

# Příloha 1

## 2.1 Zevrubný popis použité metodiky stanovení nákladů

Hlavní výrobní fáze APRETACE byla rozdělena na 10 výrobních fází. Kupříkladu:

- A. Transport a odstranění zbytků formovacích směsí.
- B. Mechanické čištění (tryskání) I., II., III., IV., atd.
- C. Tepelné zpracování I., II., III., IV., atd.

Zvolené výrobní fáze byly následně děleny na dílčí výrobní fáze:

- A. Transport a odstranění zbytků formovacích směsí:
  - A.1 Přeprava odlitku do čistírny
  - A.2 Odstranění zbytků formovacích směsí z odlitku
- B. Mechanické čištění (tryskání):
  - B.1 Přeprava odlitku do tryskacího zařízení
  - B.2 Tryskání odlitku
  - B.3 Přeprava odlitku z tryskacího zařízení
- C. Tepelné zpracování (TZ):
  - C.1 Přeprava odlitku k TZ
  - C.2 Tepelné zpracování
  - C.3 Přeprava odlitku po TZ
- D. Odstranění nálitků a vtokové soustavy (odřezávání, upalování, urážení, apod.):
  - D.1 Přeprava odlitku k odstranění nálitků a vtokové soustavy
  - D.2 Příprava a manipulace s odlitkem
  - D.3 Odstranění nálitků a vtoků, čištění (odstranění strusky)
  - D.4 Přeprava odlitku po odstranění nálitků a vtokové soustavy
  - D.5 Úklid odstraněných částí
- E. Úprava plochy po odstranění nálitků a vtokové soustavy (hrubé broušení):
  - E.1 Přeprava odlitku k broušení
  - E.2 Příprava a manipulace s odlitkem
  - E.3 Hrubé broušení
  - E.4 Přeprava odlitku po broušení
- F. Odstraňování vad (drážkování, broušení, vypalování, přebroušování, apod.):
  - F.1 Přeprava odlitku k odstranění vad
  - F.2 Příprava a manipulace s odlitkem
  - F.3 Drážkování, vypalování, broušení, čištění (odstranění strusky)
  - F.4 Přeprava odlitku po odstranění vad
- G. Zavařování vad:
  - G.1 Přeprava odlitku k zavařování
  - G.2 Příprava a manipulace s odlitkem
  - G.3 Zavařování vad
  - G.4 Přeprava odlitku po zavařování

#### H. Jemné broušení:

- H.1 Přeprava odlitku k broušení
- H.2 Příprava a manipulace s odlitkem
- H.3 Jemné broušení
- H.4 Přeprava odlitku po broušení

#### I. Zažehlování svárů vad:

- I.1 Přeprava odlitku k zažehlování svárů
- I.2 Zažehlování
- I.3 Přeprava odlitku po zažehlování

#### J. Broušení svárů:

- J.1 Přeprava odlitku k broušení
- J.2 Příprava a manipulace s odlitkem
- J.3 Broušení
- J.4 Přeprava odlitku po broušení

Pro stanovení nákladů jsme vycházeli z osvědčené metody využití tak zvaných neúplných vlastních nákladů (NVN). Zaměřili jsme se záměrně na nákladové ohodnocení těch výrobních faktorů, které výrobní střediska (pracovní týmy) přímo ovlivňují. Nevěnovali jsme záměrně pozornost režijním nákladům, odpisům, nákladům správy atd.

Jak je známo náklady na apretaci jsou nejen relativně vysoké (odhaduje se 30 – 35 % z úplných vlastních nákladů expedovaného odlitku). U litinových odlitků jsou náklady nižší, protože nejsou v tak velkém rozsahu opravovány a tepelně zpracovávány.

# Příloha 2

## 4.1 Základní informace o nově zapojených slévárnách

### 4.1.1 Motor Jikov Slévárna a.s.

Společnost MOTOR JIKOV Slévárna a.s. se dělí na dvě divize (Slévárna litiny a Tlaková slévárna), které se zabývají výrobou odlitků pro strojírenský, automobilový, stavební průmysl, obráběcí a zemědělské stroje. MOTOR JIKOV Slévárna a.s. patří do skupiny čtyř strojírenských a slévárenských společností holdingu MOTOR JIKOV GROUP a její historické kořeny sahají až do roku 1899, kdy byly na jihu Čech položeny základy české strojařské školy a metalurgie.

Divize Slévárna litiny představuje provoz využívající moderní technologie na výrobu odlitků LKG a LLG. Proces výroby je řízen podle mezinárodních jakostních standardů a je certifikován dle EN ISO 9001:2008 a ISO TS 16949:2009. Většina produkce je určena pro export.

Slévárna litiny disponuje středofrekvenčními indukčními pecemi 3 MW typu MELT & HOLD o objemu 2 x 4 t s tavicím výkonem 6,1 t/hod. Vsázkování materiálu do pecí je zajišťováno pomocí vibračního vozíku. Výroba forem probíhá na bezrámové formovací lince DISAMATIC 2013 LP/PLC-B s vertikální dělicí rovinou o velikosti forem 650 × 535 × 120–360 mm. Linka umožňuje výrobu až 300 forem/hodinu podle typu odlitku a přítomnosti jader. Formovací směs je připravována ve 2 míšicích s kapacitou 1–1,2 t. Otryskání odlitků probíhá v tryskacím stroji DISA DTC-2 s polygonovým bubnem.

Maximální rozměr odlitku je limitován rozměry formy a váhově se pohybuje v rozmezí od 0,5–18 kg. Maximální roční kapacita slévárny je 8.500 tun, v současném režimu (2 směnný provoz) je produkce 6.000 tun odlitků.

### 4.1.2 Hamag, spol. s r.o. Zlín

Výrobním programem slévárny je kusová a malosériová výroba u ocelových odlitků od 0,5 kg do 400 kg a u ostatních materiálů od 0,3 kg do 200 kg litých gravitačně do pískových forem. Dále firma nabízí výrobu modelového zařízení, tepelné zpracování, kompletní opracování dle TDP, atesty dle požadavků zákazníka a výrobu odlitků pomocí 3D technologií. Odlitky jsou vyráběny z oceli (uhlíková, nízkolegovaná, žáruvzdorná a korozivzdorná ocel) litin (LLG, LKG, otěruvzdorná) a ze slitin hliníku a mědi.

Základní uspořádání technologických úseků slévárny zajišťuje optimální návaznost výrobního procesu od technologické přípravy výroby, výrobu odlitků, až po konečnou expedici.

#### Tavírna

Tavírna je vybavena 3 indukčními pecemi (s kyselou výduskou) s kapacitou 300 kg pro odlévání LKG, LLG a slitin hliníku a mědi, a také 2 indukčními pecemi s kapacitou 600 kg pro odlévání oceli. Prostřednictvím spektrometru F20 a optického emisního spektrometru LECO GDS850 jsou prováděny předzkoušky a analýzy chemického složení jednotlivých taveb.

### Formovna a jaderna

Výroba jader je ruční a výroba forem je kombinace ruční a strojní výroby. Přípravná formovacích směsí má vlastní sušičku písku a je používán kovový mlýn MK2. Formování do bentonitových směsí je prováděno na pracovištích: 4 strojní pracoviště pro rám 420×340 mm, 2 strojní pracoviště pro rám až 900×600 mm, 2 ruční pracoviště pro rám max.2000×900 mm. Variabilita typů jednotlivých ráků umožňuje uspokojování požadavků zákazníků, jak pro kusovou, tak pro sériovou výrobu odlitků.

### Apretace (čistírna odlitků)

Povrchová úprava a čištění odlitků se provádí pomocí čistírenských operací. Tryskání je prováděno v tryskacím zařízení Wheelabrator WS3 (abrazivo - litinová drť) a závěsném stolovém trykači TZZS 2 (abrazivo MG 18 GRIT). Nálitky a vtoky jsou upalovány ručně kyslík - acetylenovým plamenem. Hrubé broušení se provádí pomocí vysokofrekvenčních brusek Fein a ručním pneumatickým nářadím.

### Tepelné zpracování

Je prováděno v žíhací peci s kapacitou cca 8 tun odlitků dle sortimentu. Kalení zajišťuje slévárna v kooperaci.

## Příloha 3

**Obr. 5.1:** Příklad statistického vyhodnocení tryskacího procesu za týden 46 r. 2016, který zachycuje zpracování podkladů pro motivační program – zatížení turbín a doba tryskání dle tryskačů (Slévárna G).

Typ reportu: 00:00 14.11.2016  
 Statistika: 23:59 16.11.2016  
 Export Zobrazit

Energie (kWh): Turbina 1: 356,80, Turbina 2: 322,60, Turbina 3: 213,66, Turbina 4: 190,37  
 Celková Energie (kWh): 356,80  
 Časový interval: 71:59:59  
 Tryskací čas: 17:31:53  
 Čas manipulace: 54:28:6

Výpočet energie:  $\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \phi$   
 U (V): 400  
 $\cos(\phi)$ : 0,7

Statistika cyklu

	Turbina	Počet cyklů	Průměrná doba	Max. doba	Max. T start	Min. doba	Min. T start	I průměrný (A)	I max (A)	I max star
▶	1	96	13,73	18,62	15.11.2016 16:56:59	0,23	15.11.2016 11:21:19	41	47	16.11.20
	2	100	13,34	18,78	15.11.2016 16:56:49	0,03	16.11.2016 16:57:58	37	52	16.11.20
	3	81	10,87	12,25	14.11.2016 14:28:14	1,95	16.11.2016 17:22:54	38	39	14.11.20
	4	77	10,30	12,30	16.11.2016 16:06:41	0,22	14.11.2016 7:24:40	37	51	14.11.20

**Obr. 5.2:** Příklad vyhodnocení tryskače TMZ 12.24 (Slévárna G),

Rok 2016						
Týden	horní metačka			spodní metačka		
	počet cyklů	$\phi$ doba tryskání [min]	$\phi$ zatížení metačky [A]	počet cyklů	$\phi$ doba tryskání [min]	$\phi$ zatížení metačky [A]
42	131	14,5	35	131	14,5	35
43	134	14,4	35	134	14,4	36
44	177	14,23	36	177	14,23	36
45	153	14,41	39	153	14,41	36
46	96	13,73	41	96	13,73	37
47						
48						
49						
50						
51						

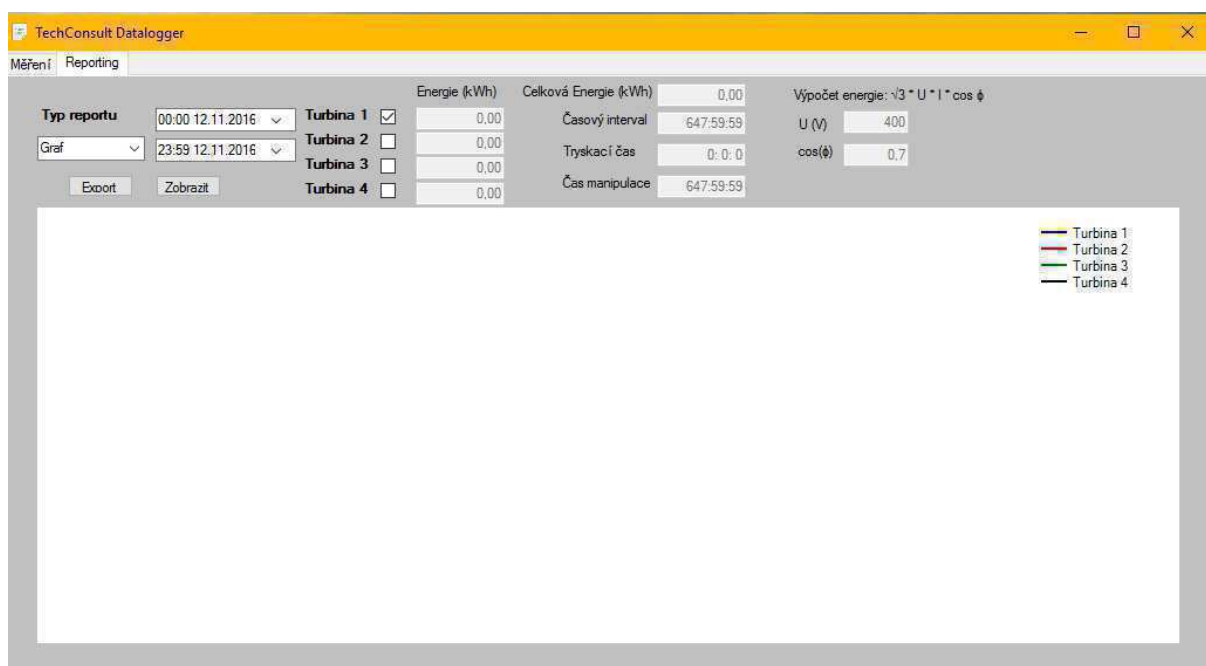
**Obr. 5.3:** Příklad vyhodnocení tryskače PT 63, p. č. 1 (Slévárna G),

Rok 2016			
Týden	počet cyklů	$\phi$ doba tryskání [min]	$\phi$ zatížení metačky [A]
42	149	10,48	36
43	200	10,2	36
44	223	10,34	37
45	185	10,2	38
46	81	10,87	38

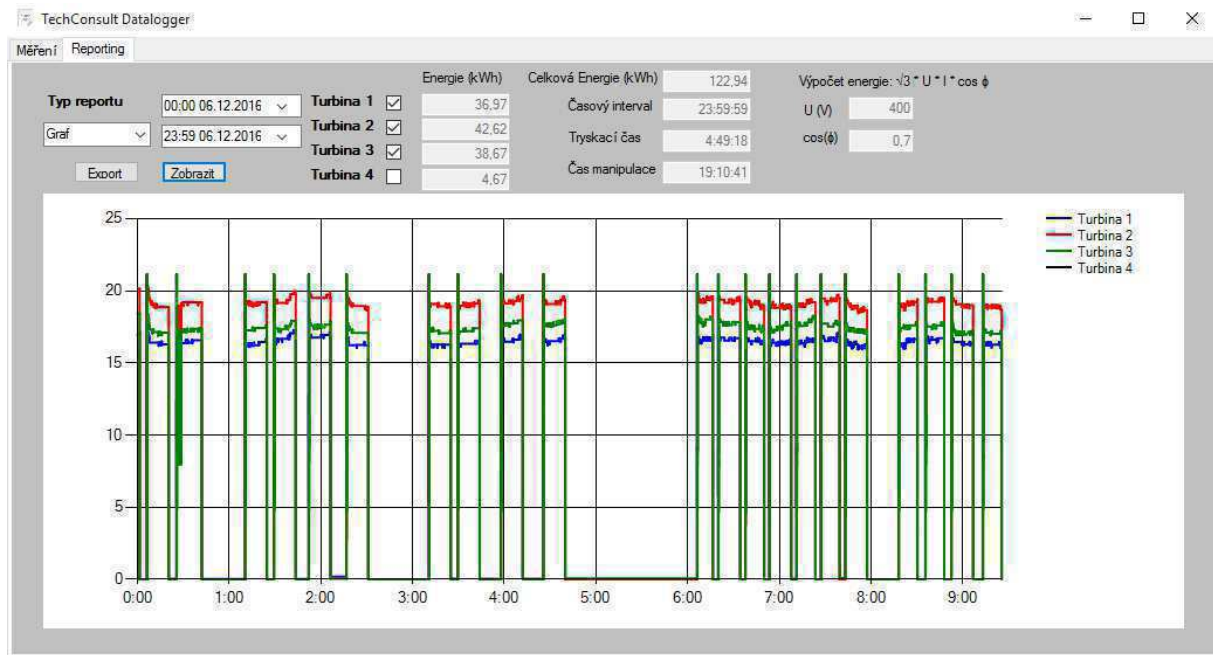
**Obr. 5.4:** Příklad vyhodnocení tryskače PT 63, p. č. 2 (Slévárna G),

Týden	počet cyklů	$\phi$ doba tryskání [min]	$\phi$ zatížení metačky [A]
42	150	10,51	36
43	200	10,76	37
44	222	10,61	37
45	229	10,23	37
46	77	10,3	37

**Obr. 5.5:** Program DSTP (Slévárna M)



**Obr. 5.6:** Znázornění provozu turbín tryskacího zařízení ve slévárně M



**Obr. 6:** Využití tryskacího zařízení ve slévárně M

Tryskač - provoz						
Datum	Počet provozních hodin [min]	Počet tryskacích hodin [min]	Přestávka [min]	Technologický prostoj [%]	Max. reálný tryskací čas [min]	Využití [%]
08.06.2016	1440	162	180	35%	819	19,8
09.06.2016	1440	348	180	35%	819	42,5
10.06.2016	1440	409	180	35%	819	49,9
11.06.2016	1440	486	180	35%	819	59,3
12.06.2016	1440	427	180	35%	819	52,1
13.06.2016	1440	297	180	35%	819	36,3
14.06.2016	1440	403	180	35%	819	49,2
15.06.2016	1440	324	180	35%	819	39,6
17.06.2016	1080	88	180	35%	585	15,0
18.06.2016	1440	88	180	35%	819	10,7
20.06.2016	1080	134	180	35%	585	22,9
21.06.2016	1440	558	180	35%	819	68,1
22.06.2016	1440	384	180	35%	819	46,9
23.06.2016	1440	600	180	35%	819	73,3
24.06.2016	1440	141	180	35%	819	17,2
25.06.2016	1440	348	180	35%	819	42,5
26.06.2016	1440	308	180	35%	819	37,6
27.06.2016	1440	555	180	35%	819	67,8
28.06.2016	1440	132	180	35%	819	16,1
29.06.2016	1440	370	180	35%	819	45,2
30.06.2016	1080	183	180	35%	585	31,3
						40,2

Maximální čas ve slévárně [%]  
73,3  
Minimální čas ve slévárně [%]  
10,7



Tab. 4.1 Výběrový soubor slévárny H (Příklad 1)

	datum		Hmotnost [t]	Teplota [°C]	Doba [hod]	spotřeba ZP			prům.m <sup>3</sup> /t	
	od	do				plyn	Stl	konst.		ZP Nm <sup>3</sup>
			X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>			Y		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	41	5.1.15	8.1.15	3,45	950	62,5	877	2,86	2 508,22	727,02
2	41	8.1.15	9.1.15	13,31	695	26,0	376	2,86	1 075,36	80,79
3	41	9.1.15	10.1.15	6,74	940	16,5	419	2,86	1 198,34	177,80
4	41	10.1.15	11.1.15	3,45	580	23,5	180	2,86	514,80	149,22
5	41	11.1.15	12.1.15	11,06	545	24,0	195	2,86	557,70	50,42
6	41	12.1.15	13.1.15	4,08	695	23,0	276	2,86	789,36	193,47
7	41	14.1.15	14.1.15	4,50	940	14,0	358	2,86	1 023,88	227,53
8	41	14.1.15	15.1.15	8,10	900	16,0	395	2,86	1 129,70	139,47
9	41	15.1.15	16.1.15	15,36	590	16,0	250	2,86	715,00	46,55
10	41	16.1.15	17.1.15	8,71	545	29,5	340	2,86	972,40	111,64
11	41	18.1.15	18.1.15	5,70	940	15,5	398	2,86	1 138,28	199,70
12	41	18.1.15	19.1.15	8,10	900	16,0	401	2,86	1 146,86	141,59
13	41	20.1.15	21.1.15	9,71	580	27,0	294	2,86	840,84	86,60
14	41	21.1.15	22.1.15	8,30	900	18,5	454	2,86	1 298,44	156,44
15	41	22.1.15	23.1.15	7,34	590	13,0	204	2,86	583,44	79,49
16	41	23.1.15	24.1.15	6,29	590	13,0	210	2,86	600,60	95,48
17	41	24.1.15	25.1.15	7,08	900	17,5	403	2,86	1 152,58	162,79
18	41	25.1.15	26.1.15	4,04	750	29,0	210	2,86	600,60	148,66
19	41	26.1.15	27.1.15	11,20	940	20,0	600	2,86	1 716,00	153,21
20	41	27.1.15	28.1.15	8,10	900	17,0	416	2,86	1 189,76	146,88
21	41	28.1.15	29.1.15	9,16	590	13,0	220	2,86	629,20	68,69
22	41	29.1.15	30.1.15	4,98	570	21,0	201	2,86	574,86	115,43
23	41	30.1.15	31.1.15	8,34	950	19,5	593	2,86	1 695,98	203,35
24	41	31.1.15	1.2.15	8,10	900	16,0	386	2,86	1 103,96	136,29
25	41	2.2.15	3.2.15	3,75	590	13,5	202	2,87	579,74	154,60
26	41	3.2.15	4.2.15	9,90	900	18,5	425	2,87	1 219,75	123,21
27	41	4.2.15	5.2.15	5,11	900	17,0	389	2,87	1 116,43	218,48
28	41	5.2.15	6.2.15	13,83	950	19,0	544	2,87	1 561,28	112,89
29	41	6.2.15	7.2.15	9,58	940	16,0	403	2,87	1 156,61	120,73
30	41	7.2.15	8.2.15	5,16	900	16,0	359	2,87	1 030,33	199,68
31	41	9.2.15	10.2.15	8,78	900	15,5	381	2,87	1 093,47	124,54
32	41	10.2.15	11.2.15	9,23	950	17,0	411	2,87	1 179,57	127,80
33	41	11.2.15	13.2.15	6,99	720	31,0	337	2,87	967,19	138,37
34	41	13.2.15	14.2.15	8,10	900	18,5	444	2,87	1 274,28	157,32
35	41	14.2.15	15.2.15	7,38	950	16,5	444	2,87	1 274,28	172,67
36	41	16.2.15	17.2.15	12,28	900	18,5	504	2,87	1 446,48	117,79
37	41	17.2.15	19.2.15	14,98	545	31,0	375	2,87	1 076,25	71,85
38	41	19.2.15	20.2.15	7,03	940	17,0	412	2,87	1 182,44	168,20
39	41	20.2.15	21.2.15	5,85	570	25,0	204	2,87	585,48	100,08
40	41	21.2.15	22.2.15	12,85	940	30,0	651	2,87	1 868,37	145,40
41	41	23.2.15	24.2.15	4,81	940	25,5	481	2,87	1 380,47	287,00
42	41	26.2.15	28.2.15	5,71	730	38,0	507	2,87	1 455,09	254,83
43	41	28.2.15	1.3.15	6,88	940	29,0	572	2,87	1 641,64	238,61
44	41	1.3.15	3.3.15	13,40	545	30,0	316	2,82	891,12	66,50
45	41	3.3.15	4.3.15	11,66	940	30,0	655	2,82	1 847,10	158,41
46	41	5.3.15	6.3.15	17,48	910	31,0	868	2,82	2 447,76	140,03
47	41	6.3.15	7.5.13	16,80	600	20,0	301	2,82	848,82	50,53
48	41	7.3.15	8.3.15	4,05	910	18,0	368	2,82	1 037,76	256,24
49	41	8.3.15	9.3.15	4,40	910	17,5	378	2,82	1 065,96	242,26
50	41	9.3.15	10.3.15	16,20	940	19,5	480	2,82	1 353,60	83,56
51	41	10.3.15	11.3.15	11,90	940	28,0	587	2,82	1 655,34	139,10
52	41	12.3.15	12.3.15	5,28	900	16,5	375	2,82	1 057,50	200,28
53	41	12.3.15	14.3.15	11,58	580	27,0	228	2,82	642,96	55,52
54	41	14.3.15	15.3.15	18,61	545	30,5	354	2,82	998,28	53,64
55	41	15.3.15	16.3.15	6,76	900	16,0	395	2,82	1 113,90	164,78
56	41	16.7.15	17.3.15	12,90	940	20,5	487	2,82	1 373,34	106,46
57	41	18.3.15	19.3.15	8,55	900	17,5	417	2,82	1 175,94	137,54
58	41	19.3.15	20.3.15	6,09	900	16,5	385	2,82	1 085,70	178,28
59	41	20.3.15	21.3.15	4,19	590	16,5	222	2,82	626,04	149,41
60	41	21.3.15	22.3.15	14,10	545	30,0	342	2,82	964,44	68,40
61	41	24.3.15	25.3.15	11,63	695	31,0	308	2,82	868,56	74,68
62	41	25.3.15	27.3.15	10,00	695	31,0	351	2,82	989,82	98,98
63	41	27.3.15	28.3.15	9,10	900	18,5	426	2,82	1 201,32	132,01
64	41	28.3.15	29.3.15	12,00	545	31,0	312	2,82	879,84	73,32
65	41	30.3.15	31.3.15	7,44	900	17,5	441	2,82	1 243,62	167,15
66	41	31.3.15	1.4.15	8,62	940	21,5	470	2,82	1 325,40	153,76
67	41	2.4.15	2.4.15	4,41	900	17,5	393	2,78	1 092,54	247,74
68	41	3.4.15	4.4.15	12,79	970	22,5	525	2,78	1 459,50	114,11
69	41	4.4.15	4.4.15	10,72	970	20,0	539	2,78	1 498,42	139,78
70	41	5.4.15	6.4.15	12,32	940	21,5	565	2,78	1 570,70	127,49
71	41	6.4.15	7.4.15	4,37	900	20,0	453	2,78	1 259,34	288,18
72	41	7.4.15	8.4.15	7,26	900	18,0	420	2,78	1 167,60	160,83
73	41	8.4.15	9.4.15	3,58	580	25,5	204	2,78	567,12	158,41





153	41	5.2.16	6.2.16	11,82	1 010	17,5	456	2,79	1 272,24		107,63
154	41	6.2.16	7.2.16	11,82	980	17,0	434	2,79	1 210,86		102,44
155	41	9.2.16	10.2.16	5,14	950	17,5	403	2,79	1 124,37		218,75
156	41	11.2.16	12.2.16	6,67	900	14,0	344	2,79	959,76		143,89
157	41	12.2.16	13.2.16	4,57	695	23,0	239	2,79	666,81		145,91
158	41	13.2.16	15.2.16	7,61	730	46,5	455	2,79	1 269,45		166,81
159	41	15.2.16	16.2.16	6,84	940	16,5	391	2,79	1 090,89		159,49
160	41	16.2.16	17.2.16	8,00	920	25,0	477	2,79	1 330,83		166,35
161	41	17.2.16	18.2.16	8,00	910	22,0	415	2,79	1 157,85		144,73
162	41	19.2.16	20.2.16	4,88	620	22,5	298	2,79	831,42		170,37
163	41	21.2.16	22.2.16	2,60	1 080	19,5	495	2,79	1 381,05		531,17
164	41	22.2.16	23.2.16	8,50	950	16,0	392	2,79	1 093,68		128,67
165	41	24.2.16	25.2.16	8,53	950	14,0	394	2,79	1 099,26		128,87
166	41	26.2.16	27.2.16	6,08	940	18,0	409	2,79	1 141,11		187,68
167	41	27.2.16	28.2.16	7,48	1 070	17,5	482	2,79	1 344,78		179,78
168	41	29.2.16	1.3.16	3,91	750	28,5	403	2,79	1 124,37		287,56
169	41	2.3.16	2.3.16	4,03	940	14,0	312	2,79	870,48		216,00
170	41	2.3.16	3.3.16	13,00	970	18,5	520	2,79	1 450,80		111,60
171	41	3.3.16	4.3.16	13,00	940	18,0	470	2,79	1 311,30		100,87
172	41	4.3.16	5.4.16	7,58	890	15,5	362	2,79	1 009,98		133,24
173	41	5.3.16	6.3.16	7,15	970	17,5	459	2,79	1 280,61		179,11
174	41	6.3.16	7.3.16	7,55	940	20,0	497	2,79	1 386,63		183,66
175	41	7.3.16	8.3.16	1,48	600	26,5	233	2,79	650,07		439,24
176	41	8.3.16	9.3.16	4,11	640	14,0	206	2,79	574,74		139,84
177	41	9.3.16	10.3.16	5,41	920	28,5	477	2,79	1 330,83		245,99
178	41	11.3.16	12.3.16	4,00	910	30,5	474	2,79	1 322,46		330,62
179	41	12.3.16	13.3.16	10,05	970	16,5	480	2,79	1 339,20		133,25
180	41	14.3.16	15.3.16	12,60	940	23,5	597	2,79	1 665,63		132,19
181	41	15.3.16	16.3.16	7,10	920	14,5	362	2,79	1 009,98		142,25
182	41	16.3.16	17.3.16	5,18	940	14,0	329	2,79	917,91		177,20
183	41	17.3.16	18.3.16	15,89	770	23,5	499	2,79	1 392,21		87,62
184	41	19.3.16	20.3.16	10,54	705	26,5	278	2,79	775,62		73,59
185	41	20.3.16	21.3.16	5,84	1 080	20,0	506	2,79	1 411,74		241,74
186	41	21.3.16	22.3.16	5,84	970	14,0	355	2,79	990,45		169,60
187	41	22.3.16	23.3.16	3,46	940	14,0	340	2,79	948,60		274,16
188	41	23.3.16	24.3.16	6,24	770	19,0	333	2,79	929,07		148,89
189	41	24.3.16	25.3.16	9,18	950	18,0	454	2,79	1 266,66		137,98
190	41	25.3.16	26.3.16	9,16	910	16,5	391	2,79	1 090,89		119,09
191	41	28.3.16	28.3.16	38,23	880	17,0	599	2,79	1 671,21		43,71
192	41	31.3.16	2.4.16	23,20	630	38,0	323	2,74	885,02		38,15
193	41	2.4.16	3.4.16	5,09	960	15,5	371	2,74	1 016,54		199,71
194	41	4.4.16	4.4.16	4,20	920	15,0	358	2,74	980,92		233,55
195	41	5.4.16	5.4.16	4,98	560	26,0	170	2,74	465,80		93,53
196	41	7.4.16	8.4.16	5,18	940	17,0	381	2,74	1 043,94		201,53
197	41	12.4.16	12.4.16	7,34	590	13,5	192	2,74	526,08		71,67
198	41	12.4.16	13.4.16	1,48	940	14,0	293	2,74	802,82		542,45
199	41	13.4.16	14.4.16	0,91	670	12,5	161	2,74	441,14		484,77
200	41	15.4.16	16.4.16	5,27	880	19,5	399	2,74	1 093,26		207,45
201	41	18.4.16	19.4.16	2,22	960	14,5	331	2,74	906,94		408,53
202	41	19.4.16	20.4.16	4,13	590	13,0	160	2,74	438,40		106,15
203	41	20.4.16	21.4.16	2,91	650	17,0	293	2,74	802,82		275,88
204	41	21.4.16	22.4.16	9,50	940	19,5	459	2,74	1 257,66		132,39
205	41	22.4.16	23.4.16	4,00	920	24,0	442	2,74	1 211,08		302,77
206	41	23.4.16	24.4.16	4,00	910	23,0	422	2,74	1 156,28		289,07
207	41	25.4.16	26.4.16	2,50	620	22,0	263	2,74	720,62		288,25
208	41	26.4.16	27.4.16	4,02	720	15,0	246	2,74	674,04		167,67
209	41	27.4.16	29.4.16	3,76	730	39,0	463	2,74	1 268,62		337,40
210	41	29.4.16	30.4.16	7,56	940	19,0	425	2,74	1 164,50		154,03
211	41	30.4.16	1.5.16	1,86	940	17,5	318	2,74	871,32		468,45
212	41	2.5.16	3.5.16	0,84	930	16,5	309	2,74	846,66		1 007,93
213	41	3.5.16	4.5.16	0,84	670	24,0	262	2,74	717,88		854,62
214	41	4.5.16	5.5.16	2,96	950	17,5	361	2,74	989,14		334,17
215	41	5.5.16	6.5.16	1,99	930	18,5	351	2,74	961,74		483,29
216	41	6.5.16	7.5.16	1,99	670	26,0	288	2,74	789,12		396,54
217	41	7.5.16	8.5.16	4,34	950	18,0	385	2,74	1 054,90		243,06
218	41	9.5.16	10.5.16	8,30	1 040	20,0	501	2,74	1 372,74		165,39
219	41	11.5.16	12.5.16	4,36	980	19,0	419	2,74	1 148,06		263,32
220	41	12.5.16	13.5.16	4,36	600	15,5	178	2,74	487,72		111,86
221	41	13.5.16	14.5.16	2,35	560	25,0	225	2,74	616,50		262,34
222	41	15.5.16	23.5.16	11,49	950	183,0	1 862	2,74	5 101,88		444,03
223	41	24.5.16	25.5.16	2,74	930	15,0	333	2,74	912,42		333,00
224	41	26.5.16	27.5.16	9,60	880	16,0	386	2,74	1 057,64		110,17
225	41	29.5.16	30.5.16	14,30	1 040	20,0	549	2,74	1 504,26		105,19

Tab. 4.2 Výběrový soubor slévárny H (Příklad 2)

	datum		Hmotnost	Teplota	Doba	spotřeba ZP			prům.m <sup>3</sup> /t	
	od	do				[t]	[°C]	[hod]		plyn Stl
	1	2	3	4	5	6	7	8		9
1	14	6.1.15	8.1.15	18,40	900	42,0	687	<b>2,86</b>	1 964,82	<b>106,78</b>
2	14	8.1.15	9.1.15	6,75	570	23,0	116	2,86	331,76	<b>49,15</b>
3	14	13.1.15	23.1.15	30,95	<b>950</b>	235,0	1 637	2,86	4 681,82	<b>151,27</b>
4	14	23.1.15	25.1.15	3,03	580	47,5	223	2,86	637,78	<b>210,49</b>
5	14	27.1.15	6.2.15	39,00	<b>950</b>	215,5	1 592	2,86	4 553,12	<b>116,75</b>
6	14	6.2.15	11.2.15	13,60	<b>950</b>	114,0	804	<b>2,87</b>	2 307,48	<b>169,67</b>
7	14	11.2.15	12.2.15	11,34	570	21,0	162	2,87	464,94	<b>41,00</b>
8	14	13.2.15	24.2.15	29,90	<b>950</b>	260,0	1 626	2,87	4 666,62	<b>156,07</b>
9	14	25.2.15	6.3.15	27,20	<b>950</b>	219,0	1 374	2,87	3 943,38	<b>144,98</b>
10	14	7.3.15	21.3.15	25,20	<b>950</b>	331,0	2 459	<b>2,82</b>	6 934,38	<b>275,17</b>
11	14	21.3.15	22.3.15	14,31	970	25,0	365	2,82	1 029,30	<b>71,93</b>
12	14	23.3.15	25.3.15	21,23	940	55,0	526	2,82	1 483,32	<b>69,87</b>
13	14	26.3.15	6.4.15	49,58	<b>950</b>	198,0	1 623	2,82	4 576,86	<b>92,31</b>
14	14	7.4.15	9.4.15	8,45	1 100	44,0	608	<b>2,78</b>	1 690,24	<b>200,03</b>
15	14	10.4.15	12.4.15	5,82	730	28,0	29	2,78	80,62	<b>13,85</b>
16	14	15.4.15	24.4.15	26,90	<b>950</b>	211,0	1 004	2,78	2 791,12	<b>103,76</b>
17	14	25.4.15	4.5.15	34,92	<b>950</b>	239,0	1 201	2,78	3 338,78	<b>95,61</b>
18	14	4.5.15	5.5.15	8,45	1 080	28,0	287	<b>2,73</b>	783,51	<b>92,72</b>
19	14	6.5.15	7.5.15	10,42	600	30,5	307	2,73	838,11	<b>80,43</b>
20	14	8.5.15	18.5.15	25,93	<b>950</b>	254,0	1 156	2,73	3 155,88	<b>121,71</b>
21	14	18.5.15	19.5.15	8,50	1 080	30,0	482	2,73	1 315,86	<b>154,81</b>
22	14	20.5.15	21.5.15	7,91	950	24,0	309	2,73	843,57	<b>106,65</b>
23	14	23.5.15	2.6.15	36,30	<b>950</b>	241,0	1 304	2,73	3 559,92	<b>98,07</b>
24	14	2.6.15	4.6.15	31,02	545	37,0	220	<b>2,69</b>	591,80	<b>19,08</b>
25	14	4.6.15	7.6.15	16,60	1 040	74,5	445	2,69	1 197,05	<b>72,11</b>
26	14	6.6.15	8.6.15	8,45	1 080	27,5	184	2,69	494,96	<b>58,58</b>
27	14	11.6.15	21.6.15	31,48	<b>950</b>	227,0	1 318	2,69	3 545,42	<b>112,62</b>
28	14	22.6.15	24.6.15	10,68	940	41,5	279	2,69	750,51	<b>70,27</b>
29	14	24.6.15	26.6.15	7,66	940	33,0	344	2,69	925,36	<b>120,80</b>
30	14	26.6.15	5.7.15	29,80	<b>950</b>	228,0	911	2,69	2 450,59	<b>82,23</b>
31	14	28.12.15	6.1.16	31,26	900	221,0	1 480	<b>2,86</b>	4 232,80	<b>135,41</b>
32	14	8.1.16	14.1.16	23,08	<b>900</b>	144,0	1 107	2,86	3 166,02	<b>137,18</b>
33	14	15.1.16	24.1.16	32,66	<b>900</b>	220,0	1 481	2,86	4 235,66	<b>129,69</b>
34	14	26.1.16	4.2.16	32,87	<b>900</b>	218,0	1 516	2,79	4 229,64	<b>128,68</b>
35	14	5.2.16	14.2.16	18,63	<b>950</b>	202,0	1 771	2,79	4 941,09	<b>265,22</b>
36	14	15.2.16	25.2.16	44,33	<b>950</b>	236,0	1 716	2,69	4 616,04	<b>104,13</b>
37	14	25.2.16	5.3.16	42,05	<b>950</b>	218,5	1 516	2,79	4 229,64	<b>100,59</b>
38	14	7.3.16	17.3.16	43,05	<b>950</b>	232,0	1 622	2,79	4 525,38	<b>105,12</b>
39	14	17.3.16	25.3.16	61,10	<b>950</b>	194,0	1 457	2,79	4 065,03	<b>66,53</b>
40	14	26.3.16	6.4.16	41,83	<b>950</b>	259,0	1 069	<b>2,74</b>	2 929,06	<b>70,02</b>
41	14	11.4.16	18.4.16	23,17	<b>950</b>	160,0	816	2,74	2 235,84	<b>96,50</b>
42	14	28.4.16	8.5.16	51,98	<b>950</b>	236,0	1 472	2,74	4 033,28	<b>77,59</b>
43	14	11.5.16	25.5.16	35,90	<b>950</b>	324,5	2 111	2,74	5 784,14	<b>161,12</b>

## Hledání vztahu pro predikci spotřeby plynu pro výpal definovaný teplotou prodlevy, délkou cyklu a hmotností vsázky

$$\text{VZOREC II} = (0,18 \times TP^{1,41} \times 90\%) + ((0,18 \times TP^{1,41} \times 10\%) \times (HmV/PHmV) * (DVý/PDVý))$$

Vysvětlivky	TP	teplota prodlevy (°C)
	HmV	hmotnost vsázky (t)
	PHmV	průměrná hmotnost vsázky pro teplotní pásmo (t)
	DVý	délka výpalu (hod)
	PDVý	průměrná délka výpalu pro teplotní pásmo (hod)

### Komentář - Laický pokus o sestavení vzorce

Na základě zkoumání závislosti spotřeby na teplotě prodlevy pro vsázky s průměrnou délkou cyklu i hmotností vsázky docházím k závěru, že spotřeba je z téměř 90% závislá na teplotě prodlevy. Zde využívám závislost danou mocninnou funkcí (spojnice trendu Excel). Zbývajících 10% je ovlivněno délkou cyklu a hmotností vsázky respektive součinem jejich odchylek od průměrných hodnot.

Jedná se o značné zjednodušení problematiky s využitím hodnoty teploty jako základní konstanty (funkce bude zřejmě platit pouze pro vybranou pec. Vliv délky a hmotnosti zde má pro zjednodušení stejnou váhu (ve skutečnosti bude mít zřejmě délka cyklu vliv větší).

Průměrná odchylka na zkoumaném vzorku cca 1 400 vsázek je zajímavých 3,8%. Avšak histogram odchylek (viz.níže) ukazuje, že pouze 51% případů bylo spočítáno s odchylkou menší než 5%.

Otázkou je zda do šetření zahrnovat vsázky s teplotou pod 500 ° (technologické ohřevy), které vykazují značnou volatilitu.

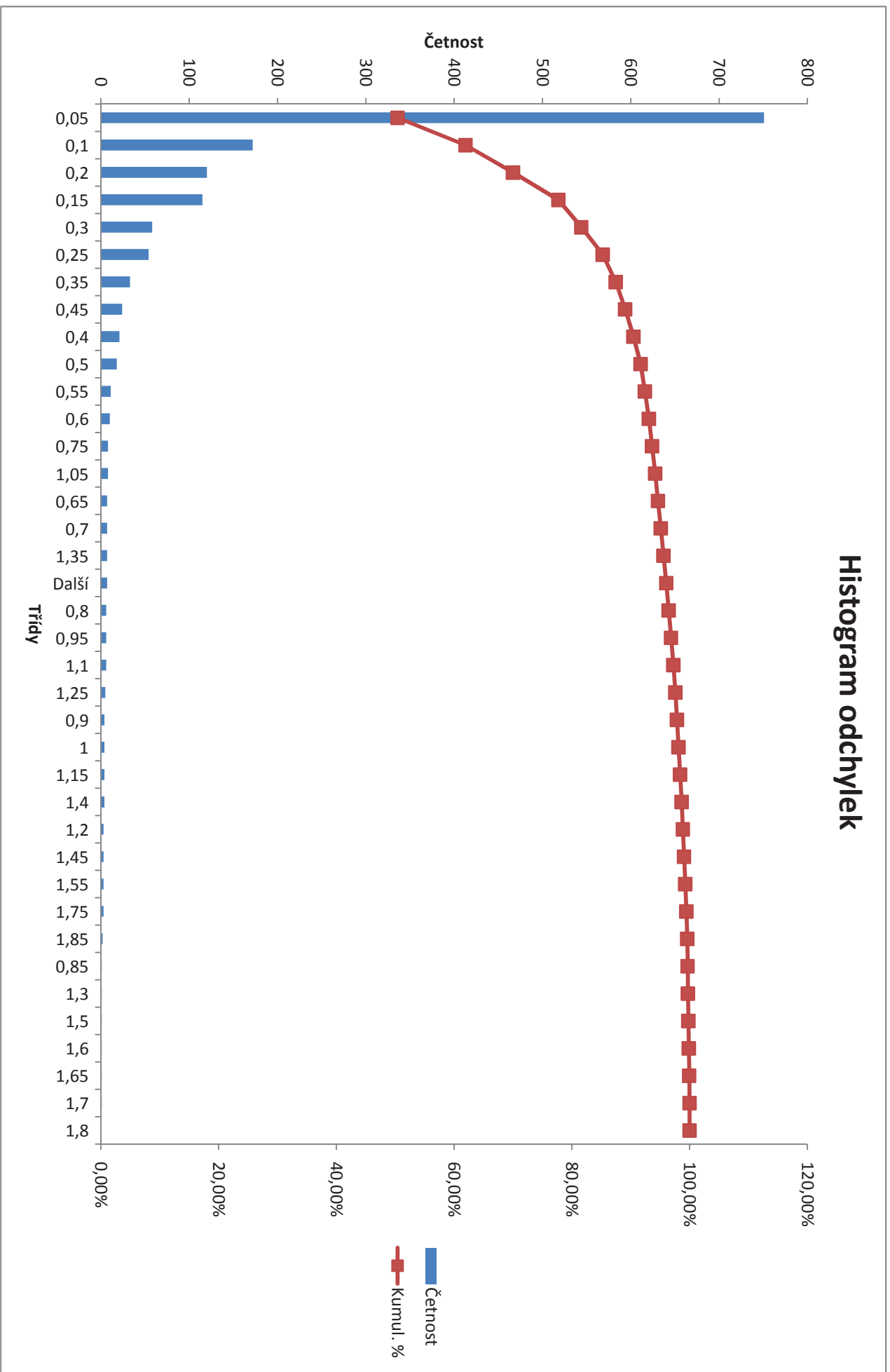
SPOTŘEBA  
PLYNU

Teplota prodlevy

Nejsou zohledněny další vlivy na spotřebu:  
rychlost nájezdu  
meziprodlevy  
řízené sjíždění  
hmotnost žihacích pomůcek a přípravků

Rozsah teplot °C	Plyn (m3) Skutečný	Plyn (m3) vypočtený	Odchylka %
150-499	263 310	259 158	-1,6%
500-849	1 191 454	1 114 453	-6,5%
850-1199	1 341 138	1 315 352	-1,9%
<b>Celk</b>	<b>2 795 902</b>	<b>2 688 964</b>	<b>-3,8%</b>

# Histogram odchylek





## Propočet mnohonásobné korelace pro data slévárny H

Na základě zaslaných podkladů (ze dne 20.6.2016) bylo provedeno statistické zpracování dat.

Byla hledána mnohonásobná korelace sloupce Y (spotřeba plynu na cyklus celkem) na hmotnosti vsázky X1, teplotě prodlevy X2 a délce cyklu X3.

### Shrnutí hlavních závěrů

Na statistickém vzorku byla provedena regresní analýza. Na základě získaných koeficientů regresní funkce tří proměnných (hmotnost vsázky X1, teplota prodlevy X2 a délka cyklu X3) byly spočítány odpovídající hodnoty odhadované spotřeby plynu a vypočítaná hodnota rezidua. Z této hodnoty byla vypočítána procentní odchylka vztažená ke skutečně naměřeným parametrům funkce. Tato absolutní hodnota byla následně vynesena do histogramu s logaritmickým dělením osy kategorií. Z histogramu je zřetelně vidět, že většina chyb se pohybuje mezi 10 – 25%, přičemž kumulativní četnost pro horní hranici třídy (25%) činí 90,22% celkových pozorování.

Byly také hledány složitější závislosti nelineárních regresních funkcí, kdy byly zahrnuty do výpočtu i parametry sálavého tepla a předávání tepla. Koeficienty nové regresní funkce u lineárních členů byly spočteny identicky a koeficient nelineárního členu byl určen jako 0. Z tohoto důvodu se nejeví jako účelné hledat jiné nelineární regresní funkce, které by případně lépe vystihovaly chování vyšetřovaného systému. Zvolená lineární regresní funkce vychází z fyzikálního chápání tepelně-teplotních dějů (akumulace tepla, vedení tepla), kdy jsou uvažovány lineární závislosti množství tepla na čase, hmotnosti a teplotě.

Dále byla vyšetřována závislost reziduí na hodnotě vždy dvou parametrů (například hmotnost a teplota, nebo hmotnost a délka prodlevy, či teplota prodlevy a délka prodlevy) a tato závislost byla vynesena do grafů (viz grafy v závěru této zprávy) se záměrem hledat funkční závislost této chyby na hodnotě příslušných dvou proměnných. Jak je z grafů patrné, velikost chyby v závislosti dvou proměnných se jeví jako čistě náhodná veličina. Statistické parametry této veličiny již dále nebyly zkoumány.

Ostrava 1.7.2016

Zpracovali: doc. Ing. Ivo Špička, Ph.D., Mgr. Ing. Tomáš Tykva



## Výsledek regresní analýzy

VÝSLEDEK REGRESNÍ ANALÝZY

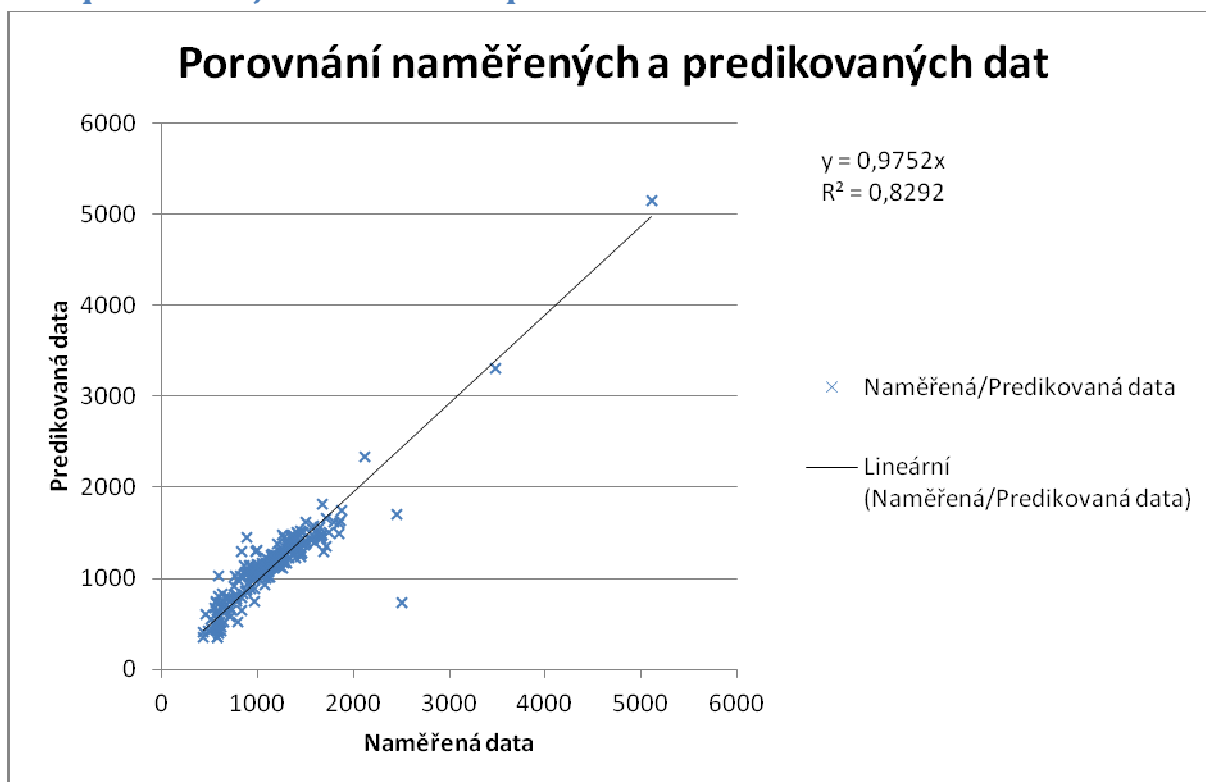
Regresní statistika	
Násobné R	0,95135204
Hodnota spolehlivosti R	0,905070704
Nastavená hodnota spolehlivosti R	0,903782071
Chyba stř. hodnoty	147,1261444
Pozorování	225

ANOVA

	Rozdíl	SS	MS	F	Významnost F
Regrese	3	45609386,43	15203128,81	702,3494828	1,1399E-112
Rezidua	221	4783788,625	21646,10238		
Celkem	224	50393175,06			

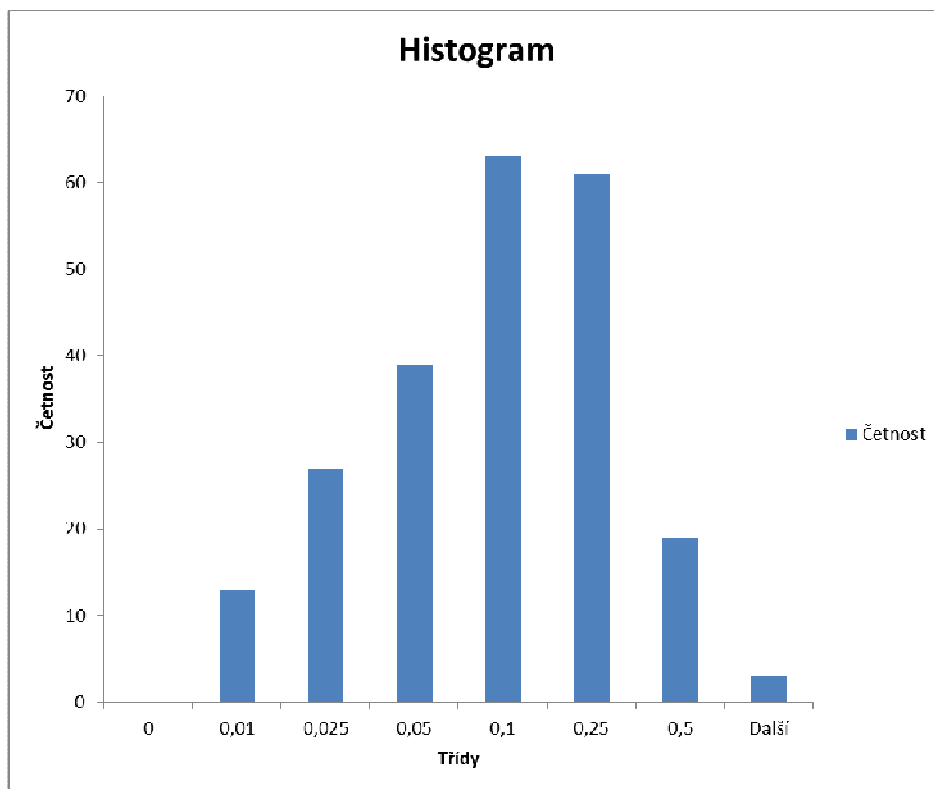
	Koeficienty	Chyba stř. hodnoty	t Stat	Hodnota P	Dolní 95%	Horní 95%	Dolní 95,0%	Horní 95,0%
Hranice	-1198,21062	59,52751198	-20,12868638	6,9829E-52	-1315,524837	-1080,896402	-1315,524837	-1080,896402
Soubor X 1	23,76781277	2,126349282	11,17775569	2,76995E-23	19,57729659	27,95832895	19,57729659	27,95832895
Soubor X 2	1,942125473	0,063252226	30,70446054	1,12669E-81	1,817470752	2,066780194	1,817470752	2,066780194
Soubor X 3	23,14841811	0,709494997	32,62661218	1,87435E-86	21,7501764	24,54665983	21,7501764	24,54665983

## Graf porovnávající naměřená a predikovaná data



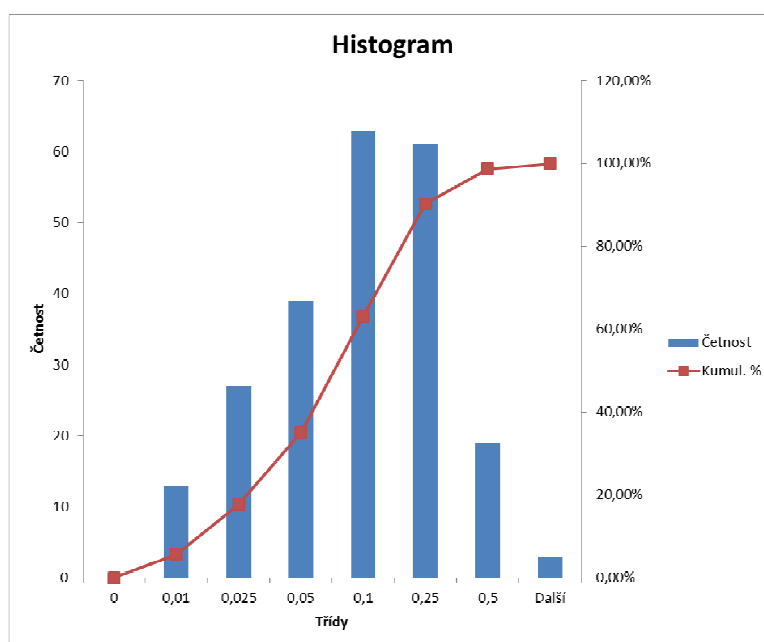
Třída	Četnost
0	0
0,01	13
0,025	27
0,05	39
0,1	63
0,25	61
0,5	19
Další	3

Histogram znázorňující počet hodnot reziduí v dané třídě

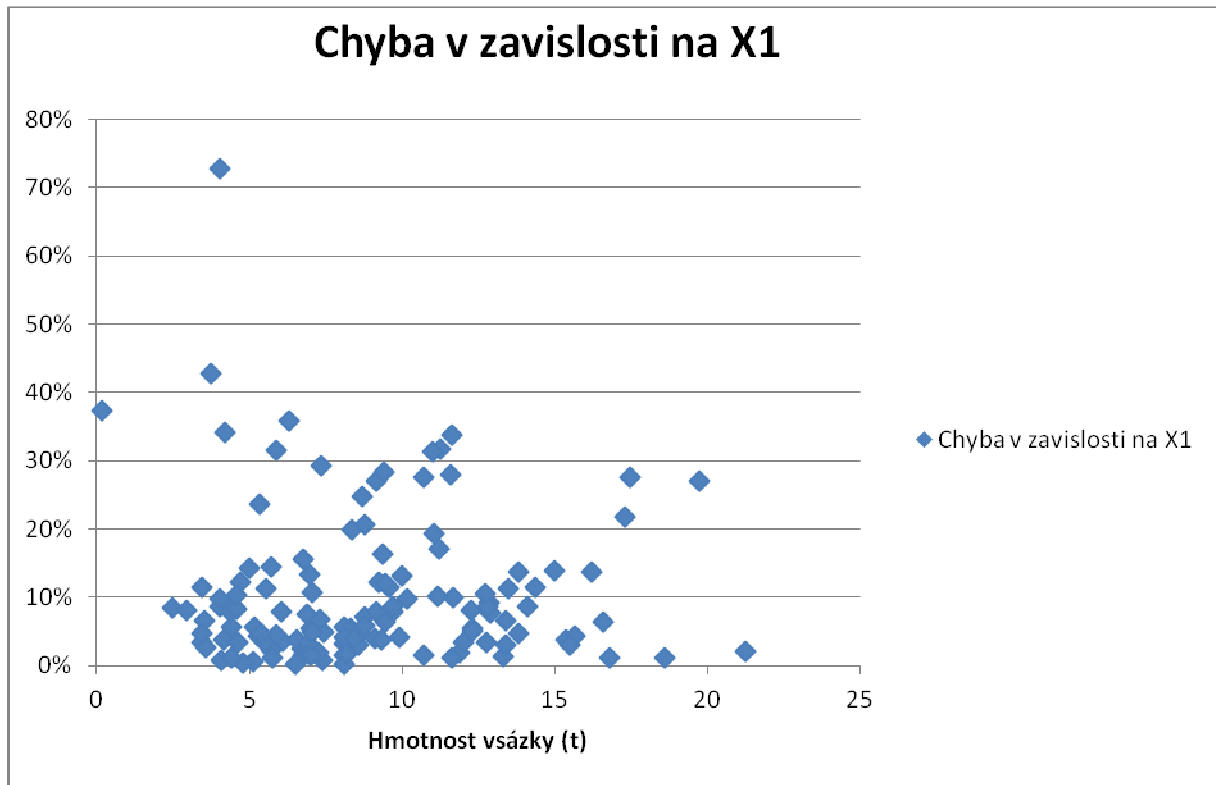


Histogram znázorňující kumulativní graf reziduí

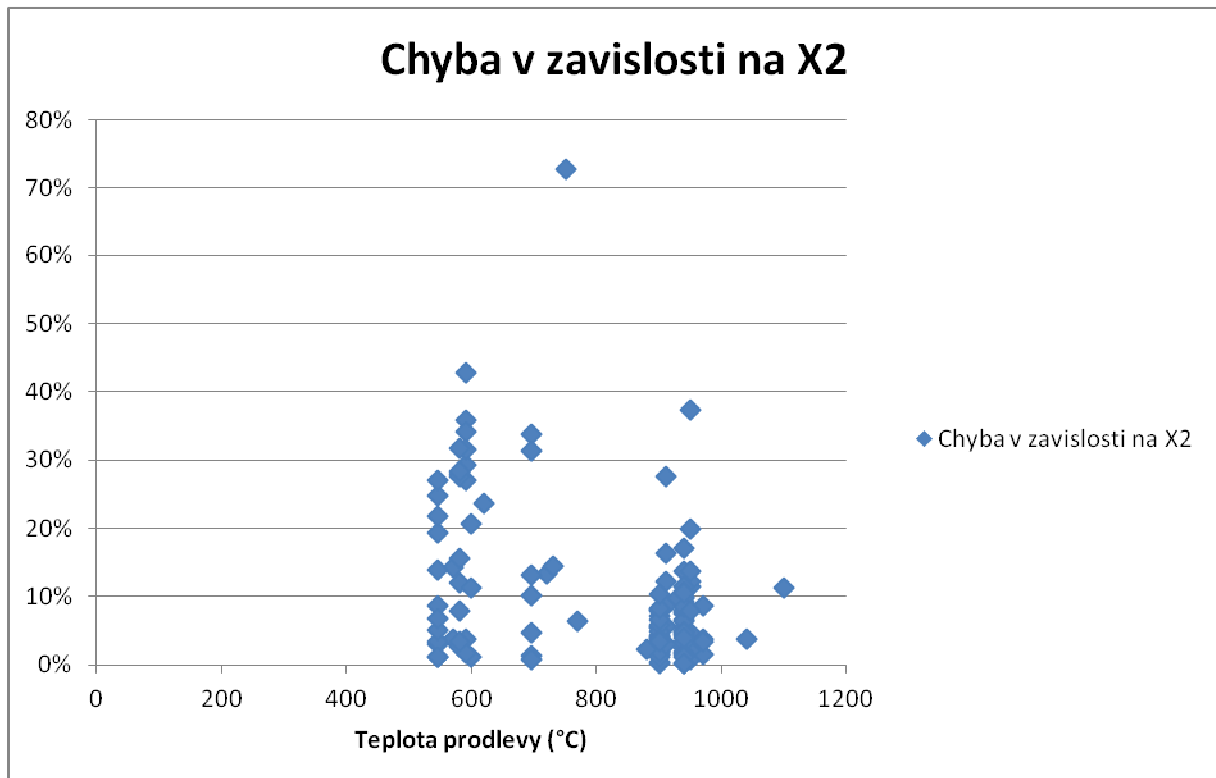
Třída	Četnost	Kumul. %
0	0	0,00%
0,01	13	5,78%
0,025	27	17,78%
0,05	39	35,11%
0,1	63	63,11%
0,25	61	90,22%
0,5	19	98,67%
Další	3	100,00%

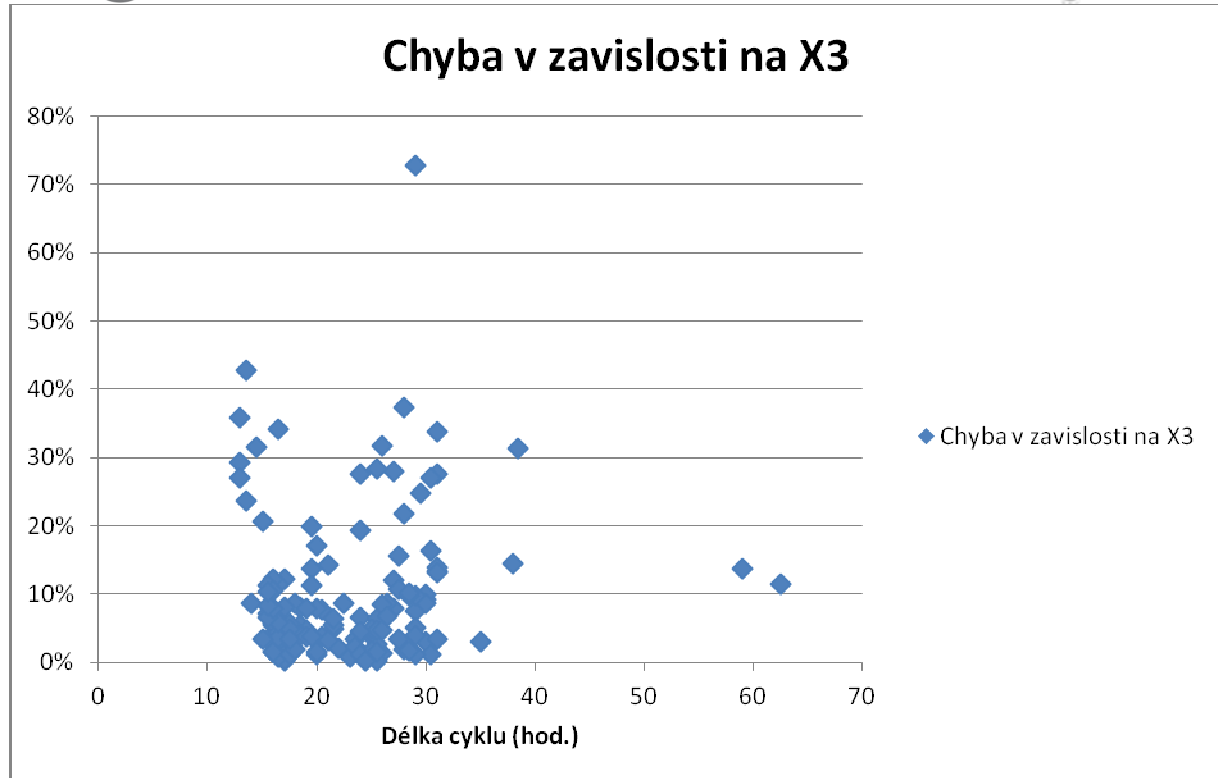






Grafy znázorňující chybu v závislosti na proměnných X1, X2, X3







# Propočet mnohonásobné regrese pro data sléváren

---

## Obsah

Úvod.....	2
1 Výsledky regresní analýzy.....	2
1.1 Regresní rovnice pro slévárnu E.....	3
1.1.1 Výsledek pro všechny teploty.....	3
1.1.2 Výsledek pro teplotu 560 – 630 °C .....	5
1.1.3 Výsledek pro teplotu 850 – 920 °C .....	7
1.1.4 Výsledek pro teplotu 1060 – 1080 °C.....	9
1.2 Regresní rovnice slévárny C .....	11
1.2.1 Výsledek pro pec č. 1 .....	11
1.2.2 Výsledek pro pec č. 2 .....	13
1.2.3 Výsledek pro pec č. 4 .....	15
1.2.4 Výsledek pro všechny 3 pece (tj. pec č. 1, 2 a 4) .....	17
1.3 Regresní rovnice pro slévárnu F .....	19
1.4 Regresní rovnice pro slévárnu H.....	21
Závěr .....	23
2 Volitelná část .....	24
Graf porovnávající naměřená a predikovaná data .....	24
Histogram znázorňující počet hodnot reziduí v dané třídě .....	25
Histogram znázorňující kumulativní graf reziduí .....	25
Grafy znázorňující chybu v závislosti na proměnných X1, X2, X3 .....	26



## Úvod

Uvedené aktivity (výzkumu) se zúčastnily slévárny H, F, E a C. Na základě podkladů zaslaných jednotlivými slévárnami bylo provedeno statistické zpracování dat pomocí regresní analýzy.

Byla hledána mnohonásobná korelace sloupce Y (spotřeba plynu na cyklus celkem) na hmotnosti vsázky X1, teplotě prodlevy X3 a délce cyklu X2.

Na statistickém vzorku byla provedena regresní analýza. Na základě získaných koeficientů regresní funkce tří proměnných (hmotnost vsázky  $X_1$ , teplota prodlevy  $X_3$  a délka cyklu  $X_2$ ) byly spočítány odpovídající hodnoty odhadované spotřeby plynu a vypočítaná hodnota rezidua.

## 1 Výsledky regresní analýzy

Metody regresní analýzy jsou využívány v situacích, kdy nás zajímá závislost určité kvantitativní (spojité) proměnné na jedné nebo více dalších kvantitativních (spojitých) proměnných, tzv. regresorech. Předem je dáno, která proměnná je nezávislá (vysvětlující) a která je závislá (vysvětlovaná, také se jí říká odezva). Cílem regresní analýzy je popsat tuto závislost pomocí vhodného (matematického) modelu. Podle počtu nezávisle proměnných rozlišujeme modely jednoduché regrese a vícenásobné regrese. Jednoduchá regrese popisuje závislost vysvětlované proměnné na jednom regresoru.

Naproti tomu vícenásobná regrese řeší situaci, kde závisle proměnná závisí na více než jednom regresoru. Podle typu regresní funkce pak lze dále rozlišit modely lineární a nelineární. V tomto článku se budeme zabývat lineárními modely (tj. situacemi, kdy je regresní funkce lineární v parametrech). Například tedy  $Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots$ , kde Y je závislá a  $X_i$  jsou regresory.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> [http://www.statsoft.cz/file1/PDF/newsletter/2014\\_26\\_03\\_StatSoft\\_Uvod\\_do\\_regresni\\_analyzy.pdf](http://www.statsoft.cz/file1/PDF/newsletter/2014_26_03_StatSoft_Uvod_do_regresni_analyzy.pdf)

## 1.1 Regresní rovnice pro slévárnu E

Dále jsou prezentovány výsledky regresní analýzy nejprve pro všechny teploty a následně pro teploty 560 – 630 °C, 850 – 920 °C a 1060 – 1080 °C.

### 1.1.1 Výsledek pro všechny teploty

VÝSLEDEK (pro všechny teploty)

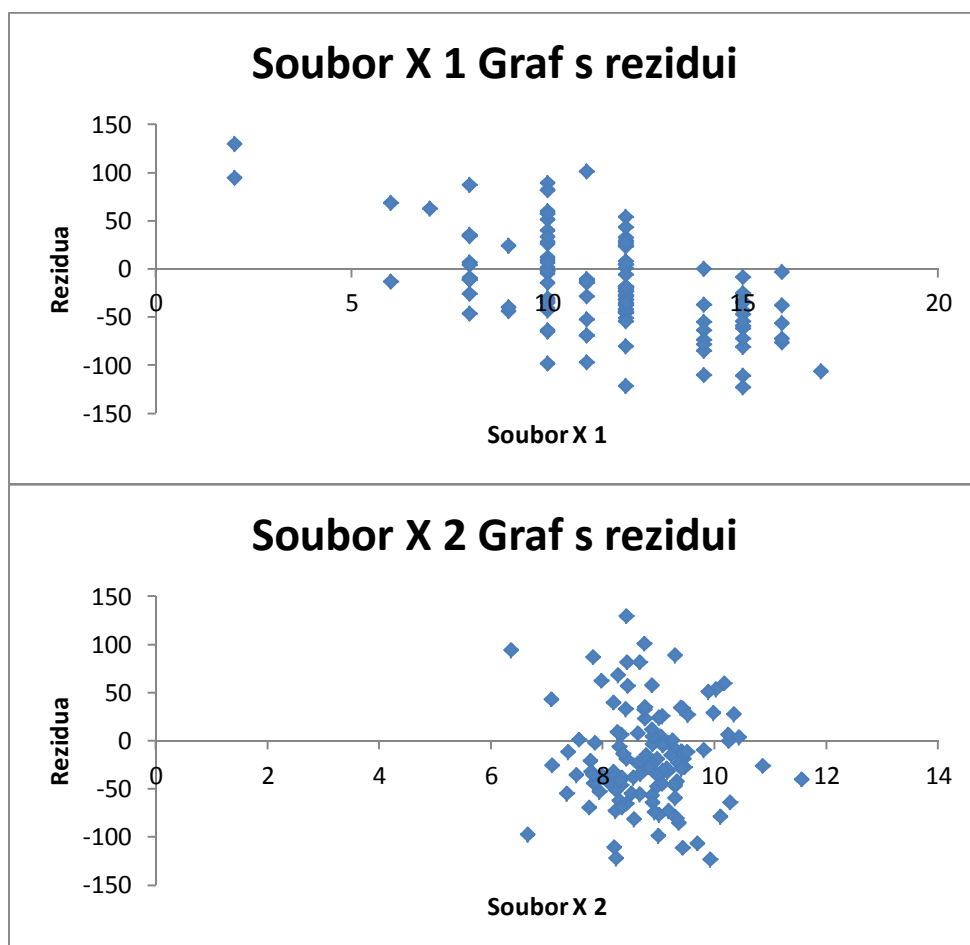
Regresní statistika	
Násobné R	0,93246621
Hodnota spolehlivosti R	0,869493233
Nastavená hodnota spolehlivosti R	0,868099923
Chyba stř. hodnoty	84,40987324
Pozorování	285

ANOVA					
	Rozdíl	SS	MS	F	Významnost F
Regrese	3	13339083,55	4446361,182	624,0483537	6,9784E-124
Rezidua	281	2002132,503	7125,0267		
Celkem	284	15341216,05			

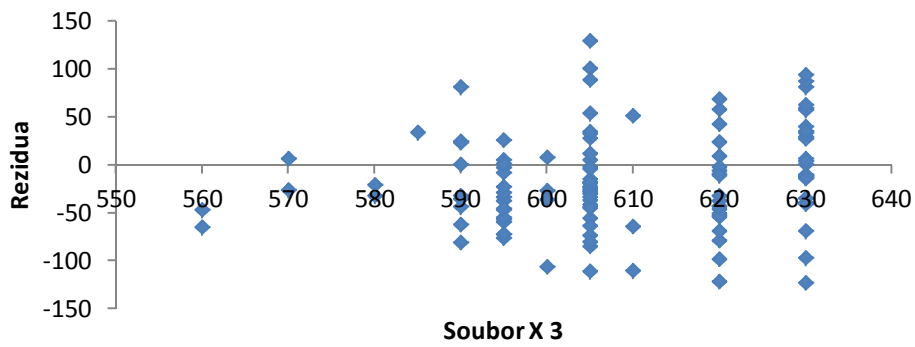
	Koeficienty	Chyba stř. hodnoty	t Stat	Hodnota P	Dolní 95%	Horní 95%	Dolní 95,0%	Horní 95,0%
Hranice	-636,20	33,91752899	-18,75736188	1,84091E-51	-702,9680573	-569,4386738	-702,9680573	-569,4386738
Soubor X 1	18,25	1,986452838	9,189314207	9,06477E-18	14,3439219	22,16435666	14,3439219	22,16435666
Soubor X 2	26,41	2,952852091	8,944162825	5,16399E-17	20,59827156	32,22330825	20,59827156	32,22330825
Soubor X 3	0,80	0,056407662	14,16291587	9,82984E-35	0,687861753	0,909932184	0,687861753	0,909932184

Z výše uvedeného vyplývá následující regresní rovnice pro všechny teploty:

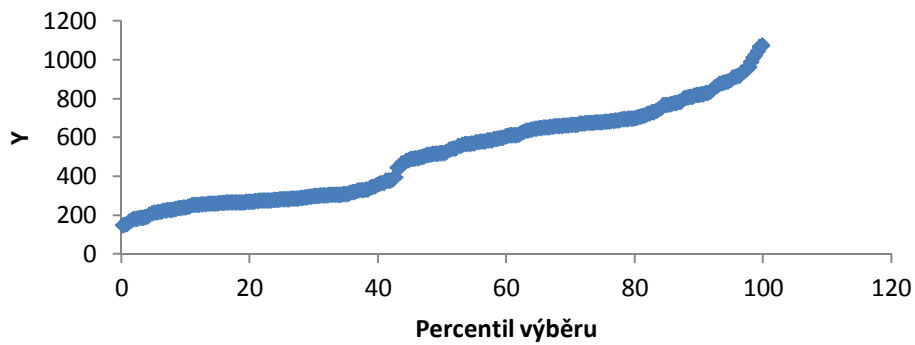
$$Y = -636,20 + 18,25X_1 + 26,41X_2 + 0,80X_3$$



### Soubor X 3 Graf s rezidui



### Graf s rozdělením pravděpodobnosti





## 1.1.2 Výsledek pro teplotu 560 – 630 °C

VÝSLEDEK (pro teplotu 560 - 630 °C)

Regresní statistika	
Násobné R	0,625028046
Hodnota spolehlivosti R	0,390660058
Nastavená hodnota spolehlivosti R	0,374901267
Chyba stř. hodnoty	40,87376866
Pozorování	120

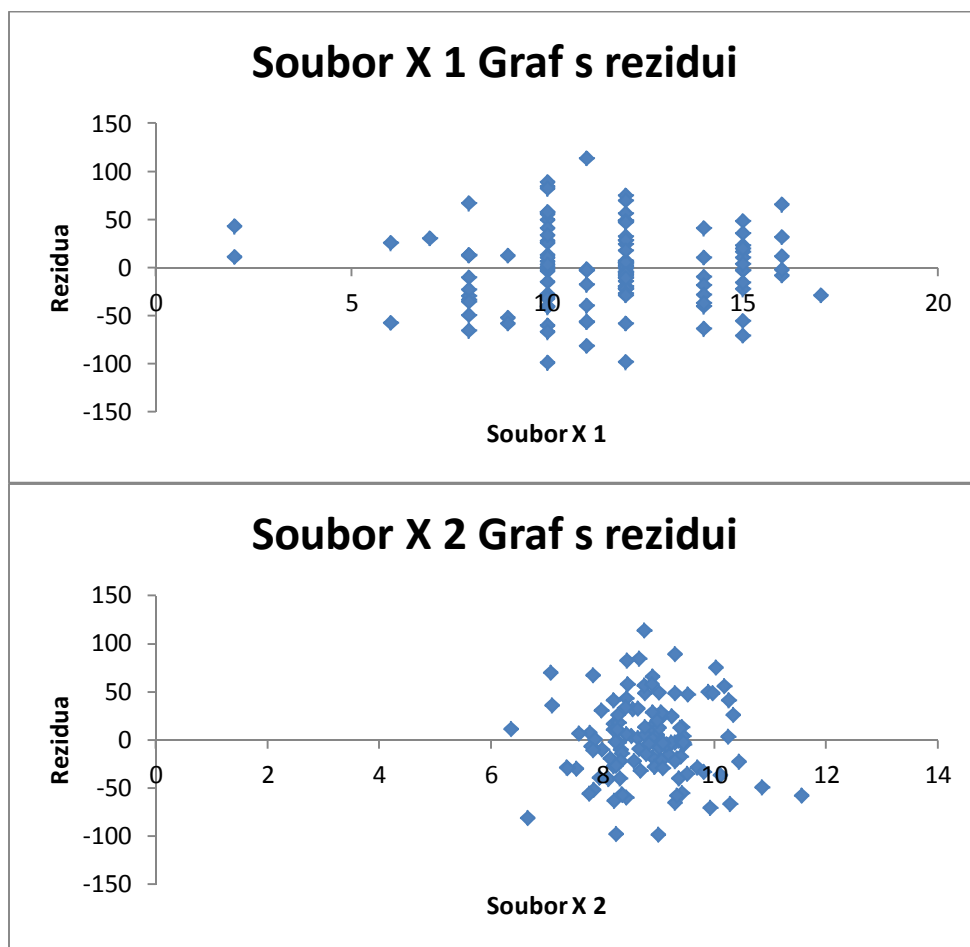
ANOVA

	Rozdíl	SS	MS	F	Významnost F
Regrese	3	124247,2308	41415,74359	24,78997553	1,82118E-12
Rezidua	116	193797,1359	1670,664965		
Celkem	119	318044,3667			

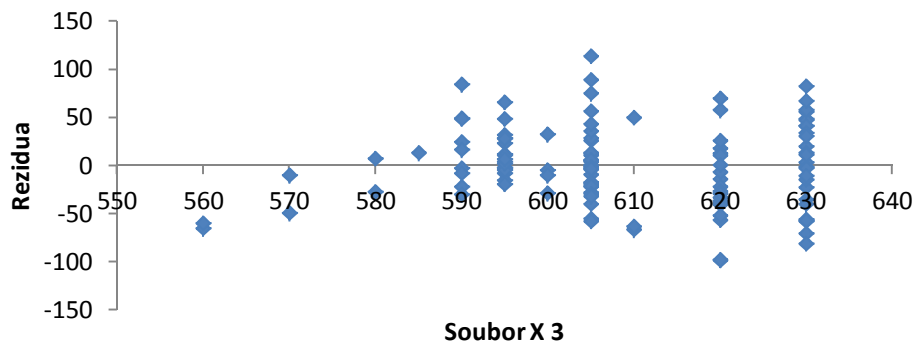
	Koeficienty	Chyba stř. hodnoty	t Stat	Hodnota P	Dolní 95%	Horní 95%	Dolní 95,0%	Horní 95,0%
Hranice	-591,43	155,6084835	-3,80072731	0,000231498	-899,6276215	-283,2232043	-899,6276215	-283,2232043
Soubor X 1	7,14	1,470426811	4,854569567	3,79886E-06	4,225923672	10,05065483	4,225923672	10,05065483
Soubor X 2	28,77	4,536192907	6,342966703	4,49817E-09	19,78841894	37,75742219	19,78841894	37,75742219
Soubor X 3	0,87	0,237611652	3,668762353	0,000369538	0,401120867	1,3423605	0,401120867	1,3423605

Z výše uvedeného vyplývá následující regresní rovnice pro rozsah teplot 560 - 630 °C:

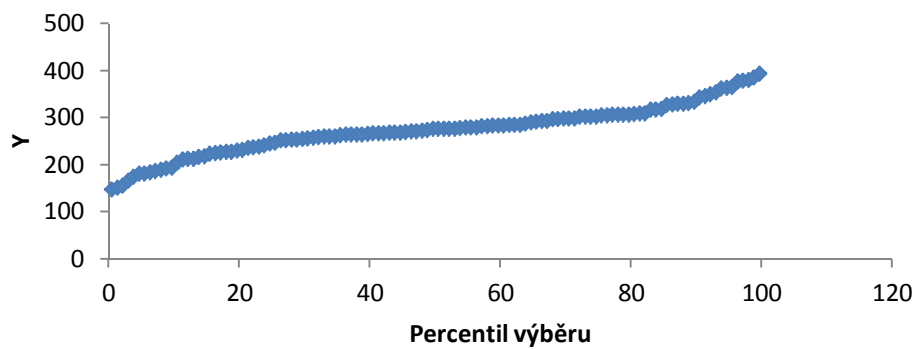
$$Y = -591,43k + 7,14X_1 + 28,77X_2 + 0,87X_3$$



### Soubor X 3 Graf s rezidui



### Graf s rozdělením pravděpodobnosti





### 1.1.3 Výsledek pro teplotu 850 – 920 °C

VÝSLEDEK (pro teplotu 850 - 920 °C)

Regresní statistika	
Násobné R	0,697922767
Hodnota spolehlivosti R	0,487096189
Nastavená hodnota spolehlivosti R	0,474379566
Chyba stř. hodnoty	83,62643171
Pozorování	125

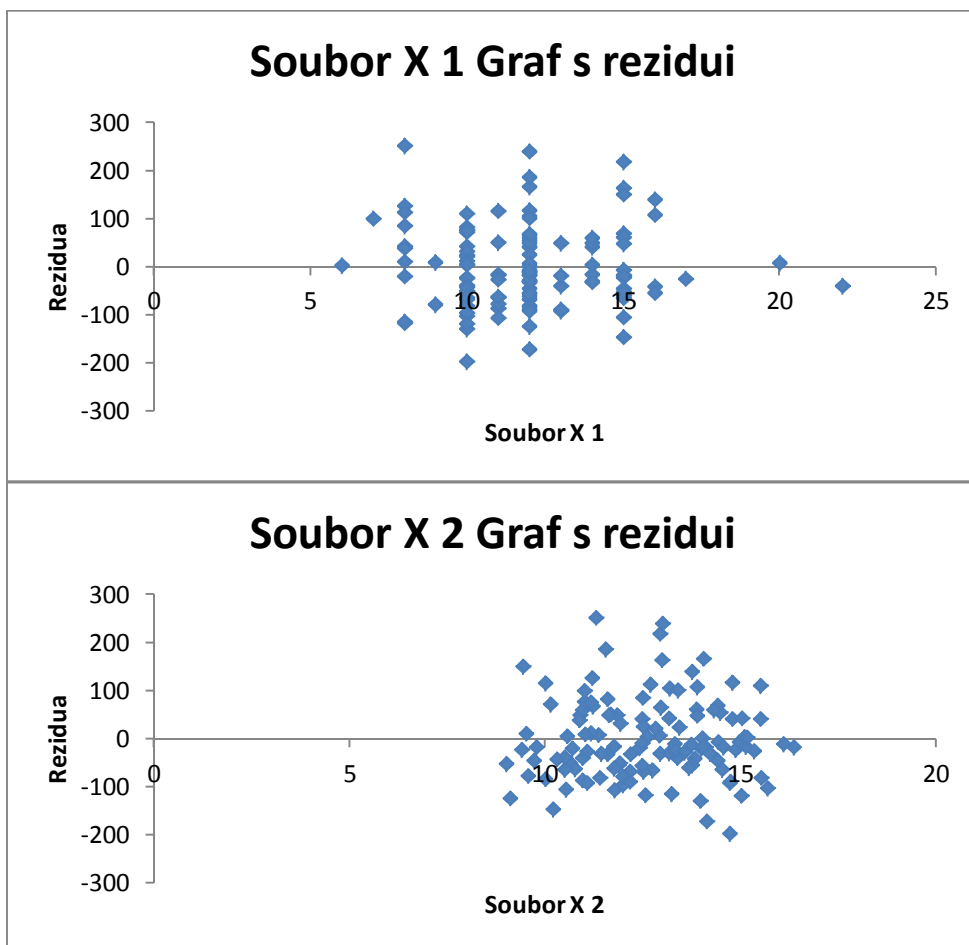
ANOVA

	Rozdíl	SS	MS	F	Významnost F
Regrese	3	803621,0582	267873,6861	38,30389354	1,78099E-17
Rezidua	121	846198,9898	6993,380081		
Celkem	124	1649820,048			

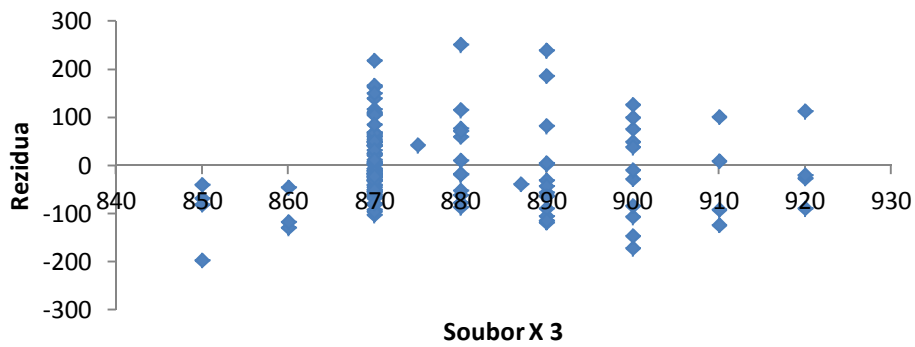
	Koeficienty	Chyba stř. hodnoty	t Stat	Hodnota P	Dolní 95%	Horní 95%	Dolní 95,0%	Horní 95,0%
Hranice	-405,94	505,5205888	-0,80301977	0,423537867	-1406,75437	594,8683159	-1406,75437	594,8683159
Soubor X 1	22,10	3,100248308	7,127217539	8,05808E-11	15,95838486	28,23390337	15,95838486	28,23390337
Soubor X 2	29,98	4,530459971	6,616356084	1,0583E-09	21,00589591	38,94437687	21,00589591	38,94437687
Soubor X 3	0,48	0,544558122	0,883228517	0,378864255	-0,597127175	1,5590657	-0,597127175	1,5590657

Z výše uvedeného vyplývá následující regresní rovnice pro rozsah teplot 850 - 920 °C:

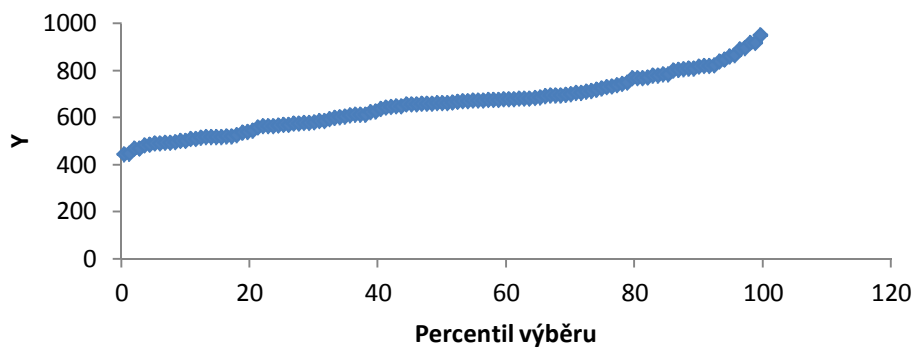
$$Y = -405,94 + 22,10X_1 + 29,98X_2 + 0,48X_3$$



### Soubor X 3 Graf s rezidui



### Graf s rozdělením pravděpodobnosti





### 1.1.4 Výsledek pro teplotu 1060 - 1080 °C

VÝSLEDEK (pro teplotu 1060 - 1080 °C)

Regresní statistika	
Násobné R	0,878356086
Hodnota spolehlivosti R	0,771509414
Nastavená hodnota spolehlivosti R	0,750737543
Chyba stř. hodnoty	82,79889486
Pozorování	37

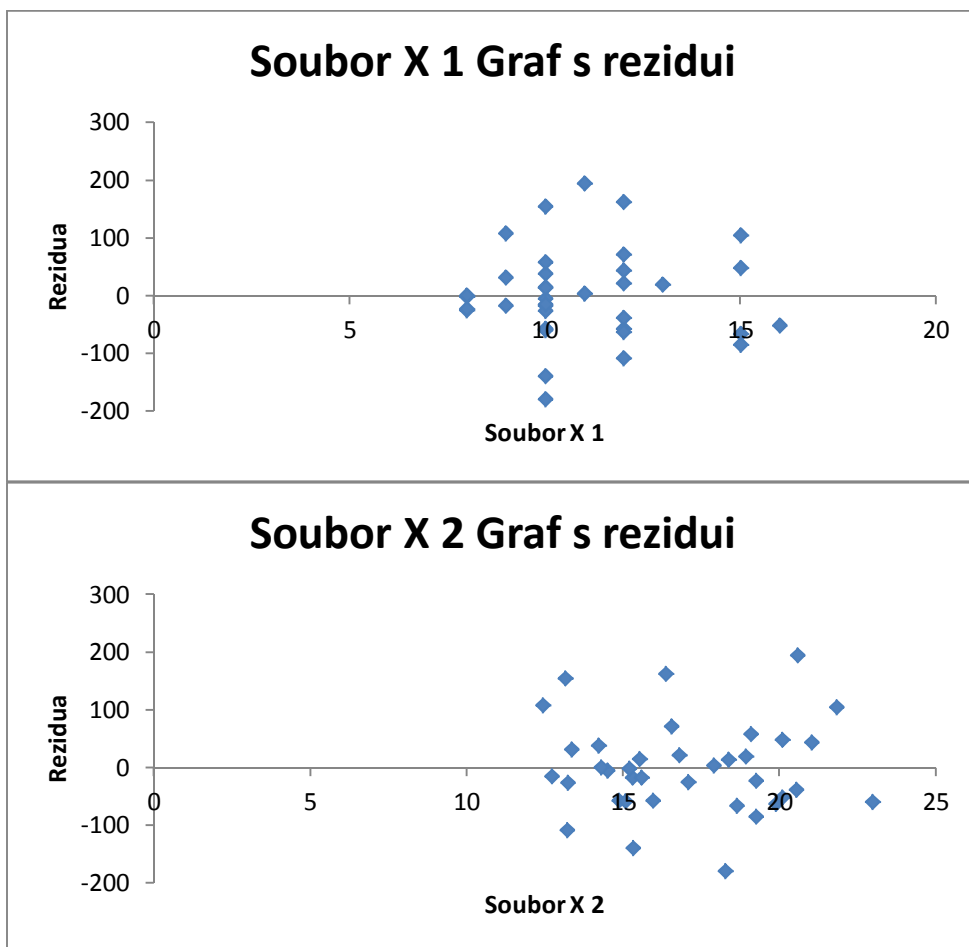
ANOVA

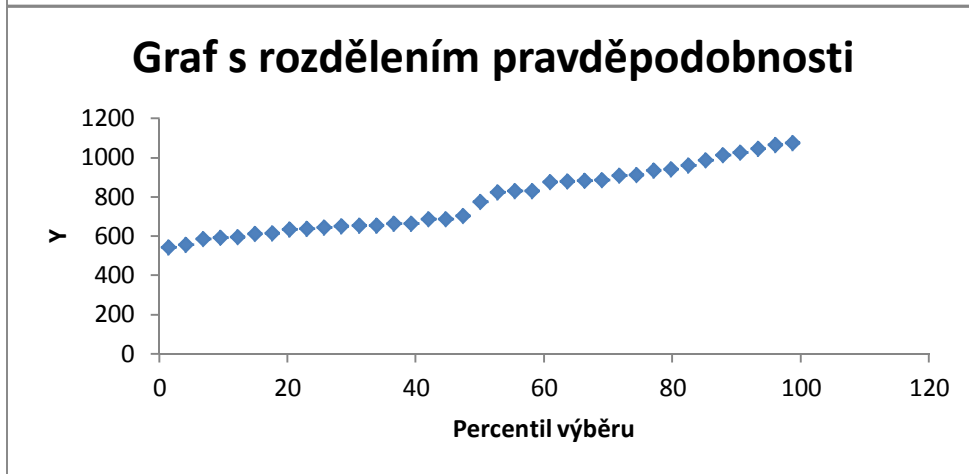
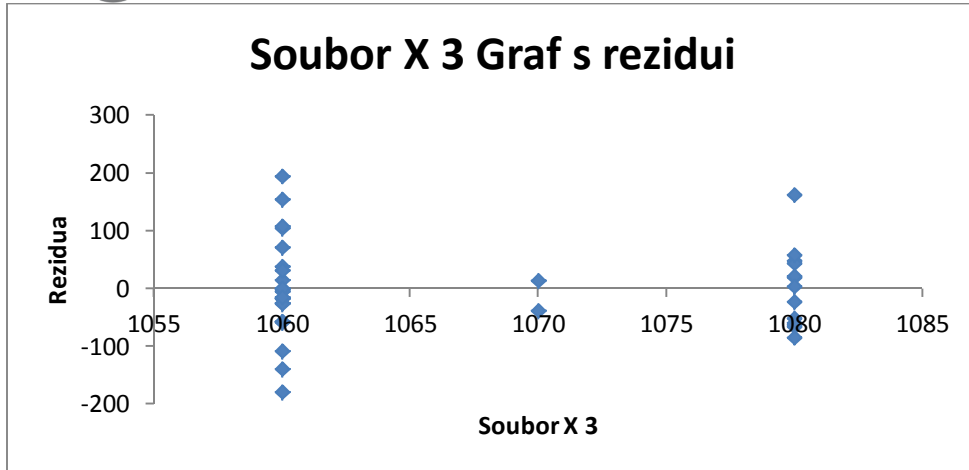
	Rozdíl	SS	MS	F	Významnost F
Regrese	3	763898,995	254632,9983	37,14202719	1,09522E-10
Rezidua	33	226236,6807	6855,656989		
Celkem	36	990135,6757			

	Koeficienty	Chyba stř. hodnoty	t Stat	Hodnota P	Dolní 95%	Horní 95%	Dolní 95,0%	Horní 95,0%
Hranice	-5077,86	2044,301775	-2,483910356	0,018246348	-9237,025583	-918,6991152	-9237,025583	-918,6991152
Soubor X 1	20,87	7,775653485	2,684344163	0,011276752	5,052844086	36,69221601	5,052844086	36,69221601
Soubor X 2	28,35	6,657854767	4,257974218	0,000160876	14,80346657	41,89448132	14,80346657	41,89448132
Soubor X 3	4,83	1,99162759	2,423613126	0,021012546	0,774937971	8,878931567	0,774937971	8,878931567

Z výše uvedeného vyplývá následující regresní rovnice pro rozsah teplot 1060 - 1080 °C:

$$Y = -5077,86 + 20,87X_1 + 28,35 X_2 + 4,83X_3$$





## 1.2 Regresní rovnice slévárny C

Dále jsou prezentovány výsledky regresní analýzy pro peci č. 1, 2 a 4 a následně pro všechny pece (zde byla spojena data za všechny 3 pece).

### 1.2.1 Výsledek pro pec č. 1

VÝSLEDEK (pro pec č. 1)

Regresní statistika	
Násobné R	0,919362043
Hodnota spolehlivosti R	0,845226566
Nastavená hodnota spolehlivosti R	0,838398327
Chyba stř. hodnoty	30,01083775
Pozorování	72

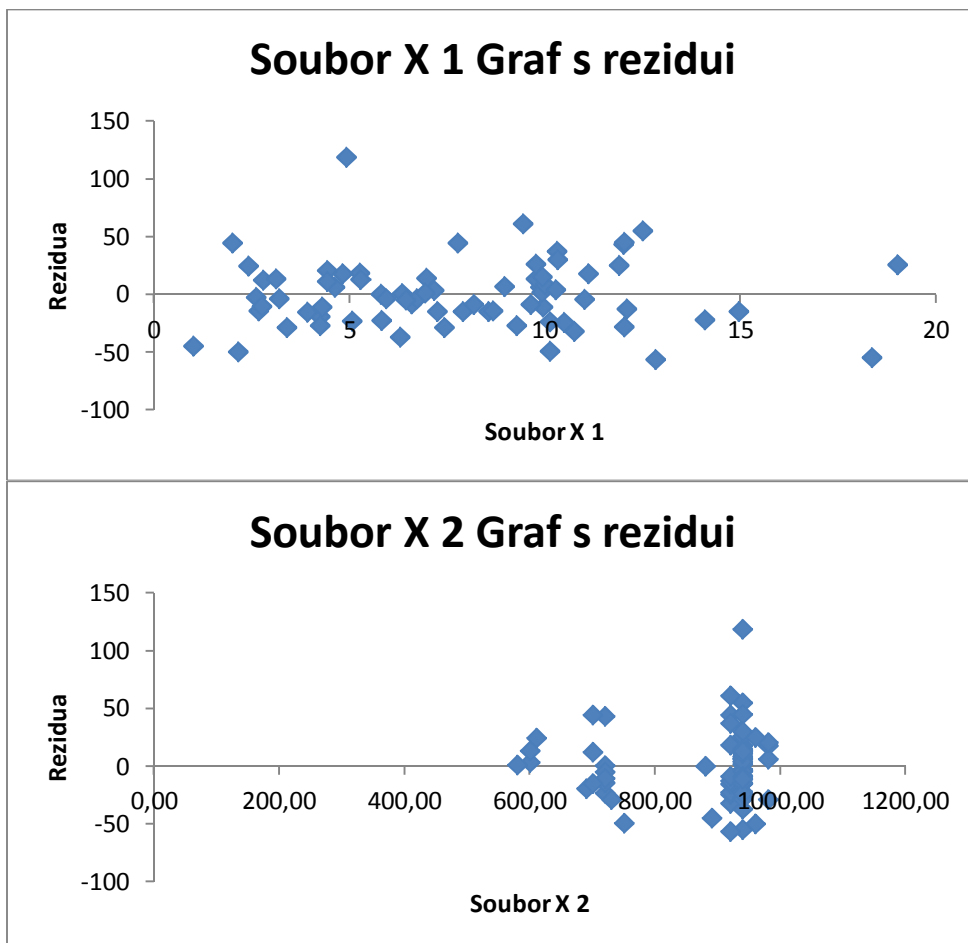
ANOVA

	Rozdíl	SS	MS	F	Významnost F
Regrese	3	334458,2184	111486,0728	123,7839621	1,72677E-27
Rezidua	68	61244,226	900,6503824		
Celkem	71	395702,4444			

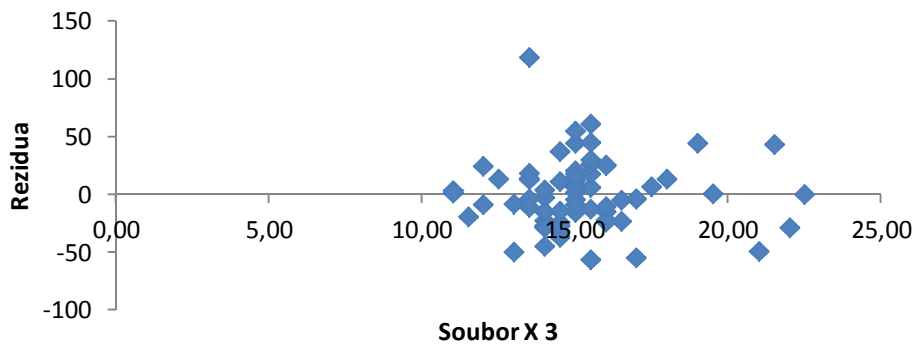
	Koeficienty	Chyba stř. hodnoty	t Stat	Hodnota P	Dolní 95%	Horní 95%	Dolní 95,0%	Horní 95,0%
Hranice	-233,9570495	39,26004526	-5,95916403	1,00205E-07	-312,2992501	-155,614849	-312,2992501	-155,614849
Soubor X 1	9,315498102	1,021890184	9,115948312	2,08565E-13	7,276347987	11,35464822	7,276347987	11,35464822
Soubor X 2	0,351912701	1,630855395	0,215784123	0,829801983	-2,902408572	3,606233974	-2,902408572	3,606233974
Soubor X 3	0,441757522	0,034684355	12,73650674	1,12221E-19	0,372545969	0,510969075	0,372545969	0,510969075

Z výše uvedeného vyplývá následující regresní rovnice pro pec č. 1:

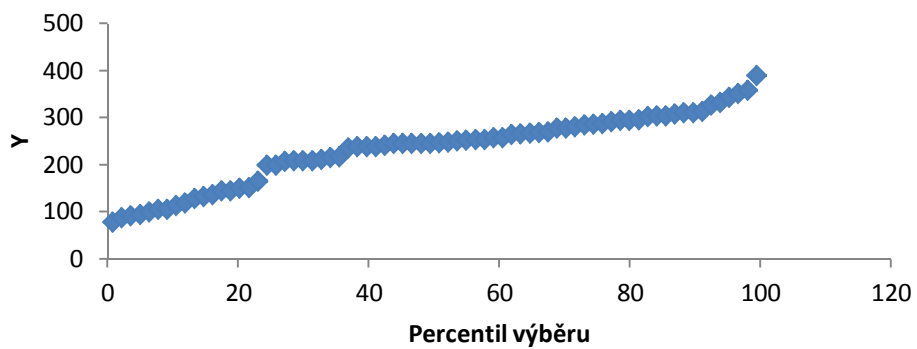
$$Y = -233,96 + 9,32X_1 + 0,35X_2 + 0,44X_3$$



### Soubor X 3 Graf s rezidui



### Graf s rozdělením pravděpodobnosti





## 1.2.2 Výsledek pro pec č. 2

VÝSLEDEK (pro pec č. 2)

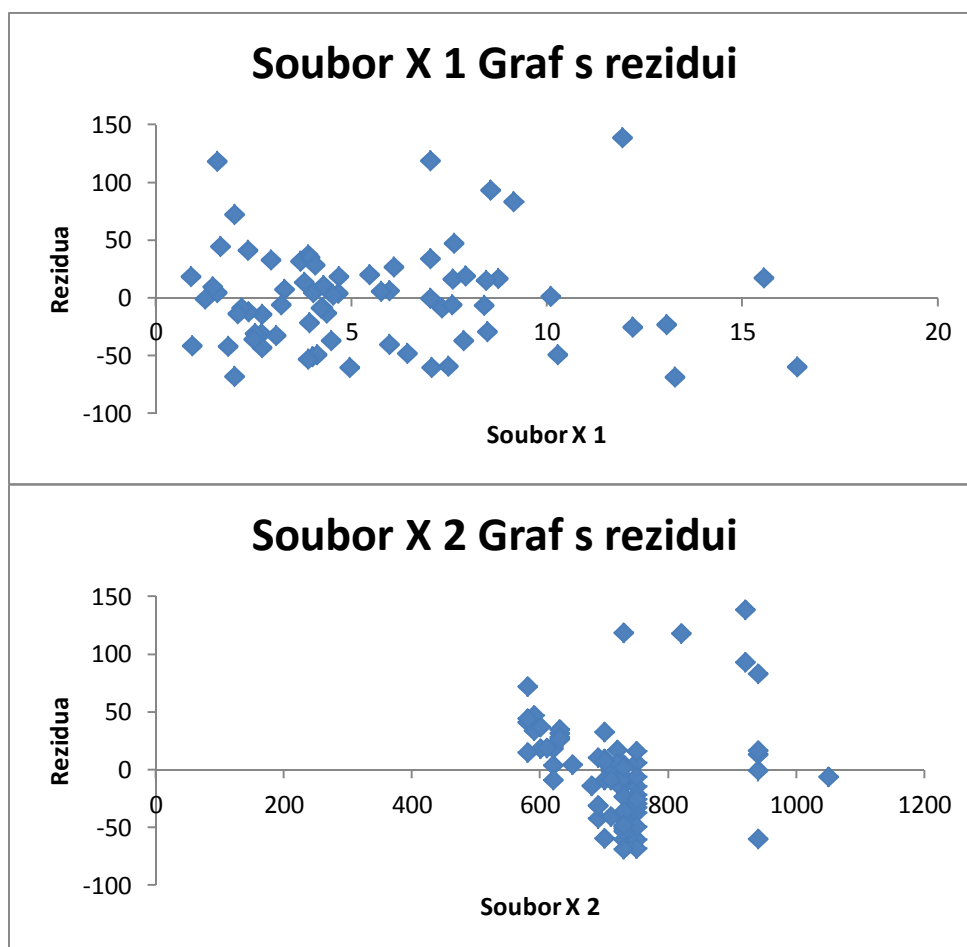
Regresní statistika	
Násobné R	0,937513054
Hodnota spolehlivosti R	0,878930727
Nastavená hodnota spolehlivosti R	0,873666845
Chyba stří. hodnoty	44,76222851
Pozorování	73

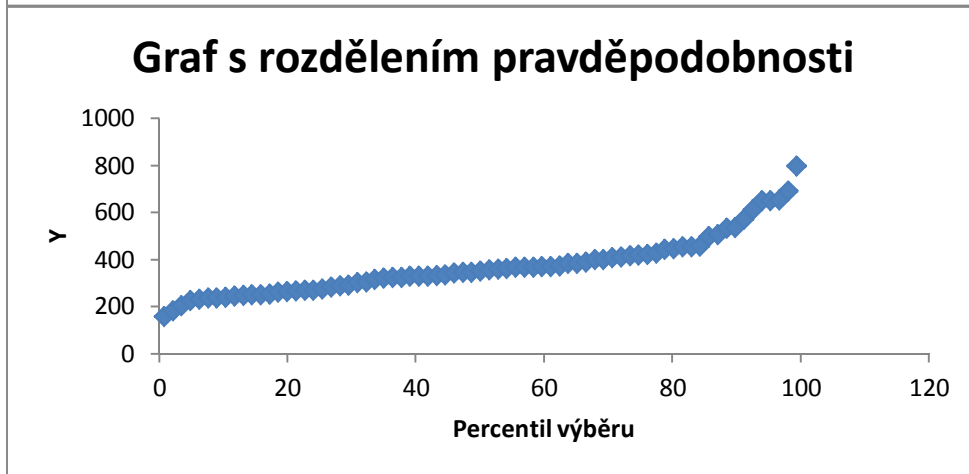
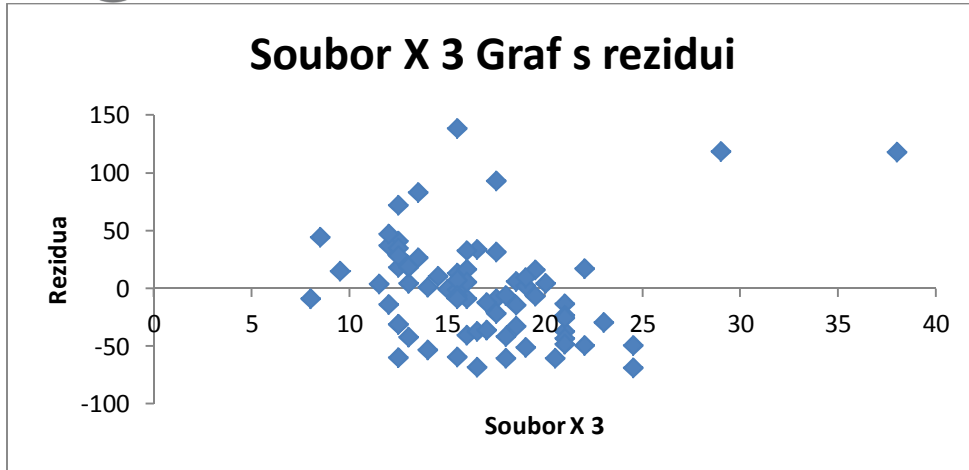
ANOVA					
	Rozdíl	SS	MS	F	Významnost F
Regrese	3	1003675,222	334558,4072	166,9738834	1,45723E-31
Rezidua	69	138252,34	2003,657102		
Celkem	72	1141927,562			

	Koeficienty	Chyba stří. hodnoty	t Stat	Hodnota P	Dolní 95%	Horní 95%	Dolní 95,0%	Horní 95,0%
Hranice	-434,1569614	40,26379984	-10,78281144	1,90392E-16	-514,4810442	-353,8328785	-514,4810442	-353,8328785
Soubor X 1	5,619269279	1,63187675	3,443439757	0,000980515	2,363764239	8,874774319	2,363764239	8,874774319
Soubor X 2	11,77577583	1,206272321	9,762120561	1,24675E-14	9,369328391	14,18222326	9,369328391	14,18222326
Soubor X 3	0,800687424	0,060479752	13,23893354	1,28665E-20	0,680033619	0,921341229	0,680033619	0,921341229

Z výše uvedeného vyplývá následující regresní rovnice pro pec č. 2:

$$Y = -434,16 + 5,62X_1 + 11,78X_2 + 0,80X_3$$









### 1.2.3 Výsledek pro pec č. 4

VÝSLEDEK (pro pec č. 4)

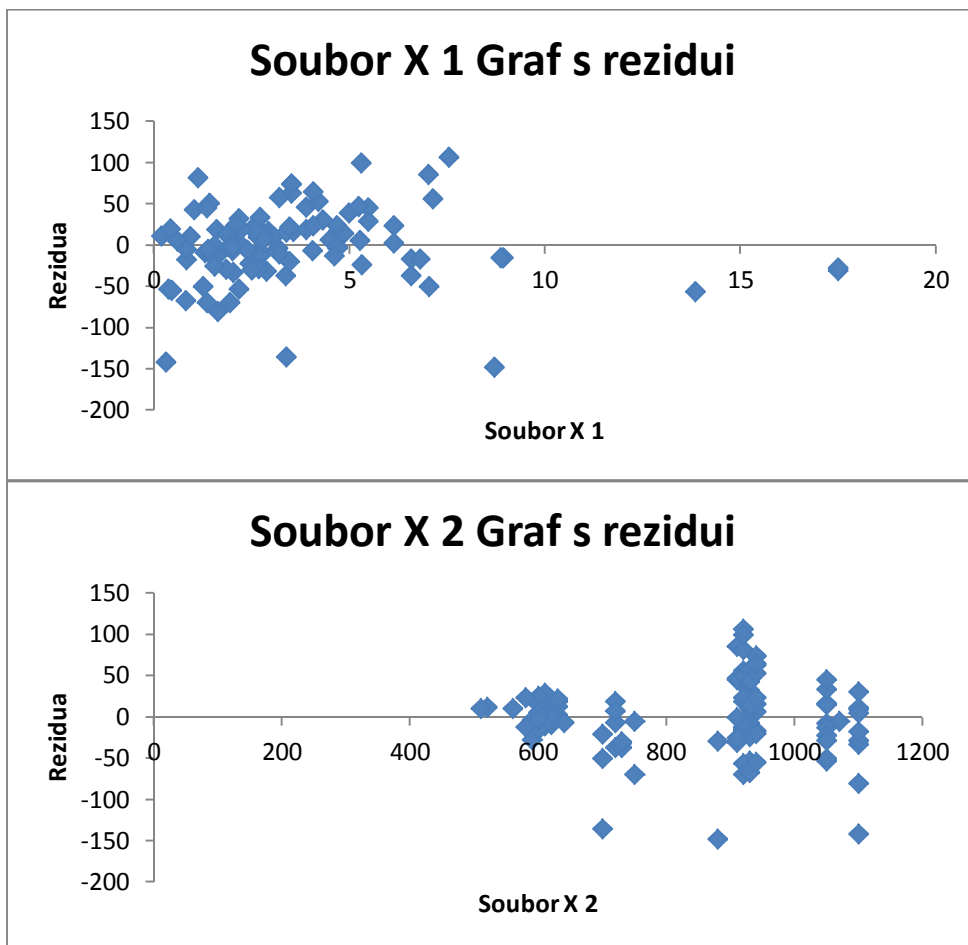
Regresní statistika	
Násobné R	0,949141331
Hodnota spolehlivosti R	0,900869266
Nastavená hodnota spolehlivosti R	0,897953656
Chyba stř. hodnoty	44,55717765
Pozorování	106

ANOVA					
	Rozdíl	SS	MS	F	Významnost F
Regrese	3	1840301,447	613433,8	308,9814204	4,94114E-51
Rezidua	102	202504,8922	1985,342		
Celkem	105	2042806,34			

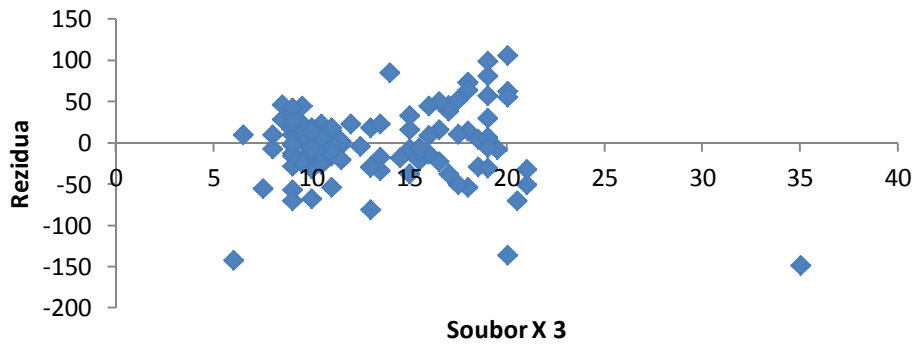
	Koeficienty	Chyba stř. hodnoty	t Stat	Hodnota P	Dolní 95%	Horní 95%	Dolní 95,0%	Horní 95,0%
Hranice	-323,072801	23,5728851	-13,7053	7,20244E-25	-369,8295068	-276,3160951	-369,8295068	-276,3160951
Soubor X 1	3,126325074	1,483718931	2,107087	0,037562394	0,183375609	6,069274539	0,183375609	6,069274539
Soubor X 2	15,16284013	0,996121372	15,22188	5,26063E-28	13,18703811	17,13864215	13,18703811	17,13864215
Soubor X 3	0,534664456	0,026430515	20,22906	1,75267E-37	0,482239654	0,587089257	0,482239654	0,587089257

Z výše uvedeného vyplývá následující regresní rovnice pro pec č. 4:

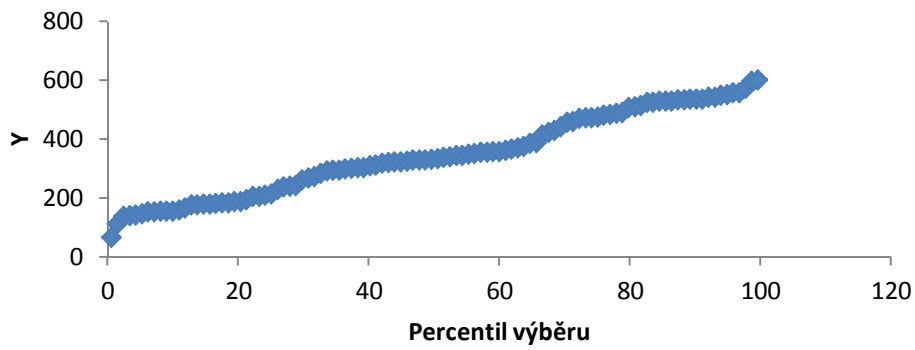
$$Y = -323,07 + 3,13X_1 + 15,16X_2 + 0,53X_3$$



### Soubor X 3 Graf s rezidui



### Graf s rozdělením pravděpodobnosti





### 1.2.4 Výsledek pro všechny 3 pece (tj. pec č. 1, 2 a 4)

VÝSLEDEK (pro všechny 3 pece)

Regresní statistika	
Násobné R	0,716872004
Hodnota spolehlivosti R	0,51390547
Nastavená hodnota spolehlivosti R	0,508001488
Chyba stř. hodnoty	92,85233901
Pozorování	251

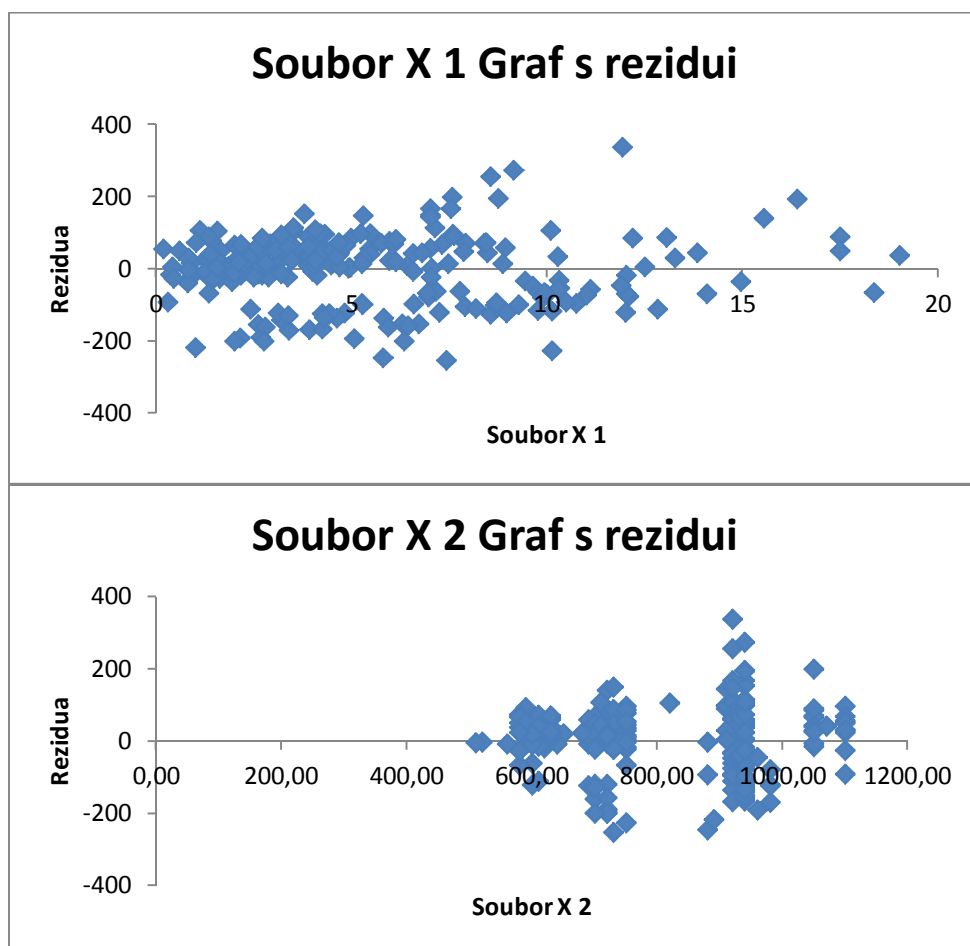
ANOVA

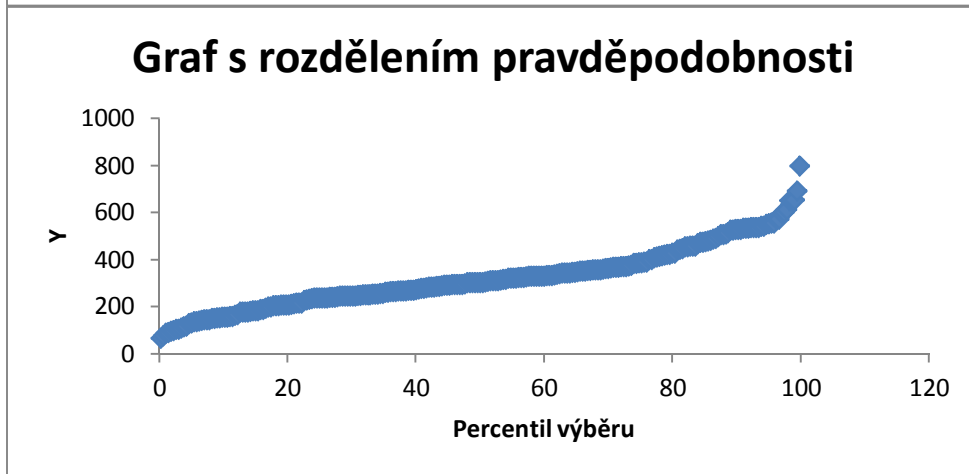
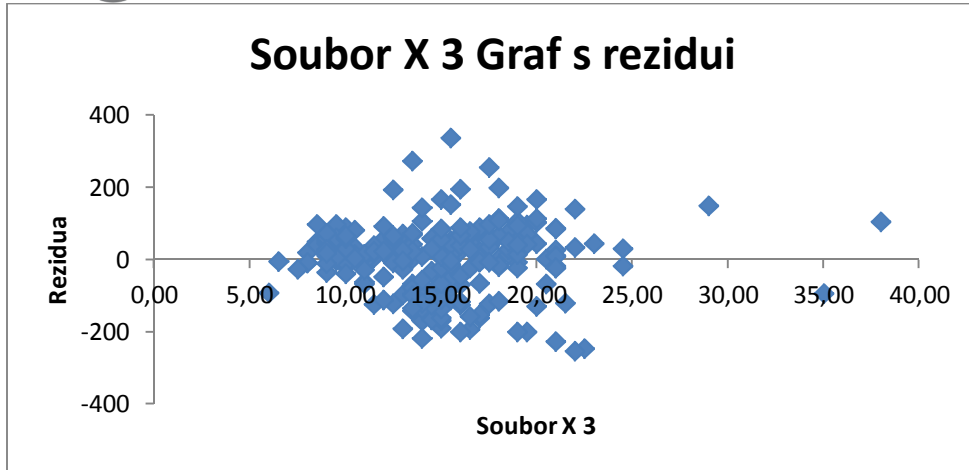
	Rozdíl	SS	MS	F	Významnost F
Regrese	3	2251361,089	750453,6963	87,04387253	1,84798E-38
Rezidua	247	2129524,544	8621,55686		
Celkem	250	4380885,633			

	Koefficienty	Chyba stř. hodnoty	t Stat	Hodnota P	Dolní 95%	Horní 95%	Dolní 95,0%	Horní 95,0%
Hranice	-228,8829362	36,27084083	-6,310384072	1,27883E-09	-300,3225195	-157,4433529	-300,3225195	-157,4433529
Soubor X 1	-2,525494516	1,585804377	-1,592563719	0,112536997	-5,648918216	0,597929184	-5,648918216	0,597929184
Soubor X 2	15,64369592	1,398575585	11,18544903	9,07833E-24	12,88904081	18,39835103	12,88904081	18,39835103
Soubor X 3	0,402379929	0,039215472	10,26074413	8,32508E-21	0,325140556	0,479619302	0,325140556	0,479619302

Z výše uvedeného vyplývá následující regresní rovnice, která vznikla sloučením dat pro všechny tři pece:

$$Y = -228,89 - 2,53X_1 + 15,64X_2 + 0,40X_3$$





### 1.3 Regresní rovnice pro slévárnu F

VÝSLEDEK

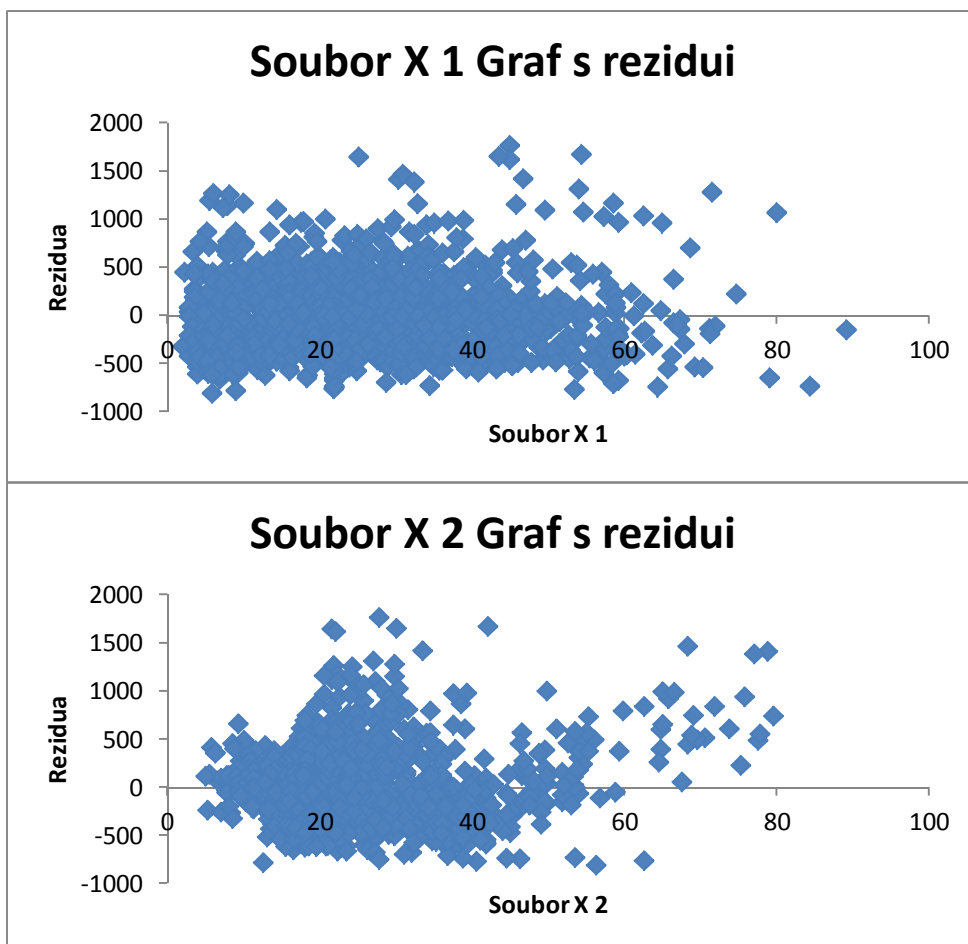
Regresní statistika	
Násobné R	0,913137121
Hodnota spolehlivosti R	0,833819402
Nastavená hodnota spolehlivosti R	0,833449564
Chyba stř. hodnoty	390,6295631
Pozorování	1352

ANOVA					
	Rozdíl	SS	MS	F	Významnost F
Regrese	3	1032076258	344025419,5	2254,552316	0
Rezidua	1348	205693282,1	152591,4556		
Celkem	1351	1237769540			

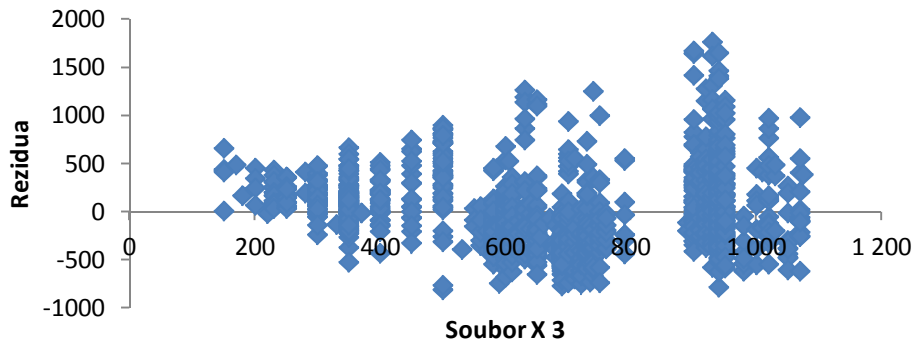
	Koeficienty	Chyba stř. hodnoty	t Stat	Hodnota P	Dolní 95%	Horní 95%	Dolní 95,0%	Horní 95,0%
Hranice	-1212,777677	41,21631895	-29,4246965	2,1203E-147	-1293,632776	-1131,922577	-1293,632776	-1131,922577
Soubor X 1	11,40089998	0,719717311	15,84080278	5,85045E-52	9,989012258	12,81278769	9,989012258	12,81278769
Soubor X 2	17,56876955	0,94029064	18,68440332	1,84561E-69	15,72417753	19,41336156	15,72417753	19,41336156
Soubor X 3	3,394549211	0,048607798	69,83548637	0	3,29919406	3,489904362	3,29919406	3,489904362

Z výše uvedeného vyplývá následující regresní rovnice:

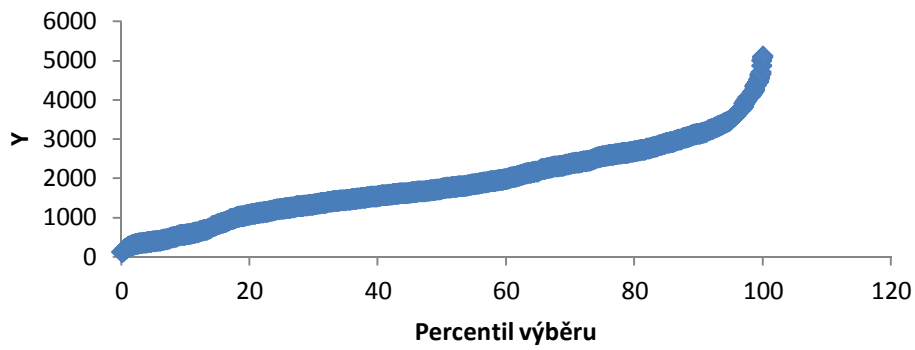
$$Y = -1212,78 + 11,40X_1 + 17,57 X_2 + 3,39X_3$$



### Soubor X 3 Graf s rezidui



### Graf s rozdělením pravděpodobnosti



## 1.4 Regresní rovnice pro slévárnu H

VÝSLEDEK

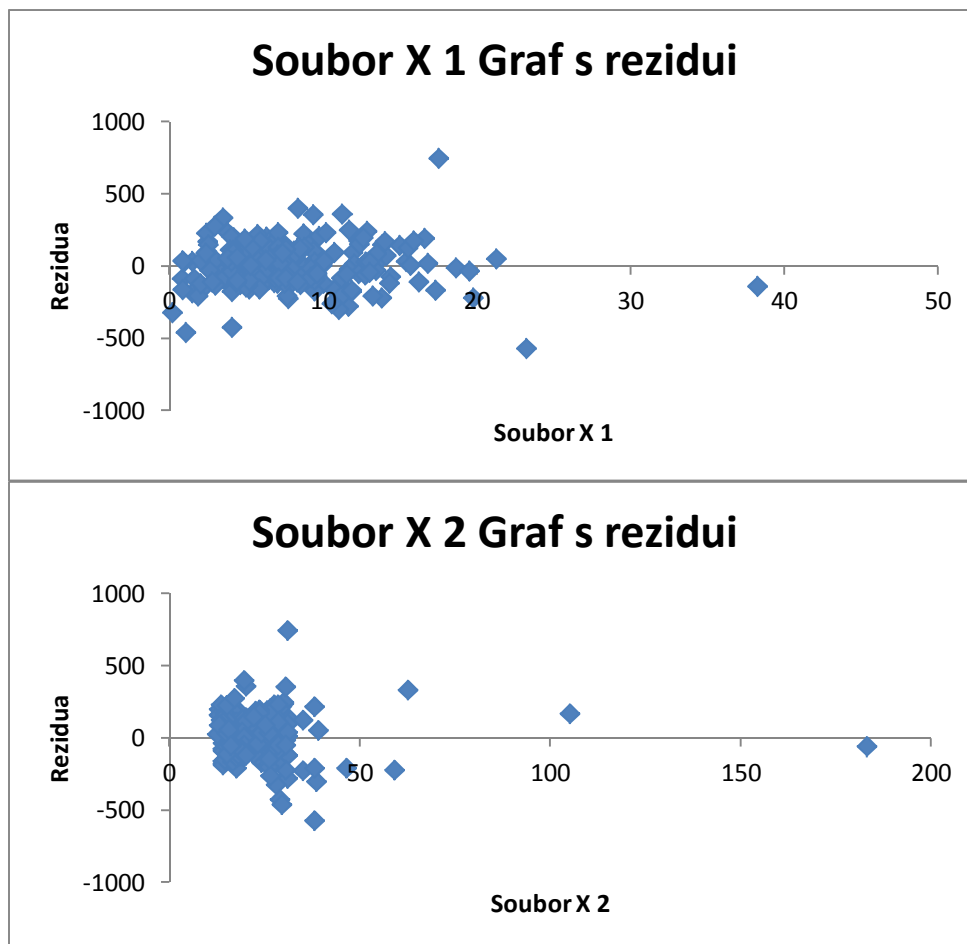
Regresní statistika	
Násobné R	0,95135204
Hodnota spolehlivosti R	0,905070704
Nastavená hodnota spolehlivosti R	0,903782071
Chyba stř. hodnoty	147,1261444
Pozorování	225

ANOVA					
	Rozdíl	SS	MS	F	Významnost F
Regrese	3	45609386,43	15203128,81	702,3494828	1,1399E-112
Rezidua	221	4783788,625	21646,10238		
Celkem	224	50393175,06			

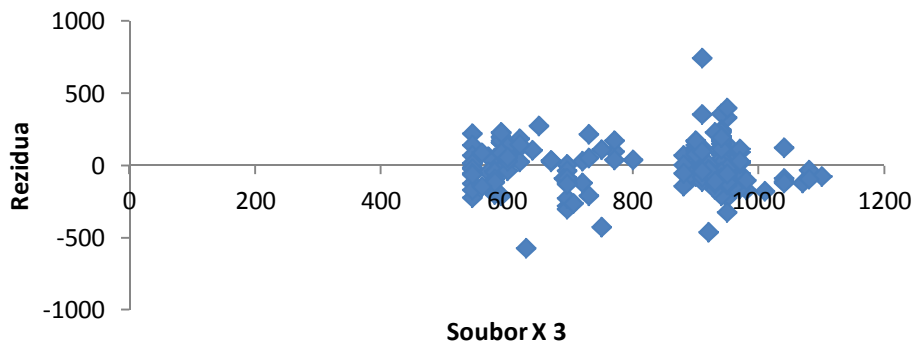
	Koeficienty	Chyba stř. hodnoty	t Stat	Hodnota P	Dolní 95%	Horní 95%	Dolní 95,0%	Horní 95,0%
Hranice	-1198,21	59,52751198	-20,12868638	6,9829E-52	-1315,524837	-1080,896402	-1315,524837	-1080,896402
Soubor X 1	23,77	2,126349282	11,17775569	2,76995E-23	19,57729659	27,95832895	19,57729659	27,95832895
Soubor X 2	23,15	0,709494997	32,62661218	1,87435E-86	21,7501764	24,54665983	21,7501764	24,54665983
Soubor X 3	1,94	0,063252226	30,70446054	1,12669E-81	1,817470752	2,066780194	1,817470752	2,066780194

Z výše uvedeného vyplývá následující regresní rovnice:

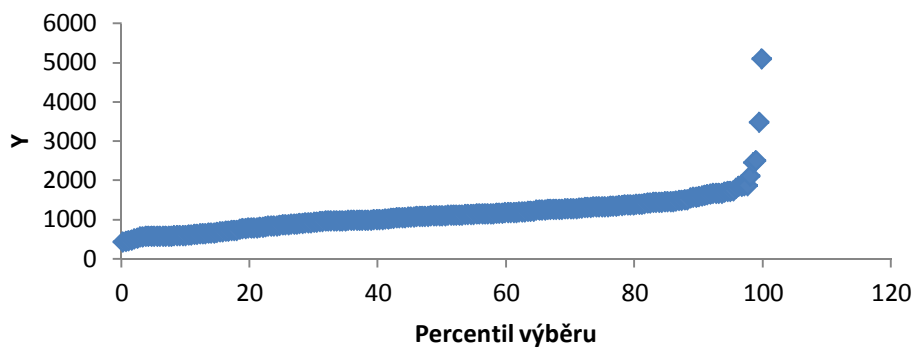
$$Y = -1198,21 + 23,77X_1 + 23,15 X_2 + 1,94 X_3$$



### Soubor X 3 Graf s rezidui



### Graf s rozdělením pravděpodobnosti







**Závěr**

**Bintell.cz**  
Business Intelligence

Na základě požadavku české slévárenské společnosti byla provedena regresní analýza dat dodaných slévárnami H, F, E a C.

V úvodu tohoto dokumentu je popsána metodika a metodologie práce. Ve všech případech byla použita metoda lineární regrese s minimalizací součtu druhých mocnin odchylek mezi měřenou a predikovanou hodnotou. Dosažená shoda predikovaných a skutečných dat dosahuje 75 %, tudíž přibližně jedna čtvrtina dat lineární regresí není vysvětlena.

Mimo uvedeného byly také hledány složitější závislosti nelineárních regresních funkcí, kdy byly zahrnuty do výpočtu i parametry sálavého tepla a předávání tepla. Koeficienty nové regresní funkce u lineárních členů byly spočteny identicky a koeficient nelineárního členu byl určen jako 0. Z tohoto důvodu se nejeví jako účelné hledat jiné nelineární regresní funkce, které by případně lépe vystihovaly chování vyšetřovaného systému. Zvolená lineární regresní funkce vychází z fyzikálního chápání tepelně-teplotních dějů (akumulace tepla, vedení tepla), kdy jsou uvažovány lineární závislosti množství tepla na čase, hmotnosti a teplotě.

Dále byla vyšetřována závislost reziduí na hodnotě vždy dvou parametrů (například hmotnost a teplota, nebo hmotnost a délka prodlevy, či teplota prodlevy a délka prodlevy) a tato závislost byla vynesena do grafů (viz grafy v závěru této zprávy – kapitola 2) se záměrem hledat funkční závislost této chyby na hodnotě příslušných dvou proměnných. Jak je z grafů patrné, velikost chyby v závislosti dvou proměnných se jeví jako čistě náhodná veličina. Statistické parametry této veličiny již dále nebyly zkoumány.

Ostrava 17.8.2016

Zpracovali: doc. Ing. Ivo Špička, Ph.D., Mgr. Ing. Tomáš Tykva

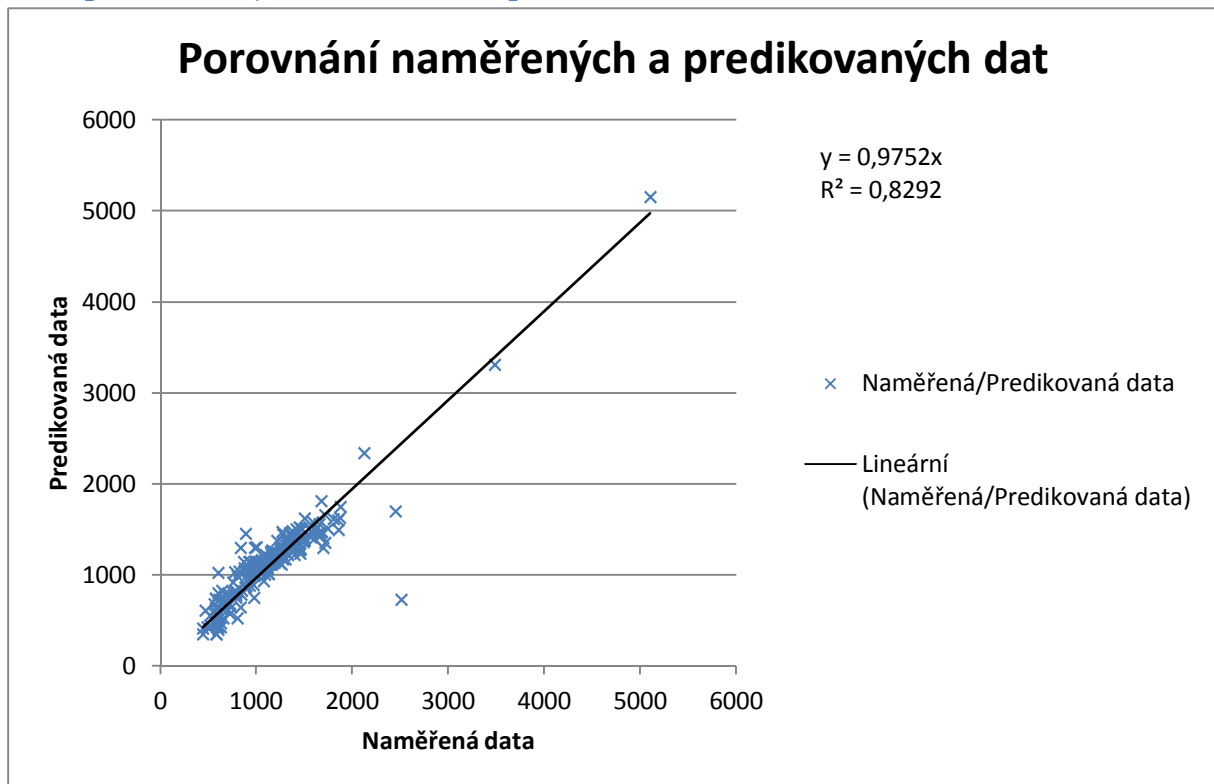
## 2 Volitelná část

Dále jsou uvedeny:

- graf porovnávající naměřená a predikovaná data,
- histogram znázorňující počet hodnot reziduí v dané třídě,
- histogram znázorňující kumulativní graf reziduí a
- grafy znázorňující chybu v závislosti na proměnných X1, X2, X3

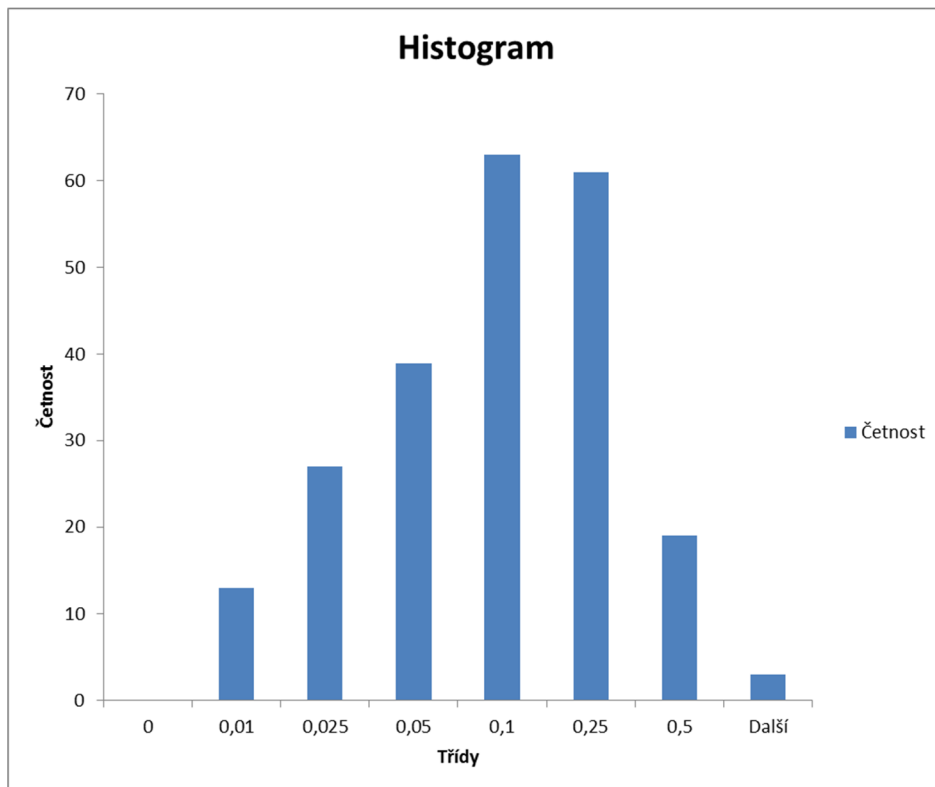
ve **slévně H**, pro další slévně je můžeme vytvořit také, bude-li to požadováno.

### Graf porovnávající naměřená a predikovaná data



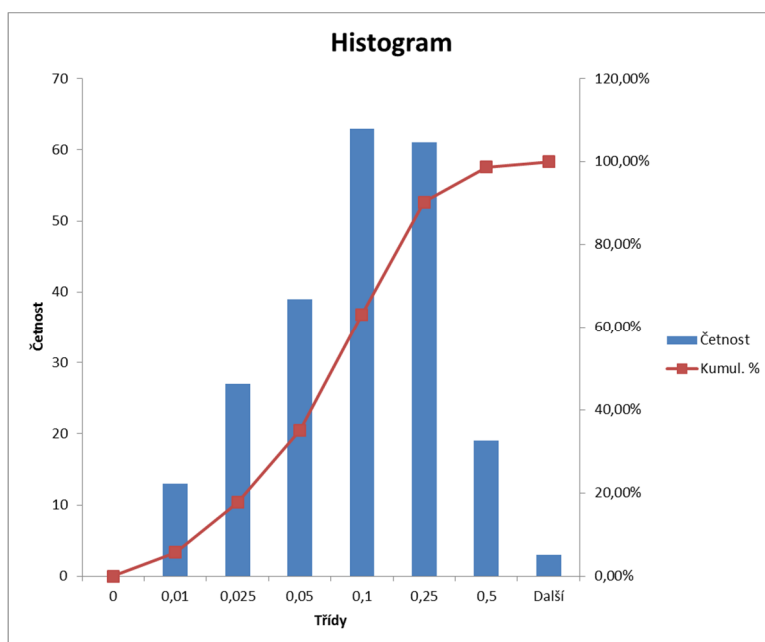
## Histogram znázorňující počet hodnot reziduí v dané třídě

Třída	Četnost
0	0
0,01	13
0,025	27
0,05	39
0,1	63
0,25	61
0,5	19
Další	3



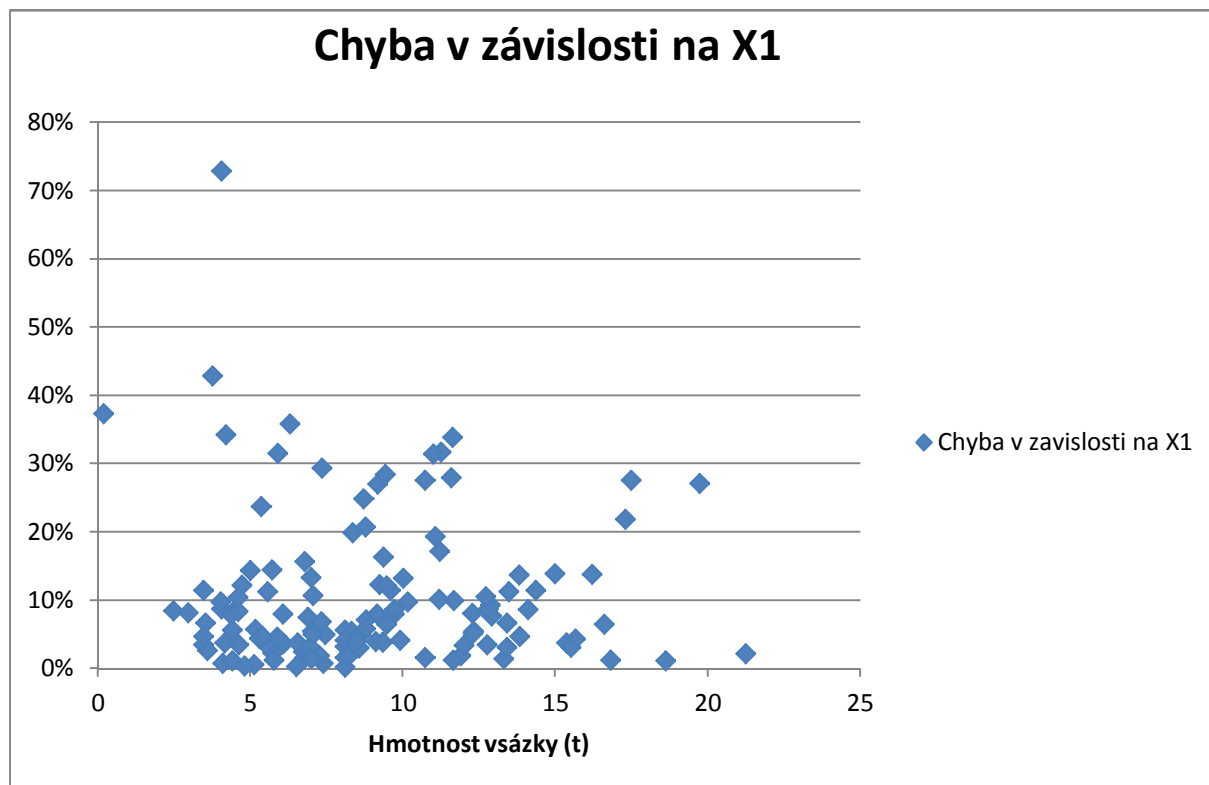
## Histogram znázorňující kumulativní graf reziduí

Třída	Četnost	Kumul. %
0	0	0,00%
0,01	13	5,78%
0,025	27	17,78%
0,05	39	35,11%
0,1	63	63,11%
0,25	61	90,22%
0,5	19	98,67%
Další	3	100,00%



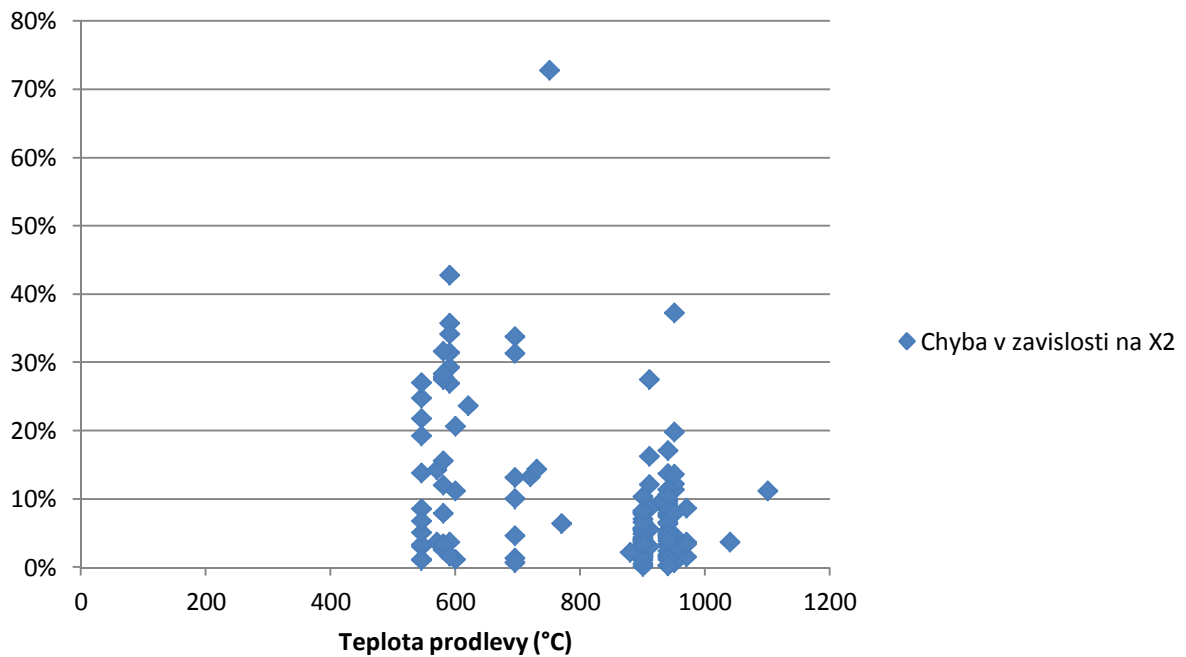
Z této hodnoty byla vypočítána procentní odchylka vztážená ke skutečně naměřeným parametrům funkce. Tato absolutní hodnota byla následně vynesena do histogramu s logaritmským dělením osy

kategorií. Z histogramu je zřetelně vidět, že většina chyb se pohybuje mezi 10 – 25%, přičemž kumulativní četnost pro horní hranici třídy (25%) činí 90,22% celkových pozorování.

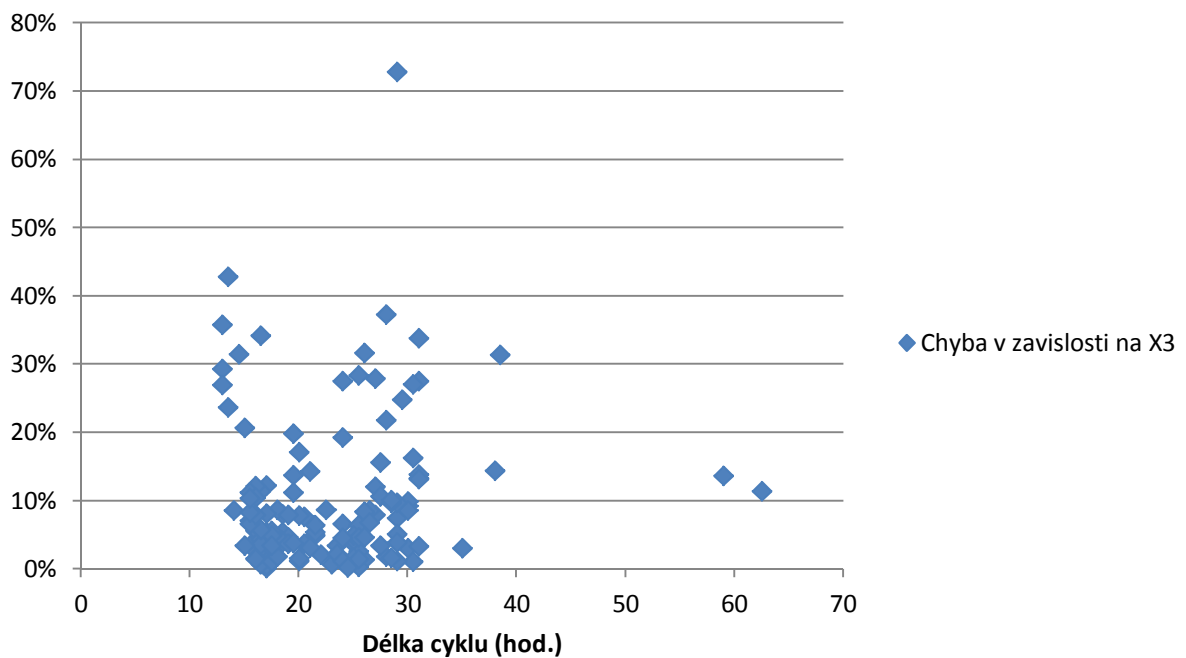


Grafy znázorňující chybu v závislosti na proměnných X1, X2, X3

### Chyba v závislosti na X2



### Chyba v závislosti na X3





# Rozšířená regresní analýza (nelineární regresní funkce pro slévárnu F)

---

## Obsah

Úvod.....	1
1 Použití genetických algoritmů.....	3
1.1 Ověření metody lineární regresní funkce .....	3
1.2 Nelineární regrese obsahující člen s druhou mocninou .....	4
1.3 Nelineární regrese s poměrem a násobkem jednotlivých proměnných.....	6
1.4 Nelineární regrese s polynomem třetího stupně a poměry jednotlivých proměnných vzájemně vůči sobě.....	8
2 Využití standardních metod lineární a nelineární regrese .....	9
2.1 Lineární regresní model I. ....	9
2.2 Lineární regresní model II. ....	10
2.3 Lineární regresní model III. ....	10
2.4 Lineární regresní model IV. ....	11
2.5 Lineární regresní model V (robustní odhad) .....	12
2.6 Nelineární regresní model .....	12
Závěr .....	14

## Úvod

V návaznosti na regresní analýzu, kterou provedla slévárna F, kdy byl hledán i regresní vztah, který obsahoval podíl dvou nezávislých veličin, byla jednoduchá vícenásobná regrese rozšířená o členy, které obsahují jednak polynomickou závislost až do třetího stupně a jednak o členy, které obsahují vzájemné násobky jednotlivých členů a jako poslední i podíl jednotlivých členů regresní funkce.

Regresní analýza byla provedena třemi metodami:

- klasická lineární regrese metodou minimalizace čtverců odchylek, která obsahuje i členy, které jsou násobkem jednotlivých nezávislých proměnných;
- nelineární regrese s použitím funkcí, ve kterých jsou podíly jednotlivých proměnných;
- stanovení koeficientu obecné regresní funkce pomocí genetických algoritmů.

Jednotlivé tabulky ukazují, jakým způsobem byly stanoveny limity (horní a dolní mez) pro jednotlivé parametry obecné regresní funkce a dále výsledky, které odpovídají hodnotám jednotlivých koeficientů. Výrazy  $R^2X$  udávají hodnotu regresního koeficientu  $R^2$ , kdy vyšší hodnota tohoto koeficientu udává vyšší shodu regresního modelu s měřenými daty. V případě genetických algoritmů



byla provedena i porovnání skutečně naměřených dat s predikovanými daty v závislosti na hodnotě jednotlivých proměnných.

Z hlediska stupně korelace mezi modelem a skutečností vychází nejlépe regrese označená  $R^2_3$  (kapitola 1.3), která dosahuje shodu 0,8672.

## 1 Použití genetických algoritmů

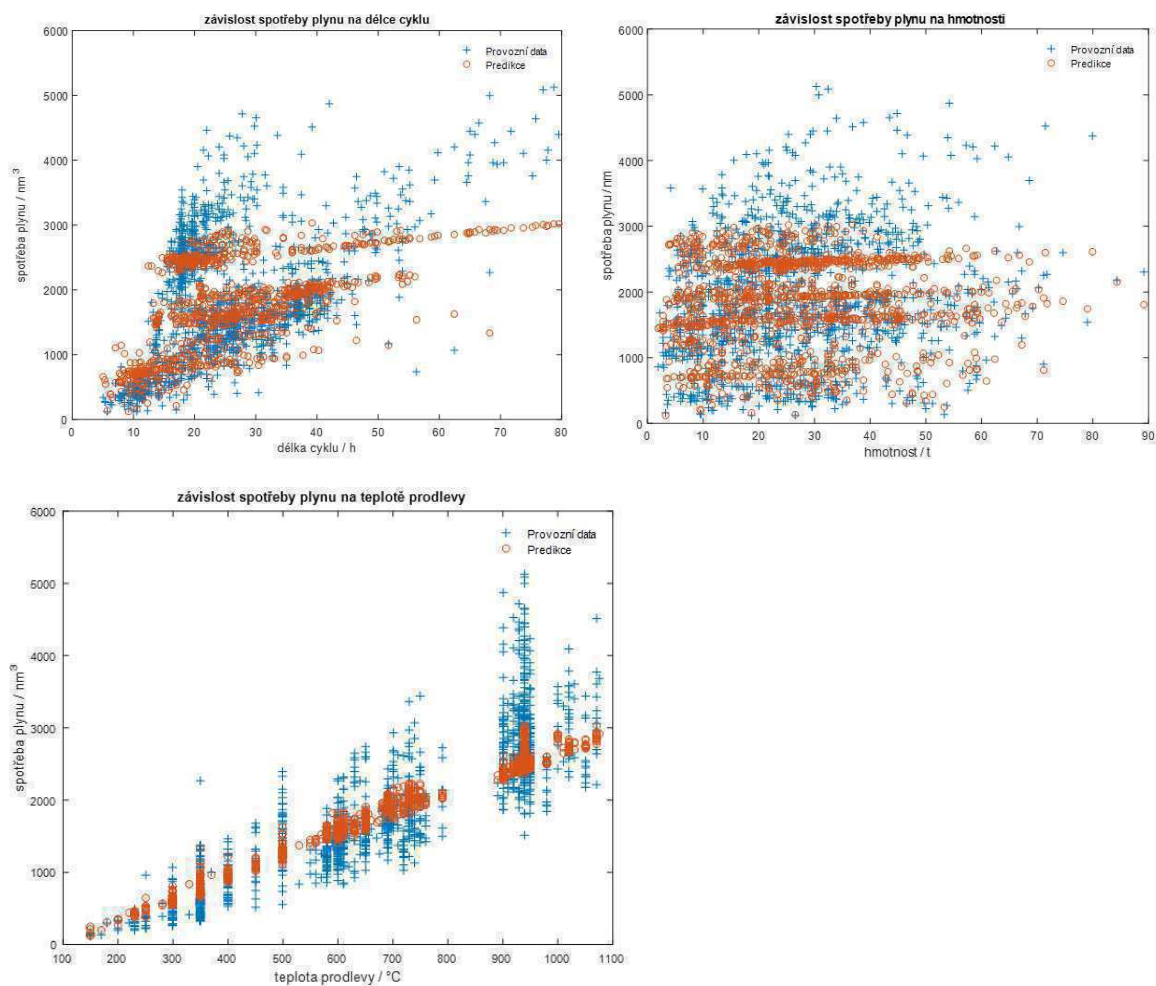
Následující 4 regresní funkce byly stanoveny s použitím genetických algoritmy, které mají výhodu v tom, že jsou schopny překonat i lokální extrémní funkce. Genetické algoritmy byly použity pro hledání koeficientů lineární i nelineární regrese.

### 1.1 Ověření metody lineární regresní funkce

Použití genetických algoritmů pro stanovení koeficientů regresní funkce bylo ověřeno na jednoduché regresní funkci. Z níže uvedené tabulky lze vidět, že hodnoty koeficientů  $k_0 - k_3$  jsou shodné jako odpovídající koeficienty stanovené metodou lineární regrese.

	$k_0$	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$k_5$	$k_6$	$k_7$	$k_8$	$k_9$	$k_{10}$	$k_{11}$	$k_{12}$	$k_{13}$	$k_{14}$	$k_{15}$
meze	$\pm 1000$	$\pm 1000$	$\pm 1000$	$\pm 1000$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
hodnota koef.	390,25	2,11	9,25	2,78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$$R^2 = 0.7687$$





## 1.2 Nelineární regrese obsahující člen s druhou mocninou

Tato regresní funkce obsahuje členy až do druhého řádu, koeficient regrese se rovná 0,85, což znamená, že pouze 15 % dat tato regresní funkce nevysvětluje. Shodu mezi měřenými daty a daty, které poskytuje regresní funkce, jsou ukázány na grafech závislosti spotřeby plynu na změně jednotlivých proměnných.

Tyto grafy si můžeme představit jako průměty z vícerozměrného prostoru na plochy, které jsou určeny spotřebou plynu a příslušnou proměnnou.

Jediný záporný koeficient, tj. koeficient  $k_4$ , což je koeficient u druhé mocniny hmotnosti. Koeficient  $k_0$ , který je větší než 0, udává spotřebu plynu prázdné pece, což můžeme interpretovat jako „režii“ příslušné pece.

Z tabulky je zřejmé, že při hledání koeficientů se vychází z obecné rovnice regrese, s tím, že pro genetický algoritmus nebyly dány žádné omezující podmínky (viz prázdný řádek meze – pomlčka zde znamená absenci omezení). V průběhu iterací genetický algoritmus došel do ustáleného stavu (hodnota kritériální funkce – odchylky mezi měřenými a odhadovanými hodnotami se již dále nezmenšovala) a nastavil hodnoty jednotlivých parametrů, že nenulové parametry byly  $k_0 - k_6$  a parametry  $k_7 - k_{15}$  nastavil na nulovou hodnotu.

Jako výchozí hodnoty byly brány hodnoty koeficientů stanovené lineární regresí (viz kapitola 1.1).

	$k_0$	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$k_5$	$k_6$	$k_7$	$k_8$	$k_9$	$k_{10}$	$k_{11}$	$k_{12}$	$k_{13}$	$k_{14}$	$k_{15}$
meze	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
hodnota koef.	38,473	9,1864	1,1390	-0,3075	0,0249	0,2834	0,0028	0	0	0	0	0	0	0	0	0

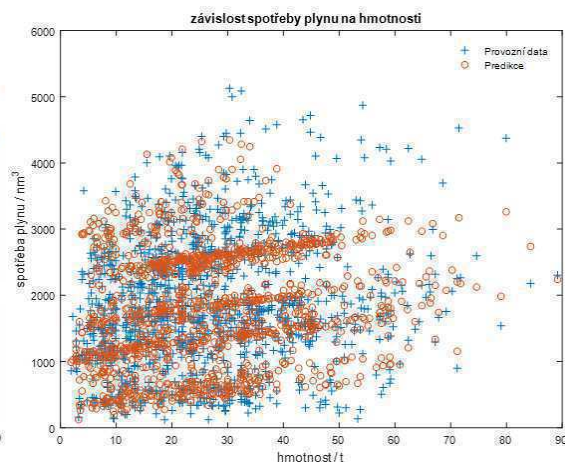
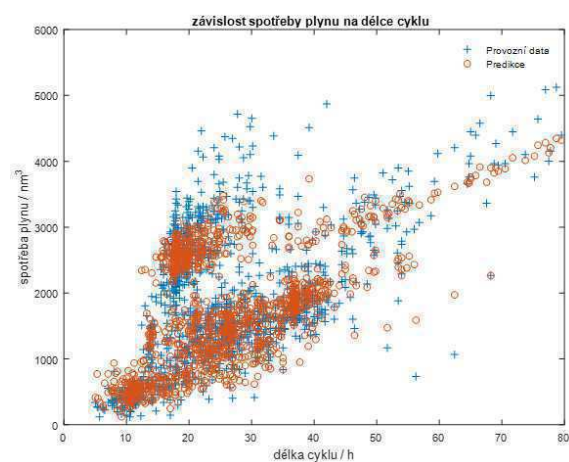
$R^2 = 0.8504$

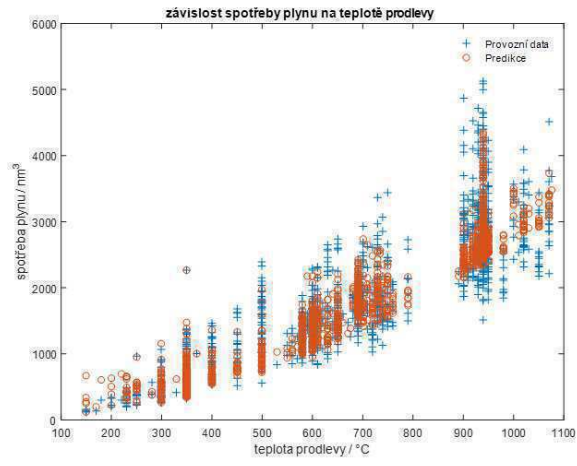
Tvar regresní funkce je následující:

$$y = k_0 + k_1x_1 + k_2x_2 + k_3x_3 + k_4x_1.^2 + k_5x_2.^2 + k_6x_3.^2$$

Po dosažení jednotlivých koeficientů z tabulky pak vypadá funkce takto:

$$y = 38,473 + 9,1864x_1 + 1,1390x_2 - 0,3075x_3 + 0,0249x_1.^2 + 0,2834x_2.^2 + 0,0028x_3.^2$$





### 1.3 Nelineární regrese s poměrem a násobkem jednotlivých proměnných

Tato regresní funkce byla vyšetřována z důvodu prověření regresní funkce navržené slévárnou F. Ukázalo se, že vztah a závislost jednotlivých proměnných by mohla být daleko složitější, což ukazuje hodnota nenulových parametrů v tabulce hodnot koeficientů. Genetický algoritmus našel minimum odchylek mezi skutečnou a predikovanou spotřebou plynu, ale použití jiného algoritmu (viz kapitola nelineární regrese) ukazuje, že při hledání koeficientů této složité funkce standardními postupy jsou hodnoty některých parametrů špatně podmíněné (to znamená, že nalezené hodnoty jednotlivých koeficientů jsou pouze jednou z mnoha variant, při kterých regresní funkce bude predikovat téměř shodné výsledky z hlediska sumy odchylek).

$$y = k_0 + k_1x_1 + k_2x_2 + k_3x_3 + k_4x_1 \cdot x_2 + k_5x_2 \cdot x_3 + k_6x_1 \cdot x_2 + k_7x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 + k_{10} \cdot \frac{x_1}{x_2} + k_{11} \cdot \frac{x_2}{x_1} + k_{12} \cdot \frac{x_2}{x_3} + k_{13} \cdot \frac{x_3}{x_2} + k_{14} \cdot \frac{x_1}{x_3} + k_{15} \cdot \frac{x_3}{x_1}$$

Rovnice vznikla přímým přepisem programového kódu z MatLabu, která členy s koeficienty  $k_8$  a  $k_9$  vůbec neobsahovala a proto i v tabulce jsou nastaveny meze 0. Hodnota koeficientu  $k_7$  byla nastavena genetickým algoritmem.

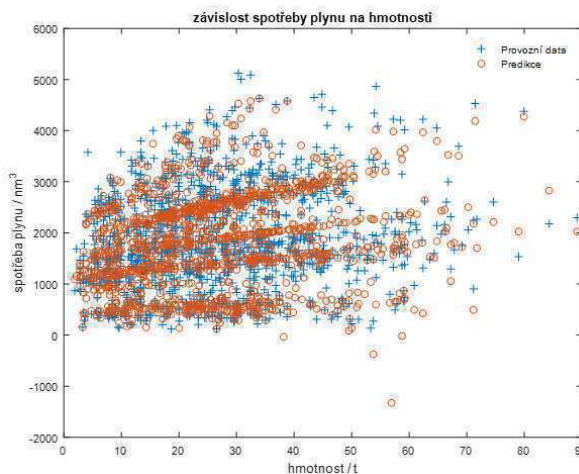
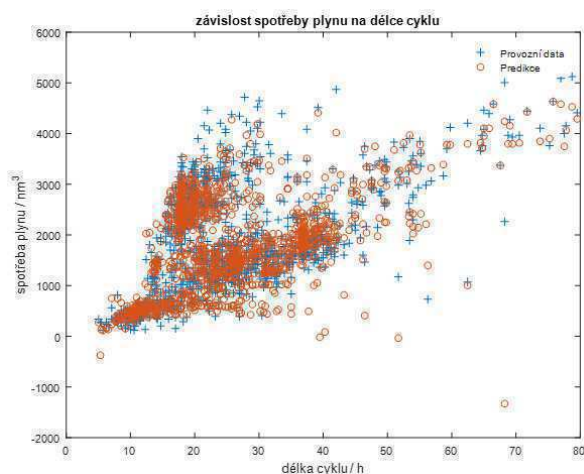
	$k_0$	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$k_5$	$k_6$	$k_7$	$k_8$	$k_9$	$k_{10}$	$k_{11}$	$k_{12}$	$k_{13}$	$k_{14}$	$k_{15}$
meze	$\pm 1000$	$\pm 1000$	$\pm 1000$	$\pm 1000$	$\pm 1000$	$\pm 1000$	$\pm 1000$	$\pm 1000$	0	0	$\pm 5000$	$\pm 5000$	$\pm 5000$	$\pm 5000$	$\pm 5000$	$\pm 5000$
hodnota koef.	-594,22	24,65	-7,79	2,15	-717,10	0,02	715,06	0	0	0	-256,50	37,64	5000	4,84	5000	-1,50

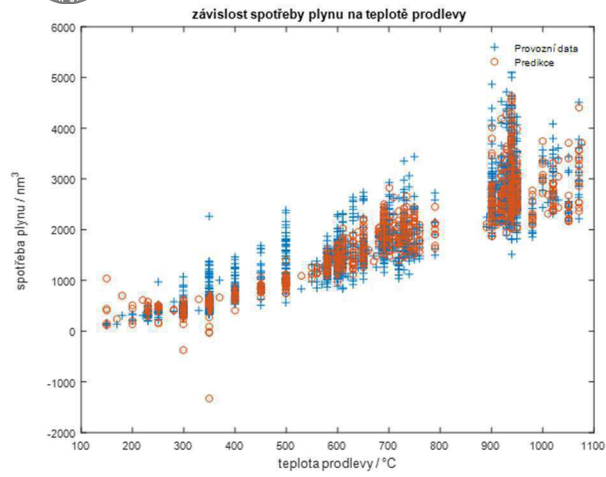
$R^2 = 0.8672$

Po dosažení hodnot koeficientů z tabulky má funkce tento tvar:

$$y = -594,22 + 24,65x_1 - 7,79x_2 + 2,15x_3 - 717,1x_1 \cdot x_2 + 0,02x_2 \cdot x_3 + 715,06x_1 \cdot x_2 - 256,5 \cdot \frac{x_1}{x_2} + 37,64 \cdot \frac{x_2}{x_1} + 5000 \cdot \frac{x_2}{x_3} + 4,84 \cdot \frac{x_3}{x_2} + 5000 \cdot \frac{x_1}{x_3} - 1,5 \cdot \frac{x_3}{x_1}$$

Uvedená funkce není pro predikci reálného provozu pece příliš vhodná z důvodu velké složitosti a také kvůli variabilitě koeficientů. Její využití však přináší poměrně spolehlivé výsledky.





## 1.4 Nelineární regrese s polynomem třetího stupně a poměry jednotlivých proměnných vzájemně vůči sobě

Dále uvedené výpočty pracují s nelineární regresní funkcí, která obsahuje část s polynomem třetího stupně (koeficienty  $k_0$  až  $k_9$ ) a část, která postihuje poměr jednotlivých proměnných vzájemně vůči sobě (koeficienty  $k_{10}$  až  $k_{15}$ ):

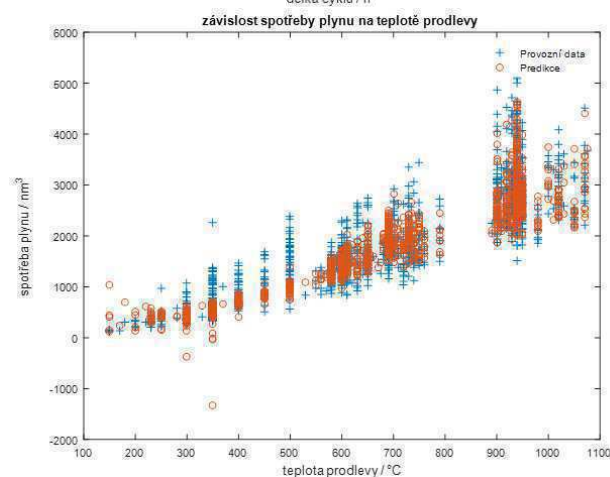
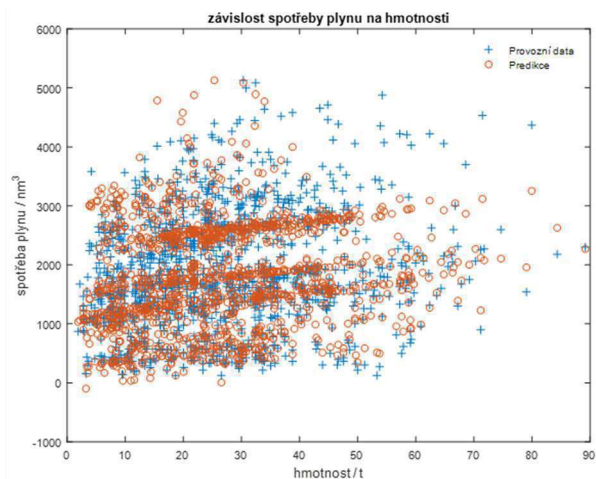
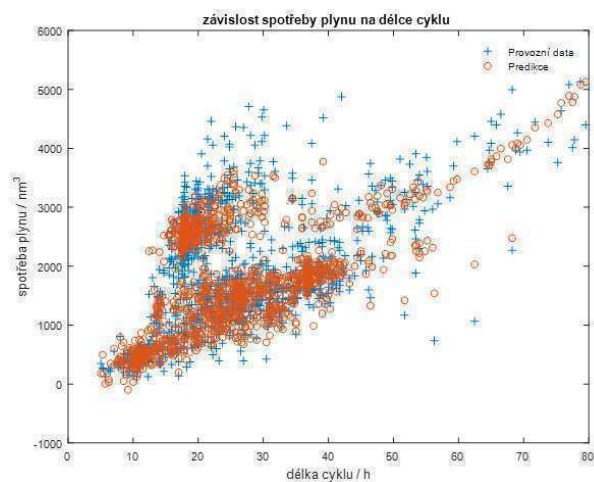
$$y = k_0 + k_1x_1 + k_2x_2 + k_3x_3 + k_4x_1.^2 + k_5x_2.^2 + k_6x_3.^2 + k_7x_1.^3 + k_8x_2.^3 + k_9x_3.^3 + k_{10}\frac{x_1}{x_2} + k_{11}\frac{x_2}{x_1} + k_{12}\frac{x_2}{x_3} + k_{13}\frac{x_3}{x_2} + k_{14}\frac{x_1}{x_3} + k_{15}\frac{x_3}{x_1}$$

$k_0$	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$k_5$	$k_6$	$k_7$	$k_8$	$k_9$	$k_{10}$	$k_{11}$	$k_{12}$	$k_{13}$	$k_{14}$	$k_{15}$
82,370	13,486	61,400	2,1125	-0,1185	-1,5567	-0,0019	0,0011	0,0163	2,61E-06	-53,222	-114,82	-147,26	-15,013	-60,413	-23,834

$R^2 = 0.8554$

Po dosažení hodnot koeficientů z tabulky má funkce tento tvar:

$$y = 82,37 + 13,486x_1 + 61,4x_2 + 2,1125x_3 - 0,1185x_1.^2 - 1,5567x_2.^2 - 0,0019x_3.^2 + 0,0011x_1.^3 + 0,0163x_2.^3 + 2,61 \cdot 10^{-6}x_3.^3 - 53,222\frac{x_1}{x_2} - 114,82\frac{x_2}{x_1} - 147,26\frac{x_2}{x_3} - 15,013\frac{x_3}{x_2} - 60,413\frac{x_1}{x_3} - 23,834\frac{x_3}{x_1}$$





## 2 Využití standardních metod lineární a nelineární regrese

U lineárních a nelineárních regresních modelů řešených klasickými postupy je význam jednotlivých proměnných následující:

- závislá proměnná **spotřeba** udává spotřebu plynného média v normálních m<sup>3</sup>,
- **konstanta** (v tabulkách označení jako intercept, jedná se o průsečík s osou x pro nulové hodnoty všech proměnných),
- **hmotnost** udává hmotnost vsázky v tunách,
- **cyklus** udává délku celého cyklu v hodinách a
- **teplota** se udává ve °C.

V jednotlivých tabulkách jsou žlutě vyznačené řádky u členů regresní funkce, které nemají podstatný vliv na hodnotu predikované spotřeby. Jako zcela bezproblémový se jeví lineární regresní model:

$$spotreba \sim konstanta + hmotnost + cyklus + teplota$$

blíže v kapitole 2.1 a jako použitelný se jeví nelineární regresní model (blíže v kapitole 2.6):

$$spotreba \sim b_0 + b_1 * hmotnost + b_3 * teplota + b_6 * teplota^2 + b_7 * \frac{hmotnost}{cyklus} + b_{10} * hmotnost * cyklus + b_{12} * hmotnost * cyklus * teplota$$

Hodnota R<sup>2</sup> u nejjednoduššího modelu činí 0,865, u nelineární regrese je tato hodnota vyšší a dosahuje hodnoty 0,872. Z tohoto hlediska by se jevil nelineární regresní model jako spolehlivější, nicméně hodnota pValue, která udává, jakým způsobem se příslušná proměnná projevuje ve výsledku regresního modelu, pro tento nelineární model ukazuje, že teplota nejméně ovlivňuje hodnotu predikce, kdy jako významnější se jeví druhá mocnina teploty.

V tabulkách jsou dále použity tyto pojmy a zkratky:

- **Estimate** = odhad jednotlivých parametrů
- **SE** = směrodatná odchylka
- **tStat** = test nulové hypotézy (tStat = Estimate/SE)
- **pValue** = fTest odpovídajícího koeficientu. (míra spolehlivosti daného koeficientu = 100 – 100 \* pValue; čím je pValue menší, tím je vyšší pravděpodobnost, že je koeficient spolehlivý).

### 2.1 Lineární regresní model I.

$$spotreba \sim 1 + hmotnost + cyklus + teplota$$

Estimated Coefficients:				
	Estimate	SE	tStat	pValue
<b>(Intercept)</b>	-1212.8	41.216	-29.424	2.1279e-147
<b>hmotnost</b>	11.401	0.71972	15.841	5.8725e-52
<b>cyklus</b>	17.569	0.94029	18.684	1.8521e-69
<b>teplota</b>	3.3945	0.048608	69.835	0

Počet pozorování	1352
Stupeň volnosti (Stupeň volnosti = počet pozorování – počet odhadovaných koeficientů regresní funkce)	1348
Suma kvadrátů odchylek	391
R <sup>2</sup> (koeficient determinace)	0.834



Upravená hodnota R <sup>2</sup> (upravený koeficient determinace)	0.833
Kvalita výsledného modelu (tzn. udává kolikrát je příslušný regresní model lepší než prostý průměr závislé proměnné – čím vyšší hodnota, tím lépe popisuje měřené hodnoty)	2.25e+03
pValue (p hodnota)	0

Po dosažení koeficientů z první tabulky má regresní funkce tento tvar:

$$spotreba = -12120,8 + 11,401 * hmotnost + 17,569 * cyklus + 3,3945 * teplota$$

## 2.2 Lineární regresní model II.

$$spotreba \sim konstanta + hmotnost + cyklus + teplota + hmotnost^2 + cyklus^2 + teplota^2$$

Estimated Coefficients:				
Estimate		SE	tStat	pValue
(Intercept)	-170.36	85.492	-1.9927	0.046493
hmotnost	12.051	2.2416	5.3759	8.9725e-08
cyklus	7.2341	3.5474	2.0393	0.041619
teplota	0.085478	0.3148	0.27153	0.78602
hmotnost^2	0.00045672	0.033562	0.013608	0.98914
cyklus^2	0.20769	0.047882	4.3375	1.5487e-05
teplota^2	0.0025054	0.00023145	10.825	3.0664e-26

Počet pozorování	1352
Stupeň volnosti (Stupeň volnosti = počet pozorování – počet odhadovaných koeficientů regresní funkce)	1345
Suma kvadrátů odchylek	361
R <sup>2</sup> (koeficient determinace)	0.858
Upravená hodnota R <sup>2</sup> (upravený koeficient determinace)	0.857
Kvalita výsledného modelu (tzn. udává kolikrát je příslušný regresní model lepší než prostý průměr závislé proměnné – čím vyšší hodnota, tím lépe popisuje měřené hodnoty)	1.36e+03
pValue (p hodnota)	0

Po dosažení koeficientů z první tabulky má regresní funkce tento tvar:

$$spotreba = -170,36 + 12,051 * hmotnost + 7,2341 * cyklus + 0,085478 * teplota + 0,00045672 * hmotnost^2 + 0,20769 * cyklus^2 + 0,0025054 * teplota^2$$

>> mdl = fitlm(T,'spotreba ~ hmotnost+cyklus+teplota+hmotnost^2+cyklus^2+teplota^3+hmotnost^3+cyklus^3+teplota^3')

## 2.3 Lineární regresní model III.

$$spotreba \sim konstanta + hmotnost + cyklus + teplota + hmotnost^2 + cyklus^2 + teplota^2 + hmotnost^3 + cyklus^3 + teplota^3$$

Estimated Coefficients:				
Estimate		SE	tStat	pValue
(Intercept)	-643.83	215.82	-2.9832	0.0029044
hmotnost	13.285	5.2658	2.5228	0.011757
cyklus	82.975	9.9262	8.3592	1.5599e-16
teplota	-0.73898	1.1843	-0.62397	0.53275
hmotnost^2	-0.030525	0.16278	-0.18753	0.85128
cyklus^2	-2.0238	0.27703	-7.3053	4.7286e-13



teplota^2	0.0032062	0.001952	1.6425	0.10073
hmotnost^3	0.00021433	0.0014586	0.14694	0.8832
cyklus^3	0.018951	0.0023104	8.2027	5.4473e-16
teplota^3	-1.6113e-07	1.0079e-06	-0.15987	0.873

Počet pozorování	1352
Stupeň volnosti (Stupeň volnosti = počet pozorování – počet odhadovaných koeficientů regresní funkce)	1342
Suma kvadrátů odchylek	353
R <sup>2</sup> (koeficient determinace)	0.865
Upravená hodnota R <sup>2</sup> (upravený koeficient determinace)	0.864
Kvalita výsledného modelu (tzn. udává kolikrát je příslušný regresní model lepší než prostý průměr závislé proměnné – čím vyšší hodnota, tím lépe popisuje měřené hodnoty)	956
pValue (p hodnota)	0

Po dosažení koeficientů z první tabulky má regresní funkce tento tvar:

$$\text{spotreba} = -643,83 + 13,285 * \text{hmotnost} + 82,975 * \text{cyklus} - 0,73898 * \text{teplota} - 0,030525 * \text{hmotnost}^2 - 2,0238 * \text{cyklus}^2 + 0,0032062 * \text{teplota}^2 + 0,00021433 * \text{hmotnost}^3 + 0,018951 * \text{cyklus}^3 - 1,6113 * 10^{-7} * \text{teplota}^3$$

## 2.4 Lineární regresní model IV.

$$\text{spotreba} \sim \text{konstanta} + \text{hmotnost} + \text{cyklus} + \text{teplota} + \text{hmotnost} * \text{cyklus} + \text{hmotnost} * \text{teplota} + \text{cyklus} * \text{teplota}$$

Estimated Coefficients:				
Estimate		SE	tStat	pValue
(Intercept)	91.945	92.949	0.98919	0.32275
hmotnost	-13.849	2.4763	-5.5927	2.7043e-08
cyklus	-14.403	3.757	-3.8337	0.00013205
teplota	1.3976	0.11735	11.91	3.6588e-31
hmotnost * cyklus	-0.063245	0.065638	-0.96354	0.33545
hmotnost * teplota	0.04198	0.0030854	13.606	1.3523e-39
cyklus * teplota	0.045559	0.0038079	11.964	2.0147e-31

Počet pozorování	1352
Stupeň volnosti (Stupeň volnosti = počet pozorování – počet odhadovaných koeficientů regresní funkce)	1345
Suma kvadrátů odchylek	350
R <sup>2</sup> (koeficient determinace)	0.867
Upravená hodnota R <sup>2</sup> (upravený koeficient determinace)	0.866
Kvalita výsledného modelu (tzn. udává kolikrát je příslušný regresní model lepší než prostý průměr závislé proměnné – čím vyšší hodnota, tím lépe popisuje měřené hodnoty)	1.46e+03
pValue (p hodnota)	0

Po dosažení koeficientů z první tabulky má regresní funkce tento tvar:

$$\text{spotreba} = 91,945 - 13,849 * \text{hmotnost} - 14,403 * \text{cyklus} + 1,3976 * \text{teplota} - 0,063245 * \text{hmotnost} * \text{cyklus} + 0,04198 * \text{hmotnost} * \text{teplota} + 0,045559 * \text{cyklus} * \text{teplota}$$





## 2.5 Lineární regresní model V (robustní odhad)

Robustní odhad si zachovává funkčnost v určitém okolí normálního rozdělení, jinými slovy, pokud hodnoty chyb nevykazují normální gaussovské rozdělení (tj. pokud jsou správná měření kontaminována odlehlými měřeními).

$spotreba \sim konstanta + hmotnost + cyklus + teplota + hmotnost * cyklus + hmotnost * teplota + cyklus * teplota$

Estimated Coefficients:				
Estimate		SE	tStat	pValue
(Intercept)	124.9	83.44	1.4969	0.13467
hmotnost	-10.324	2.2229	-4.6441	3.7494e-06
cyklus	-20.041	3.3726	-5.9423	3.5744e-09
teplota	1.2398	0.10534	11.769	1.6762e-30
hmotnost * cyklus	-0.19546	0.058923	-3.3173	0.00093324
hmotnost * teplota	0.042005	0.0027697	15.166	4.4489e-48
cyklus * teplota	0.054835	0.0034183	16.042	4.0066e-53

Počet pozorování	1352
Stupeň volnosti (Stupeň volnosti = počet pozorování – počet odhadovaných koeficientů regresní funkce)	1345
Suma kvadrátů odchylek	314
R <sup>2</sup> (koeficient determinace)	0.89
Upravená hodnota R <sup>2</sup> (upravený koeficient determinace)	0.89
Kvalita výsledného modelu (tzn. udává kolikrát je příslušný regresní model lepší než prostý průměr závislé proměnné – čím vyšší hodnota, tím lépe popisuje měřené hodnoty)	1.82e+03
pValue (p hodnota)	0

Po dosažení koeficientů z první tabulky má regresní funkce tento tvar:

$$spotreba = 124,9 - 10,324 * hmotnost - 20,041 * cyklus + 1,2398 * teplota - 0,19546 * hmotnost * cyklus + 0,042005 * hmotnost * teplota + 0,054835 * cyklus * teplota$$

## 2.6 Nelineární regresní model

$$spotreba \sim b_0 + b_1 * hmotnost + b_3 * teplota + b_6 * teplota^2 + b_7 * \frac{hmotnost}{cyklus} + b_{10} * hmotnost * cyklus + b_{12} * hmotnost * cyklus * teplota$$

Estimated Coefficients:				
Estimate		SE	tStat	pValue
b0	717.76	94.88	7.5649	7.1616e-14
b1	8.3965	2.4987	3.3603	0.00080035
b10	-0.79164	0.09505	-8.3287	1.9903e-16
b12	0.0017483	0.00010059	17.38	3.3866e-61
b3	-0.69608	0.2864	-2.4305	0.015209
b6	0.0024121	0.00021	11.486	3.3903e-29
b7	-130.88	27.566	-4.748	2.2743e-06

Počet pozorování	1352
Stupeň volnosti (Stupeň volnosti = počet pozorování – počet odhadovaných koeficientů regresní funkce)	1345
Suma kvadrátů odchylek	343
R <sup>2</sup> (koeficient determinace)	0.872
Upravená hodnota R <sup>2</sup> (upravený koeficient determinace)	0.872



Kvalita výsledného modelu (tzn. udává kolikrát je příslušný regresní model lepší než prostý průměr závislé proměnné – čím vyšší hodnota, tím lépe popisuje měřené hodnoty)	1.53e+03
pValue (p hodnota)	0

Po dosažení koeficientů z první tabulky má regresní funkce tento tvar:

$$\text{spotreba} = 717,76 + 8,3965 * \text{hmotnost} - 0,69608 * \text{teplota} + 0,0024121 * \text{teplota}^2 - 130,88 * \frac{\text{hmotnost}}{\text{cyklus}} - 0,79164 * \text{hmotnost} * \text{cyklus} + 0,0017483 * \text{hmotnost} * \text{cyklus} * \text{teplota}$$



Závěr

**Bintell.cz**  
Business Intelligence

Hodnota  $R^2$  u nejjednoduššího lineárního regresního modelu (kapitola 1.1) činí 0,865, u nelineární regrese je tato hodnota vyšší a dosahuje hodnoty 0,872 (kapitola 2.6). Z tohoto hlediska by se jevil nelineární regresní model jako spolehlivější, nicméně hodnota pValue, která udává, jakým způsobem se příslušná proměnná projevuje ve výsledku regresního modelu, pro tento nelineární model ukazuje, že teplota nejméně ovlivňuje hodnotu predikce, kdy jako významnější se jeví druhá mocnina teploty.

Z hlediska stupně korelace mezi modelem a skutečností vychází nejlépe regresní model označený  $R^2_3$  (kapitola 1.3), která dosahuje shodu 0,8672.

Po dosažení hodnot koeficientů z tabulky má regresní funkce tohoto modelu tvar:

$$y = -594,22 + 24,65x_1 - 7,79x_2 + 2,15x_3 - 717,1x_1 \cdot x_2 + 0,02x_2 \cdot x_3 + 715,06x_1 \cdot x_2 - 256,5 \cdot \frac{x_1}{x_2} + 37,64 \cdot \frac{x_2}{x_1} + 5000 \cdot \frac{x_2}{x_3} + 4,84 \cdot \frac{x_3}{x_2} + 5000 \cdot \frac{x_1}{x_3} - 1,5 \cdot \frac{x_3}{x_1}$$

Z hlediska počtu parametrů doporučujeme v praxi používat lineární regresní funkci (tj. nejjednodušší lineární model – kapitola 2.1).

Ostrava 19.8.2016

Zpracovali: doc. Ing. Ivo Špička, Ph.D., Mgr. Ing. Tomáš Tykva

# Příloha 6

## 6 Posouzení regresních rovnic pro výběrové soubory tepelného zpracování ocelových odlitků

Na schůzkách řešitelského týmu se konstatovalo, že lineární forma regresních rovnic, jak po stránce výpočetní (relativně jednoduché), tak po stránce přesnosti (dostatečně přesné), je optimálním řešením pro slévárny.

V příložených **tab. 6.1 a 6.2** je provedeno rámcové srovnání výsledků vypočtených podle uvedených regresních rovnic a skutečných hodnot.

### 6.1 Výchozí informace

1. **Tab. 6.1** popisuje teoretický vliv hmotnosti vsázky, teploty prodlevy a délky výpalu na spotřebu plynu počítaný podle *regresních rovnic* pro jednotlivé výběrové soubory čtyř sléváren.

V **ř. 1, sl. 2 (sl. 4, sl. 6, atd.)** je uvedena absolutní teoretická odchylka mezi spotřebou zemního plynu (ZP) u výpalu při maximálních hodnotách hmotnosti vsázky, teploty prodlevy a doby výpalu oproti spotřebě plynu při minimálních hodnotách uvedených nezávisle proměnných. Pro výběrový soubor slévárny F byl kupříkladu rozdíl ve spotřebě ZP mezi stavem při maximu všech tří nezávisle proměnných a jejich minimu  $4217 \text{ Nm}^3$ . Tato maximální odchylka je označena jako 100 % (viz **ř. 1 sl. 3, sl. 5, atd.**).

Vliv výše hmotnosti vsázky (opět rozdíl mezi maximální a minimální hmotností při průměrné teplotě prodlevy a průměrné době výpalu) činil  $994 \text{ Nm}^3$  (**ř. 2, sl. 2**). Tato spotřeba dělá z celkové odchylky  $4217 \text{ Nm}^3$  24% (**ř. 2, sl. 3**). Podobně v **ř. 3** je kvantifikován za obdobných předpokladů vliv teploty prodlevy  $1949 \text{ Nm}^3$ , což odpovídá 46% z celkové odchylky. A na závěr vliv doby výpalu u výběrového souboru slévárny F dělá  $1274 \text{ Nm}^3$  a 30 % z celkové odchylky. V **ř. 5, tab. 6.1** je pro dokreslení uveden počet cyklů, které byly zařazeny do příslušného výběrového souboru. V daném případě je výběrový soubor reprezentován 1075 cykly (**ř. 5**).

Obdobně jsou posouzeny další výběrové soubory sléváren.

2. **Tab. 6.2** se zaměřuje na *údaje skutečné zjištěné z výběrových souborů*. Tedy v **ř. 1, sl. 2 a sl. 3** uvádí minimální a maximální hodnotu spotřeby ZP. V daném případě byla minimální skutečná spotřeba ZP  $554 \text{ Nm}^3$  a maximální  $5122 \text{ Nm}^3$ . Tedy celková skutečná odchylka (rozdíl mezi maximální a minimální hodnotou) v daném případě činí  $4568 \text{ Nm}^3$  (**ř. 5, sl. 2**). Tato skutečná celková odchylka z **tab. 6.2** je následně porovnána opět s celkovou odchylkou, ale teoreticky stanovenou z **tab. 6.1 - viz ř. 1, sl. 2**. Teoreticky stanovená odchylka činí  $4217 \text{ Nm}^3$ . Když vztáhneme *teoreticky* (výpočtem podle regresních rovnic) stanovenou celkovou odchylku (viz **tab. 6.1**) na odchylku *skutečnou* (**tab. 6.2**) dostáváme v **tab. 6.2, ř. 6, sl. 2** hodnotu 92 %. Tedy vypočtená *teoretická* odchylka je v daném případě nižší než *skutečná* a činí z ní pouze 92 %.

## 6.2 Přístup k hodnocení získaných výsledků v tab. 6.1, 6.2

Při možném hodnocení prvních získaných výsledků v této oblasti si musíme být vědomi skutečnosti, že *teoreticky* stanovená celková odchylka (viz **tab. 6.1**) by pro stejný výběrový soubor měla být v zásadě vyšší než odchylka *skutečná*. Důvodem je již vzpomenutý předpoklad, že při teoretických propočtech předpokládáme pro její stanovení, že nezávisle proměnné (hmotnost vsázky, teplota prodlevy a doba výpalu) jsou *všechny* u konkrétního cyklu *minimální* a naopak *maximální*. To v praxi skutečně stěží může nastat. Tedy měli bychom očekávat celkovou *teoretickou* odchylku spíše vyšší než hodnotu odchylky *skutečné*.

Dále je třeba si uvědomit, že nemůžeme srovnávat absolutní výši (v Nm<sup>3</sup>) jak teoretické, tak i skutečné celkové odchylky pro různé výběrové soubory výpalů. Je to dáno zcela odlišnými porovnávanými výběrovými soubory. Tedy různého podílu konkrétních režimů tepelného zpracování (TeZ). A dále také i různou konstrukcí žíhacích pecí.

## 6.3 Hodnocení získaných výsledků

### 6.3.1 Problémy porovnání a vypovídací hodnota výběrových souborů

Nejprve je třeba posoudit výběrové soubory, které jsme měli k dispozici. V první řadě zopakovat, že jsme důsledně tvořili výběrové soubory vždy pro jednu pec. Na druhé straně máme pro danou pec výběrové soubory formálně řečeno „*komplexní*“. Tedy bez ohledu na teplotu prodlevy. Jedná se o výběrové soubory sléváren F, H, tři pecí C, E (všechny teploty upravené) – viz **tab. 6.1 a 2, sl. 6, 7**. Komplexní soubor slévárny E (**sl. 6,7**) je dále rozdělen na tři *dílčí* výběrové soubory podle teplot prodlevy. Je to skupina teplot 560°C – 630°C, 850°C – 920°C a 1060°C -1080°C. *Komplexní* soubory by měly být hodnoceny separátně. A separátně by měly být posuzovány i *dílčí* soubory – tedy **sl. 8 – 13 obou tab.**

Pro vypovídací hodnotu posuzovaných výběrových souborů hovoří počet výpalů, ze kterých se daný soubor skládá. Při posuzování *komplexních* souborů se počet výpalů pohybuje od 71 do 1075 (**tab. 6.1, ř. 5**), což považujeme za zcela dostatečné. U *dílčích* výběrových souborů se počet cyklů pohybuje od 36 (jeden soubor) do 124, což také bereme za dostatečné.

### 6.3.2 Posouzení získaných výsledků

Nejprve se zaměříme na porovnání výsledků celkové odchylky *teoreticky* stanovené a *skutečně* zjištěné. Toto srovnání považujeme za důležité, poněvadž by nám mělo zásadně odpovědět na stupeň „souhlasnosti“ modelovaných hodnot s údaji skutečnými.

#### 6.3.2.1 Porovnání celkových odchylek

Výše jsme vyvozovali, že celková *teoretická odchylka* vypočtená za předpokladu, že se jedná u daného cyklu o spotřebu ZP při maximálních hodnotách nezávisle proměnných (hmotnost vsázky, teplota prodlevy a doba výpalu) snižená o vypočtenou spotřebu ZP při minimálních spotřebách nezávisle proměnných. Ta je následně porovnaná se *skutečně zjištěnou odchylkou* (max-min) ve výběrovém souboru. A *teoretická odchylka*, by měla být obvykle vyšší (viz výše).

Rozdíl obou celkových odchylek (jak bylo vzpomenuto) je v procentní hodnotě uveden v **ř. 6, tab. 6.2**. Opakujeme, že je stanoven jako podíl vypočtené *celkové*

*teoretické* odchylky (**tab. 6.1, ř. 1, sl. 2,4,6, atd.**) a *skutečně vykázané* celkové odchylky (**tab. 6.2, ř. 5, sl. 2, 3, 4, atd.**). Zjistíme, že se u *komplexních* výběrových souborů pohybuje od 92 % do 150 % (při průměrné hodnotě 121 %) - **tab. 6.2, ř. 6**. Tedy vyjma jednoho souboru u 5 zbylých je *teoretická vypočtená celková odchylka* vyšší než *celková skutečná odchylka*. To v zásadě odpovídá našemu předpokladu.

U výběrových *dílčích* souborů slévárny E je ve všech třech případech vyšší teoretická celková odchylka. Toto zjištění dokládá reálnost zjištěných rovnic. Dále jde pokládat za významnou skutečnost, že odlišnost obou celkových odchylek (*vypočtené a skutečné*) se vyjma jednoho případu významně neliší.

Stěží se můžeme nyní kvalifikovaně zamýšlet nad možnou absolutní procentní výší zjištěného rozdílu.

Následně se zaměříme na hodnocení výše dopadu dílčích vlivů (hmotnost vsázky, teplota prodlevy a doba výpalu) na spotřebu ZP.

### **6.3.2.2 Hodnocení dopadu dílčích vlivů na spotřebu zemního plynu**

Nejprve se zaměříme na nastínění postupu stanovení dílčích vlivů (hmotnost vsázky, teplota prodlevy a doba cyklu) na celkovou spotřebu zemního plynu podle vyvinutých statistických rovnic.

#### **6.3.2.2.1 Postup stanovení dílčích vlivů na spotřebu zemního plynu.**

Vycházeli jsme z klasických rozborových postupů.

##### **a) Stanovení celkové teoretické odchylky spotřeby zemního plynu**

Pro šetřený výběrový soubor kupříkladu slévárny F a jeho rovnici:

$$Y = -1212,78 + 11,40X_1 + 3,39X_2 + 17,57 X_3$$

jsme za hodnoty  $X_1$ ,  $X_2$  a  $X_3$  dosadili (jak je uvedeno výše) nejprve všechny maximální hodnoty z výběrového souboru 1075 výpalů. Získali jsme hodnotu  $Y_1$ . A následně znovu jsme ve stejné rovnici dosadili hodnoty  $X_1$ ,  $X_2$  a  $X_3$  minimální – hodnota  $Y_2$ . Rozdílem obou získaných  $Y$  jsme získali *teoretickou absolutní odchylku* 4217 Nm<sup>3</sup> spotřeby zemního plynu (viz **tab. 6.1, ř. 1, sl. 2**).

##### **b) Stanovení teoretického vlivu hmotností vsázky odlitků na spotřebu zemního plynu**

Opět pro stejný výběrový soubor výpalů a jeho rovnici jsme za hodnoty  $X_1$  dosadili maximální vsázku odlitků. A pro nezávisle proměnné  $X_2$  a  $X_3$  jsme použili hodnoty průměrné. Do druhého vztahu jsme za  $X_1$  dosadili hodnotu minimální a za  $X_2$  a  $X_3$  dosadili hodnoty průměrné. Opět rozdílem obou získaných  $Y$  jsme se dopracovali k vlivu hmotnosti vsázky z celkové teoretické odchylky 4217 Nm<sup>3</sup> ve výši 994 Nm<sup>3</sup>- viz **tab. 6.1, ř. 2, sl. 2**.

##### **c) Stejně jsme postupovali u stanovení teoretického vlivu teploty prodlevy**

V první rovnici  $X_1$  a  $X_3$  ve výši průměru a hodnota teploty prodlevy  $X_2$  maximální a druhé rovnici  $X_1$  a  $X_3$  ve výši průměru a hodnota teploty prodlevy  $X_2$  minimální. U stanovení teoretického vlivu doby cyklu (v první rovnici  $X_1$  a  $X_2$  ve výši průměru a doba cyklu  $X_3$  maximální a druhé rovnici  $X_1$  a  $X_2$  ve výši průměru a doba cyklu  $X_3$  minimální).

Metodickou správnost uvedeného postupu dokládá i ta skutečnost, že dohromady sečtené všechny tři teoretické vlivy (hmotnost vsázky, teplota prodlevy a doby cyklu – **tab. 6.1, sl. 2, ř. 2, 4, 6, atd.**) odpovídají celkové teoretické odchylce.

Detailní propočty jsou uloženy u zpracovatelů.

#### **6.3.2.2.2 Shrnutí dopadu dílčích vlivů na spotřebu zemního plynu u všech výběrových souborů**

Výše jsme uváděli, že stěží můžeme kvalifikovaně porovnávat absolutní výši celkové odchylky mezi jednotlivými výběrovými soubory. A stejně tak porovnávat i absolutní podíl dílčích vlivů (hmotnost vsázky, teplota prodlevy a doba výpalu) na spotřebu ZP. Proto izde se budeme držet posouzení relativních hodnot (procenta z celkové odchylky). Podklady k tomu jsou uvedeny v **ř. 2 až 4** obou využívaných tabulek.

##### a) Vliv hmotnosti vsázky na spotřebu zemního plynu

Z **tab. 6.1, ř. 2, sl. 20–22** vyplývá pro *komplexní* výběrové soubory, že vliv hmotnosti vsázky z celkové spotřeby ZP se pohybuje od 7 % do 48 %. A průměrný vliv činil 21 %. U *dílčích* výběrových souborů (**sl. 8-13**) se podíl pohybuje od 29 % do 59 % s průměrem 40 %. Formálně je tedy prakticky dvojnásobný.

##### b) Vliv teploty prodlevy na spotřebu zemního plynu

Opět z **tab. 6.1, ř. 3, sl. 20–22** vyplývá pro *komplexní* výběrové soubory, že vliv prodlevy z celkové spotřeby ZP se pohybuje od 39 % do 51 %. A průměrný vliv byl 43 %.

U *dílčích* výběrových souborů (**ř. 8-13**) se podíl pohybuje od 6 % do 19 % s průměrem 14 %. Formálně je tedy významně nižší. V tomto případě je možné uvedený výsledek u dílčích souboru chápat, poněvadž výběrové soubory jsou sestavovány prakticky v „úzkých“ mezích teplot prodlevy. Zopakujme, že to je od 560°C do 630°C, atd.

Zde jsme se pokoušeli zamyslet také nad vlivem narůstající teploty prodlevy na spotřebu zemního plynu. Uvažujeme-li se středními hodnotami teplot výdrže tří výběrových souborů (595°C, 885°C a 1070°C) pak rozdíl v teplotách mezi nimi je 290°C a 185°C. Tedy významný teplotní rozdíl. Vliv teploty prodlevy u první (nejnižší teploty prodlevy) činil podle **tab. 6.1, ř. 3, sl. 8** celkem 61 Nm<sup>3</sup>, což odpovídá 19 % z celkové odchylky. U druhého rozpětí (850°C – 920°C) byl podíl 34 Nm<sup>3</sup> s relativním podílem 6 %. A v třetím šetřeném pásmu to bylo 97 Nm<sup>3</sup> plynu s podílem 17 %. Logicky by měl být patrný stoupající podíl spotřeby ZP. V současné době asi není dostatek dat a zkušeností na detailní prošetření celé problematiky. Zopakujme znovu, že se jedná o první zjištěné výsledky tohoto druhu na relativně malém počtu výběrových souborů.

##### c) Vliv doby výpalu na spotřebu zemního plynu

Opět z **tab. 6.1, ř. 4, sl. 20–22** vyplývá pro *komplexní* výběrové soubory, že vliv doby výpalu z celkové spotřeby ZP se pohybuje od 1 % do 55 %. Doplňme, že vykázaná minimální spotřeba ve výši 1 % je v každém případě extrémem. A měla by být nahrazena údajem 30 %. A průměrný vliv (i s uvedeným extrémem 1 %) byl 35 %.

U *dílčích* výběrových souborů (**ř. 8-13**) se podíl pohybuje od 35 % do 54 % s průměrem 45 %. Číselně je tedy o cca 10 % vyšší.

#### d) Shrnutí vlivů nezávisle proměnných veličin na spotřebu zemního plynu

Dosud provedená šetření potvrzují, že hlavní vliv na spotřebu ZP má teplota prodlevy (39-51 %) s průměrnou hodnotou 43 %. Následuje vliv doby výpalu s rozpětím od 1 % (přesněji 30 %) do 55 %, s průměrem 35 %. A jako třetí se číselně umístila hmotnost vsázky s rozmezím od 7 do 48 % a průměrem 21 %.

V současné době lze na základě relativně malého počtu výběrových souborů stěží říci, že „váhy“ jednotlivých vlivů budou skutečně v této výši. Nicméně řešitelský tým je toho názoru, že pořadí zjištěných vlivů bude odpovídat skutečnosti.

Je třeba doplnit, že řešitelský kolektiv z časových důvodů dosud neřešil skladbu rozložení šetřených údajů ve výběrových souborech. Jistá data k tomuto šetření jsou připravena v **tab. 6.2, sl. 2-3**, kde je přes 1000 výpalů.



**Tab. 6.1:** Vypočtený vliv hmotnosti vsázky, teploty prodlevy a délky výpalu na spotřebu plynu u výběrových souborů šetřených sléváren

Slévárna	F		H		E								C						Shrnutí podílu dílčích vlivů [%]				
	nad 500°C		upravený		všech. teploty		560 - 630°C		850 - 920°C		1060 - 1080°C		P1		P2		P4						
	[Nm <sup>3</sup> ]	[%]	[Nm <sup>3</sup> ]	[%]	[Nm <sup>3</sup> ]	[%]	[Nm <sup>3</sup> ]	[%]	[Nm <sup>3</sup> ]	[%]	[Nm <sup>3</sup> ]	[%]	[Nm <sup>3</sup> ]	[%]	[Nm <sup>3</sup> ]	[%]	[Nm <sup>3</sup> ]	[%]	[Nm <sup>3</sup> ]	[%]	min	max	průměr
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
1	<b>odchylka celkem</b>		4 217	100	2 721	100	1 047	100	317	100	597	100	576	100	348	100	813	100	805	100			
2	<b>hmotnosti vsázky</b>		994	24	486	18	201	19	107	34	354	59	167	29	168	48	84	10	52	7	7	48	21
3	<b>teploty prodlevy</b>		1 949	46	1 077	40	416	40	61	19	34	6	97	17	176	51	376	46	313	39	39	51	43
4	<b>doby výpalu</b>		1 274	30	1 158	43	431	41	150	47	210	35	313	54	4	1	353	43	440	55	1	55	35
5	<b>počet cyklů</b>		1075		220		280		120		124		36		71		72		106				

Tab. 6.2: Skutečné rozpětí hmotnosti vsázky, teploty prodlevy a doby výpalu u výběrových souborů ve slévárnách

	Slévárna	F		H		E						C							
		nad 500°C		upravený		všech. teploty		560 - 630°C		850 - 920°C		1060 - 1080°C		P1		P2		P4	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	<b>Odchylka celkem</b>	554	5 122	438	2 508	147	1 075	147	394	444	950	542	1 075	78	390	160	797	67	602
2	<b>hmotnosti vsázky</b>	1,9	89,1	0,8	21,2	6,0	17,0	2,0	17,0	6,0	22,0	8,0	16,0	1,0	19,0	1,0	16,0	0,2	17,0
3	<b>teploty prodlevy</b>	500	1 075	545	1 100	560	1 080	560	630	850	920	1 060	1 080	580	980	580	1 050	510	1 100
4	<b>doby výpalu</b>	7,0	79,5	12,5	62,5	6,7	23,0	6,3	11,5	9,0	16,4	12,4	23,0	11,0	22,5	8,0	38,0	6,0	35,0
5	<b>Odchylka: - absolutní</b>	4 568		2 070		928		247		506		533		312		637		535	
6	<b>- relativní</b>	92		131		113		128		118		108		112		128		150	



## Dotazník

Dotazník byl zpracován pro Českou slévárenskou společnost v rámci řešení PROJEKTU XVII.

Nutno doplnit způsob využití získaných dat a stupeň důvěrnosti dle standardů ČSS.

## Seznam kontrolních otázek

### 1 Jaký používáte řídicí systém (pro přímé řízení technologie)?

a)	Žádný
b)	Allen Bradley
c)	Siemens
d)	Schneider Electric
e)	ABB
f)	Fanuc
g)	Mitsubitchi
h)	B a R
i)	Saya
j)	Teco
k)	Omron
l)	EndrsHouser
m)	Jiný (uved'te):

### 2 Jaké je stáří řídicího systému, který používáte?

a)	Méně než 2 roky.
b)	2 – 5 let.
c)	5 – 10 let.
d)	Více než 10 let. Uved'te kolik:

### 3 Velikost systémů v podniku odpovídá přibližně této charakteristice:

a)	Kompaktní systémy.
b)	Modulové systémy – malé (do 100 vstupů/výstupů)
c)	Modulové systémy – střední (101 – 1000 vstupů/výstupů)
d)	Modulové systémy – velké (více než 1000 vstupů/výstupů)

### 4 Struktura systému jako celku je:

a)	Stejnorodá (převážně od jednoho výrobce).
b)	Nestejnorodá (každý řídicí uzel má jiný systém v závislosti na dodavateli technologie).

### 5 Jaký je typ řídicího systému?

a)	Centralizovaný.
b)	Distribuovaný.
c)	Hierarchický.



## 6 Komunikují spolu jednotlivé stroje a zařízení?

a)	Ne.
b)	Ano - komunikace založená na ethernetu.
c)	Ano - komunikace založená na společné komunikační platformě (profibus).
d)	Ano - komunikace je uzavřená a definovaná výrobcem řídicího systému (např. ControlNet, DeviceNet, Protokol S7, PROFINET).

## 7 Jaký typ operátorského řízení je používán

a)	Klasický řídicí panel bez počítačových prvků.
b)	Operátorský panel s počítačovými prvky (např. s dotykovým displejem, tlačítka).
c)	Operátorské stanoviště na bázi PC s jedním a více monitory, vizualizačním systémem, alarmovým systémem, zobrazením aktuálních a historických trendů.

## 8 Existuje databáze, která shrnuje údaje z provozních úrovní řízení?

a)	Ano
b)	Ne
c)	Nevím

## 9 Které moduly informačního systému jsou v podniku implementovány, resp. aktivně využívány?

a)	Informační systém nemá modulární charakter, pro jednotlivé činnosti máme samostatné informační systémy. (při této odpovědi pokračujte rovnou na další otázku.
b)	Výroba.
c)	Doprava.
d)	Nákup.
e)	Sklad.
f)	Marketing.
g)	Prodej.
h)	Finance, účetnictví a analýzy.
i)	Mzdy a personalistika.
j)	Workflow (schéma a řízení procesů).
k)	Internetový obchod.
l)	Business Intelligence.
m)	Jiný (uveďte):

## 10 Jsou systémy řízení technologie propojeny na vyšší úrovně řízení (ERP)?

a)	Ne (při této odpovědi pokračujte rovnou na další otázku)
b)	Ano (na vyšší úroveň jsou exportována jen vybraná provozní data)
c)	Ano (z nadřazeného systému jsou na úroveň technologie přebírány parametry pro nastavení technologie)

## 11 Kolik informací archivujete v elektronické formě v těchto úrovních (oblastech):

Úroveň řízení technologie	cca 20%	cca 40%	cca 60%	cca 80%	cca 100%
Úroveň operátorského řízení	cca 20%	cca 40%	cca 60%	cca 80%	cca 100%
Úroveň ekonomických systémů	cca 20%	cca 40%	cca 60%	cca 80%	cca 100%



## 12 Jaké nástroje jsou využívány pro sledování toku materiálů a výrobků?

a)	Používáme systém čárových kódů.
b)	Používáme RFID.
c)	Jiné bezkontaktní technologie. Uveďte které:

## 13 Bezpečnostní systém (SAFETY).

a)	Je implementován.
b)	Není implementován. (po této odpovědi již není nutné pokračovat)

a)	Odpovídá současným normám.
b)	Neodpovídá současným normám.

a)	Je realizován v silnoprůdu.
b)	Není realizován v silnoprůdu.

## 14 Využíváte nástroje Business Intelligence<sup>1</sup>.

a)	Ano.
b)	Ne.

## 15 Používáte automatizované hodnocení kvality výroby

a)	Ne.
b)	Ano. Systém stručně charakterizujte:

Děkujeme za vyplnění dotazníku.

Za společnost:

Vyplnil:

<sup>1</sup> **Business intelligence** jsou dovednosti, znalosti, technologie, aplikace, kvalita, rizika, bezpečnostní otázky a postupy používané v podnikání pro získání lepšího pochopení chování na trhu a obchodních souvislostí. Za tímto účelem se provádí sběr, integrace, analýza, interpretace a prezentace obchodních informací. Mohou zahrnovat samotné shromážděné informace nebo explicitní znalosti získané z informací.

# Návrh na ustavení Komise pro informatiku a automatizaci při České slévárenské společnosti

Ostrava 25.7.2016

Zpracovali:

doc. Ing. **Ivo Špička**, Ph.D., Mgr. Ing. **Tomáš Tykva**

## Vize

Komise zastřešující a rozvíjející problematiku automatizace a informačních technologií v oblasti slévárenství s důrazem na informační společnost a koncept Průmyslu 4.0.

## Mise

Sledování vývoje v oblasti řídicích a informačních systémů a jejich využití v oblasti sléváren. V současné době je nutno zachytit přechod od izolovaně využívané počítačové a robotické podpory výrobních či administrativních úloh k jejich soustavnému a promyšlenému využívání.

Základním posláním Komise pro informatiku a automatizaci by mělo být:

- Zmapování stávajícího stavu slévárenského průmyslu z hlediska předložené vize.
- Porovnání úrovně informatizace a automatizace s okolními zeměmi/světlem.
- Rozpoznání silných a slabých míst českého slévárenství v oblasti informatizace, automatizace a Průmyslu 4.0.
- Vymezení společných problémů.
- Zprostředkování a sdílení zkušeností v rámci ČSS.
- OP PIK by se měl stát klíčovým finančním nástrojem pro rozjezd aplikací Průmyslu 4.0 v příštích šesti letech.

## Klíčové pojmy a sdílené hodnoty

Globalizace, konkurence, konkurenční výhoda, příležitost, inovace, robotizace, virtuální podnik, data mining, business intelligence.

Snížení energetické a surovinové náročnosti výroby, nárůst produktivity ve výrobě, optimalizace logistických tras, technologická řešení pro decentralizované systémy výroby a distribuce energie.

## Zdůvodnění potřeby nové komise

V rámci ČSS se oblastí informačních a řídicích systémů a automatizací nezabývá žádná odborná komise. Mohutný rozvoj informačních technologií v oblasti řízení ve světě přináší zvýšené nároky na konkurenceschopnost českého slévárenství. Světové slévárenství uplatňováním moderních informačních a řídicích systémů bude dosahovat významných úspor v oblasti pracovních sil a dále optimalizací a plánováním výroby sníží přímé výrobní náklady. Aby české slévárenství udrželo konkurenční potenciál, bude nuceno výrazněji využívat možností, které moderní informační a řídicí systémy v praxi poskytují.

## Hlavní náplň

Komise si klade za cíl shromažďovat, vyhodnocovat a šířit nejlepší praktické zkušenosti jak z provozu jednotlivých sléváren, tak i moderní vědecké poznatky z akademické sféry.

## Návrh členů Komise pro informatiku a automatizaci

Jméno	Funkce	Telefon, email, pracoviště
doc. Ing. Ivo Špička, Ph.D.	Předseda	+420-702-061-358, <a href="mailto:ivo.spicka@vsb.cz">ivo.spicka@vsb.cz</a> , Vysoká škola báňská – TU Ostrava
prof. Ing. Zora Košťalová Jančíková, CSc.	Místopředseda	+420-604-305-407, <a href="mailto:zora.kostialova.jancikova@vsb.cz">zora.kostialova.jancikova@vsb.cz</a> , Vysoká škola báňská – TU Ostrava
Mgr. Ing. Tomáš Tykva	Tajemník	+420-730-606-421, <a href="mailto:tykva@bintell.cz">tykva@bintell.cz</a> , Business Intelligence, s. r. o.
Ing. Michal Červinka, Ph.D.	Člen	+420-602-701-328, <a href="mailto:cervinka@bintell.cz">cervinka@bintell.cz</a> , Business Intelligence, s. r. o.
Ing. Milan Luňák	Člen	+420-267-227-348, +420-724-440-987, <a href="mailto:milan.lunak@benesalat.cz">milan.lunak@benesalat.cz</a> , BENEŠ a LÁT a.s.
Ing. Petr Koval	Člen	+420 577 113 430, +420 731 616 609, <a href="mailto:koval@wista.cz">koval@wista.cz</a> , WISTA s.r.o.
Ing. Jan Hýža	Člen	+420-318-533-037, +420-734-856-556, <a href="mailto:jan.hyza@wabrasives.cz">jan.hyza@wabrasives.cz</a> , KOVOBRASIV Mníšek, spol. s r. o.
Adam Bezděk	Člen	+420-549-128-811, +420-776-756-778, <a href="mailto:adam.bezdek@mcae.cz">adam.bezdek@mcae.cz</a> , MCAE Systems, s. r. o.
Čeněk Ďurian	Člen	+420 606 770 625, <a href="mailto:cenek.durian@trz.cz">cenek.durian@trz.cz</a> , Slévárny Třinec, a. s.
Marek Rakowski	Člen	+420 DOPLNIT, <a href="mailto:marek.rakowski@trz.cz">marek.rakowski@trz.cz</a> , Slévárny Třinec, a. s.

## Adresář subjektů zastoupených v Komisi pro informatiku a automatizaci

Subjekt (obchodní název)	Adresa	Kontaktní osoba/y
Vysoká škola báňská – TU Ostrava	17. listopadu 15/2172, Ostrava-Poruba, CZ 708 33	doc. Ing. Ivo Špička, Ph.D.
Business Intelligence, s. r. o.	30. dubna 1675/17, Ostrava - Moravská Ostrava, CZ 702 00	Mgr. Ing. Tomáš Tykva
BENEŠ a LÁT a.s.	Tovární 463, Poříčany, CZ 289 14	Ing. Milan Luňák
WISTA s.r.o.	Dlouhé díly 414, Zlín, CZ 763 02	Ing. Petr Koval
<b>KASI, spol. s r. o.</b> <i>nepotvrzeno</i>	<b>Chrudimská 1602,</b> <b>Přelouč,</b> <b>CZ 535 01</b>	<b>Ing. et Ing. Petr Kuchyňka</b>
KOVOBRASIV Mníšek, spol. s r. o.	Mníšek pod Brdy 905, CZ 252 10	Ing. Jan Hýža
MCAE Systems, s. r. o.	Knínická 1771/6, Kuřim CZ 664 34	Adam Bezděk
Slévárny Třinec, a. s.	Průmyslová 1001,	Čeněk Ďurian



	Třinec - Staré Město, CZ 739 61	
--	------------------------------------	--

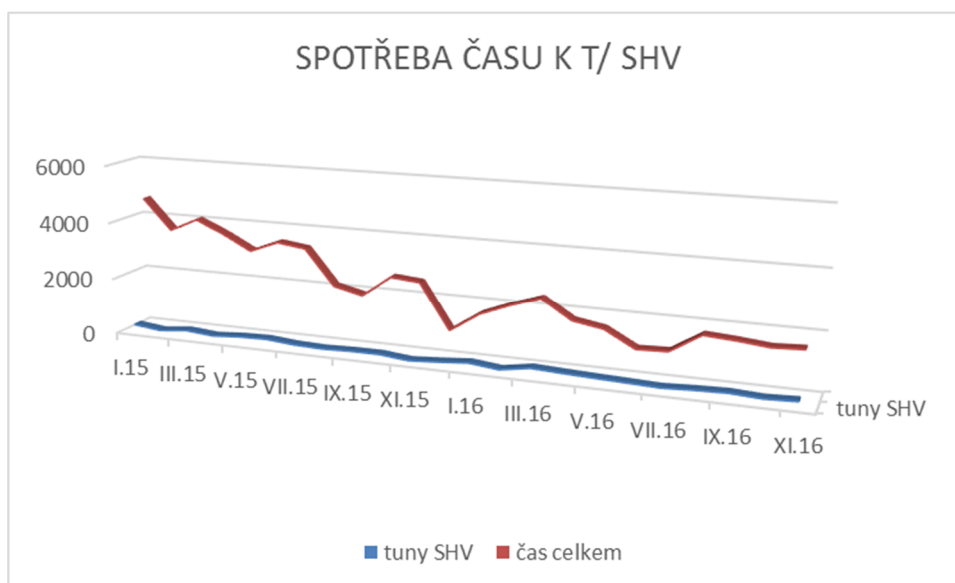
## Příloha 8

**Tab. 8.7:** Porovnání časů broušení odlitků VS 2015-2016

měsíc	tuny SHV	měsíc	∅ čas/1t	měsíc	tuny SHV	čas celkem
I.15	274	I.15	16,99	I.15	274	4654,58
II.15	164	II.15	21,90	II.15	164	3591,42
III.15	267	III.15	15,13	III.15	267	4040,20
IV.15	184	IV.15	19,59	IV.15	184	3604,48
V.15	257	V.15	12,01	V.15	257	3086,48
VI.15	282	VI.15	12,32	VI.15	282	3475,18
VII.15	196	VII.15	17,04	VII.15	196	3340,25
VIII.15	164	VIII.15	12,91	VIII.15	164	2117,58
IX.15	197,54	IX.15	9,54	IX.15	197,54	1884,00
X.15	200,7	X.15	13,04	X.15	200,7	2617,05
XI.15	101,07	XI.15	25,01	XI.15	101,07	2528,18
XII.15	171,46	XII.15	5,55	XII.15	171,46	951,00
I.16	256,65	I.16	6,33	I.16	256,65	1624,00
II.16	147,1	II.16	13,77	II.16	147,1	2026,10
III.16	317,092	III.16	7,46	III.16	317,092	2366,72
IV.16	269,5	IV.16	6,38	IV.16	269,5	1718,70
V.16	228,4	V.16	6,76	V.16	228,4	1543,00
VI.16	194,22	VI.16	5,04	VI.16	194,22	978,1
VII.16	156,20	VII.16	6,51	VII.16	156,2	1016,1
VIII.16	208,555	VIII.16	7,99	VIII.16	208,555	1666,5
IX.16	240,373	IX.16	6,64	IX.16	240,373	1595
X.16	182,26	X.16	8,17	X.16	182,26	1489,4
XI.16	226,97	XI.16	6,79	XI.16	226,97	1540,2
XII.16		XII.16		XII.16		

Tabulka uvádí údaje o převodu odlitku na sklad hotové výroby, průměrné časy broušení na 1 tunu dohotovené výroby.

**Obr. 8.1:** Graf spotřeby času broušení vztaženo k tunám dohotovené výroby.



	Slévárna	Odstranění nálitku	Náliček	Doba operace		Osobní	Energie [Nm <sup>3</sup> ,r					
		Metoda	průměr cca	řez (ráz)	manipulace	náklady	acetylen		zemní plyn		kyslík	
		Jednotky	[mm]	[s]	[s]	[Kč/hod]		jednotky		jednotky		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	E	ruční pálení Griesson®	200	240,0	180	195	0,08	Nm <sup>3</sup>			1,43	
2				245,0	190	195	0,08	Nm <sup>3</sup>			1,47	
3				235,0	155	195	0,08	Nm <sup>3</sup>	-		1,40	
4			průměr		240,0	175	195	0,08	Nm <sup>3</sup>			1,43
5	H	ruční pálení AC (L)	200	130,0	90	195	0,12	Nm <sup>3</sup>			1,70	
6		ruční pálení AC (O)	200	105,0	180	195	0,10	Nm <sup>3</sup>			1,40	
7		ruční pálení AC (L)	150	101,0	240	195	0,10	Nm <sup>3</sup>			1,30	
8		ruční pálení AC (O)	150	87,0	420	195	0,08	Nm <sup>3</sup>			1,10	
9			průměr		105,8	232	195	0,10	Nm <sup>3</sup>			1,38
10	L	ruční pálení AC	200	190,0	210	195	0,08	Nm <sup>3</sup>			0,45	
11			200	101,0	240	195	0,07	Nm <sup>3</sup>			0,39	
12			200	130,0	185	195	0,08	Nm <sup>3</sup>			0,42	
13			průměr		140,3	212	195	0,08	Nm <sup>3</sup>			0,42
14	F	ruční pálení AC	200	130,0	39	195	0,09	Nm <sup>3</sup>			0,12	
15		ruční pálení AC	200	145,0	105	195	0,11	Nm <sup>3</sup>			0,14	
16		ruční pálení AC	200	140,0	60	195	0,11	Nm <sup>3</sup>			0,14	
17			průměr		138,3	68	195	0,10	Nm <sup>3</sup>			0,13
18		strojní pálení ZP	200	95,0	95	195			0,8	Nm <sup>3</sup>	3,15	
19		strojní pálení ZP	200	102,0	125	195			0,8	Nm <sup>3</sup>	3,36	
20		strojní pálení ZP	200	100,0	200	195			0,9	Nm <sup>3</sup>	3,57	
21			průměr		99,0	140	195		0,8	Nm <sup>3</sup>	3,36	
22		uražení - canon	200	1,0	160	195						
23		uražení - canon	200	1,0	220	195						
24	uražení - canon	200	1,0	195	195							
25		průměr		1,0	192	195						
26	C	ruční pálení AC měřeno	220	144,0	102	195	0,07	Nm <sup>3</sup>			0,08	
27			220	138,0	102	195	0,07	Nm <sup>3</sup>			0,08	
28			220	132,0	126	195	0,06	Nm <sup>3</sup>			0,08	
29			220	192,0	126	195	0,09	Nm <sup>3</sup>			0,11	
30		průměr		151,5	114	195	0,07	Nm <sup>3</sup>			0,09	
31	D	LLG - ulamování	20	1,0	60	195						
32		LLG - ulamování (podnáliťková podložka)	150	1,0	90	195						
33		LLG - ruční rozbrušování diamant	100	180,0	90	195						
34		LLG - ruční rozbrušování keramika	200	270,0	120	195						
35		LLG - řezání plazmou	100	270,0	120	195						
36		Al slitiny - řezání pásovou pilou	200	180,0	60	195						
37		Cu slitiny - strojní rozbrušování	150	210,0	60	195						
38		Cu slitiny - rušní rozbrušování	200	320,0	120	195						
39		průměr		250,0	90	195						
40	G	ruční řezání bruskou PBU	43	38,0	10	195						
41	M	LLG - ulamování	22	1,0	40	195						
42		LKG - ulamování	12	1,0	30	195						
43		LKG - ruční rozbrušování diamant	15	10,0	20	195						
44		LKG - ruční rozbrušování keramika	17	25,0	30	195						
45		LKG - ulamování klínem	10	5,0	25	195						
46		průměr		8,4	29	195						
47		min	10	1,0	10	195	0,06	Nm <sup>3</sup>	0,8	Nm <sup>3</sup>	0,08	
48		max	220	320,0	420	195	0,12	Nm <sup>3</sup>	0,9	Nm <sup>3</sup>	3,57	
49		průměr	154,83	122,73	129,84	195	0,09	Nm <sup>3</sup>	0,8	Nm <sup>3</sup>	1,10	

Tab. 8.1: Úvodní informace o odstraňování nálitku ve slévárnách (původní ceny)

n <sup>3</sup> , l, kWh]					Energie [cena Kč/Nm <sup>3</sup> , m <sup>3</sup> , kWh]										Materiál
	vzduch		el.en		Griesson <sup>®</sup> , acetylen		zemní plyn		kyslík		vzduch		el.en		sažba
jednotky		jednotky		jednotky		jednotky		jednotky		jednotky		jednotky		jednotky	[Kč/hod]
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Nm <sup>3</sup>					90,0	Kč/Nm <sup>3</sup>			2,0	Kč/Nm <sup>3</sup>					
Nm <sup>3</sup>					90,0	Kč/Nm <sup>3</sup>			2,0	Kč/Nm <sup>3</sup>					
Nm <sup>3</sup>					90,0	Kč/Nm <sup>3</sup>			2,0	Kč/Nm <sup>3</sup>					
Nm <sup>3</sup>					90,0	Kč/Nm <sup>3</sup>			2,0	Kč/Nm <sup>3</sup>					
Nm <sup>3</sup>					101,0	Kč/Nm <sup>3</sup>			2,9	Kč/Nm <sup>3</sup>					
Nm <sup>3</sup>					101,0	Kč/Nm <sup>3</sup>			2,9	Kč/Nm <sup>3</sup>					
Nm <sup>3</sup>					101,0	Kč/Nm <sup>3</sup>			2,9	Kč/Nm <sup>3</sup>					
Nm <sup>3</sup>					101,0	Kč/Nm <sup>3</sup>			2,9	Kč/Nm <sup>3</sup>					
Nm <sup>3</sup>					101,0	Kč/Nm <sup>3</sup>			2,9	Kč/Nm <sup>3</sup>					
Nm <sup>3</sup>					181,0	Kč/Nm <sup>3</sup>			29,0	Kč/Nm <sup>3</sup>					
Nm <sup>3</sup>					181,0	Kč/Nm <sup>3</sup>			29,0	Kč/Nm <sup>3</sup>					
Nm <sup>3</sup>					181,0	Kč/Nm <sup>3</sup>			29,0	Kč/Nm <sup>3</sup>					
Nm <sup>3</sup>					181,0	Kč/Nm <sup>3</sup>			29,0	Kč/Nm <sup>3</sup>					
Nm <sup>3</sup>					145,0	Kč/Nm <sup>3</sup>			2,5	Kč/Nm <sup>3</sup>					
Nm <sup>3</sup>					145,0	Kč/Nm <sup>3</sup>			2,5	Kč/Nm <sup>3</sup>					
Nm <sup>3</sup>					145,0	Kč/Nm <sup>3</sup>			2,5	Kč/Nm <sup>3</sup>					
Nm <sup>3</sup>					145,0	Kč/Nm <sup>3</sup>			2,5	Kč/Nm <sup>3</sup>					
Nm <sup>3</sup>			1,90	kWh			8,3	Kč/Nm <sup>3</sup>	2,5	Kč/Nm <sup>3</sup>			2,3	Kč/kWh	
Nm <sup>3</sup>			2,04	kWh			8,3	Kč/Nm <sup>3</sup>	2,5	Kč/Nm <sup>3</sup>			2,3	Kč/kWh	
Nm <sup>3</sup>			2,00	kWh			8,3	Kč/Nm <sup>3</sup>	2,5	Kč/Nm <sup>3</sup>			2,3	Kč/kWh	
Nm <sup>3</sup>			1,98	kWh			8,3	Kč/Nm <sup>3</sup>	2,5	Kč/Nm <sup>3</sup>			2,3	Kč/kWh	
	2,00	m <sup>3</sup>	0,60	kWh							0,50	Kč/m <sup>3</sup>	2,3	Kč/kWh	
	2,00	m <sup>3</sup>	0,70	kWh							0,50	Kč/m <sup>3</sup>	2,3	Kč/kWh	
	2,00	m <sup>3</sup>	0,40	kWh							0,50	Kč/m <sup>3</sup>	2,3	Kč/kWh	
	2,00	m <sup>3</sup>	0,57	kWh							0,50	Kč/m <sup>3</sup>	2,3	Kč/kWh	
Nm <sup>3</sup>					111,7	Kč/Nm <sup>3</sup>			9,8	Kč/Nm <sup>3</sup>					
Nm <sup>3</sup>					111,7	Kč/Nm <sup>3</sup>			9,8	Kč/Nm <sup>3</sup>					
Nm <sup>3</sup>					111,7	Kč/Nm <sup>3</sup>			9,8	Kč/Nm <sup>3</sup>					
Nm <sup>3</sup>					111,7	Kč/Nm <sup>3</sup>			9,8	Kč/Nm <sup>3</sup>					
Nm <sup>3</sup>					111,7	Kč/Nm <sup>3</sup>			9,8	Kč/Nm <sup>3</sup>					
			0,08	kWh							0,60	Kč/m <sup>3</sup>	2,6	Kč/kWh	
	0,80	m <sup>3</sup>									0,60	Kč/m <sup>3</sup>	2,6	Kč/kWh	
			0,36	kWh							0,60	Kč/m <sup>3</sup>	2,6	Kč/kWh	
			0,20	kWh							0,60	Kč/m <sup>3</sup>	2,6	Kč/kWh	
			0,35	kWh							0,60	Kč/m <sup>3</sup>	2,6	Kč/kWh	
	0,80	m <sup>3</sup>									0,60	Kč/m <sup>3</sup>	2,6	Kč/kWh	
	0,80	m <sup>3</sup>	0,25	kWh							0,60	Kč/m <sup>3</sup>	2,6	Kč/kWh	
	2,00	m <sup>3</sup>	1,00	kWh							0,28	Kč/m <sup>3</sup>	2,8	Kč/kWh	3,61
			0,00	kWh									2,0	Kč/kWh	
			0,03	kWh									2,0	Kč/kWh	
			0,00	kWh									2,0	Kč/kWh	
			0,01	kWh									2,0	Kč/kWh	
Nm <sup>3</sup>	0,80	m <sup>3</sup>	0,00	kWh	90,0	Kč/Nm <sup>3</sup>	8,3	Kč/Nm <sup>3</sup>	2,0	Kč/Nm <sup>3</sup>	0,28	Kč/m <sup>3</sup>	2,0	Kč/kWh	3,6
Nm <sup>3</sup>	2,00	m <sup>3</sup>	2,04	kWh	181,0	Kč/Nm <sup>3</sup>	8,3	Kč/Nm <sup>3</sup>	29,0	Kč/Nm <sup>3</sup>	0,60	Kč/m <sup>3</sup>	2,8	Kč/kWh	3,6
Nm <sup>3</sup>	1,55	m <sup>3</sup>	0,73	kWh	124,0	Kč/Nm <sup>3</sup>	8,3	Kč/Nm <sup>3</sup>	8,2	Kč/Nm <sup>3</sup>	0,54	Kč/m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh	3,6

Celkem Kč					Další náklady spojené s odstraněním nálitku
materiál	mzdy 1	mzdy 2	energie	celkem	drážkování+ broušení zbytku, opracování, podložky
[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	
27	28	29	30	31	32
	13,0	22,8	10,060	32,8	broušení dle zbytku
	13,3	23,6	10,140	33,7	broušení dle zbytku
	12,7	21,1	10,000	31,1	broušení dle zbytku
	13,0	22,5	10,060	32,5	
	7,0	11,9	17,050	29,0	Broušení do tvaru = 6 minut
	5,7	15,4	14,160	29,6	Nebrousí se = opracovaná plocha zákazníkem
	5,5	18,5	13,870	32,3	Strojní opracování mimo VS
	4,7	27,5	11,270	38,7	Strojní opracování mimo VS
	5,7	18,3	14,088	32,4	
	10,3	21,7	27,892	49,6	
	5,5	18,5	23,864	42,3	
	7,0	17,1	25,610	42,7	
	7,6	19,1	25,789	44,9	
	7,0	9,2	13,340	22,5	drážkování, broušení dle zbytku, strojní opracování
	7,9	13,5	16,305	29,8	drážkování, broušení dle zbytku, strojní opracování
	7,6	10,8	16,305	27,1	drážkování, broušení dle zbytku, strojní opracování
	7,5	11,2	14,983	26,2	
	5,1	10,3	18,407	28,7	drážkování, broušení dle zbytku, strojní opracování
	5,5	12,3	19,665	32,0	drážkování, broušení dle zbytku, strojní opracování
	5,4	16,3	20,509	36,8	drážkování, broušení dle zbytku, strojní opracování
	5,4	12,9	19,594	32,5	
	0,1	8,7	2,380	11,1	podnálitková podložka, strojní opracování
	0,1	12,0	2,610	14,6	podnálitková podložka, strojní opracování
	0,1	10,6	1,920	12,5	podnálitková podložka, strojní opracování
	0,1	10,6	2,303	36,8	
	7,8	13,3	8,725	22,0	
	7,5	13,0	8,361	21,4	Zarovnání zbytku nálitku plamenem, upálení kapsy pod nálitkem, zabroušení.
	7,2	14,0	7,997	22,0	
	10,4	17,2	11,633	28,9	
	8,2	14,4	9,179	23,6	
	0,1	3,3	0	3,3	
	0,1	4,9	0	4,9	
	9,8	14,6	0,218	14,8	
	14,6	21,1	0,480	21,6	
	14,6	21,1	0,936	22,1	
	9,8	13,0	0,520	13,5	kWh
	11,4	14,6	0,910	15,5	
	17,3	23,8	0,480	24,3	
	13,5	18,4	1,126	19,5	
2,29	2,1	2,6	3,360	8,2	drážkování+ broušení zbytku, opracování, podložky
	0,1	2,2	0	2,2	
	0,1	1,7	0	1,7	
	0,5	1,6	0,006	1,6	
0,36	1,4	3,0	0,063	3,0	4,818333333
	0,3	1,6	0,003	1,6	
	0,5	2,0	0,024	2,0	
0,4	0,1	1,6	0	1,6	
2,3	17,3	27,5	27,892	49,6	
1,3	6,6	13,7	9,248	23,5	



Tab. 8.2: Náklady na odstraňování nálitku ve slévárnách (jednotné ceny) - Ø nálitku 1

	Slévárna	Odstranění nálitku	Nááitek	Čas operace)		Sazba	Energie [Nm <sup>3</sup> , m <sup>3</sup> , l, kWh]										Energie [cena Kč/Nl								
		Metoda	průměr cca	čas řezu (rázu)	manipulace	mzdy	Griesson®	acetylen		zemní plyn		kyslík		vzduch		el.en		Griesson®	acetylen		zemní plyn		kyslík		
		Jednotky	[mm]	[s]	[s]	[Kč/hod]			jednotky		jednotky		jednotky		jednotky		jednotky			jednotky		jednotky		jednotky	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22				
1	E	ruční pálení Griesson®	200	240,00	180	195	0,08											90					4,3		
2				245,00	190	195	0,08											90					4,3		
3				235,00	155	195	0,08											90					4,3		
4		průměr		240,00	175	195	0,08											90					4,3		
5	H	ruční pálení AC (L)	200	130,00	90	195		0,12	Nm <sup>3</sup>										124				4,3		
6		ruční pálení AC (O)	200	105,00	180	195		0,10	Nm <sup>3</sup>										124				4,3		
7		ruční pálení AC (L)	150	101,00	240	195		0,10	Nm <sup>3</sup>										124				4,3		
8		ruční pálení AC (O)	150	87,00	420	195		0,08	Nm <sup>3</sup>										124				4,3		
9		průměr		105,75	232	195		0,10	Nm <sup>3</sup>										124				4,3		
10	L	ruční pálení AC	200	190,00	210	195		0,08	Nm <sup>3</sup>										124				4,3		
11			200	101,00	240	195		0,07	Nm <sup>3</sup>										124				4,3		
12			200	130,00	185	195		0,08	Nm <sup>3</sup>										124				4,3		
13		průměr		140,33	212	195		0,08	Nm <sup>3</sup>										124				4,3		
14	F	ruční pálení AC	200	130,00	39	195		0,09	Nm <sup>3</sup>										124				4,3		
15		ruční pálení AC	200	145,00	105	195		0,11	Nm <sup>3</sup>										124				4,3		
16		ruční pálení AC	200	140,00	60	195		0,11	Nm <sup>3</sup>										124				4,3		
17		průměr		138,33	68	195		0,10	Nm <sup>3</sup>										124				4,3		
18		strojní pálení ZP	200	95,00	95	195				0,75	Nm <sup>3</sup>						1,9	kWh		124		Kč/Nm <sup>3</sup>	8,3	Kč/Nm <sup>3</sup>	4,3
19		strojní pálení ZP	200	102,00	125	195				0,80	Nm <sup>3</sup>						2,0	kWh		124		Kč/Nm <sup>3</sup>	8,3	Kč/Nm <sup>3</sup>	4,3
20		strojní pálení ZP	200	100,00	200	195				0,85	Nm <sup>3</sup>						2,0	kWh		124		Kč/Nm <sup>3</sup>	8,3	Kč/Nm <sup>3</sup>	4,3
21		průměr		99,00	140	195				0,80	Nm <sup>3</sup>						2,0	kWh		124		Kč/Nm <sup>3</sup>	8,3	Kč/Nm <sup>3</sup>	4,3
22		uražení - canon	200	1,00	160	195									2	m <sup>3</sup>	0,6	kWh		124		Kč/Nm <sup>3</sup>		4,3	
23		uražení - canon	200	1,00	220	195									2	m <sup>3</sup>	0,7	kWh		124		Kč/Nm <sup>3</sup>		4,3	
24		uražení - canon	200	1,00	195	195									2	m <sup>3</sup>	0,4	kWh		124		Kč/Nm <sup>3</sup>		4,3	
25		průměr		1,00	192	195									2	m <sup>3</sup>	0,6	kWh		124		Kč/Nm <sup>3</sup>		4,3	
26		C	ruční pálení AC měřeno	220	144,00	102	195		0,07	Nm <sup>3</sup>										124				4,3	
27			220	138,00	102	195		0,07	Nm <sup>3</sup>										124				4,3		
28			220	132,00	126	195		0,06	Nm <sup>3</sup>										124				4,3		
29			220	192,00	126	195		0,09	Nm <sup>3</sup>										124				4,3		
30	průměr			151,50	114	195		0,07	Nm <sup>3</sup>										124				4,3		
31		min	150	1,00	39	195		0,06	Nm <sup>3</sup>	0,75	Nm <sup>3</sup>	0,08	Nm <sup>3</sup>	2	m <sup>3</sup>	0,4	kWh		124		Kč/Nm <sup>3</sup>	8,3	Kč/Nm <sup>3</sup>	4,3	
32		max	220	245,00	420	195		0,12	Nm <sup>3</sup>	0,85	Nm <sup>3</sup>	3,57	Nm <sup>3</sup>	2	m <sup>3</sup>	2,0	kWh		124		Kč/Nm <sup>3</sup>	8,3	Kč/Nm <sup>3</sup>	4,3	
33		průměr	199,05	125,36	162,59	195		0,09	Nm <sup>3</sup>	0,80	Nm <sup>3</sup>	1,10	Nm <sup>3</sup>	2	m <sup>3</sup>	1,27	kWh		124		Kč/Nm <sup>3</sup>	8,3	Kč/Nm <sup>3</sup>	4,3	





50-220 mm

m <sup>3</sup> ,m <sup>3</sup> ,l,kWh]					Materiál	Celkem Kč					Další náklady spojené s odstraněním nálitku	
	vzduch		el.en		sazba	materiál	mzdy 1	mzdy 2	energie	celkem (mzdy 2)	celkem (mzdy 1)	drážkování+ broušení zbytku, opracování, podložky
jednotky		jednotky		jednotky	[Kč/hod]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]		
23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Kč/Nm <sup>3</sup>							13,0	22,8	13	36,1	26,3	
Kč/Nm <sup>3</sup>							13,3	23,6	14	37,1	26,8	
Kč/Nm <sup>3</sup>							12,7	21,1	13	34,3	25,9	
Kč/Nm <sup>3</sup>						22			7	35,8	26,4	
Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			7,0	11,9	22	34,1	29,2	Broušení do tvaru = 6 minut
Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			5,7	15,4	18	33,9	24,1	Nebrousí se = opracovaná plocha zákazníkem
Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			5,5	18,5	18	36,5	23,5	Strojní opracování mimo VS
Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			4,7	27,5	15	42,1	19,4	Strojní opracování mimo VS
Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			5,7	18,3	18	36,6	24,0	
Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			10,3	21,7	12	33,8	22,4	
Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			5,5	18,5	10	28,8	15,8	
Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			7,0	17,1	11	28,1	18,1	
Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			7,6	19,1	11	30,2	18,8	
Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			7,0	9,2	12	20,8	18,7	drážkování, broušení dle zbytku, strojní opracování
Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			7,9	13,5	14	27,8	22,1	drážkování, broušení dle zbytku, strojní opracování
Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			7,6	10,8	14	25,1	21,8	drážkování, broušení dle zbytku, strojní opracování
Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			7,5	11,2	13	24,6	20,9	
Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			5,1	10,3	24	34,6	29,5	drážkování, broušení dle zbytku, strojní opracování
Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			5,5	12,3	26	38,3	31,5	drážkování, broušení dle zbytku, strojní opracování
Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			5,4	16,3	27	43,5	32,6	drážkování, broušení dle zbytku, strojní opracování
Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			5,4	12,9	26	38,8	31,2	
Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			0,1	8,7	2	11,2	2,5	podnálitková podložka, strojní opracování
Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			0,1	12,0	3	14,7	2,7	podnálitková podložka, strojní opracování
Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			0,1	10,6	2	12,6	2,0	podnálitková podložka, strojní opracování
Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			0,1	10,6	2	13,0	2,4	
Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			7,8	13,3	9	22,5	16,9	
Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			7,5	13,0	9	21,7	16,2	Zarovnání zbytku nálitku plamenem, upálení kapsy pod nálitkem, zabroušení.
Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			7,2	14,0	8	22,3	15,5	
Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			10,4	17,2	12	29,4	22,6	
Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			8,2	14,4	10	24,0	17,8	
Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh		22	0,1	8,7	17	11,2	16,6	
Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh		22	13,3	27,5	43	43,5	56,5	
Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh		22	6,6	15,4	26	29,1	33,0	

Tab. 8.3: Náklady na odstraňování nálitku ve slévárnách (

	Slévárna	Odstranění nálitku	Nááitek	Čas operace		Sazba	Energie [Nm <sup>3</sup> , m <sup>3</sup> , l, kWh]													
		Metoda	průměr cca	čas řezu (rázu)	manipulace	mzdy	acetylen		zemní plyn		kyslík		vzduch		el.en		acetylen		zemní plyn	
		Jednotky	[mm]	[s]	[s]	[Kč/hod]		jednotky		jednotky		jednotky		jednotky		jednotky		jednotky		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	D	LLG - ulamování	20	1	60	195											124	Kč/Nm <sup>3</sup>		
2		LLG- ulamování (podnááitková podložka)	150	1	90	195												124	Kč/Nm <sup>3</sup>	
3		LLG-ruční rozbrušování diamant	100	180	90	195									0,084	kWh		124	Kč/Nm <sup>3</sup>	
4		LLG- ruční rozbrušování keramika	200	270	120	195								0,8	m <sup>3</sup>			124	Kč/Nm <sup>3</sup>	
5		LLG- řezání plazmou	100	270	120	195									0,360	kWh		124	Kč/Nm <sup>3</sup>	
6		Al slitiny- řezání pásovou pilou	200	180	60	195									0,200	kWh		124	Kč/Nm <sup>3</sup>	
7		Cu slitiny- strojní rozbrušování	150	210	60	195									0,350	kWh		124	Kč/Nm <sup>3</sup>	
8		Cu slitiny - rušší rozbrušování	200	320	120	195								0,8	m <sup>3</sup>			124	Kč/Nm <sup>3</sup>	
9		průměr		250	90	195							0,8	m <sup>3</sup>	0,249	kWh	124	Kč/Nm <sup>3</sup>		
10	G	ruční řezání brusku PBU	43	38	10	195							2,0	m <sup>3</sup>	1,000	kWh	124	Kč/Nm <sup>3</sup>		
11	M	LLG - ulamování	22	1	40	195											124	Kč/Nm <sup>3</sup>		
12		LKG - ulamování	12	1	30	195											124	Kč/Nm <sup>3</sup>		
13		LKG-ruční rozbrušování diamant	15	10	20	195									0,003	kWh		124	Kč/Nm <sup>3</sup>	
14		LKG- ruční rozbrušování keramika	17	25	30	195									0,031	kWh		124	Kč/Nm <sup>3</sup>	
15		LKG- ulamování klínem	10	5	25	195									0,002	kWh		124	Kč/Nm <sup>3</sup>	
16		průměr		8	29	195									0,012	kWh	124	Kč/Nm <sup>3</sup>		
17		min	10	1	10	195							0,8	m <sup>3</sup>	0,002	kWh	124	Kč/Nm <sup>3</sup>		
18		max	200	320	120	195							2,0	m <sup>3</sup>	1,000	kWh	124	Kč/Nm <sup>3</sup>		
19		průměr	88,50	117,47	64,33	195							1,1	m <sup>3</sup>	0,253	kWh	124	Kč/Nm <sup>3</sup>		

jedmnotné ceny) - D, M a G

Energie [cena Kč/Nm <sup>3</sup> ,m <sup>3</sup> ,kWh]							Materiál	Celkem Kč					Další náklady spojené s odstraněním nálitku	
	kyslík		vzduch		el.en			materiál	mzdy 1	mzdy 2	energie	celkem (mzdy 2)	celkem (mzdy 1)	drážkování+ broušení zbytku, opracování, podložky
jednotky		jednotky		jednotky		jednotky	[Kč/hod]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	
19	13	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
	8,2	Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	Kč/m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			0,1	3,3	0	3,3	0,1	
	8,2	Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	Kč/m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			0,1	4,9	0	4,9	0,1	
	8,2	Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	Kč/m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			9,8	14,6	0,202	14,8	10,0	
	8,2	Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	Kč/m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			14,6	21,1	0,400	21,5	15,0	
	8,2	Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	Kč/m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			14,6	21,1	0,864	22,0	15,5	
	8,2	Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	Kč/m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			9,8	13,0	0,480	13,5	10,2	
	8,2	Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	Kč/m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			11,4	14,6	0,840	15,5	12,2	
	8,2	Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	Kč/m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			17,3	23,8	0,400	24,2	17,7	
	8,2	Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	Kč/m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			13,5	18,4	0,996	19,4	14,5	
	8,2	Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	Kč/m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh	3,61	2,29	2,1	2,6	3,400	8,3	7,7	broušení zbytku
	8,2	Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	Kč/m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			0,1	2,2	0	2,2	0,1	
	8,2	Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	Kč/m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			0,1	1,7	0	1,7	0,1	
	8,2	Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	Kč/m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			0,5	1,6	0,008	1,6	0,5	
	8,2	Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	Kč/m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh		0,36	1,4	3,0	0,075	3,1	1,4	4,843333333
	8,2	Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	Kč/m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			0,3	1,6	0,004	1,6	0,3	
	8,2	Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	Kč/m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh			0,5	2,0	0,029	2,1	0,5	
0	8,2	Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	Kč/m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh	3,61	0,36	0,1	1,6	0	1,6	0,1	
0	8,2	Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	Kč/m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh	3,61	2,29	17,3	23,8	3,400	24,2	20,7	
	8,2	Kč/Nm <sup>3</sup>	0,5	Kč/m <sup>3</sup>	2,4	Kč/kWh	3,61	1,32	6,4	9,8	0,511	10,5	6,9	

**Tab. 8.4:** Shrnutí nákladů na odstraňování ocelových a litinových nálitků o  $\phi$  150 - 220 mm

	Slévárna	Technologie	$\phi$ nálitku	Náklady [Kč/náitek]		Odchylka	
			[mm]	s manipul.časy	bez man.časů	[Kč/nál.]	[%]
	1	2	4	5	6	7	8
1	E	ruční pálení Griesson®	200	35,8	26,4	9,5	26
2	H	ruční pálení AC (L)	200	34,1	29,2	4,9	14
3		ruční pálení AC (O)	200	33,9	24,1	9,8	29
4		ruční pálení AC (L)	150	36,5	23,5	13,0	36
5		ruční pálení AC (O)	150	42,1	19,4	22,8	54
6	L	ruční pálení AC	200	30,2	18,8	11,5	38
7	F	ruční pálení AC	200	24,6	20,9	3,7	15
8		strojní pálení ZP	200	38,8	31,2	7,6	20
9		uražení - canon	200	13,0	2,4	10,6	81
10	C	ruční pálení AC	220	24,0	17,8	6,2	26

**Tab. 8.5:** Shrnutí nákladů na odstraňování nálitků ve slévárnách D, G a M

	Slévárna	Technologie	Průměr [mm]	Náklady [Kč/nálitek]		Odchylka	
				s manipul.časy	bez man.časů	[Kč/nálitek]	[%]
	1	2	4	5	6	7	8
1	LLG	ulamování, slévárna D	20	3,3	0,1	3,3	98,4
2		ulamování, slévárna M	22	2,2	0,1	2,2	97,6
3		ruční rozbrušování diamant, slévárna D	100	14,8	10,0	4,9	32,9
4		řezání plazmou, slévárna D	100	22,0	15,5	6,5	29,6
5		ulamování (podnálitková podložka), slévárna D	150	4,9	0,1	4,9	98,9
6		ruční rozbrušování keramika, slévárna D	200	21,5	15,0	6,5	30,2
7	LKG	ulamování klínem, slévárna M	10	1,6	0,3	1,4	83,1
8		ulamování, slévárna M	12	1,7	0,1	1,6	96,8
9		ruční rozbrušování diamant, slévárna M	15	1,6	0,5	1,1	66,4
10		ruční rozbrušování keramika, slévárna M	17	3,1	1,4	1,6	53,2
11		ruční řezání brusku PBU, slévárna G	43	8,3	7,7	0,6	7,2
12	Al slitiny	řezání pásovou pilou, slévárna D	200	13,5	10,2	3,3	24,1
13	CU slitiny	strojní rozbrušování, slévárna D	150	15,5	12,2	3,3	21,0
14		ruční rozbrušování, slévárna D	200	24,2	17,7	6,5	26,8

Tab. 8.6: Roční nákladovost odstranění nálitku, vtoku - všechny metody

	Slévárna	Průměrné roční spotřeby							Používané metody v % (nálitky)					Pomocné ukazatele							
		Objem výroby [t hr.hm]	Objem výroby [ks]	Spotřeba [hod]	Osobní náklady [Kč]	Energie k pálení [Kč]	Materiál [Kč]	Náklady pálení celkem	Náklady na kg hrub.hmot. [Kč/kg]	Odstraněné nálitky, kapsy [t]	Plochy odstraněných nalitků [dm <sup>2</sup> ]	Ruční pálení [%]	Strojní pálení [%]	Urážení [%]	Řezání [%]	časová náročnost [hod/t]	energetická náročnost [Kč/t]	průměrná hmotnost odlitků [kg/ks]	Odstraněné nálitky,... [t/t]	Osobní náklady [Kč/t]	Materiálové náklady [Kč/t]
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	F	6 000	1 818	8 300	1 618 500	2 835 000	590 000	5 043 500	0,8	3 020,0						1,4	473	3 300	0,503	270	98
2	L	707	77 082	1 898	370 110	244 410	43 829	658 349	0,9	319,0	-	30	0	55	15	2,7	346	9	0,451	523	62
3	E	4 631	75 042	7 865	1 533 675	835 000	55 000	2 423 675	0,5	2 538,0		95		5		1,7	180	62	0,548	331	12
4	H	2 443		3 486	679 770	1 757 175		2 436 945	1,0	1 391,4						1,4	719		0,570	278	0
5	<b>2016 1-7.</b>	1 558		1 474	287 430	1 136 000		1 423 430	0,9	303,5						0,9	729		0,195	184	0
6	<b>D ruční</b>	1 183	42 205	899	175 305	42 500	91 000	308 805	0,3					28	72	0,8	36	28		148	77
7	<b>D strojní linky</b>	826	78 742	3 489	680 355	172 000	87 000	939 355	1,1					100	0	4,2	208	10		824	105
8	<b>D strojní DISA</b>	741	128 423	4 898	955 110	54 000	74 000	1 083 110	1,5					81	19	6,6	73	6		1 289	100
9	<b>D celkem</b>	2 750	249 370	9 286	1 810 770	268 500	252 000	2 331 270	0,8					68	32	3,4	98	11		658	92

Tab. 9.1: Podklady k posuzování nákladovosti broušení odlitků

					roční náklady 2015					brusičské práce [hod]			Pomocné ukazatele (náročnosti)							
	Slévárna	Objem výroby (hr.hm)	Objem výroby	Celkem broušení	Osobní náklady	Energie k broušení	Brusný materiál	Náklady broušení celkem	Náklady na kg hrub. hmot.	apretace (hrubé broušení)	broušení pro NDT	Opravy	časová		energetická		spotřeba brusných materiálů		Podíl osobních nákladů	Průměrná hmotnost odlitků
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		[t]	[ks]	[hod]	[Kč/rok]	[Kč/rok]	[Kč/rok]	[Kč/rok]	[Kč/kg]	[%]	[%]	[%]	[hod/t]	[Kč/t]	[Kč/t]	[Kč/hod]	[Kč/t]	[Kč/hod]	[Kč/ks]	[kg/ks]
1	L	707	77 082	6 641	1 294 995	92 754	270 384	<b>1 658 133</b>	<b>2,3</b>	94	1	5	9,4	1 832	131	14	382	41	17	9,17
2	E	4 631	75 042	29 310	5 715 450	500 000	1 814 000	<b>8 029 450</b>	<b>1,7</b>	85	5	10	6,3	1 234	108	17	392	62	76	61,71
3	F	6 000	1 818	110 000	21 450 000	3 100 000	3 700 000	<b>28 250 000</b>	<b>4,7</b>	25	27	48	18,3	3 575	517	28	617	34	11 798	3 300,00
4	M	5 735	2 980 485	31 500	6 142 500	1 650 000	1 075 000	<b>8 867 500</b>	<b>1,5</b>	85	0	15	5,5	1 071	288	52	187	34	2	1,92
5	H	2 443	-	31 364	6 115 980	1 031 819	377 530	<b>7 525 329</b>	<b>3,1</b>	66	4	29	12,8	2 503	422	33	155	12		
6	1-7., 2016	1 558	-	9 968	1 943 760	424 248	118 985	<b>2 486 993</b>	<b>1,6</b>	73	0	27	6,4	1 248	272	43	76	12		