

Problem 1 :

$$P = 105 \text{ mm, Area} = A = 150 \text{ ha} = 1500000 \text{ m}^2,$$

$$\text{Runoff duration} = 10\text{h at a rate } q = 2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_Q = t * q = (10 \cdot 3600) * 2 = 72000 \text{ m}^3;$$

$$V_{\text{prec}} = P * A = (0.105) * (1500000) = 157500 \text{ m}^3,$$

1) Losses :

$$= V_Q - V_{\text{prec}} = 157500 - 72000 = 85500 \text{ m}^3$$

2) Ratio of runoff to total precipitation :

$$R = V_{\text{prec}} / V_{\text{ruissel}} = 72000 / 157500 = 0.457 = 45.7\%$$

Problem 2 :

$$\text{CN}=77$$

$$\text{a) } VQ = p - s \left(1.2 - \frac{s}{p+0.8s} \right)$$

$$t_c = 0.00526 L^{0.8} ((1000/\text{CN}) - 9)^{0.7} S^{-0.5}$$

$$= 0.00526 (7500\text{ft})^{0.8} ((1000/77) - 9)^{0.7} (0.0012)^{-0.5}$$

$$= 503.38 \text{ min}$$

b)

$$S = (1000/\text{CN}) - 10$$

$$= (1000/77)-10$$

$$=2.987 \text{ in}$$

$$VQ = 5 - 2.987 \left(1.2 - \frac{2.987}{p + 0.8(2.987)} \right)$$

$$=2.62 \text{ inch}$$

Soil group	CN	Tc	S	VQ(inch)
A	77	503	2.98	2.62
B	86	376	1.63	3.47
C	91	309	0.99	3.98
D	94	270	0.64	4.31

Conclusion:

The larger CN number of Soil group, the shorter the time of concentration and the larger the runoff volume.

Problem 3 :

1) Water balance equations: $dS / dt = I - O$

- a. $S_i: dS_i / dt = P - F_t$
- b. $S_s: dS_s / dt = F_t - Q_{sr} - I$
- c. $S_{g,shall}: dS_{g,shall} / dt = I - Q_{sb} - Perc_{shall}$
- d. $S_{g,deep}: dS_{g,deep} / dt = Perc_{shall} - Perc_{deep}$

2) In order to implement the solution in Excel, we create one column for each variable and we do the calculations at $t=0$, 10 min, 20 min, etc. The following equations apply at each time step and were implemented using the IF function in Excel:

- 1) $S_i(t+\Delta t) = S_i(t) + \Delta t (P - F_t)$
- 2) $S_s(t+\Delta t) = S_s(t) + \Delta t (F_t - Q_{sr} - I)$
- 3) $S_{g,shall}(t+\Delta t) = S_{g,shall}(t) + \Delta t * (I - Q_{sb} - Perc_{shall})$
- 4) $S_{g,deep}(t+\Delta t) = S_{g,deep}(t) + \Delta t * (Perc_{shall} - Perc_{deep})$
- 5) $F_t = 0$ if $S_i < 5$ and $F_t = P$ if $S_i \geq 5$
- 6) $Q_{sb} = 0.2 * S_s$ if $S_s < 12$ and $F_t - 0.1 F_t$ if $S_s \geq 12$
- 7) $Perc_{shall} = 0.01 * S_{g,shall}$
- 8) $Perc_{deep} = 0.01 * S_{g,deep}$

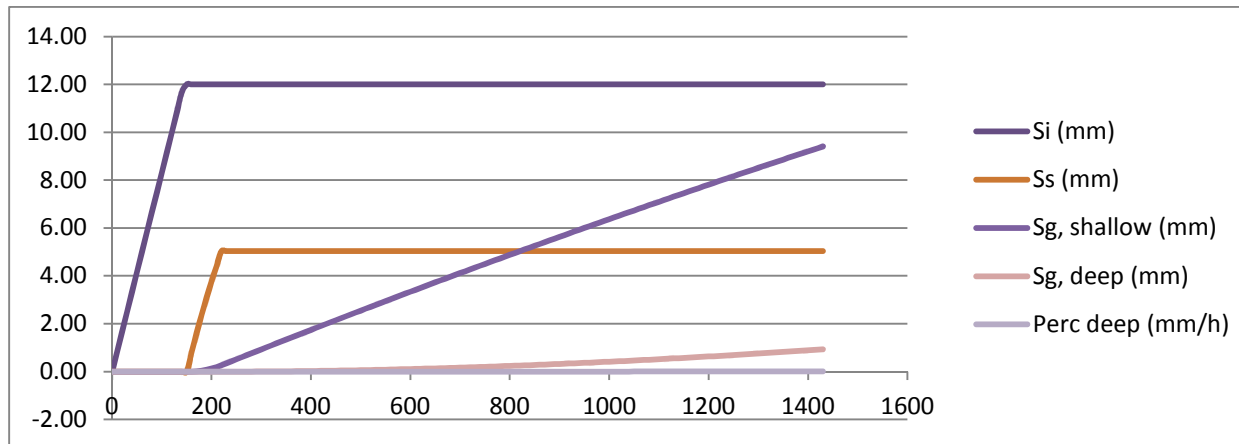


Figure 1: time series of storages in the system

110	5	0.83	9.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
120	5	0.83	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
130	5	0.83	10.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
140	5	0.83	11.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
150	5	0.00	12.00	5.00	0.00	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
160	5	0.00	12.00	5.00	0.83	0.79	0.08	0.17	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17
170	5	0.00	12.00	5.00	1.63	0.75	0.16	0.33	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33
180	5	0.00	12.00	5.00	2.38	0.71	0.24	0.48	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48
190	5	0.00	12.00	5.00	3.09	0.68	0.31	0.62	0.08	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62
200	5	0.00	12.00	5.00	3.77	0.64	0.38	0.75	0.13	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76
210	5	0.00	12.00	5.00	4.42	0.61	0.44	0.88	0.19	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88
220	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	0.27	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.50
230	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	0.35	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.50
240	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	0.43	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.50
250	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	0.52	0.08	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	4.50
260	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	0.60	0.08	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	4.50
270	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	0.68	0.08	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	4.50
280	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	0.77	0.08	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	4.50
290	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	0.85	0.08	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	4.51
300	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	0.93	0.08	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	4.51
310	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	1.01	0.08	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	4.51
320	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	1.10	0.08	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	4.51
330	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	1.18	0.08	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	4.51
340	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	1.26	0.08	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	4.51
350	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	1.34	0.08	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	4.51
360	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	1.42	0.08	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	4.51
370	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	1.50	0.08	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	4.51
380	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	1.58	0.08	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	4.51
390	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	1.67	0.08	0.02	0.02	0.03	0.00	0.00	4.51
400	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	1.75	0.08	0.02	0.02	0.03	0.00	0.00	4.51

410	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	1.83	0.08	0.02	0.02	0.03	0.00	0.00	4.52
420	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	1.91	0.08	0.02	0.02	0.04	0.00	0.00	4.52
430	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	1.99	0.08	0.02	0.02	0.04	0.00	0.00	4.52
440	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	2.07	0.08	0.02	0.02	0.04	0.00	0.00	4.52
450	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	2.15	0.08	0.02	0.02	0.05	0.00	0.00	4.52
460	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	2.23	0.08	0.02	0.02	0.05	0.00	0.00	4.52
470	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	2.31	0.08	0.02	0.02	0.05	0.00	0.00	4.52
480	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	2.39	0.08	0.02	0.02	0.06	0.00	0.00	4.52
490	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	2.47	0.08	0.02	0.02	0.06	0.00	0.00	4.52
500	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	2.55	0.08	0.03	0.03	0.06	0.00	0.00	4.52
510	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	2.63	0.08	0.03	0.03	0.07	0.00	0.00	4.52
520	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	2.71	0.08	0.03	0.03	0.07	0.00	0.00	4.52
530	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	2.79	0.08	0.03	0.03	0.08	0.00	0.00	4.53
540	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	2.87	0.08	0.03	0.03	0.08	0.00	0.00	4.53
550	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	2.95	0.08	0.03	0.03	0.09	0.00	0.00	4.53
560	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	3.03	0.08	0.03	0.03	0.09	0.00	0.00	4.53
570	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	3.10	0.08	0.03	0.03	0.10	0.01	0.00	4.53
580	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	3.18	0.08	0.03	0.03	0.10	0.01	0.00	4.53
590	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	3.26	0.08	0.03	0.03	0.11	0.01	0.00	4.53
600	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	3.34	0.08	0.03	0.03	0.11	0.01	0.00	4.53
610	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	3.42	0.08	0.03	0.03	0.12	0.01	0.00	4.53
620	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	3.50	0.08	0.03	0.03	0.12	0.01	0.00	4.53
630	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	3.57	0.08	0.04	0.04	0.13	0.01	0.00	4.53
640	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	3.65	0.08	0.04	0.04	0.13	0.01	0.00	4.53
650	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	3.73	0.08	0.04	0.04	0.14	0.01	0.00	4.53
660	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	3.81	0.08	0.04	0.04	0.15	0.01	0.00	4.54
670	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	3.88	0.08	0.04	0.04	0.15	0.01	0.00	4.54
680	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	3.96	0.08	0.04	0.04	0.16	0.01	0.00	4.54
690	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	4.04	0.08	0.04	0.04	0.16	0.01	0.00	4.54
700	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	4.12	0.08	0.04	0.04	0.17	0.01	0.00	4.54

710	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	4.19	0.08	0.04	0.04	0.18	0.01	0.00	4.54
720	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	4.27	0.08	0.04	0.04	0.18	0.01	0.00	4.54
730	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	4.35	0.08	0.04	0.04	0.19	0.01	0.00	4.54
740	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	4.42	0.08	0.04	0.04	0.20	0.01	0.00	4.54
750	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	4.50	0.08	0.04	0.04	0.20	0.01	0.00	4.54
760	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	4.58	0.08	0.05	0.05	0.21	0.01	0.00	4.54
770	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	4.65	0.08	0.05	0.05	0.22	0.01	0.00	4.54
780	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	4.73	0.08	0.05	0.05	0.23	0.01	0.00	4.54
790	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	4.80	0.08	0.05	0.05	0.23	0.01	0.00	4.55
800	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	4.88	0.08	0.05	0.05	0.24	0.01	0.00	4.55
810	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	4.96	0.08	0.05	0.05	0.25	0.01	0.00	4.55
820	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	5.03	0.08	0.05	0.05	0.26	0.01	0.00	4.55
830	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	5.11	0.08	0.05	0.05	0.26	0.01	0.00	4.55
840	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	5.18	0.08	0.05	0.05	0.27	0.01	0.00	4.55
850	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	5.26	0.08	0.05	0.05	0.28	0.01	0.00	4.55
860	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	5.33	0.07	0.05	0.05	0.29	0.01	0.00	4.55
870	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	5.41	0.07	0.05	0.05	0.30	0.01	0.00	4.55
880	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	5.48	0.07	0.05	0.05	0.31	0.01	0.00	4.55
890	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	5.56	0.07	0.06	0.06	0.31	0.01	0.00	4.55
900	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	5.63	0.07	0.06	0.06	0.32	0.01	0.00	4.55
910	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	5.70	0.07	0.06	0.06	0.33	0.01	0.00	4.55
920	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	5.78	0.07	0.06	0.06	0.34	0.01	0.00	4.56
930	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	5.85	0.07	0.06	0.06	0.35	0.01	0.00	4.56
940	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	5.93	0.07	0.06	0.06	0.36	0.01	0.00	4.56
950	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	6.00	0.07	0.06	0.06	0.37	0.01	0.00	4.56
960	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	6.07	0.07	0.06	0.06	0.38	0.01	0.00	4.56
970	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	6.15	0.07	0.06	0.06	0.39	0.01	0.00	4.56
980	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	6.22	0.07	0.06	0.06	0.40	0.01	0.00	4.56
990	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	6.30	0.07	0.06	0.06	0.41	0.01	0.00	4.56
1000	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	6.37	0.07	0.06	0.06	0.42	0.01	0.00	4.56

1010	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	6.44	0.07	0.06	0.06	0.43	0.01	0.00	4.56
1020	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	6.52	0.07	0.07	0.07	0.44	0.01	0.00	4.56
1030	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	6.59	0.07	0.07	0.07	0.45	0.01	0.00	4.56
1040	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	6.66	0.07	0.07	0.07	0.46	0.01	0.00	4.56
1050	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	6.73	0.07	0.07	0.07	0.47	0.01	0.00	4.56
1060	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	6.81	0.07	0.07	0.07	0.48	0.01	0.00	4.57
1070	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	6.88	0.07	0.07	0.07	0.49	0.01	0.00	4.57
1080	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	6.95	0.07	0.07	0.07	0.50	0.01	0.00	4.57
1090	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	7.02	0.07	0.07	0.07	0.51	0.01	0.01	4.57
1100	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	7.10	0.07	0.07	0.07	0.52	0.01	0.01	4.57
1110	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	7.17	0.07	0.07	0.07	0.53	0.01	0.01	4.57
1120	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	7.24	0.07	0.07	0.07	0.54	0.01	0.01	4.57
1130	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	7.31	0.07	0.07	0.07	0.55	0.01	0.01	4.57
1140	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	7.38	0.07	0.07	0.07	0.57	0.01	0.01	4.57
1150	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	7.45	0.07	0.07	0.07	0.58	0.01	0.01	4.57
1160	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	7.53	0.07	0.08	0.08	0.59	0.01	0.01	4.57
1170	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	7.60	0.07	0.08	0.08	0.60	0.01	0.01	4.57
1180	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	7.67	0.07	0.08	0.08	0.61	0.01	0.01	4.57
1190	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	7.74	0.07	0.08	0.08	0.62	0.01	0.01	4.57
1200	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	7.81	0.07	0.08	0.08	0.63	0.01	0.01	4.58
1210	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	7.88	0.07	0.08	0.08	0.65	0.01	0.01	4.58
1220	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	7.95	0.07	0.08	0.08	0.66	0.01	0.01	4.58
1230	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	8.02	0.07	0.08	0.08	0.67	0.01	0.01	4.58
1240	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	8.09	0.07	0.08	0.08	0.68	0.01	0.01	4.58
1250	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	8.16	0.07	0.08	0.08	0.70	0.01	0.01	4.58
1260	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	8.23	0.07	0.08	0.08	0.71	0.01	0.01	4.58
1270	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	8.30	0.07	0.08	0.08	0.72	0.01	0.01	4.58
1280	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	8.37	0.07	0.08	0.08	0.73	0.01	0.01	4.58
1290	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	8.44	0.07	0.08	0.08	0.75	0.01	0.01	4.58
1300	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	8.51	0.07	0.09	0.09	0.76	0.01	0.01	4.58

1310	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	8.58	0.07	0.09	0.09	0.77	0.01	0.01	4.58
1320	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	8.65	0.07	0.09	0.09	0.78	0.01	0.01	4.58
1330	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	8.72	0.07	0.09	0.09	0.80	0.01	0.01	4.58
1340	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	8.79	0.07	0.09	0.09	0.81	0.01	0.01	4.59
1350	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	8.86	0.07	0.09	0.09	0.82	0.01	0.01	4.59
1360	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	8.93	0.07	0.09	0.09	0.84	0.01	0.01	4.59
1370	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	9.00	0.07	0.09	0.09	0.85	0.01	0.01	4.59
1380	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	9.07	0.07	0.09	0.09	0.86	0.01	0.01	4.59
1390	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	9.13	0.07	0.09	0.09	0.88	0.01	0.01	4.59
1400	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	9.20	0.07	0.09	0.09	0.89	0.01	0.01	4.59
1410	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	9.27	0.07	0.09	0.09	0.91	0.01	0.01	4.59
1420	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	9.34	0.07	0.09	0.09	0.92	0.01	0.01	4.59
1430	5	0.00	12.00	5.00	5.03	0.00	0.50	4.50	9.41	0.07	0.09	0.09	0.93	0.01	0.01	4.59