

1. A hőmérsékleti sugárzás vizsgálata

PÁPICS PÉTER ISTVÁN

csillagász, 3. évfolyam

Mérőpár: Balázs Miklós, Molnár László, Plachy Emese

2006.03.29.

Beadva: 2006.05.18.

Értékelés: _____

A MÉRÉS LEÍRÁSA

A mérés célja hogy egy jó közelítéssel fekete testnek tekinthető kályhanyílás hőmérsékleti sugárzását mérjük, és a felvett adatokból meghatározzuk a Stefan-Boltzmann állandót. A mérés során megismertük a számítógépes mérésvezérlés alapvető elemeit.

A Planck-formula integrálásából adódik a Stefan-Boltzmann törvény, mely a T hőmérsékletű fekete test egységnyi felülete által kisugárzott teljesítményt határozza meg:

$$P = \sigma T^4 \quad (1)$$

Szigma arányossági tényező meghatározásához három hőmérsékleten (melyet platina ellenállás hőmérővel állítottunk be) végeztünk hőmérséklet-méréseket vas-constantán és réz-constantán termoelemek segítségével, melyek a vékony ezüst vagy réz sugárdetektor lap hőmérsékletét mérik. Tehát a szondák réz-réz vagy ezüst-vas párosításban vannak.

A korrekt méréshez hővezetési tagokat is figyelembe kéne venni, így szigma meghatározására a következő képlet adódna:

$$\sigma = \frac{1}{F(T_s^4 - T^4)} \left\{ mc \frac{dT}{dt} + a_0(T - T_0) + a_1(T - T_1) \right\} \quad (2)$$

Azonban a mérés körülményei miatt nem látom szükségesnek az ilyen szinten pontos számolást, ugyanis a mérés során felmerülő hibalehetőségek túlságosan nagyok! T_0 dugóhőmérséklet természetesen nem konstans az alatt a pár másodperc alatt sem, amíg a szonda a kályhában van, míg hasonló a helyzet T_1 levegő-hőmérséklettel is. Így valószínűleg nem vétünk nagy hibát azzal, ha egy egyszerűbb kifejezéssel számolunk, mely nem tartalmazza a hővezetési tagokat:

$$\sigma = \frac{1}{F(T_s^4 - T^4)} \left(mc \frac{dT}{dt} \right) \quad (3)$$

Itt c a sugárdetektor lap fajhője, m a lap tömege és F a lapka felülete. Ezek külön-külön a rézre és az ezüstre a következők:

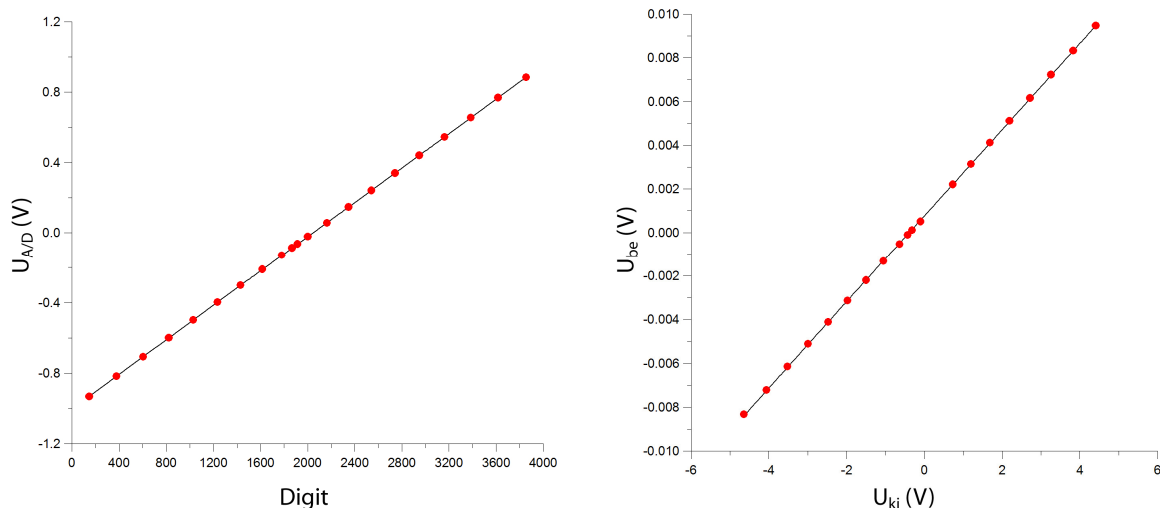
$$\begin{aligned} c_{\text{ezüst}} &= 234,5 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \\ m_{\text{ezüst}} &= 0,97 \text{g} \\ F_{\text{ezüst}} &= 1 \text{cm}^2 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} c_{\text{réz}} &= 385,2 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \\ m_{\text{réz}} &= 2,467 \text{g} \\ F_{\text{réz}} &= 1,97 \text{cm}^2 \end{aligned} \quad (5)$$

A MÉRÉS ELSŐ LÉPÉSEI

Mivel a mérőprogram csak 12 bites digitális jelekkel kommunikál, kalibrálnunk kellett a mérőberendezéseket, hogy az általunk használni kívánt mértékegységekre átválthassunk.

Először az A/D konverter és az előerősítő kalibrálását végeztük el.



1-2. ábra: az A/D konverter és az előerősítő kalibrálása

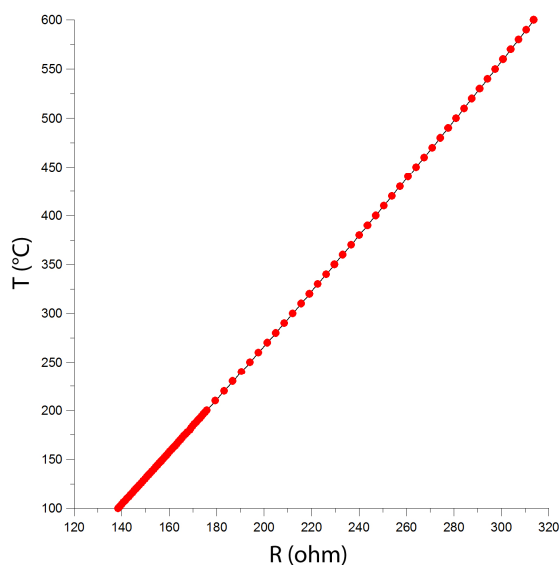
A digit-érték és a feszültség közti összefüggés:

$$U_{D/A} = (0,0004897 \pm 0,0000001) \times D - (1,0023 \pm 0,0003) \quad (6)$$

Az előerősítő kalibrációs egyenlete:

$$U_{be} = (0,001973 \pm 0,000002) \times U_{ki} + (0,000771 \pm 0,000006) \quad (7)$$

Kalibrálni kellett a platina-ellenállás hőmérőt (mely a kályha hőmérsékletét mérte), melyet a kiadott táblázat alapján oldottunk meg:



3. ábra: a Platina hőmérő ellenállás-hőmérséklet görbéje

$$T(^{\circ}\text{C}) = 0,00132852 \times R^2 + 2,25059 \times R - 236,973 \quad (8)$$

A hőmérőt stabilan 3 mA-es árammal működtetjük, kiszámítva a várt hőmérséklethez tartozó ellenállást, a (6)-os összefüggés segítségével elindíthatjuk a mérőprogramot.

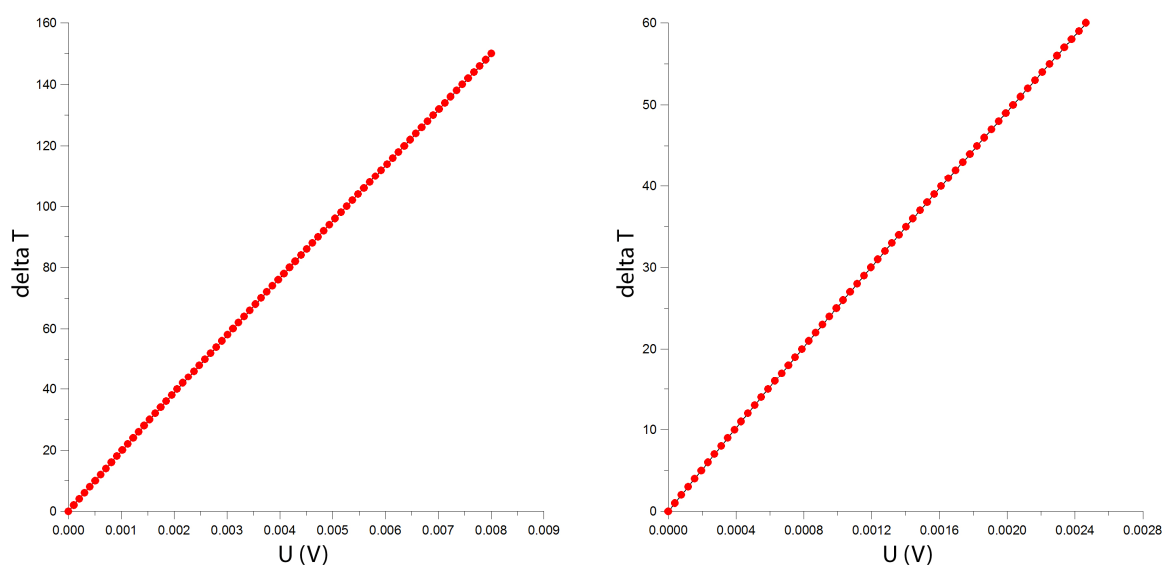
T=380°C	R=240,15 Ω
T=410°C	R=250,50 Ω
T=440°C	R=260,75 Ω

A MÉRÉS TOVÁBBI LEÍRÁSA

A kályhahőmérsékletet a (6)-os összefüggésből számolhatjuk ki pontosan. Mivel a hőmérsékletet egy szabályozó állítja, és annak egy kis holtjátéka van, lemértük az elméletileg konstans beállított hőmérsékletek mellett fennálló maximális és minimális digit értéket, hogy ebből meghatározzuk a valódi átlaghőmérsékletet. Később már ezekkel a valódi hőmérsékletekkel számoltam.

Beállított érték	Digit	U (A/D)	R	Valódi T_s	Átlag T_s (°C)	T_s (K)
380°C	3518,9	0,7209	240,30	380,56	374,75	647,90
	3494,2	0,7088	236,27	368,94		
410°C	3557,3	0,7397	246,57	398,72	404,57	677,72
	3581,9	0,7518	250,59	410,41		
440°C	3642,5	0,7814	260,48	439,39	433,52	706,67
	3618,0	0,7694	256,48	427,65		

A platinához hasonlóan a termopárokra is illesztést kellett csinálni, mégpedig a hőmérséklet és a feszültség közötti kapcsolat megteremtése érdekében.



4-5. ábra: a vas és réz termopárok hőmérséklet-feszültség görbéi

Ezüst-vas szonda:

$$dT(^{\circ}\text{C}) = -100861 \times U^2 + 19490,8 \times U + 0,211111 \quad (9)$$

Réz-réz szonda:

$$dT(^{\circ}\text{C}) = -599841 \times U^2 + 25791,3 \times U + 0,00610643 \quad (10)$$

Következő lépésben meg kell határozni a dT/dt függvényt mind a hat adatsorra. A mért melegedési görbére negyedfokú polinomot illesztünk, majd az illesztett függvényt deriváljuk. A következő oldalakon ezeket az ábrákat mutatom be, de előtte táblázatosan összefoglalom a nyert eredményeket. Az illesztéseket és számolásokat excel-ben végeztem. A (6)-os és (7)-es

egyenletek egybevetésével kaptam meg az összefüggést a digit és a hőmérséklettel arányos feszültség között, így a digitet feszültségre átváltva, abból az illesztéseket felhasználva adódott a dT, ahonnan már ekvivalens a számítás. Példaként közlöm az excel táblázatomban egy szelvényét is.

EREDMÉNYEK a Stefan-Boltzmann állandóra:

	°C	szigma	szórás	
Réz	380	1,171E-07	7,20E-09	6,15%
	410	1,282E-07	8,28E-09	6,46%
	440	1,203E-07	1,00E-08	8,31%
átlag		1,219E-07	8,49E-09	6,97%
Ezüst	380	5,465E-08	6,74E-09	12,34%
	410	5,265E-08	5,95E-09	11,29%
	440	5,141E-08	4,56E-09	8,86%
átlag		5,291E-08	5,75E-09	10,83%
Átlag		8,738E-08	7,12E-09	8,90%

Tehát a rézlappal szerelt mérőlapka kicsit rosszabb eredményt produkált, a vele végzett mérésekből számolt Stefan-Boltzmann konstans:

$$\sigma = (12,2 \pm 0,8) \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

Míg az ezüstlapkával nagyon jó eredményt sikerült mérni:

$$\sigma = (5,3 \pm 0,6) \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

Az irodalmi adat utóbbi hibahatárán belül van:

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

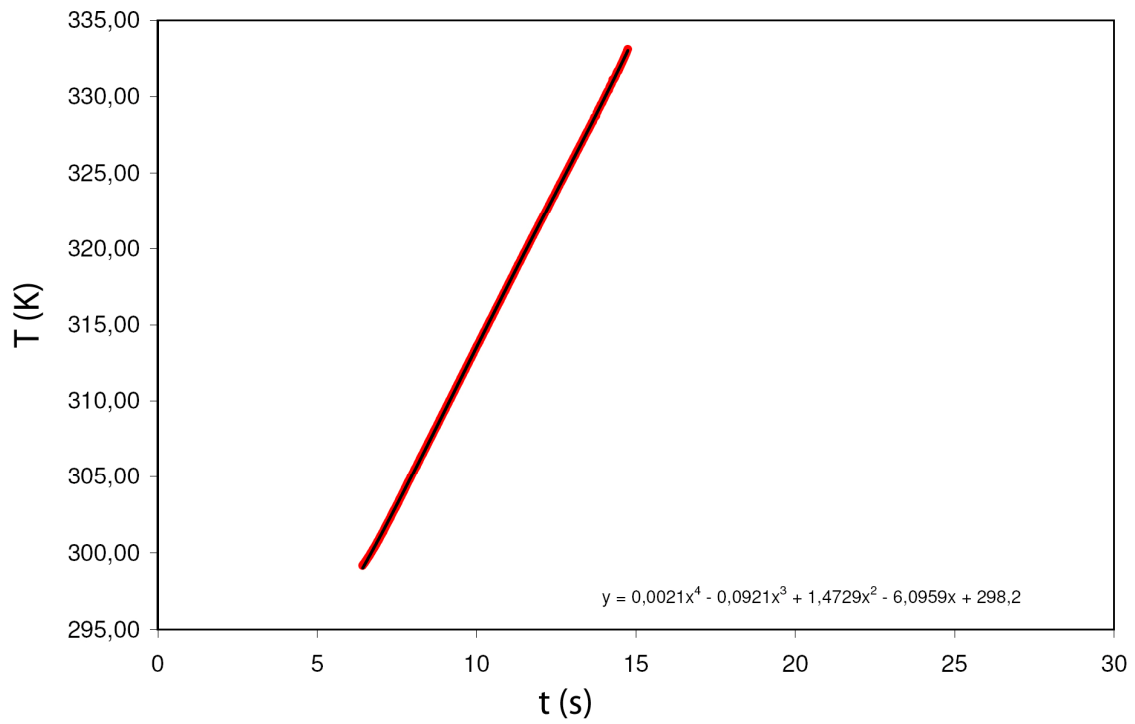
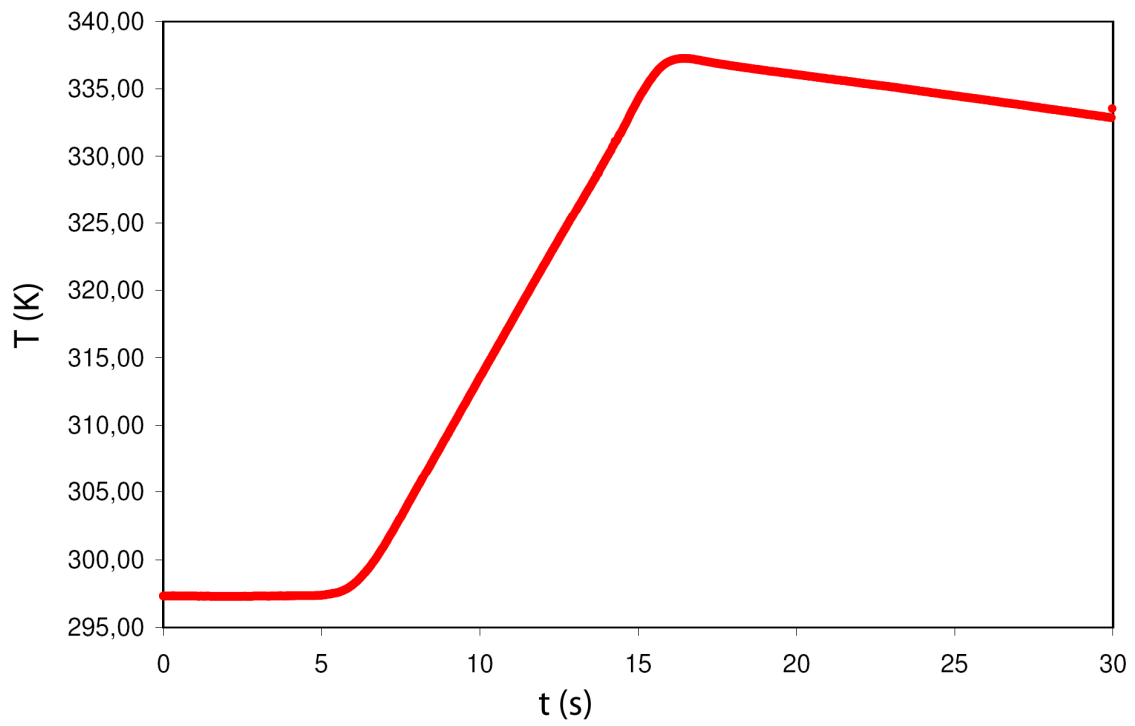
Az eltérés az anyagok tisztaságából is következhet, de lehet, hogy a rézlapka adatai nem pontosak, ugyanis azokat a jegyzetben nem találtam meg, régebbi jegyzőkönyvben akadtam nyomára. A hibának, ahogy azt fel is tüntettem, az egyes pontokból számolt eredmények szórását vettem.

Példa az excel-file szerkezetése:

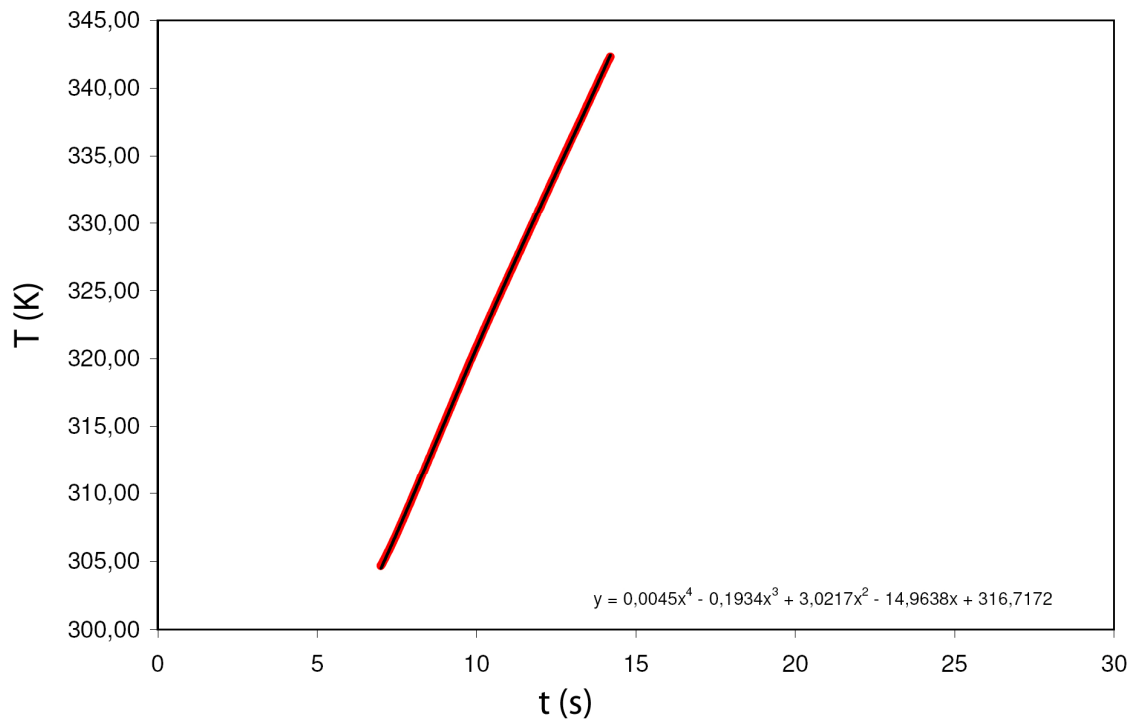
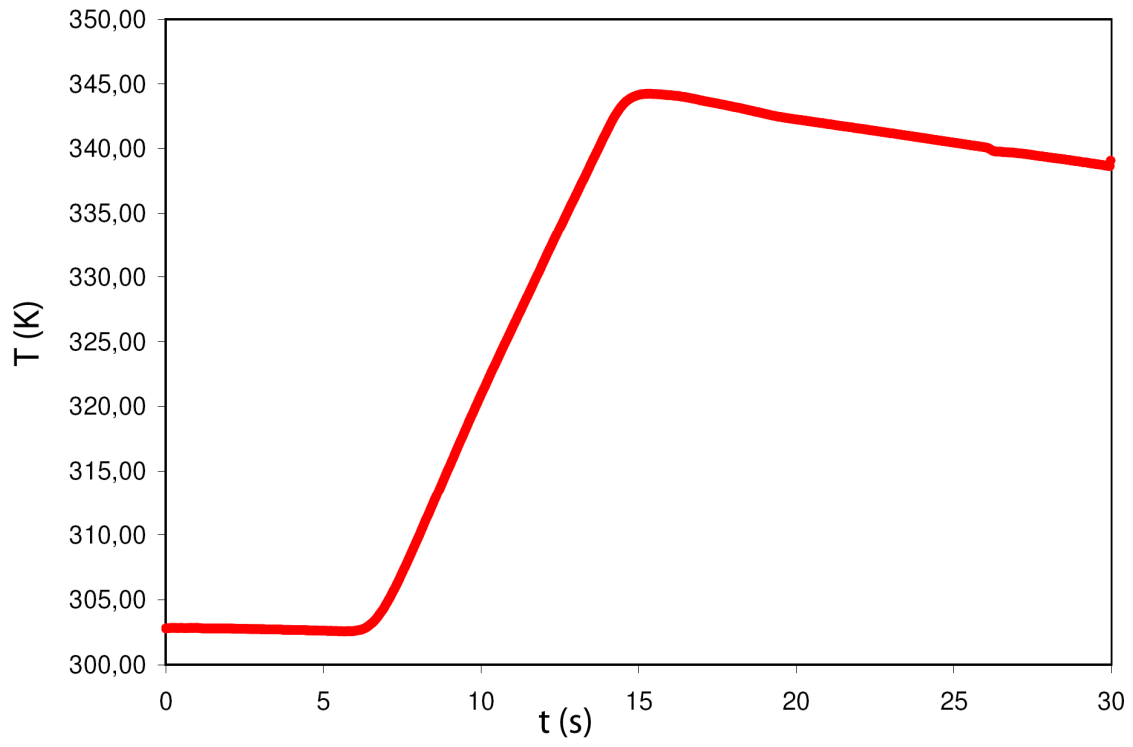
t(sec)	D	U (A/D)	U (be)	dT	T (°C)	T(K)	Derivált	sigma
10,525	3437	0,68079	0,0021142	40,96803	64,9680	338,12	5,88	5,661E-08
10,550	3444	0,68422	0,0021209	41,09696	65,0969	338,25	5,91	5,692E-08
10,575	3451	0,68765	0,0021277	41,22589	65,2258	338,38	5,94	5,722E-08
10,600	3458	0,69108	0,0021345	41,35480	65,3548	338,50	5,98	5,754E-08
10,625	3465	0,69451	0,0021412	41,48370	65,4837	338,63	6,01	5,786E-08
10,650	3472	0,69793	0,0021480	41,61260	65,6126	338,76	6,04	5,819E-08
10,675	3479	0,70136	0,0021548	41,74149	65,7414	338,89	6,08	5,852E-08
10,700	3486	0,70479	0,0021615	41,87036	65,8703	339,02	6,11	5,886E-08

A következő oldalakon a felvett görbék és a negyedrendű polinomok illesztései és egyenletei láthatóak:

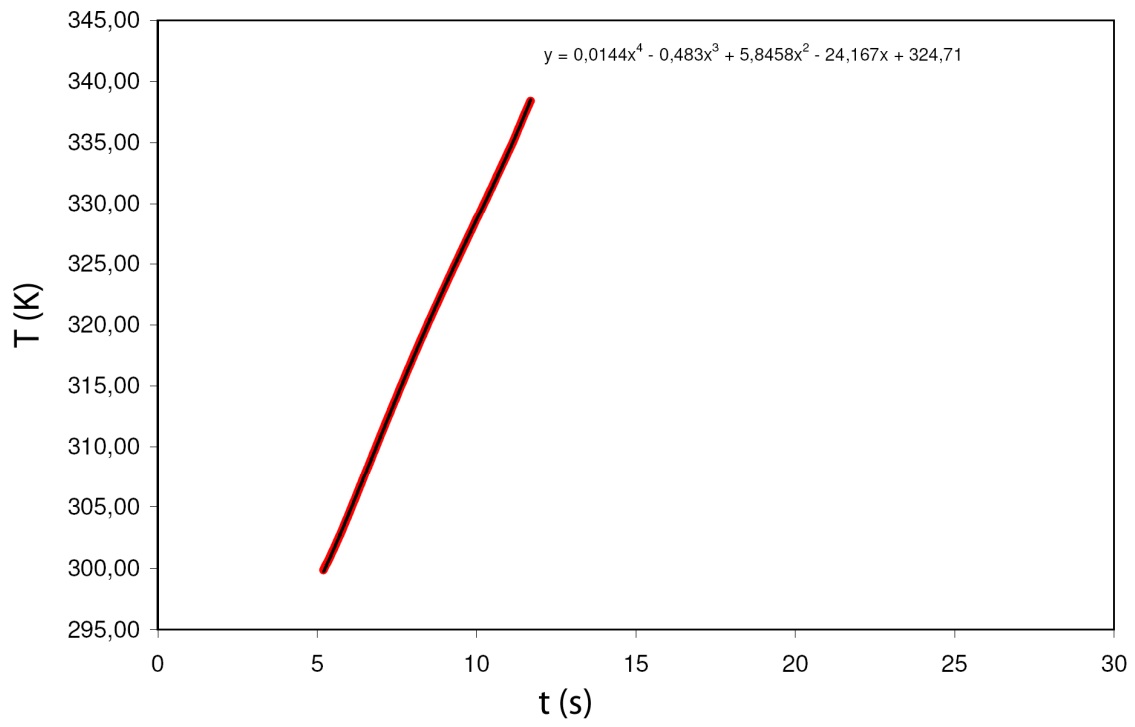
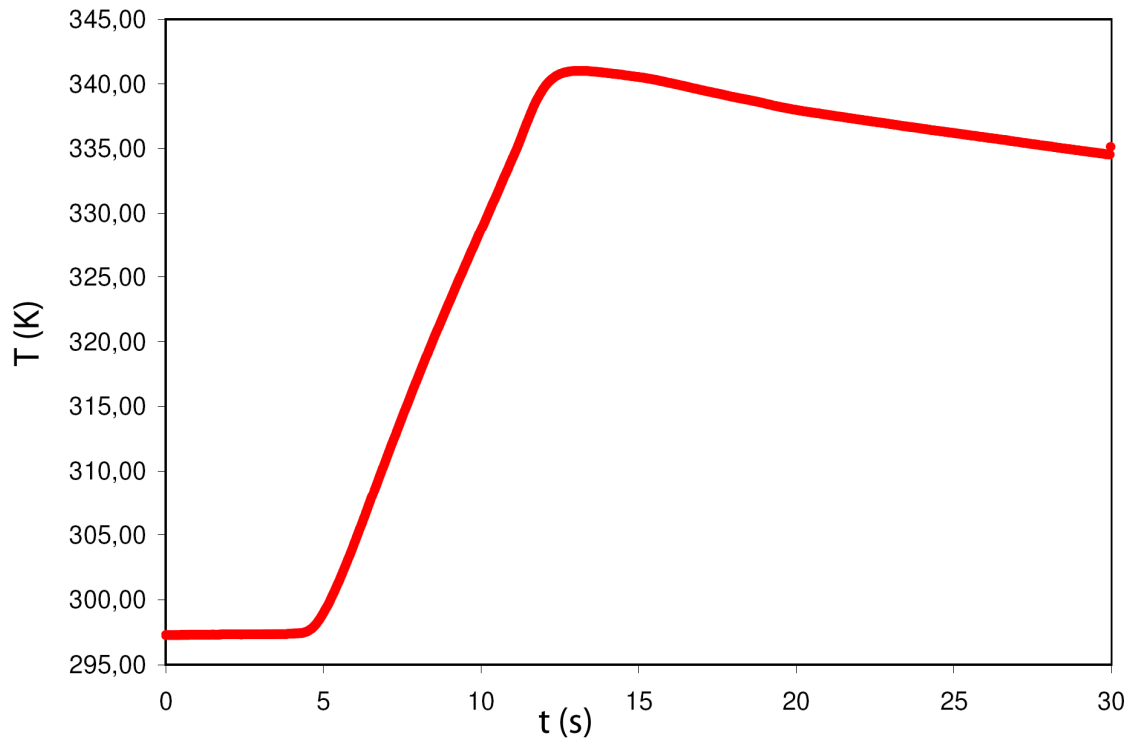
RÉZ 380°C



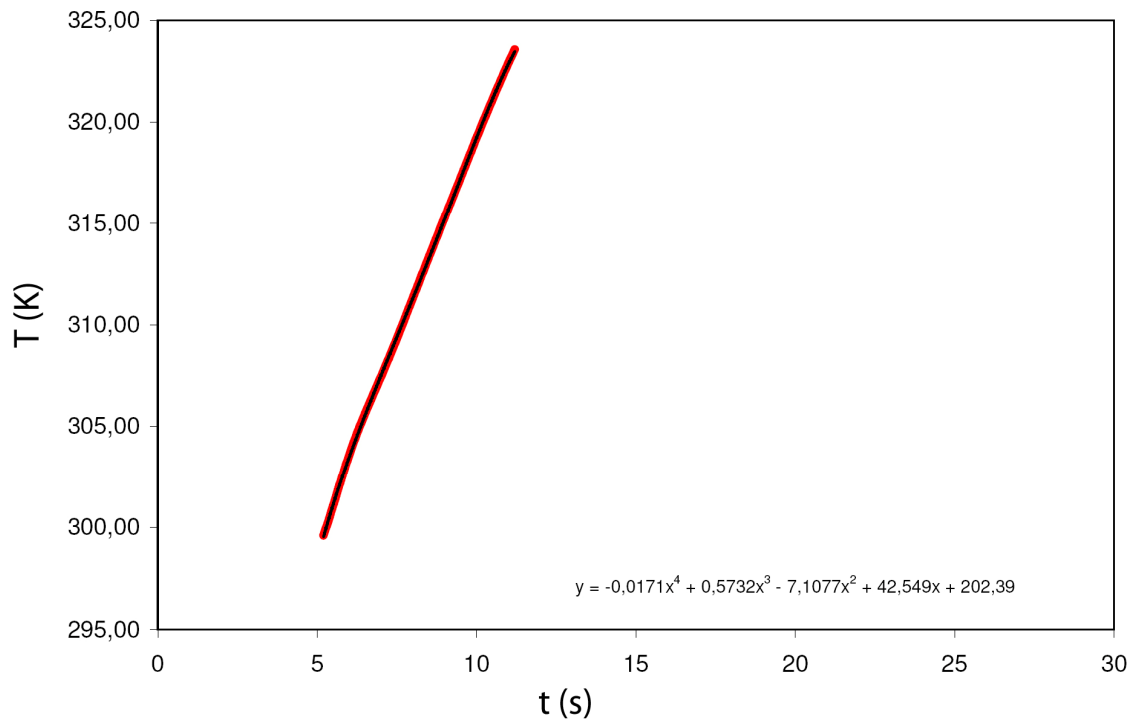
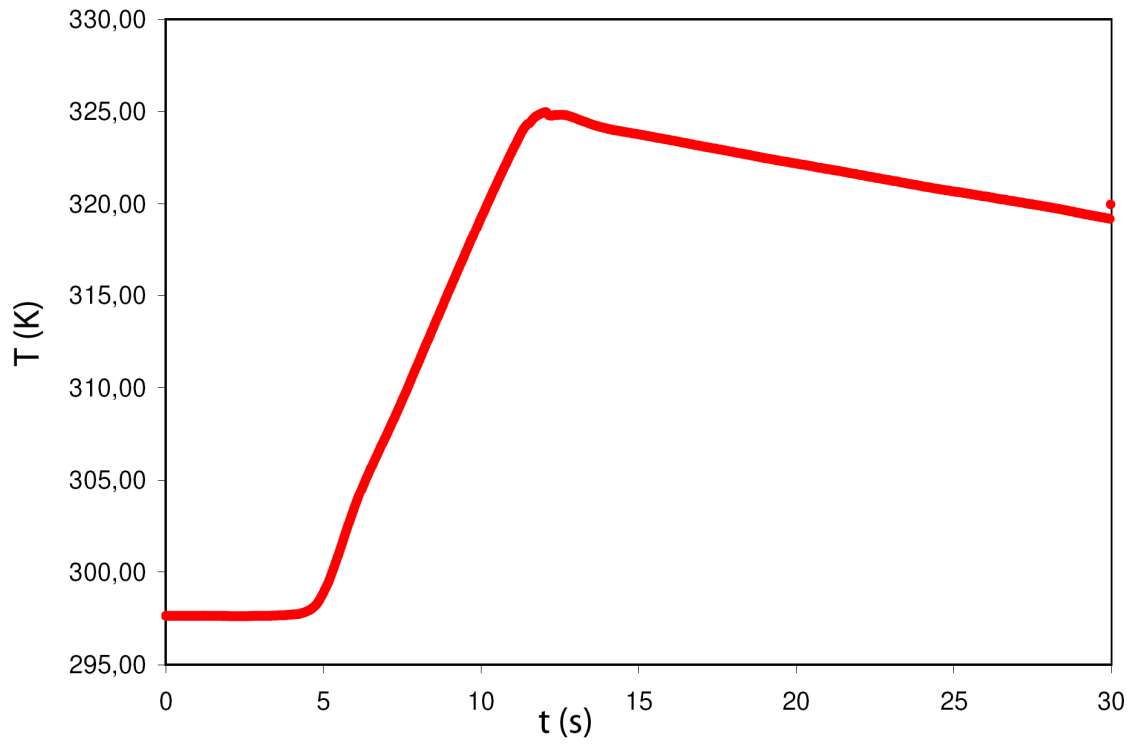
RÉZ 410°C



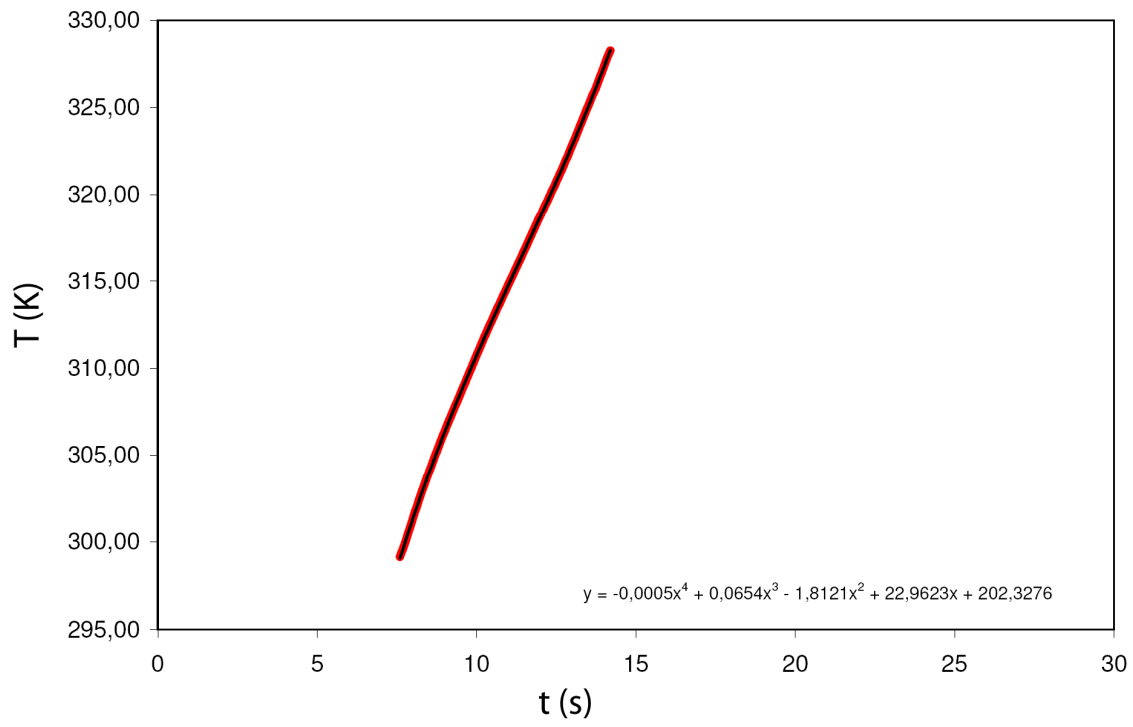
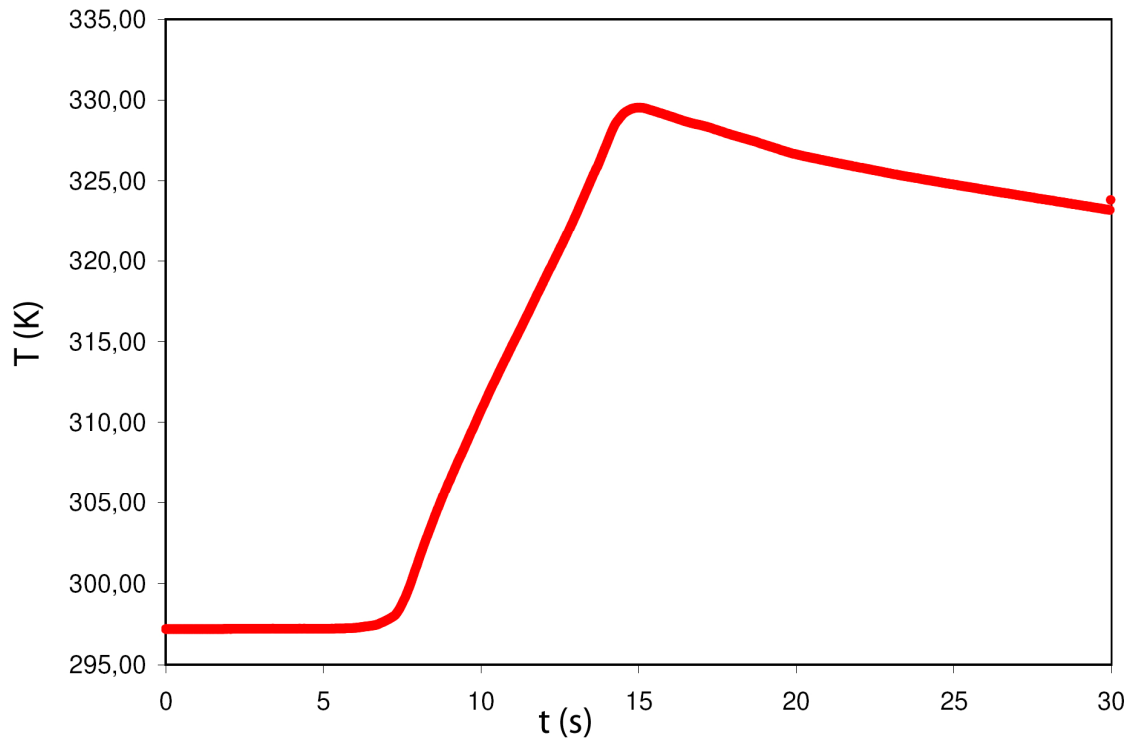
RÉZ 440°C



EZÜST 380°C



EZÜST 410°C



EZÜST 440°C

