	1.87
58	1.84
59	1.73

DF=60s	
t(s)	Q(l/s)
60	1.7
61	1.6
62	1.56
63	1.51
64	1.46
65	1.44
66	1.4
67	1.4
68	1.39
69	1.39
70	1.4
71	1.41
72	1.42
73	1.43
74	1.44
75	1.45
76	1.45
77	1.43
78	1.42
79	1.39
80	1.37
81	1.35
82	1.32
83	1.29
84	1.25
85	1.22
86	1.16
87	1.13
88	1.08
89	1.06
90	1.03

DF=60s	
t(s)	Q(l/s)
91	1.02
92	1
93	0.98
94	0.97
95	0.96
96	0.96
97	0.97
98	0.97
99	0.98
100	0.98
101	0.98
102	0.99
103	0.99
104	0.99
105	0.98
106	0.95
107	0.94
108	0.92
109	0.91
110	0.89
111	0.87
112	0.85
113	0.82
114	0.79
115	0.76
116	0.75
117	0.73
118	0.72
119	0.71
120	0.7
121	0.69

DF=60s	
t(s)	Q(l/s)
122	0.69
123	0.69
124	0.69
125	0.7
126	0.7
127	0.7
128	0.71
129	0.71
130	0.71
131	0.71
132	0.71
133	0.71
134	0.7
135	0.68
136	0.68
137	0.66
138	0.65
139	0.62
140	0.61
141	0.59
142	0.58
143	0.56
144	0.55
145	0.54
146	0.53
147	0.52
148	0.51
149	0.51
150	0.51
151	0.52
152	0.52

DF=60s	
t(s)	Q(l/s)
153	0.52
154	0.53
155	0.53
156	0.53
157	0.53
158	0.53
159	0.52
160	0.52
161	0.51
162	0.5
163	0.49
164	0.49
165	0.48
166	0.46
167	0.45
168	0.44
169	0.44
170	0.42
171	0.42
172	0.41
173	0.4
174	0.39
175	0.39
176	0.39
177	0.38
178	0.38
179	0.38
180	0.38
181	0.38
182	0.38
183	0.38

DF=60s	
t(s)	Q(l/s)
184	0.38
185	0.38
186	0.39
187	0.38
188	0.38
189	0.38
190	0.37
191	0.37
192	0.36
193	0.36
194	0.35
195	0.34
196	0.33
197	0.32
198	0.32
199	0.31
200	0.31
201	0.3
202	0.3
203	0.3
204	0.3
205	0.3
206	0.3
207	0.3
208	0.3
209	0.3
210	0.3
211	0.3
212	0.3
213	0.3
214	0.3

DF=60s	
t(s)	Q(l/s)
215	0.3
216	0.29
217	0.29
218	0.29
219	0.28
220	0.28
221	0.27
222	0.27
223	0.26
224	0.26
225	0.25
226	0.25
227	0.25
228	0.24
229	0.24
230	0.24
231	0.24
232	0.24
233	0.25
234	0.25
235	0.25
236	0.25
237	0.25
238	0.26
239	0.26
240	0.26
241	0.26
242	0.26
243	0.26
244	0.26
245	0.26

DF=60s	
t(s)	Q(l/s)
246	0.25
247	0.25
248	0.24
249	0.23
250	0.23
251	0.23
252	0.22
253	0.22
254	0.22
255	0.22
256	0.22
257	0.21
258	0.21
259	0.22
260	0.21
261	0.22
262	0.22
263	0.22
264	0.22
265	0.22
266	0.22
267	0.22
268	0.22
269	0.22
270	0.22
271	0.21
272	0.21
273	0.21
274	0.21
275	0.21
276	0.21

DF=60s	
t(s)	Q(l/s)
277	0.21
278	0.2
279	0.2
280	0.2

Табела 1.3.3:Промена протока у току времена за $DF=100s$

DF=100s	
t(s)	Q(l/s)
0	8.33
1	8.39
2	8.61
3	8.62
4	8.6
5	8.62
6	8.6
7	8.57
8	8.48
9	8.47
10	8.47
11	8.47
12	8.48
13	8.5
14	8.51
15	8.54
16	8.52
17	8.5
18	8.49
19	8.5
20	8.48
21	8.48
22	8.5
23	8.51
24	8.5
25	8.5
26	8.52
27	8.53
28	8.53

DF=100s	
t(s)	Q(l/s)
29	8.54
30	8.53
31	8.54
32	8.54
33	8.55
34	8.55
35	8.55
36	8.55
37	8.55
38	8.55
39	8.55
40	8.55
41	8.54
42	8.54
43	8.53
44	8.51
45	8.49
46	8.4
47	8.32
48	8.22
49	8.11
50	7.97
51	7.75
52	7.58
53	7.31
54	7.21
55	6.93
56	6.75
57	6.57
58	6.4
59	6.25

DF=100s	
t(s)	Q(l/s)
60	6.11
61	5.98
62	5.76
63	5.72
64	5.6
65	5.54
66	5.49
67	5.45
68	5.41
69	5.38
70	5.35
71	5.3
72	5.27
73	5.22
74	5.17
75	5.13
76	5.08
77	5.02
78	4.96
79	4.9
80	4.8
81	4.77
82	4.62
83	4.59
84	4.47
85	4.41
86	4.34
87	4.28
88	4.23
89	4.18
90	4.13

DF=100s	
t(s)	Q(l/s)
91	4.07
92	4.03
93	3.99
94	3.97
95	3.94
96	3.92
97	3.9
98	3.88
99	3.86
100	3.83
101	3.81
102	3.76
103	3.76
104	3.71
105	3.69
106	3.63
107	3.61
108	3.56
109	3.52
110	3.48
111	3.41
112	3.39
113	3.33
114	3.31
115	3.26
116	3.23
117	3.18
118	3.15
119	3.12
120	3.09
121	3.08

DF=100s	
t(s)	Q(l/s)
122	3.05
123	3.03
124	3.01
125	3
126	2.98
127	2.97
128	2.94
129	2.92
130	2.9
131	2.88
132	2.85
133	2.81
134	2.78
135	2.74
136	2.72
137	2.68
138	2.67
139	2.62
140	2.59
141	2.56
142	2.54
143	2.51
144	2.48
145	2.45
146	2.43
147	2.42
148	2.39
149	2.38
150	2.36
151	2.34
152	2.34

DF=100s	
t(s)	Q(l/s)
153	2.32
154	2.31
155	2.28
156	2.27
157	2.25
158	2.24
159	2.22
160	2.21
161	2.18
162	2.16
163	2.13
164	2.1
165	2.08
166	2.04
167	2.02
168	2
169	1.98
170	1.96
171	1.94
172	1.93
173	1.9
174	1.89
175	1.86
176	1.86
177	1.84
178	1.83
179	1.82
180	1.81
181	1.8
182	1.78
183	1.77

DF=100s	
t(s)	Q(l/s)
184	1.75
185	1.74
186	1.72
187	1.71
188	1.69
189	1.68
190	1.66
191	1.65
192	1.63
193	1.6
194	1.59
195	1.57
196	1.55
197	1.54
198	1.53
199	1.51
200	1.49
201	1.49
202	1.47
203	1.46
204	1.45
205	1.44
206	1.43
207	1.42
208	1.41
209	1.4
210	1.39
211	1.38
212	1.37
213	1.35
214	1.34

DF=100s	
t(s)	Q(l/s)
215	1.33
216	1.32
217	1.31
218	1.29
219	1.28
220	1.25
221	1.25
222	1.23
223	1.22
224	1.21
225	1.2
226	1.19
227	1.18
228	1.17
229	1.15
230	1.14
231	1.13
232	1.13
233	1.12
234	1.12
235	1.11
236	1.11
237	1.1
238	1.09
239	1.08
240	1.07
241	1.07
242	1.05
243	1.04
244	1.03
245	1.02

DF=100s	
t(s)	Q(l/s)
246	1.02
247	1
248	0.99
249	0.98
250	0.97
251	0.96
252	0.95
253	0.94
254	0.93
255	0.93
256	0.91
257	0.91
258	0.9
259	0.9
260	0.89
261	0.89
262	0.88
263	0.88
264	0.88
265	0.87
266	0.86
267	0.85
268	0.85
269	0.84
270	0.84
271	0.83
272	0.82
273	0.82
274	0.81
275	0.8
276	0.79

DF=100s	
t(s)	Q(l/s)
277	0.78
278	0.77
279	0.76
280	0.76
281	0.75
282	0.75
283	0.74
284	0.74
285	0.73
286	0.73
287	0.72
288	0.72
289	0.71
290	0.71
291	0.71
292	0.7
293	0.7
294	0.69
295	0.69
296	0.69
297	0.68
298	0.67
299	0.67
300	0.66
301	0.66
302	0.65
303	0.65
304	0.64
305	0.64
306	0.63
307	0.62

DF=100s	
t(s)	Q(l/s)
308	0.62
309	0.61
310	0.61
311	0.61
312	0.6
313	0.6
314	0.59
315	0.59
316	0.58
317	0.58
318	0.58
319	0.57
320	0.57
321	0.56
322	0.56
323	0.56
324	0.55
325	0.55
326	0.55
327	0.54
328	0.54
329	0.53
330	0.52
331	0.52
332	0.52
333	0.51
334	0.51
335	0.51
336	0.5
337	0.5
338	0.5

DF=100s	
t(s)	Q(l/s)
339	0.49
340	0.49
341	0.48
342	0.48
343	0.47
344	0.47
345	0.47
346	0.47
347	0.47
348	0.46
349	0.46
350	0.46
351	0.46
352	0.45
353	0.45
354	0.44
355	0.44
356	0.44
357	0.44
358	0.43
359	0.43
360	0.43
361	0.42
362	0.41
363	0.41
364	0.41
365	0.4
366	0.4
367	0.4
368	0.39
369	0.39

DF=100s	
t(s)	Q(l/s)
370	0.39
371	0.39
372	0.39
373	0.38
374	0.38
375	0.38
376	0.38
377	0.37
378	0.38
379	0.37
380	0.37
381	0.37
382	0.37
383	0.36
384	0.36
385	0.36
386	0.35
387	0.35
388	0.35
389	0.35
390	0.35
391	0.35
392	0.34
393	0.34
394	0.34
395	0.34
396	0.34
397	0.33
398	0.33
399	0.33
400	0.33

DF=100s	
t(s)	Q(l/s)
401	0.33
402	0.33
403	0.33
404	0.32
405	0.32
406	0.32
407	0.32
408	0.32
409	0.31
410	0.31
411	0.31
412	0.31
413	0.31
414	0.3
415	0.3
416	0.3
417	0.3
418	0.3
419	0.3
420	0.3
421	0.29
422	0.29
423	0.29
424	0.29
425	0.29
426	0.29
427	0.29
428	0.29
429	0.29
430	0.28
431	0.28

DF=100s	
t(s)	Q(l/s)
432	0.28
433	0.28
434	0.28
435	0.28
436	0.28
437	0.27
438	0.27
439	0.27
440	0.27
441	0.27
442	0.26
443	0.26
444	0.26
445	0.26
446	0.26
447	0.26
448	0.26
449	0.26
450	0.26
451	0.25
452	0.25
453	0.25
454	0.25
455	0.25
456	0.25
457	0.25
458	0.25
459	0.25
460	0.24
461	0.24
462	0.24

DF=100s	
t(s)	Q(l/s)
463	0.24
464	0.24
465	0.24
466	0.24
467	0.24
468	0.23
469	0.24
470	0.23
471	0.23
472	0.23
473	0.23
474	0.23
475	0.23
476	0.23
477	0.23
478	0.23
479	0.23
480	0.23
481	0.23
482	0.23
483	0.22
484	0.22
485	0.22
486	0.22
487	0.22
488	0.22
489	0.22
490	0.21
491	0.21