

VÝVOJ NÁKLADOVÉHO HODNOCENÍ APRETACE ODLITKŮ (V. etapa) PROJEKT XVI



Sborník přednášek

Seminář XV, Kovohutě Příbram, a.s., Příbram, 22. 3. 2016

Koordinátor: Doc. Ing. Václav Kafka, CSc.

Řešitelé:

Ing. Zdeněk Brázda	Ing. Michael Fík
p. Miroslav Herzán	Ing. Pavel Jelínek
Ing. Ivo Lána, Ph.D.	Ing. Ervin Marko
Bc. Roman Miča	Ing. Marcel Novobilský
Ing. Josef Obrtlík	p. Miroslav Šaulík
Ing. Blanka Vyletová	

Dále spolupracoval: Bc. Pavel Obrtlík

JIHOMORAVSKÁ ARMATURKA, spol. s.r.o., Hodonín
KRÁLOVOPOLSKÁ SLÉVÁRNA, s.r.o., Brno
SLÉVÁRNA A MODELÁRNA NOVÉ RANSKO, s.r.o., Nové Ransko
SLÉVÁRNY TŘINEC, a.s., Třinec
Techconsult Praha s.r.o.
TEPELNÁ ZAŘÍZENÍ FÍK, s.r.o., Praha
VÍTKOVICKÉ SLÉVÁRNY, spol. s.r.o., Ostrava
ŽĐAS, a.s., Žďár nad Sázavou

Práce byla vykonána za finanční podpory Odborné komise ekonomické ČSS Brno
a zúčastněných společností.

BŘEZEN 2016

Obsah

1	Úvod	6
2	Výchozí situace PROJEKTU XVI	6
2.1	Zevrubný popis použité metodiky stanovení nákladů	7
2.2	Vytvoření řešitelského týmu PROJEKTU XVI	7
3	Cíle PROJEKTU XVI	7
4	Informace o řešitelských organizacích v PROJEKTU XVI	8
5	Tryskání odlitků	8
5.1	Východiska z PROJEKTU XV	8
5.2	Zkušenosti s motivačním programem ve slévárně G	9
5.3	Vývoj přídatného zařízení	10
5.3.1	Uvedení do problematiky tryskání	10
5.3.2	Zadání pro vývoj přídatného zařízení	12
5.3.3	Funkce zařízení	12
5.3.3.1	Grafické vyhodnocení průběhu tryskání	13
5.3.3.2	Statistické vyhodnocení průběhu tryskání	16
5.3.3.3	Posouzení nákladů tryskání	16
5.3.4	Současný stav ve využívání zařízení DSTP v českých a zahraničních slévárnách	18
5.3.5	Představa o pokračování šetření v dané oblasti v PROJEKTU XVII	18
6	Pokračování řešení problematiky tepelného zpracování odlitků	19
6.1	Východiska z PROJEKTU XV	19
6.2	Zaměření prací na oblast vybraných druhů tepelného zpracování	20
6.3	Vytvoření informační banky dat k posuzování tepelného zpracování	20
6.3.1	Charakteristika vstupních dat sléváren zařazených v PROJEKTU XVI	21
6.4	Hodnocení nákladovosti druhů TeZ podle zúčastněných sléváren	22
6.4.1	Posuzování vybraných druhů TeZ ve slévárně F	22
6.4.1.1	Normalizace	22

6.4.1.2	Popouštění.....	23
6.4.1.3	Popouštění s řízeným chladnutím.....	25
6.4.1.4	Porovnání výsledků různých druhů TeZ ve slévárně F	27
6.4.1.5	Posouzení účinků vybraných vlivů na nákladovost druhů TeZ ve slévárně F	28
6.4.2	Posuzování vybraných druhů TeZ ve slévárně E.....	29
6.4.2.1	Normalizace.....	29
6.4.2.2	Popouštění.....	31
6.4.2.3	Kalení	31
6.4.2.4	Kalení s rozpouštěcím žháním	32
6.4.2.5	Porovnání výsledků různých druhů TeZ ve slévárně E	33
6.4.2.6	Posouzení účinků vybraných vlivů na nákladovost druhů TeZ ve slévárně E.....	33
6.4.3	Posuzování vybraných druhů TeZ ve slévárně C.....	34
6.4.3.1	Normalizace.....	34
6.4.3.2	Popouštění.....	35
6.4.3.3	Kalení do vody	35
6.4.3.4	Porovnání výsledků různých režimů TeZ ve slévárně C	36
6.4.3.5	Posouzení účinků vybraných vlivů na nákladovost druhů TeZ ve slévárně C.....	36
6.4.3.6	Úvodní posouzení spotřeby plynu na náhřev a výdrž u normalizace	37
6.4.4	Posuzování vybraných druhů TeZ ve slévárně H	39
6.4.4.1	Posuzování normalizace ve slévárně H	39
6.4.4.2	Posuzování popouštění ve slévárně H	39
6.4.4.3	Posouzení vybraných vlivů na nákladovost TeZ ve slévárně H.....	39
6.4.5	Dílčí závěry.....	40
6.5	Shrnutí výsledků rozsáhlých souborů	41
6.5.1	Posuzování rozsáhlých souborů u normalizace.....	41
6.5.2	Posuzování rozsáhlých souborů u popouštění.....	45
6.5.3	Posuzování rozsáhlých souborů u všech výpalů.....	46
6.5.4	Shrnutí výsledků posuzování rozsáhlých souborů.....	48

6.6	Porovnání nákladů na stejný druh tepelného zpracování ve slévárnách PXVI	49
6.6.1	Porovnání nákladů na normalizaci ve slévárnách PXVI	49
6.6.2	Porovnání nákladů na popouštění ve slévárnách PXVI	52
6.6.3	Porovnání nákladů na kalení ve slévárnách PXVI	53
6.7	Naznačení možných závěrů z dosavadního šetření v oblasti posuzování různých druhů tepelného zpracování	54
6.7.1	Naznačení závěrů z dosavadního šetření v oblasti TeZ	55
7	Tepelné zpracování slitin hliníku	56
8	Problematika odstraňování nálitků	58
8.1	Úvodní informace o metodách odstraňování nálitků ve slévárnách	58
8.2	Odstraňování nálitků	59
8.2.1	Slévárna C	59
8.2.2	Slévárna F	59
8.2.3	Slévárna H	60
8.2.4	Slévárna G	60
8.2.4.1	Aplikace diamantových řezných kotoučů	62
8.3	Závěr k problematice odstraňování odlitků	63
9	Návrh dalšího postupu v řešení PROJEKTU XVII	64
10	Shrnutí a závěr	65
11	Literatura	67
12	Seznam zkratk	67
13	Seznam tabulek	68
14	Seznam obrázků	68
15	Přílohy – viz CD ROM	69
15.1	PŘÍLOHA 1	69
15.2	PŘÍLOHA 2	69
15.3	PŘÍLOHA 3	70
16	Vydavatelské údaje	71

1 Úvod

Odborná komise ekonomická ČSS od r. 2000 nákladově posuzuje jednotlivé hlavní fáze výroby odlitků. Cílem těchto prací je postupně podrobit všechny fáze nákladové analýze a následně vytvořit nákladové modely, které by umožnily zjistit nákladovou náročnost každého konkrétního odlitku. Posléze - když dokážeme příslušnou nákladovou hodnotu měřit - je také možné ji řídit.

Již pátým rokem se věnujeme oblasti apretace odlitků. V předložené práci řešitelský kolektiv pokračuje v posuzování otázek mechanického čištění (tryskání) u litinových a ocelových odlitků.

A také pokračujeme v řešení velice komplikované otázky tepelného zpracování ocelových odlitků.

V předložené studii nechceme pokud možno opakovat zjištěné skutečnosti z minulých třech PROJEKTŮ, které se otázkám apretace věnovaly. Pokud je to nezbytné, pak se na výsledky zjištěné v předcházejících PROJEKTECH odvoláváme. Chceme se zcela záměrně vyhnout zbytečnému opakování dřívějších zjištění.

2 Výchozí situace PROJEKTU XVI

Otázkám apretace odlitků se věnujeme, jak bylo vzpomenuto, již pátým PROJEKTEM. Cílem výchozího PROJEKTU XII (PXII), který se začal zabývat problematikou apretace odlitků, bylo vyvinout metodiku nákladového ohodnocení hlavní výrobní fáze apretace. A samozřejmě, podle vyvinuté metodiky, stanovit náklady na vybrané odlitky pro všechny zvolené dílčí výrobní fáze.

Poté jsme se v následujícím PXIII zaměřili na systematické hodnocení jednotlivých dílčích výrobních fází apretace. Hlavním posláním PXIII bylo hledat cesty, které by měly za následek snížení nákladovosti apretace ocelových odlitků u mechanického čištění (tryskání). A dále vyvinout charakteristické hodnoty, které by co nejpřesněji vystihovaly povrchové, hmotnostní a tvarové odlišnosti posuzovaných odlitků. Zaměřili jsme se zejména na otázky tryskání u ocelových odlitků. Dále bylo definováno celkem osm charakteristických hodnot odlitků. S těmi jsme následně posuzovali závislosti na nákladech apretace.

V navazujícím PROJEKTU XIV /1/ jsme analyzovali hlavní vlivy, které rozhodujícím způsobem ovlivňují nákladovou náročnost mechanického čištění (tryskání) u litinových odlitků. Dále jsme zahájili práce na analýze nákladů na tepelné zpracování ocelových odlitků.

V pokračujícím PROJEKTU XV /2/ jsme v první řadě zařadili do souborů odlitků, včetně jejich charakteristik a nákladových atributů dosud posuzovaných v PROJEKTECH, odlitky nově zapojených sléváren. Pro nové odlitky jsme stanovili jejich charakteristiky a nákladové atributy. Nově jsme posoudili rozšířené soubory charakteristik odlitků včetně jejich možných závislostí na nákladovosti. U tryskání odlitků jsme se dopracovali k ukazateli jednotkové spotřeby abraziva vztaženého

na příkon turbíny. Významný krok byl proveden u tepelného zpracování odlitků. Tam jsme na souboru žíhacích pecí účastněných sléváren porovnali náklady na tepelné zpracování celkem a prokázali zásadní vliv dvou účinnostních parametrů na nákladovost.

2.1 Zevrubný popis použité metodiky stanovení nákladů

Tato problematika je nastíněna v **PŘÍLOHA 1**.

V PROJEKTU XVI jsme se v první řadě jako vždy zaměřili na vytvoření řešitelského kolektivu.

2.2 Vytvoření řešitelského týmu PROJEKTU XVI

Od ukončení řešení předcházejícího – v našem případě PROJEKTU XV – prakticky začíná tvorba nového pracovního týmu. Ten se vytvořil z JIHOMORAVSKÉ ARMATURY, spol. s.r.o., Hodonín, KRÁLOVOPOLSKÉ SLÉVÁRNY, s.r.o., Brno, SLÉVÁRNY A MODELÁRNY NOVÉ RANSKO, s.r.o., Nové Ransko, SLÉVÁRNY TŘINEC, a.s., Třinec, Techconsult Praha s.r.o., TEPELNÁ ZAŘÍZENÍ FÍK, s.r.o, Praha, VÍTKOVICKÉ SLÉVÁRNY, s.r.o. Ostrava a ŽĎAS, a.s., Žďár nad Sázavou. Řešitelský tým byl tedy tvořen koordinátorem, dvanácti řešiteli a spolupracujícími studenty.

Samozřejmě jako každým rokem probíhala jednání s dalšími slévárnami o jejich účasti v řešení. Nebyla však úspěšná. Dále budeme definovat cíle PROJEKTU XVI.

3 Cíle PROJEKTU XVI

Na základě závěrů PROJEKTŮ XII, XIII, XIV a XV si řešitelský kolektiv pro PROJEKT XVI vytkl následující cíle:

Prvním cílem v oblasti tryskání odlitků bylo dokončit vývojové práce na přídatném zařízení. Seznámit s jeho funkcí řešitelské slévárny.

V oblasti tepelného zpracování jsme si vytkli pokusit se porovnat nákladovost vybraných režimů tepelného zpracování (normalizace a popouštění) ve slévárnách zařazených do řešení. Dále provést porovnání získaných výsledků a alespoň naznačit oblasti možných nákladových úspor. Předpokládali jsme práce s výběrovými soubory do 5 cyklů.

U oddělování nálitků jsme plánovali pouze provedení úvodních prací. Tedy vstupní pohled na aplikované metody odstraňování odlitků v jednotlivých slévárnách.

4 Informace o řešitelských organizacích v PROJEKTU XVI

Informace o řešitelských organizacích byly uvedeny v PROJEKTU XIV /1/ a PXV /2/.

Následně se zaměříme na vlastní řešení

5 Tryskání odlitků

5.1 Východiska z PROJEKTU XV

Cíle PROJEKTU XV se zaměřily u mechanického čištění na hledání jednotlicího ukazatele jednotkové spotřeby abraziva. U posuzování nákladů na tryskání rozšířených souborů jsme si potvrdili rozsáhlou měnlivost nákladů. U litinových i ocelových odlitků jsme konstatovali téměř shodnou nákladovost od cca 0,20 Kč/kg do 3,70 Kč/kg.

Následně jsme se věnovali posuzování efektivnosti tryskacího zařízení (TZ). K tomu účelu byl vytvořen ukazatel Jednotné spotřeby abraziva (JSA). Ten je vykazován v kg/hod/kW. Zjednodušeně ukazatel JSA je podílem průměrné spotřeby abraziva vztažené na 1kW příkonu metacích jednotek příslušného trykače. Jeho hodnota by se měla pohybovat od cca 0,2 do 0,3 kg/hod/kW. Bohužel těchto hodnot dosahují pouze tři TZ z jedenácti posuzovaných v PXV. Následně se prokázalo, že JSA statisticky významně závisí na podílu abraziva v „hodinových“ nákladech na tryskání. Podobně se jako statisticky významný projev, k překvapení, i příkon turbín TZ. Poté se v práci rozsáhle diskutovalo využití tohoto ukazatele.

Následně bylo v r. 2014 provedeno posouzení technického stavu TZ, které vyznívalo obdobně problémově jako v r. 2013. Ve slévárně H byla provedena postupně dvě šetření – v r. 2013 a v r. 2014. Tato posouzení jsou doplněna rozsáhlým dokumentačním materiálem a návrhem dalšího řešení. Lze říci, že zjištěná situace může být pro slévárny typickým.

Poté byly shrnuty opatření technického a motivačního charakteru v oblasti tryskání. Jedná se o počítadlo provozních hodin a zařízení na snímání zatížení metacích turbín tryskacího zařízení.

Velice zajímavé bylo ověření opatření motivačního charakteru ve slévárně G. To přineslo mimo jiné velice zajímavé úspory v oblasti spotřeby abraziva (až o 4 kg/hod). Také se velice pozitivně hodnotila změna vnímání nákladové náročnosti tryskání řešitelským týmem. Poté se v závěrečné stati studie /2/ shrnuly základní zásady racionálního průběhu tryskání.

Nyní se nejprve zaměříme na zkušenosti s motivací pracovníků na nákladech tryskání.

5.2 Zkušenosti s motivačním programem ve slévárně G

Snahou každého dobrého hospodáře při jakékoliv výrobě je hledání rezerv ve výrobě, zvyšování efektivity a tím následně snižování výrobních nákladů. Při apretuře odlitků je nejnákladnější operace tryskání. V této oblasti můžeme aplikovat nejrozličnější technická opatření, která jsou popsána v /1/. Díky těmto opatřením ve slévárně G klesla spotřeba abraziva při tryskání, což se samozřejmě kladně projevilo ve snižování nákladovosti této operace. Tato technická opatření přinesla snížení spotřeby abraziva o 3,3 kg/h (tj. 18 %) a měla za následek úsporu tryskacího materiálu v období 1–6/2014 v částce 81 277 Kč.

Zavedením technických opatření se snižuje spotřeba abraziva do určité hladiny a pak již nedochází ke zvyšování úspor. Dalšího snížení spotřeby abraziva a tím následujících úspor lze dosáhnout zavedením opatření jiného charakteru. Ve slévárně G do této problematiky vtáhli obsluhy tryskacích zařízení motivací.

Základem je schopnost dokázat správně motivovat dělníky ke spolupráci na zvýšení kvality a efektivity jejich pracovní činnosti, která vede k dalším úsporám. Z tohoto důvodu byl obsluhám tryskacích zařízení navržen motivační program. Motivační systém musí obsahovat kritéria, která jsou měřitelná a reálně dosažitelná. Současně musí být zvolen vhodný interval pro vyhodnocování, který zajistí malý vliv výkyvů, a současně musí být výše finanční odměny motivační. Základní kritéria motivačního programu jsou popsána v /2/.

Motivační program byl ve slévárně G zaveden od 3. čtvrtletí 2014. Spotřeba abraziva se vyhodnocuje ve čtvrtletních intervalech, a její základní hranice byla stanovena na 14 kg/h. Každá spotřeba nižší než 14 kg/h je vyhodnocována jako úspora. Zapojení obsluhy tryskacích zařízení do snižování spotřeby abraziva přineslo kýžené výsledky, které jsou uvedeny v **Tab. 1**.

Tab. 1 Výsledky úspor abraziva

		3.Q/2014	4.Q/2014	1.Q/2015	2.Q/2015	3.Q/2015
	1	2	3	4	5	6
1	Spotřeba abraziva [kg/h]	9,90	12,6	12,08	11,96	10,71
2	Úspora [%]	29,29	10,0	13,70	14,57	23,50
3	Úspora [Kč]	119 456	28 238	41 469	30 032	82 765

Dosažená úspora předčila veškerá očekávání. Při zavádění motivačního programu se předpokládalo, že je možno dosáhnout úspor 10–18 %. Z **Tab. 1** je zřejmé, že odhadovaná úspora byla dokonce ve dvou případech překročena, přičemž nejvyšších úspor bylo dosaženo ve 3. čtvrtletí 2014.

Úspory ve spotřebě abraziva přinesly slévárně současně úsporu finančních prostředků v celkové výši 301 960 Kč.

Zkušenosti s motivačním programem ukazují, že obsluhy TZ dokáží (jsou-li vhodně motivovány) mnohem více sledovat stav tryskacích strojů, aby nedocházelo k navýšení spotřeby. Pracovníci sami vyžadují aktivnější přístup

svých mistrů k zajištění nutných oprav. Následně jsme se zaměřili na vývoj přídatného zařízení k tryskacím jednotkám.

5.3 Vývoj přídatného zařízení

5.3.1 Uvedení do problematiky tryskání

Tryskání, jak již sám název napovídá, je usměrněný proud drobných částic – abraziva – který při dopadu na povrch odlitku, vykonává několik funkcí. Je to očištění povrchu od zbytků formovacích směsí a sjednocení povrchu, při čemž dochází i ke zpevnění povrchové vrstvy. Čistota, vzhled a drsnost povrchu tedy zhodnocuje všechny předchozí, investičně nesrovnatelně náročnější technologie výroby odlitku a činí odlitek prodejným.

Tryskáním tedy realizujeme požadavek na úpravu povrchu, který lze splnit dodržením dvou neoddělitelně spojených aspektů. Těmi jsou tryskací zařízení a abrazivo. Přičemž jejich kvalita je určující pro konečný výsledek celého technologického procesu. Tento žádoucí výsledek bychom mohli charakterizovat třemi veličinami:

- čistící výkon – schopnost dosáhnout požadovaného povrchu za minimální dobu,
- produktivita – schopnost využít čistící výkon na maximum odlitků,
- efektivita – schopnost dosáhnout maximální produktivity za minimální cenu.

Dosažení žádoucího výsledku můžeme popsat tak, že optimálním proudem abraziva působíme na maximální počet odlitků takovým způsobem, aby bylo dosaženo nejvyšší efektivity. Vzhledem k rozsáhlé variabilitě velikosti, typů a stáří používaných tryskacích zařízení, podmínkám provozů a nárokům odběratelů nelze výše zmíněnou větu blíže konkretizovat. Je tedy zřejmé, že jednoduché a konkrétní doporučení pro provoz tryskacích zařízení neexistuje. Tuto situaci nepříznivě ovlivňuje ještě fakt, že tryskání samo je proces dynamický, kde se projevuje opotřebení dílů stroje současně s opotřebením abraziva. Konkrétně lze jmenovat následující aspekty.

Vliv stroje:

- opotřebení turbíny způsobí změnu proudu abraziva, tedy čistící výkon,
- nefunkční separace způsobí ztrátu abraziva, ovlivní složení pracovní směsi, tedy i čistící,
- opotřebení tryskací komory, dopravního systému abraziva atd. a může vést ke ztrátě abraziva.

Vliv abraziva:

- nevhodně zvolený typ abraziva zásadně ovlivňuje opotřebení stroje a spotřebu abraziva,

- nekvalitní abrazivo má za následek jeho zvýšenou spotřebu,
- nevhodně zvolená velikost abraziva snižuje čistící schopnost, popřípadě negativně ovlivňuje kvalitu povrchu.

Všechny výše jmenované příčiny vedou ke snížení efektivity tryskacího procesu, projevující se zvýšením tryskacích časů, zvýšenými náklady na abrazivo a údržbu stroje a špatnou kvalitou povrchu. Obecně se situace při provozování tryskacích zařízení komplikuje tím, že u obsluh, majících vliv na chod zařízení nepanuje shoda a ani nemají potřebné znalosti pro jeho optimální využití. Většina svévolných zásahů, ať již do nastavení stroje, jeho úprav anebo pokynů pro obsluhu se ukázala být kontraproduktivními. Šance na nápravu tohoto stavu nebývají velké. Pokud již v tomto prostředí nějaké aktivity v minulosti proběhly, tak nepřinesly patřičný výsledek. Jako příklady můžeme uvést:

- výměna turbíny na tryskači ŠKODA za novou moderní nepřinesla žádnou změnu. Zákazník si neuvědomil, že turbína pouze urychluje abrazivo a tuto funkci plnila i ta původní. Nechal se „zmanipulovat“ prodejcem a vynaložil zbytečně finanční prostředky,
- odstavení jedné ze dvou turbín tryskače ŠKODA. Dle vyjádření obsluhy není tryskač schopen přivádět abrazivo v dostatečném množství k oběma turbínám a provozovatel tento postoj ke své škodě přijal,
- zakrytí vstupního otvoru větrného odlučovače plechem, neboť dle pracovníků údržby zde údajně může docházet k úniku abraziva. Tímto zásahem byl větrný odlučovač zcela vyřazen z činnosti.

I když neexistuje univerzální návod pro všechny tryskače, jak dosáhnout maximální efektivity, tak existuje obecné doporučení, aby nedocházelo ke zbytečným ztrátám:

- turbíny zatěžovat na horní hranici výkonu, tj. cca dvojnásobný počet jednotek ampérů z výkonu (3 fáze, 400 V), např. motor o výkonu 7,5 kW zatěžovat na 15 A,
- hladinu abraziva v zásobníku nikdy nenechat klesnout pod polovinu objemu. Pokud jedna z turbín vykazuje nižší odběr intenzity (v A) pro nedostatek abraziva, jedná se o hrubou chybu. Obecně by měla být tato hodnota také monitorována,
- v odpadu magnetického separátoru (písku) se nesmí nacházet abrazivo,
- v odpadu z větrného odlučovače se nesmí nacházet písek a abrazivo o velikosti zrna větším než 0,3 mm (pro jmenovitou velikost 1,0–1,6 mm).

I když budou všechny tyto podmínky splněny, tak pořád ještě nelze s jistotou říci, že zařízení pracuje na vrcholu efektivity.

Kompetentní pracovník pro vypracování příslušného vyhodnocení totiž mívá ve většině případů k dispozici jen následující informace:

- množství spotřebovávaného abraziva za rok (v lepším případě za měsíc),
- počet tryskacích hodin,
- množství otryskané produkce.

S těmito daty lze do jisté míry vystačit tam, kde jsou tryskací operace v přímé časové návaznosti na výrobu. A kde by byla odchylka od žádaného stavu buď okamžitě, nebo s krátkým zpožděním, detekovaná a definovaná. To se týká např. tryskačů s drátěným pásem nebo bubnových.

U tryskačů závěsných a komorových, kde o tryskacích časech a zavážce individuálně rozhoduje obsluha, je skutečnost zcela jiná. Provozovatel zde předává obsluze stroj a má možnost minimální kontroly. Spoléhá pouze na její znalost o svěřeném zařízení, svědomitost a zodpovědnost. Tyto vlastnosti se sice u obsluhy předpokládají, ale pro optimalizaci tryskacího procesu zdaleka nestačí.

5.3.2 Zadání pro vývoj přídavného zařízení

Výše uvedené skutečnosti byly podnětem pro vývoj zařízení, které by nezávisle na lidském faktoru trvale monitorovalo provoz tryskače a na základě získaných informací bylo možno vyhodnotit následující charakteristiky:

- tryskací časy (nejkratší, průměrný, nejdelší),
- zatížení turbín,
- vytížení tryskacího zařízení v průběhu pracovních směn,
- spotřebu abraziva v kg/hod,
- spotřebovanou energii v kWh/turbínu a celkovou spotřebu,
- efektivitu zařízení danou spotřebou abraziva na kWh (viz JSA),
- náklady na tryskací hodinu (Kč/hod),
- náklady na libovolný sledovaný časový interval,
- náklady na otryskaný kus odlitku,
- náklady na otryskaný kg odlitku.

5.3.3 Funkce zařízení

Zařízení nazvané **DÁLKOVÉ SLEDOVÁNÍ TRYSKACÍHO PROCESU – DSTP** – pracuje na principu trvalého snímání odběru elektrického proudu turbínami. Signál s těmito daty je odesílán do serveru uživatele. Ten si pak pomocí obslužného programu může kdykoli provést vyhodnocení potřebného časového intervalu a mít tak doklad o využití sledovaného tryskače.

DSTP je prvním zařízením svého druhu, určené pro provoz tryskacích zařízení na trhu. Umožňuje provozovateli plnou kontrolu nad tryskacím pracovištěm.

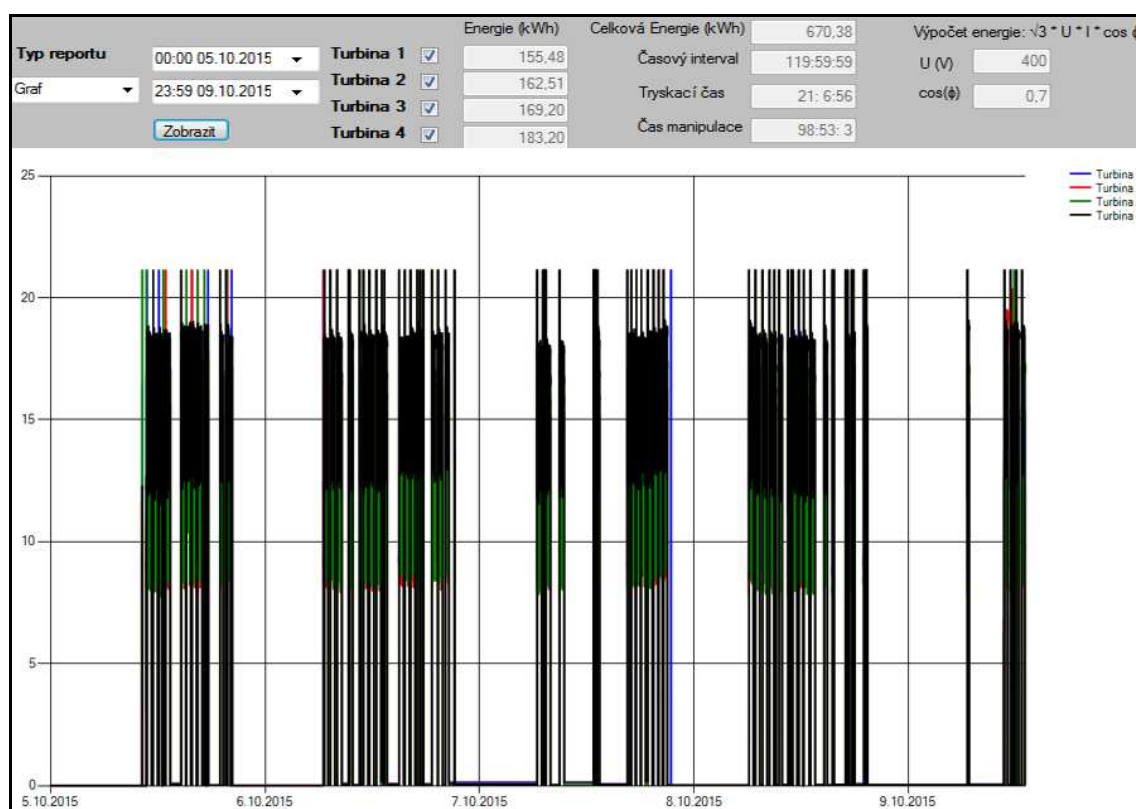
V aplikačním programu je možno zvolit mezi sledováním v reálném čase nebo vyhodnocování již uložených dat. Sledování v reálném čase v podstatě nahrazuje návštěvu řídicího manažera tryskací pracoviště.

Pokud jde o vyhodnocení tzv. reportů, je možno volit mezi grafickým vyhodnocením průběhu tryskání, statistickým rozbořem a informací o nákladech.

5.3.3.1 Grafické vyhodnocení průběhu tryskání

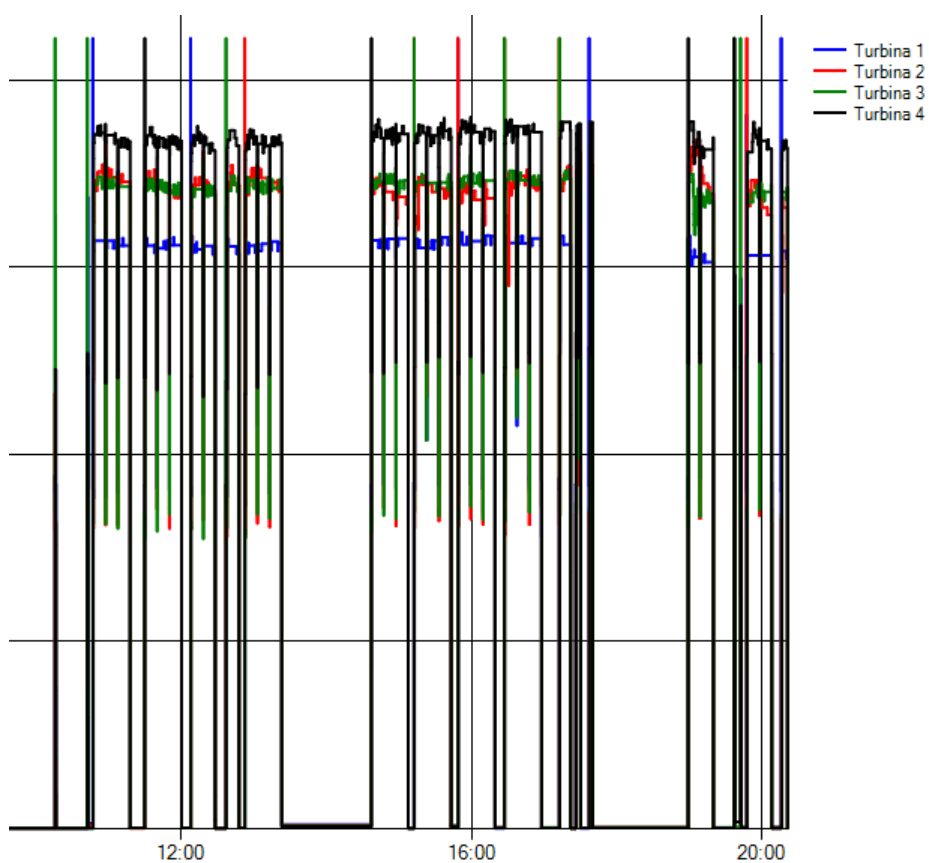
Jedná se o grafické zobrazení odběru elektrického proudu turbínami, které přehledným způsobem dokumentuje způsob vytížení stroje. Kromě tryskacích časů a směnového vytížení následně na příkladech hodnocení pracovního týdne (**Obr. 1**) a jednotlivých dnů (**Obr. 2, Obr. 3, Obr. 4, Obr. 5 a Obr. 6**) ukazuje nerovnoměrně a nedostatečně zásobené turbíny abrazivem.

Na obrázcích 2–6 jsme použili výřezy ze snímků z důvodu čitelnosti obrázků. Celé snímky jsou k nahlédnutí v **PŘÍLOZE 2**.

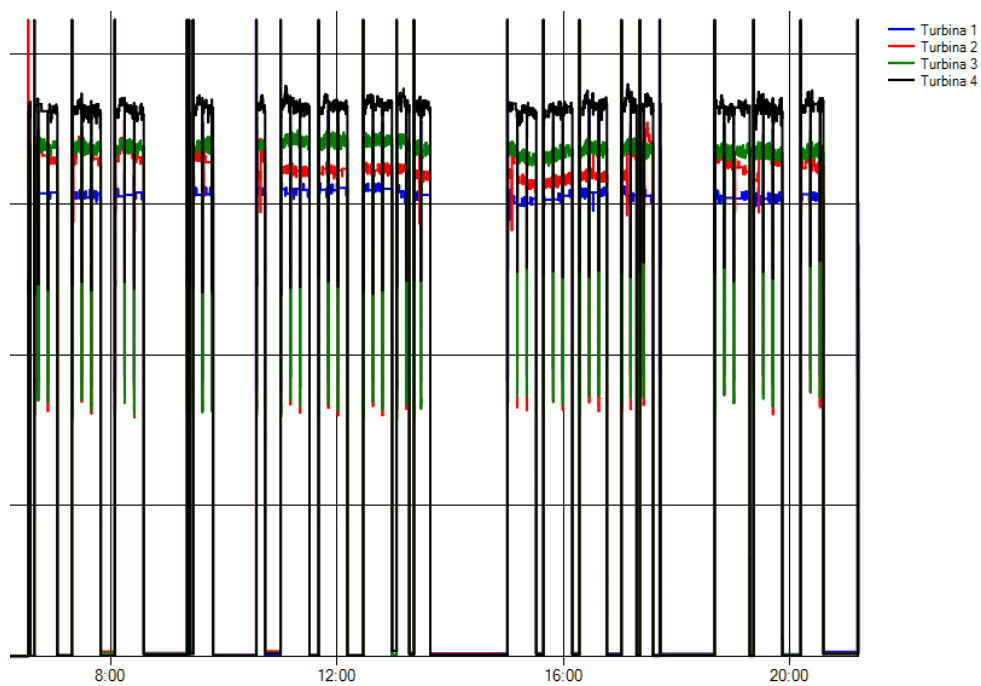


Obr. 1 Hodnocení pracovního týdne výkonu tryskacího zařízení

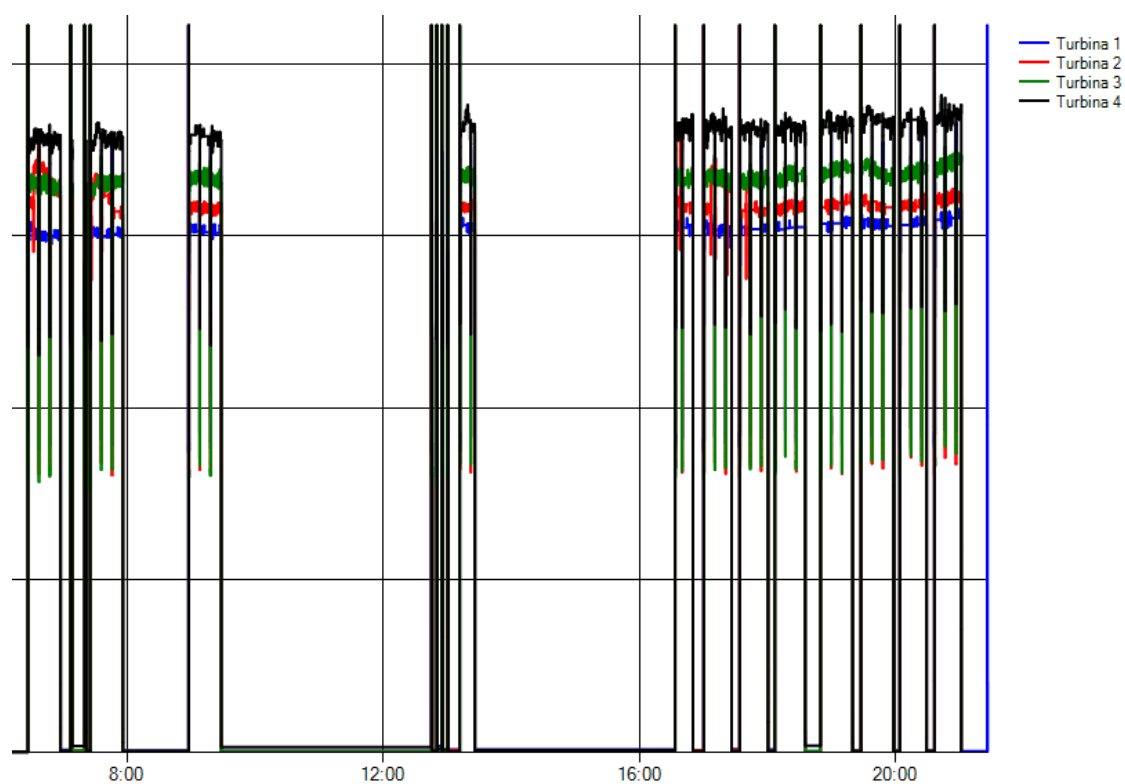
Zde na snímku pracovního týdne je kromě průběhů výkonu tryskacího zařízení vyčíslena celková spotřebovaná el. energie a celkový tryskací čas.



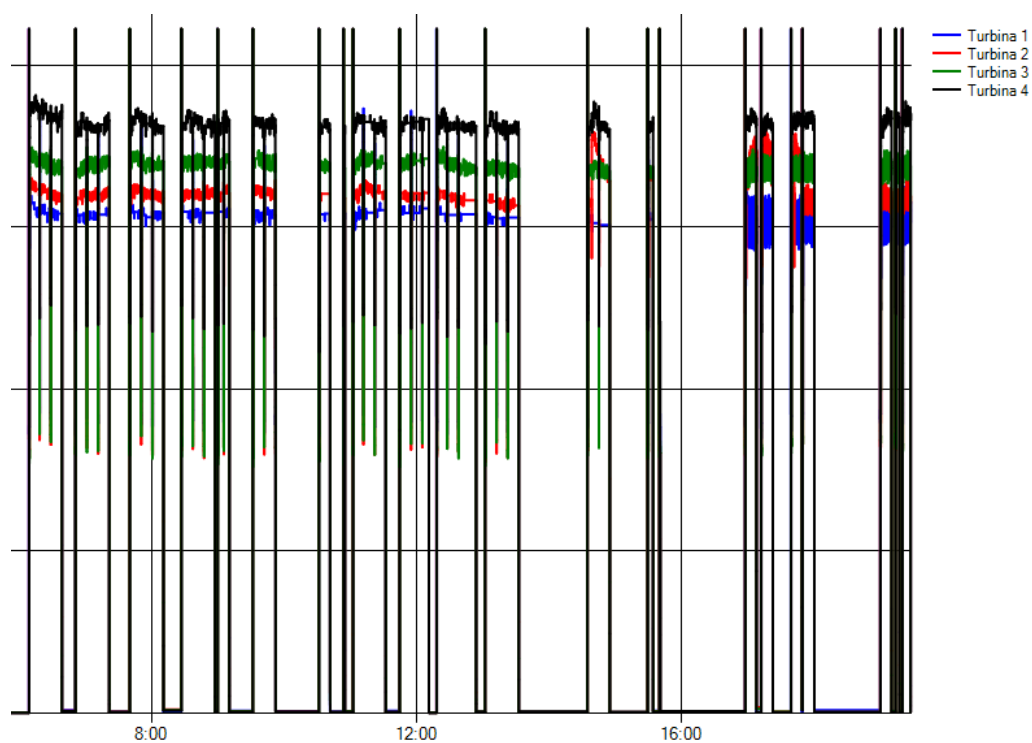
Obr. 2 Hodnocení 1. pracovního dne výkonu tryskacího zařízení (detail snímku)



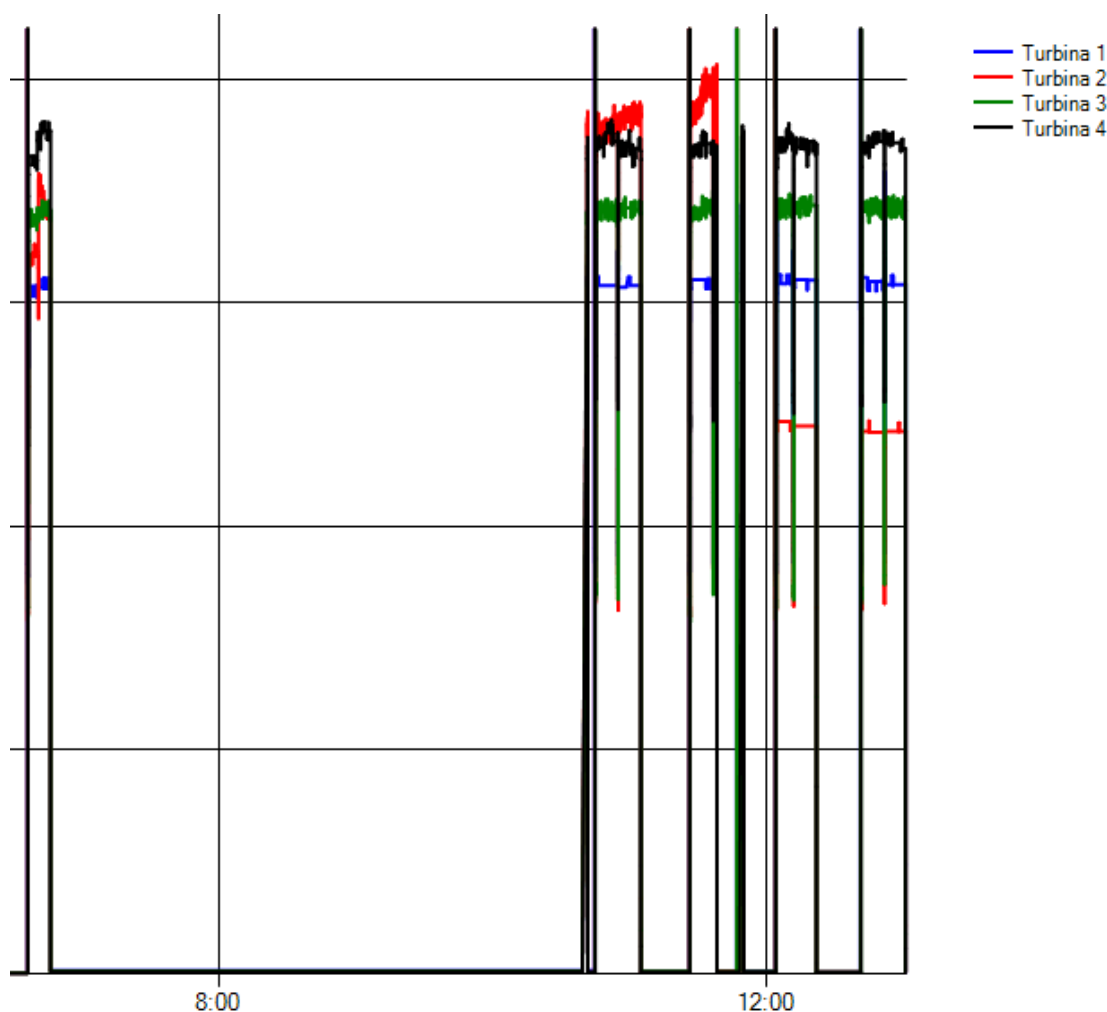
Obr. 3 Hodnocení 2. pracovního dne výkonu tryskacího zařízení (detail snímku)



Obr. 4 Hodnocení 3. pracovního dne výkonu tryskacího zařízení (detail snímku)



Obr. 5 Hodnocení 4. pracovního dne výkonu tryskacího zařízení (detail snímku)



Obr. 6 Hodnocení 5. pracovního dne výkonu tryskacího zařízení (detail snímku)

Ze snímků pracovních dnů v rámci jednoho týdne je patrná značná nerovnoměrnost vytížení stroje. Takto detailní údaje doposud nebyly k dispozici a vedoucí pracovníci byli víceméně odkázáni na tvrzení svých podřízených.

5.3.3.2 Statistické vyhodnocení průběhu tryskání

V reportu statistika (viz **Obr. 7**) je zobrazen celý pracovní týden jako hodnocení všech 91 tryskacích cyklů. Report uvádí mimo jiné i průměrnou dobu tryskacího cyklu (17,14 min) a především nejdelší dobu tryskacího cyklu (37,48 min). Pokud nejdelší doba výrazně překračuje dobu průměrnou, je třeba znát důvod, proč tomu tak je.

5.3.3.3 Posouzení nákladů tryskání

V reportu náklady (**Obr. 8**) lze po dosazení ceny elektrické energie, abraziva a množství doplněného množství vyčíslit materiálové náklady na tryskání

ve sledovaném intervalu. V tomto případě v pracovním týdnu. Ve sledovaném týdnu činí materiálové náklady 19 431 Kč a náklady na tryskací hodinu 920 Kč.

V případě že známe celkovou hmotnost a počet otryskaných odlitků, vyčíslí program i náklady na otryskání 1 kg odlitku (0,97 Kč/kg) a jednoho kusu (485 Kč/ks).

Typ reportu 00:00 05.10.2015 **Turbina 1** ☒ **Energie (kWh)** 155,48 **Celková Energie (kWh)** 670,38 **Výpočet energie:** $\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \phi$

Statistika 23:59 09.10.2015 **Turbina 2** ☒ **Časový interval** 119:59:59 **U (V)** 400

Turbina 3 ☒ **Tryskací čas** 21: 6:56 **cos(φ)** 0,7

Turbina 4 ☒ **Čas manipulace** 98:53: 3

Zobrazit

Statistika cyklu

Počet cyklů 91
 Průměrná doba (min.) 17,14 **Čas výskytu**
 Max. doba (min.) 37,48 6.10.2015 18:39:5
 Min. doba (min.) 0,08 7.10.2015 21:25:3

	Turbina	I průměrný (A)	I max (A)	I max start	I max Trvání	I min (A)	I min Start	I min Trvání
▶	1	14	16	5.10.2015 15:48	00:30:45	9	5.10.2015 10:42	00:00:55
	2	15	19	9.10.2015 11:26	00:12:05	8	5.10.2015 10:42	00:00:50
	3	16	17	5.10.2015 16:26	00:30:35	9	7.10.2015 13:00	00:00:41
	4	17	19	5.10.2015 17:12	00:09:10	11	5.10.2015 10:15	00:00:35

Obr. 7 Statistické vyhodnocení tryskání za týden

Typ reportu 00:00 05.10.2015 **Turbina 1** ☒ **Energie (kWh)** 155,48 **Celková Energie (kWh)** 670,38 **Výpočet energie:** $\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \phi$

Náklady 23:59 09.10.2015 **Turbina 2** ☒ **Časový interval** 119:59:59 **U (V)** 400

Turbina 3 ☒ **Tryskací čas** 21: 6:56 **cos(φ)** 0,7

Turbina 4 ☒ **Čas manipulace** 98:53: 3

Zobrazit

Materiálové Náklady

E - Cena Energie (Kč) 5 **Spotřeba Abrasiva (kg/h)** 28,42
 A - Cena Abrasiva (Kč) 18 **Jednotná spotřeba Abrasiva (kg/kWh)** 0,90
 n - Počet turbin 4
 m - Hmotnost Obrobku (kg) 20000
 p - Počet Obrobku 40
 Množství abrasiva (kg) 600

Celkové náklady - Nth (Kč)
 $Nth = x (1,6 \cdot E + 0,9 \cdot A + 0,25) \cdot 36 \cdot n$ 19 431,53
Hodinové náklady (Kč) 920,25
Náklady na kg (Kč/kg) 0,97
Náklady na obrobek (Kč/kus) 485,79

Obr. 8 Hodnocení nákladů tryskání

Je zřejmé, že po vložení standardních hodnot – kupříkladu plánované doby tryskání, dávky odlitků při tryskacím cyklu atd. je možné vypočítat standardní (očekáva-

né náklady). Standardní náklady lze následně porovnat s náklady skutečnými a zjistit překročení nebo jejich podkročení ve sledovaném časovém úseku.

Dále program umožní vyčíslit jeden z ekonomicky nejzajímavějších ukazatelů, a to jednotnou spotřebu abraziva – JSA. Tento ukazatel obecně popisuje efektivitu posuzovaného zařízení, danou jak jeho vybaveností a seřazením stroje, tak i trvanlivostí abraziva. Ve sledovaném případě zobrazená hodnota 0,9 je zcela neakceptovatelná. Za žádoucí stav je považována hodnota 0,2.

Zařízení **DSTP** je nástroj, který umožňuje získat skutečné a na lidském faktoru nezávislé informace o provozu tryskacího zařízení, byť informace ne vždy pro slévárnu potěšitelné. Nicméně mohou být „pevným bodem“, který umožní soustředit se na zjištěné nedostatky a tryskací operace optimalizovat. Toto byl také záměr při vývoji zařízení **DSTP** a možno říci, že zařízení očekávané požadavky splňuje.

5.3.4 Současný stav ve využívání zařízení **DSTP** v českých a zahraničních slévárnách

Nyní se jedno zařízení v české slévárně provozně úspěšně ověřuje. Očekáváme, že podrobné výsledky budou známy a prezentovány v následujícím PROJEKTU XVII. Zatím se jeví, že přístup typického uživatele v ČR je velmi opatrný.

Byla provedena nabídka zařízení **DSTP**, jehož cena se pohybuje mezi 30 000–40 000 Kč (pro sledování 4 turbín) v českých slévárnách. Bohužel zájem, se projevil spíše v kusech a navíc s možnou instalací v pozdější době.

Skutečností je, že německé slévárny projeví zájem o 50 ks přídatného zařízení **DSTP** ročně. Je třeba doplnit, že požadavky na montáž zařízení **DSTP** ve slévárně jsou nenáročné. Zařízení samotné je instalované v elektrické řídicí skříni stroje a pro ukládání dat se používá podnikový server. Přenos dat je realizován buď metalickým vedením, nebo bezdrátově. Požadavky na zaškolení a zácvik se vztahují pouze na vysvětlení funkcí programu příslušnému pracovníku, který je oprávněn vyhodnocovat práci tryskacího stroje.

5.3.5 Představa o pokračování šetření v dané oblasti v PROJEKTU XVII

Jeví se, že v dalších dvou až třech českých slévárnách zařazených do řešení v PROJEKTECH by se měla začátkem roku 2016 vyjasnit možnost instalace a následné ověření přídatného zařízení **DSTP**. Tak by bylo možné spolu se stávající slévárnou, která **DSTP** již provozuje (následně snad ve třech až čtyřech případech) dlouhodobější provozování podrobněji vyhodnotit a předat zkušenosti dalším slévárnám. V okamžiku, kdy bude k dispozici skutečná hodnota JSA za předpokladu správného seřazení stroje, tedy jinými slovy efektivita, bude možno provádět vzájemné srovnání všech vyhodnocených tryskacích pracovišť mezi sebou. A to hlavně z úhlu pohledu práce obsluhy a údržby a kvality abraziva.

6 Pokračování řešení problematiky tepelného zpracování odlitků

6.1 Východiska z PROJEKTU XV

Na úvod je třeba připomenout, že s posuzováním této problematiky jsme začali v r. 2013 v PXIV /1/. Postupovali jsme podle ověřené metodiky všech PROJEKTŮ. Tedy v první řadě nákladové ohodnocení odlitků této výrobní fáze metodou NVN. K tomuto přístupu si slévárny vybraly své odlitky. U nich byla následně metodou neúplných vlastních nákladů (NVN) tato fáze ohodnocena. Následně jsme posuzovali také náklady na tepelné zpracování u používaných žíhacích pecí. A poté specialista Ing. Michal Fík posoudil jejich technický stav.

Následně v r. 2014 jsme se začali zamýšlet nad ukazateli účinnosti pecí a závislosti jejich parametrů na vybraných aspektech. Cílem našeho posuzování byly celkové náklady na tepelné zpracování u vybraných odlitků, tedy bez ohledu na to, zda se jednalo o normalizaci, popouštění, kalení atd. Připomeňme si, že pro jednotlivé slévárny vybrané odlitky, jsme měli snahu sledovat náklady následovně:

- tepelné zpracování I (před pálením),
- tepelné zpracování II (po pálení),
- tepelné zpracování III (po zavařování),
- tepelné zpracování IV (po zavařování),

Dodejme, že ve čtyřech slévárnách se u sledovaných odlitků používala pouze jedna operace tepelného zpracování (TeZ), v dalších čtyřech dvě operace TeZ a ve dvou tři operace. Na základě takto stanovených nákladů na TeZ jsme v PROJEKTU XV /2/ u rozšířeného souboru deseti ocelových odlitků zjistili, že se tyto náklady pohybovaly od 1,16 Kč/kg do 7,88 Kč/kg hrubé hmotnosti odlitku s průměrem 3,09 Kč/kg (viz **Tab. 7.2** /2/). Jak tuto výši nákladů, tak uvedený rozptyl jsme hodnotili jako významný. Dále jsme zjistili, že na celkových nákladech apretace se podílí TeZ odlitku od 34 % do 69 %, což jsme také pokládali za významné.

V práci /2/ jsme se rozsáhle věnovali otázkám hodnocení vybraných nákladů na žíhací pece. K tomu byla velice pracně vytvořena rozsáhlá databáze se 40 sledovanými ukazateli (viz **Tab. 8.1** /2/). Hodnocení nákladů u 16 žíhacích pecí se provádělo ve dvou verzích. Posuzovaly se v první řadě náklady na plyn a údržbu. Ve druhé variantě se k těmto nákladům přidávala také elektrická energie (hodnoceno u 11 pecí). Dodejme, že náklady se vztahovaly na jeden cyklus TeZ. Doplňme, že náklady se vztahovaly na všechny režimy žíhací pece za rok. Ukázalo se, že tyto náklady (plyn a údržba) se pohybují od 0,60 Kč/kg do 2,44 Kč/kg s průměrnou hodnotou 1,26 Kč/kg. To považujeme opět za významné náklady a jejich prezentované variační rozpětí za rozsáhlé.

Zcela zásadní pro řešitelský kolektiv byla skutečnost, že náklady na plyn se z celkových nákladů v průměru pohybovaly okolo 85 %. Dodejme, že pro stanovení této průměrné hodnoty jsme záměrně neuvažovali dvě pece ve slévárně, kde se používá směsný plyn. Ten je vlivem specifické situace v této akciové společnosti cenově nesrovnatelný s dalšími slévárnami.

Obě varianty výsledných nákladů byly významně závislé na nově vyvinutém ukazateli účinnosti cyklu. Bohužel jeho hodnota je velice nízká. Maximální účinnost cyklu byla vykázána pouze 24 % (u 16 hodnocených pecí). U nejvíce pecí se pohybovala účinnost v hodnotách do 13 %. Tento ukazatel se jeví jako významný hodnotící ukazatel efektivnosti tepelného zpracování. V práci bylo dále provedeno šetření na aspektech, které mají vliv na jeho výši.

Následně byl u nově zařazených sléváren opět posouzen specialistou technický stav žíhacích pecí. Opět podobně jako v PXIV se objevuje řada doporučení a návrhů na zlepšení jejich provozování.

6.2 Zaměření prací na oblast vybraných druhů tepelného zpracování

Je tedy snad i logické, že v následném PROJEKTU XVI jsme se již zaměřili na posuzování konkrétních režimů tepelného zpracování. Cílem bylo posoudit situaci zejména u normalizace a popouštění. Jak bude dále uvedeno, některým slévárnám se podařilo poskytnout i podklady pro kalení. Ty jsou ve zprávě uvedeny informativně. A dále je třeba dodat, že jsme se zaměřovali zásadně na nákladovou stránku stávajících technologických postupů. Snažili jsme se nyní na základě nákladových charakteristik při nezměněných technologických postupech – tedy při respektování diagramů jednotlivých druhů TeZ – hledat v organizačních postupech a logistických operacích zdroje nákladových úspor.

Zcela zásadním bylo pro další práci vytvoření výchozí banky dat. A následně se pokusit sestavit hodnotící kritéria (ukazatele).

6.3 Vytvoření informační banky dat k posuzování tepelného zpracování

Jako výchozí zdroj informací byla vytvořena tabulka, která shrnovala vybrané informace o pecích tepelného zpracování ve slévárnách, které se účastnily řešení projektu. Jejím základem byla detailní **tab. 8.1** z PXV /2/ o 40 sloupcích. Z ní byly vybrány pouze hlavní informace o pecích vyskytujících se v PXVI – viz **Tab. 2** v **PŘÍLOZE 2**.

Dále jsme se snažili alespoň v náhodném výběru vsázek vytvořit obraz o tloušťce stěn a hmotností odlitků, které se vyskytovaly ve sledovaných cyklech TeZ – viz **Tab. 3** v **PŘÍLOZE 2**. Informace o sledovaných výběrových souborech posuzovaných režimů tvoří třetí (samostatnou) skupinu tabulek a jsou soustředěny v **PŘÍLOZE 3**. Následně se zaměříme na shrnutí prvotních informací uvedených v úvodních tabulkách.

6.3.1 Charakteristika vstupních dat sléváren zařazených v PROJEKTU XVI

Z **Tab. 2** – viz **PŘÍLOHA 2**, vyplývá, že slévárny zařazené do PXVI, které vyrábějí odlitky z oceli, používají celkem 15 pecí na TeZ. Všechny jsou vozové. Jejich užitný prostor se pohybuje ve velkém rozpětí – od 5 (14) do 150 m³. Obdobně velké variační rozpětí vykazuje jejich maximální hmotnostní zatížení (10–120 t). Předehřevem vybaveno sedm pecí. U osmi pecí není instalován. Dvanáct pecí používá vláknitou vyzdívku a tři šamotovou. Prakticky u všech pecí je velice rozsáhlý sortiment tepelně zpracovávaných jakostí ocelí. V jedenácti pecích se žijí odlitky s maximální tloušťkou stěny do 400 až 600 mm a ve čtyřech až do 1200 mm.

Podobně rozsáhlé je rozpětí u hmotností vsázek odlitků. Šest pecí prosazuje odlitky do 7 500 až 8 000 kg. Do tonáže 13 000, 15 000 a 16 000 a 20 000 kg jsou po jedné peci. A do 40 000 kg je pět pecí. Opět konstatujeme velice rozsáhlé hmotnostní rozpětí.

Pro bližší pohled na všechny sledované výběrové soubory charakterizující posuzovanou normalizaci a popouštění jsme si provedli náhodný výběr vždy pěti cyklů v **Tab. 3** – viz **PŘÍLOHA 2**.

V této kapitole je třeba pojednat blíže o standardních tabulkách, které jsme vyvinuli pro posuzování režimů TeZ ve slévárnách zařazených do PXVI. Tyto tabulky v pracovní podobě jsou pro veškeré šetřené výběrové soubory, jak již bylo uvedeno výše, soustředěny v **PŘÍLOZE 3**. Tam jsou uváděny ve skupinách podle jednotlivých sléváren. A v rámci těchto skupin jsou prezentovány na jednotlivých listech výběrové soubory posuzovaných režimů tepelného zpracování.

Je třeba dodat, že řešitelský tým se v PXVI přiklonil k preferování hrubé hmotnosti odlitků ve vsázce (**tabulky PŘÍLOHA 3, sl. 4**). A tedy jinými slovy se odkláněl od posuzování hmotnosti vsázky skutečné, surové (**sl. 3**), tedy včetně nálitků a nezbytných žíhacích pomůcek (**sl. 10**). V **tabulkách** v **PŘÍLOZE 3** jsou uvedeny také dva důležité účinnostní ukazatele. První je tak zvané využití pece (**sl. 17**). Ta se nově na rozdíl od PXV stanovuje jako podíl zmíněné hrubé hmotnosti odlitků (**sl. 4**), vztažená na tak zvanou kapacitu pece (**sl. 11**) vyjádřenou v %. Podobně se také nově na rozdíl od PXV stanovuje účinnost cyklu (**sl. 18**). Ta vychází opět z prosazené hrubé hmotnosti odlitků u daného cyklu a jeho průměrné teploty (**sl. 5**) vztažené na skutečně spotřebovaný plyn (**sl. 7**) a jeho výhřevnosti (**sl. 12**).

Za výchozí nákladovou veličinu považujeme spotřebu plynu na odlitky. Zdůvodnění je dáno již prezentovanou skutečností, že náklady na energii tvoří oněch výše uvedených 85% z celkových neúplných vlastních nákladů TeZ. Opět za hlavní považujeme ukazatel v Kč/kg (hrubé hmotnosti odlitků) – **sl. 16**. V některých výpočtech pracujeme i s ukazatelem spotřeby plynu na celý cyklus (**sl. 15**).

Je třeba doplnit, že u řešitelů PROJEKTU XVI je uvedena řada podkladů a informací, které se neukázaly jako vypovídající. Nebo nebyly zatím využity. Dále se zaměříme již na vlastní posuzování jednotlivých druhů tepelného zpracování.

6.4 Hodnocení nákladovosti druhů TeZ podle zúčastněných sléváren

Na úvod je třeba říci, že jsme v prvním kroku chtěli vycházet pro každý režim TeZ z výběrového souboru min 5 cyklů. Následně na základě aktivního přístupu řešitelského kolektivu se podařilo zajistit vyšší počty cyklů ve výběrových souborech. To nám umožnilo pokusit se i o hledání vybraných závislostí.

6.4.1 Posuzování vybraných druhů TeZ ve slévárně F

Slévárna F připravila k hodnocení celkově tři druhy TeZ – normalizaci, popouštění a popouštění s řízeným chlazením. Cenné u této slévárny bylo to, že tři výběrové soubory, které zahrnovaly celkem 180 cyklů TeZ byly dále děleny na tři pece. To nabídlo možnost i naznačení hodnocení rozdílů mezi nimi. Doplňme ještě, že jako hlavní (měřitelné) ukazatele, které nákladovost ovlivňují je využití pece a účinnost cyklu.

6.4.1.1 Normalizace

Z **Tab. 4, sl. 2, ř. 2–4** vyplývá, že výběrové soubory normalizace pro posuzované pece jsou zastoupeny 11, 21 a 15 cyklů. To můžeme považovat do jisté míry za reprezentativní. Ze **sl. 3, ř. 1** vyplývá, že průměrné dosažené náklady na normalizaci pro pec 1 až 3 činí 0,96 Kč/kg. Náklady jednotlivých pecí se pohybují od 0,92 Kč/kg do 1,00 Kč/kg. Pec 1 a pec 3 jsou v průměrných nákladech (Kč/kg) odlitků prakticky shodné. Náklady pece 2 jsou vyšší o necelých 10 %, což by se v prvním přiblížení mohlo jevit jako možný podnět k podrobnějšímu šetření. Při pohledu na ukazatele využití pece (**sl. 6–8**) a účinnost cyklu (**sl. 9–11**) nezjišťujeme významnější rozdíly, které by naznačovaly uvedené nákladové zvýšení u pece 2.

Tab. 4 Porovnání nákladů normalizace (slévárna F) podle pecí

	Sledované pece	Počet cyklů	Náklady - Kč/kg			Využití pece - %			Účinnost cyklu - %		
			průměr	min	max	průměr	min	max	průměr	min	max
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Všechny p.	47	0,96	0,47	3,01	36	8	82	21	6	37
2	Pec 1	11	0,92	0,51	1,15	34	25	60	20	15	34
3	Pec 2	21	1,00	0,48	3,01	34	8	60	21	6	36
4	Pec 3	15	0,93	0,48	1,91	40	13	82	21	9	37

Dále jsme se zaměřili na oblast porovnání nákladovosti na normalizaci při zcela shodné průsadě odlitků v peci. V našich výběrových souborech všech tří pecí TeZ při hmotnostně totožné vsázce. Výsledky jsou shrnuty v **Tab. 5**.

Tab. 5 Náklady na normalizaci při stejné vsázce odlitků

	Hrubá hmotnost odlitků ve vsázce, t	Spotřeba plynu na odlitky, Kč/kg			Odchylka %
		Pec 2	Pec 3	Pec 1	
	1	2	3	4	5
1	9	<u>1,85</u>	1,91		3
2	18	<u>1,10</u>		1,15	5
3	20	1,07	1,07	<u>1,06</u>	1
4	22	<u>0,79</u>	0,91	1,10	39
5	22	<u>0,77</u>	0,99		29
6	27	<u>0,68</u>	0,8	0,76	18
7	28	<u>0,75</u>		0,78	3
8	42	<u>0,48</u>		0,51	8
9	42	<u>0,48</u>			8

V tabulce kurzívou tištěné a podtržené údaje uvádějí vždy nejnižší náklad ze všech tří pecí. Ze **sl. 5** této tabulky je zřejmé, že u pěti případů z devíti se jedná o nákladové překročení (na jedné peci vůči druhé) větší než 5 %. A ve třech případech to byla nákladová odlišnost o 18, 29 a 39 %, což je již významné a podnět pro prošetření.

Nás ovšem zaujalo, že prakticky ve všech případech byla nákladově nejprázdnější pec č. 2. Tedy ta pec, která má vyšší náklady o cca necelých 10 % oproti oběma zbývajícím. Při podrobnějším šetření jsme zjistili, že výsledek zcela zásadně ovlivňuje jedna extrémní hodnota – 3,01 Kč/kg.

Při jejím odstranění u pece č. 2 (3,01 Kč/kg) se dostáváme ze zbylých 20 členů výběrového souboru na nákladový průměr 0,90 Kč/kg. Pak se průměrné náklady všech tří pecí překvapivě blíží (0,90 Kč/kg, 0,92 Kč/kg a 0,93 Kč/kg). Vykázaný rozdíl ve výši 0,03 Kč/kg představuje asi 3 % a je u praktických výsledků téměř výjimečný. A do jisté míry dokládá, že za zcela srovnatelných podmínek, což zde asi nastalo, by se náklady na stejných pecích měly velice blížit.

6.4.1.2 Popouštění

Z **Tab. 6**, **sl. 2 ř. 2–4** je zřejmé, že výběrové soubory popouštění pro posuzované pece jsou zastoupeny 17, 13 a 17 cykly. To můžeme považovat za reprezentativní. Ze **sl. 3**, **ř. 1** vyplývá, že průměrné dosažené náklady na popouštění pro pece celkem činí 0,62 Kč/kg. To je přibližně o třetinu nižší než náklady na normalizaci. Náklady jednotlivých pecí se pohybují od 0,45 Kč/kg (pec 1) přes 0,61 Kč/kg (pec 3) do 0,86 Kč/kg (pec 2). Náklady pece 2 jsou přibližně dvojnásobné oproti peci 1, což by obdobně jako u normalizace dávalo podnět k podrobnějšímu šetření. Při pohledu na ukazatele využití pece (**sl. 6–8**) a účinnost cyklu (**sl. 9–11**) se již signalizují odlišnosti pro možné vysvětlení. Obdobně jako u normalizace jsme měli

snahu se zaměřit na oblast porovnání nákladovosti na popouštění při zcela shodné hmotnosti vsázky v peci našich výběrových souborech všech tří pecí TeZ. Výsledky jsou shrnuty v **Tab. 7**. Ze **sl. 5** této tabulky je zřejmé, že u 8 případů z 9 se jedná o nákladové překročení větší než 10 %. A ve třech případech to byla nákladová odlišnost o více než 40 % a přes 100 %, což je již velice významné a podnět pro prošetření.

Tab. 6 Porovnání nákladů popouštění (slévárna F) podle pecí

	Sledované pece	Počet cyklů	Náklady - Kč/kg			Využití pece - %			Účinnost cyklu - %		
			průměr	min	max	průměr	min	max	průměr	min	max
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Všechny p.	47	0,62	0,15	4,45	39	2	113	26	2	72
2	Pec 1	17	0,45	0,15	1,08	45	13	113	30	11	72
3	Pec 2	13	0,86	0,22	4,45	33	2	58	25	2	45
4	Pec 3	17	0,61	0,22	1,14	38	12	89	25	2	45

Tab. 7 Náklady na popouštění při stejné vsázce odlitků

	Hrubá hmotnost odlitků ve vsázce, t	Spotřeba plynu na odlitky, Kč/kg			Odchylka %
		Pec 1	Pec 2	Pec 3	
	1	2	3	4	5
1	16	<u>0,85</u>		0,90	7
2	18	<u>0,36</u>		0,76	108
3	21		<u>0,49</u>	0,54	11
4	21			0,59	
5	22	0,52	<u>0,44</u>	0,64	47
6	22	<u>0,47</u>		0,68	45
7	23	<u>0,40</u>	0,46		14
8	31	<u>0,32</u>		0,40	26
9	36	0,35	<u>0,25</u>		28

Nás ovšem zaujalo, že prakticky ve všech případech byla nákladově nejpříznivější pec č. 1 (pět případů) a třikrát pec 2. Pec 3 měla v tomto pomocném porovnání vždy vyšší náklady.

Opět jsme se pokusili odstranit extrémní hodnoty. Po průzkumu nákladů u všech tří pecí jsme se rozhodli pro odstranění případů s náklady vyššími než 1,00 Kč/kg. U pece 1 to byl cyklus s náklady 1,08 Kč/kg (6 % případů z výběrového souboru). U pece 2 dva případy (2,25 Kč/kg a 4,45 Kč/kg) – pokles

počtu případů o 15 %. A u pece 3 jeden případ (1,14 Kč/kg) – pokles o 6 % případů z výběrového souboru.

Po vyjmutí uvedených 4 extrémních hodnot z výběrových souborů jednotlivých pecí se dostáváme k těmto průměrných nákladům jednotlivých pecí: pec 1 – 0,42 Kč/kg, pec 2 – 0,41 Kč/kg a pec 3 s hodnotou 0,57 Kč/kg. Z toho vyplývá, že náklady pecí 1 a 2 jsou prakticky shodné. To do jisté míry podporuje zjištění z normalizace.

Náklady pece 3 jsou o téměř 40 % vyšší. V **Tab. 8**, viz **PŘÍLOHA 2**, jsme vybrali některé hodnoty, které by mohly naznačit důvod vyšších nákladů. Snad by mohla vysvětlovat vyšší náklady delší doba cyklu o 2–3 hod (prodloužení o 10 až 17 %) – viz **sl. 12** a nestandardní umístění hořáků vůči vsázce. Hořáky jako takové a jejich umístění jsme dosud nebrali v úvahu. V následujícím PROJEKTU bychom se na tento vliv měli zaměřit.

6.4.1.3 Popouštění s řízeným chladnutím

Z **Tab. 9**, **sl. 2**, ř. 2–4 je zřejmé, že výběrové soubory popouštění pro posuzované pece jsou zastoupeny 24, 37 a 25 cyklů. To jsou výběrové soubory s nejvyšším počtem sledovaných cyklů. Ze **sl. 3**, ř. 1 vyplývá, že průměrně dosažené náklady na popouštění s řízeným chladnutím pro všechny pece činí 0,77 Kč/kg. To je přibližně o 25 % vyšší než náklady na popouštění. Náklady jednotlivých pecí se pohybují od 0,79 Kč/kg (pec 1) přes 0,56 Kč/kg (pec 2) do 1,08 Kč/kg (pec 3). Náklady pece 3 jsou téměř dvojnásobné oproti peci 2, což by si zasluhovalo prošetření. Ukazatele využití pece (**sl. 6–8**) a účinnost cyklu (**sl. 9–11**) jsou odlišné a naznačují indicie k vyšším nákladům u pece 3.

Tab. 9 Porovnání nákladů POP ŘCH (slévárna F) podle pecí

	Sledované pece	Počet cyklů	Náklady – Kč/kg			Využití pece - %			Účinnost cyklu - %		
			průměr	min	max	průměr	min	max	průměr	min	max
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Všechny p.	86	0,77	0,21	8,85	37	2	126	22	1	50
2	Pec 1	24	0,79	0,22	4,13	35	4	76	21	2	47
3	Pec 2	37	0,56	0,21	1,48	40	11	126	25	8	50
4	Pec 3	25	1,08	0,28	8,85	35	2	69	17	1	36

Zajímavý je pohled na náklady při zcela shodné hmotnosti vsázky odlitků v peci. Výsledky jsou shrnuty v **Tab. 10**. Ze **sl. 5** této tabulky je zřejmé, že prakticky ve všech případech má pec 3 vždy vyšší náklady. Nejnižší náklady jsou evidovány v 5 případech u pece 1 a ve 21 případech u pece 2. A dále musíme uvést, že také ve 21 případech je minimální náklad překročen o 10 %. A v 16 případech se jedná o překročení v desítkách procent.

Tab. 10 Náklady na popouštění s řízeným chlazením při stejné vsázce odlitků

	Hrubá hmotnost odlitků ve vsázce, t	Spotřeba plynu na odlitky, Kč/kg			Odchylka %
		Pec 1	Pec 2	Pec 3	
	1	2	3	4	5
1	8		<u>1,48</u>	2,21	49
2	12	<u>0,89</u>	0,98		9
3	13	1,21	<u>0,90</u>	1,16	35
4		1,04	<u>0,93</u>		13
5	14	0,95	<u>0,74</u>	1,09	48
6			<u>0,72</u>	1,25	73
7	16	1,04	<u>0,73</u>		43
8	17	0,74	<u>0,67</u>	0,95	41
9	18	<u>0,61</u>	0,68	0,89	47
10		0,74	<u>0,54</u>		27
11	22	0,63	<u>0,60</u>	0,81	34
12		<u>0,65</u>	0,73		11
13			<u>0,63</u>		
14	23	0,58	<u>0,57</u>		1
15	27	0,61	<u>0,55</u>	0,62	12
16			<u>0,42</u>	0,50	18
17	28	0,54	<u>0,35</u>		36
18			<u>0,38</u>	0,48	27
19			<u>0,43</u>	0,62	43
20			<u>0,38</u>	0,61	60
21	35	0,38	<u>0,30</u>	0,40	35
22	36	<u>0,33</u>	<u>0,33</u>	0,47	45
23			<u>0,27</u>		
24			<u>0,38</u>	0,48	24
25	45	<u>0,27</u>	0,31		12

Opět jsme se pokusili odstranit extrémní hodnoty. Po průzkumu nákladů u všech tří pecí jsme se rozhodli pro odstranění případů s náklady nad 1,30 Kč/kg. U pece 1 to byl cyklus s náklady o hodnotě 4,13 a 1,32 Kč/kg (8 % případů z výběrového souboru). U pece 2 jeden případ (1,48 Kč/kg) – pokles počtu případů o 3 %. A u pece 3 dva případy (8,85 Kč/kg a 2,21 Kč/kg) – pokles o 8 % případů z výběrového souboru. Vyřazené extrémní hodnoty uvádíme přesně zcela záměrně, poněvadž se jedná o subjektivní zásah, kterým je možné i zkreslit závěry hodnocení.

Po vyjmutí uvedených 5 extrémních hodnot z výběrových souborů jednotlivých pecí se dostáváme k následujícím průměrným nákladům jednotlivých pecí:

pec 1 – 0,62 Kč/kg, pec 2 – 0,53 Kč/kg a pec 3 s hodnotou 0,69 Kč/kg. Jak je zřejmé rozdíly mezi průměrnými hodnotami nákladů popouštění s řízeným chlazením se snížily. Nicméně není možné tvrdit, že kupříkladu dvě pece jsou nákladově velice blízké. Situace si vynucuje detailnější prošetření.

6.4.1.4 Porovnání výsledků různých druhů TeZ ve slévárně F

Porovnání nákladů jednotlivých druhů TeZ s přihlédnutím k pecím s hodnocením cyklů ve výběrových souborech je uvedeno v **Tab. 11**. Z ní lze konstatovat, že náklady na normalizaci jsou ve všech hodnoceních (vyjma pece 3) nejvyšší. Při hodnocení výběrového souboru všech pecí (ř. 1–3, sl. 4) zjišťujeme, že náklady na popouštění jsou cca o třetinu nižší oproti normalizaci. A náklady na popouštění s řízeným chlazením jsou o cca 20 % v průměru nižší než na normalizaci. Grafické znázornění těchto nákladů je uvedeno na **Obr. 9** v **PŘÍLOZE 2**. Záměrně zde detailněji neposuzujeme ukazatele využití pece a účinnost cyklu, které u jednotlivých pecí vykazují do jisté míry odlišné hodnoty. Bude vhodné, aby si tento rozbor provedla slévárna samostatně.

Tab. 11 Porovnání nákladů druhů tepelného zpracování (slévárna F) podle pecí

	Sledované pece	Druh TZ	Počet cyklů	Náklady – Kč/kg			Využití pece - %			Účinnost cyklu - %		
				Ø	min	max	Ø	min	max	Ø	min	max
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Všechny p.	normaliz	47	0,96	0,47	3,01	36	8	82	21	6	37
2		popouště	47	0,62	0,15	4,45	39	2	113	26	2	72
3		POP ŘCH	86	0,77	0,21	8,85	37	2	126	22	1	50
4	Pec 1	normaliz	11	0,92	0,51	1,15	34	25	60	20	15	34
5		popouště	17	0,45	0,15	1,08	45	13	113	30	11	72
6		POP ŘCH	24	0,79	0,22	4,13	35	4	76	21	2	47
7	Pec 2	normaliz	21	1,00	0,48	3,01	34	8	60	21	6	36
8		popouště	13	0,86	0,22	4,45	33	2	58	25	2	45
9		POP ŘCH	37	0,56	0,21	1,48	40	11	126	25	8	50
10	Pec 3	normaliz	15	0,93	0,47	1,91	40	13	82	21	9	37
11		popouště	17	0,61	0,22	1,14	38	12	89	25	2	45
12		POP ŘCH	25	1,08	0,28	8,85	35	2	69	17	1	36

O nákladovosti jednotlivých druhů TeZ do značné míry, jak se ukázalo, rozhodují extrémní hodnoty. Porovnání nákladů šetřených režimů TeZ dle pecí bez těchto extrémů je uvedeno v **Tab. 12**. Náklady jednotlivých druhů TeZ (viz **sl. 3**) přibližně potvrzují nákladové odstupňování mezi třemi druhy TeZ, které bylo ukázáno v **Tab. 11**. Snad u pece 3 se jeví poněkud vyšší náklady u popouštění a popouštění s řízeným chlazením.

Je třeba se ještě vyjádřit k používanému pojmu extrémní náklady. Jak bude dále uvedeno významně vyšší měrné náklady na plyn (v Kč/kg) vznikají při nízkém

zaplnění pece. A tomu se nelze v reálném provozu zcela vyhnout. Je pouze otázkou, kolik těchto případů musí objektivně být.

Tab. 12 Náklady druhů TeZ bez extrémních hodnot (slévárna F)

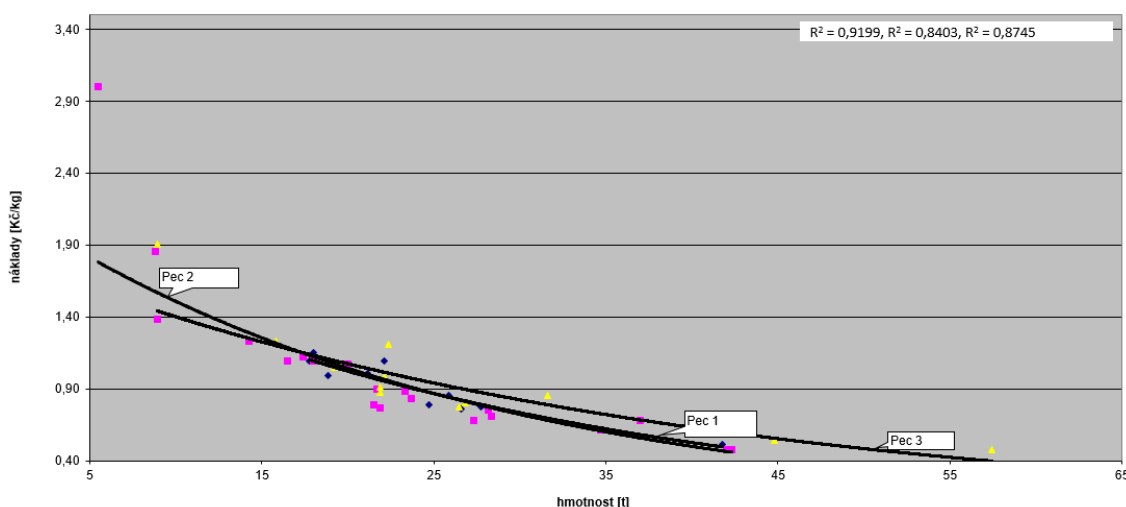
	Sledované pece	Druh TZ	Náklady – Kč/kg průměr
	1	2	3
1	Pec 1	normalizace	0,92
2		popouštění	0,42
3		POP ŘCH	0,62
4	Pec 2	normalizace	0,90
5		popouštění	0,41
6		POP ŘCH	0,53
7	Pec 3	normalizace	0,93
8		popouštění	0,57
9		POP ŘCH	0,69

6.4.1.5 Posouzení účinků vybraných vlivů na nákladovost druhů TeZ ve slévárně F

V PXIV a PXV /1,2/ jsme konstatovali, že významný vliv na náklady má využití pece a účinnost cyklu. Tyto ukazatele byly diskutovány a jejich výše je v našem šetření uváděna.

V PXVI jsme prověřili zejména závislosti měrných nákladů na vsázku odlitků v peci. Na **Obr. 10** jsou uvedeny závislosti pro normalizaci všech tří pecí. Z grafu vyplývá velká „blízkost“ všech křivek a dále také vysoká hodnota koeficientu determinace (R^2). Je třeba dodat, že všechny závislosti byly nejdříve prokládány lineární spojnici. Stanovený koeficient korelace byl následně porovnáván s jeho kritickou hodnotou na hladině významnosti 95 %. Ve všech případech byl pro příslušný počet dat ve výběrovém souboru zjištěn R_{krit} . Porovnáním R_{krit} a R_{skut} se prokázala statistická závislost lineární závislosti. Následně se hledala podle hodnoty R^2 – koeficientu determinace – nejvhodnější závislost (spojnice trendů). Jako nejvhodnější se obvykle ukázala exponenciální funkce.

Tedy podle koeficientu determinace vliv průsady odlitků ovlivňuje v daném případě náklady na plyn od 84 % do 91 %. Podobně je situace znázorněna na **Obr. 11** – viz **PŘÍLOHA 2** pro popouštění, a na **Obr. 12** – viz **PŘÍLOHA 2**, pro popouštění s řízeným chladnutím. Na všech třech obrázcích jsou zřetelně vidět extrémní body, které byly z řešení vyjmuty. Oba další obrázky také potvrzují vysoký koeficient determinace, tedy obdobně silný vliv na náklady.



Obr. 10 Závislost nákladů na plyn na hrubé hmotnosti odlitků (normalizace, slévárna F, pece 1–3)

Z dalších veličin, které mohou ovlivnit náklady na plyn je teplota výdrže a doba prodlevy, délka cyklu a hmotnost žhacích pomůcek.

Pokud se týká prošetření vlivu prodlevy, bylo velice málo dat v posuzovaných výběrových souborech. U posuzování vlivu délky cyklu lze říci, že provedená šetření tento vliv neprokázala jako statisticky významný. Vliv hmotnosti žhacích pomůcek nebyl šetřen, poněvadž při normalizaci se používá vždy 16 t žhacích pomůcek.

6.4.2 Posuzování vybraných druhů TeZ ve slévárně E

Slévárna připravila k hodnocení celkově šest výběrových souborů TeZ: normalizace (pec 2) – 30 cyklů, popouštění po normalizaci (pec 2) – 10 cyklů, popouštění po kalení (pec 2) – 10 cyklů, kalení (pec 2) – 12 cyklů, kalení s rozpouštěcím žíháním (pec 1) 7 cyklů a kalení s rozpouštěcím žíháním (pec 2) 13 cyklů. Celkově pokrývají výběrové soubory 82 cyklů.

6.4.2.1 Normalizace

Z **Tab. 13, sl. 2, ř. 1** vyplývá, že výběrový soubor normalizace pro pec 2 je zastoupen 30 cykly. To považujeme za zcela reprezentativní vzorek dat. Ze **sl. 3, ř. 1** vyplývá, že průměrné dosažené náklady na normalizaci činí 0,69 Kč/kg. To je nižší hodnota než ve slévárně F. Z **ř. 1 a sl. 6–11** této tabulky je zřejmé jisté rozpětí jak využití pece tak i účinnosti cyklu.

Dále jsme se zaměřili na oblast porovnání nákladovosti na normalizaci při zcela shodné hmotnosti vsázky odlitků v peci. Z **Tab. 14** vyplývá, že přes relativně nízké náklady na normalizaci jsou u osmi stejných dávek odlitků různé náklady (**sl. 6**). Jejich odlišnost se pohybuje od 11 % do 66 %.

Tab. 13 Porovnání nákladů TeZ ve slévárně E podle režimů

		Pece	Počet cyklů	Náklady – Kč/kg			Využití pece - %			Účinnost cyklu - %		
				Ø	min	max	Ø	min	max	Ø	min	max
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Norm	Pec 2	30	0,69	0,35	1,48	33	12	49	25	10	43
2	Pop n.	Pec 2	10	0,33	0,22	0,52	34	22	50	38	22	56
3	Pop k.	Pec 2	10	0,23	0,2	0,3	54	42	62	50	37	60
4	Kalení	Pec 2	12	0,52	0,44	0,62	56	47	62	31	28	35
5	Kalení s rozp. žíh.	Pec 1	7	1,00	0,71	1,65	39	14	59	11	6	15
6	Kalení s rozp. žíh.	Pec 2	13	1,49	0,90	2,10	22	10	39	15	9	23

I u výběrového souboru normalizace slévárny E jsme uvažovali možnost vyřazení extrémních hodnot. Nabízely se hodnoty k vyřazení 1,48 Kč/kg a 1,15 Kč/kg. Doplňme, že ostatní hodnoty byly u souborů slévárny E již pod 0,91 Kč/kg. Z ryze statistického hlediska by vyřazení obou hodnot bylo asi správné. Nicméně jsme chtěli být velice objektivní v porovnání nákladů s dalšími slévárnami. A kupříkladu u výběrových souborů slévárny F jsme hodnoty 1,91 Kč/kg a 1,81 Kč/kg již jako extrémy nevyjímali. Proto jsme k vyjmutí ryze „statistických extrémů“ nepřistoupili.

Tab. 14 Náklady při stejné tonáži odlitků u normalizace ve slévárně E

	Průsada	Počet hodnot	Min	Max	Odchylka	
	t		Kč/kg		Kč/kg	%
	1	2	3	4	5	6
1	6	5	0,74	0,91	0,17	23
2	7	3	0,73	0,81	0,08	11
3	8	4	0,66	0,88	0,22	33
4	9	3	0,56	0,62	0,06	11
5	10	3	0,47	0,56	0,09	19
6	11	3	0,47	0,59	0,12	26
7	12	3	0,44	0,63	0,19	43
8	13	2	0,35	0,58	0,23	66

6.4.2.2 Popouštění

Popouštění na peci 2 je zastoupeno dvěma výběrovými soubory. A sice popouštěním po normalizaci a popouštěním po kalení. V **Tab. 13, sl. 2 ř. 2–3** je zřejmé, že výběrové soubory obou pecí popouštění jsou zastoupeny po 10 cyklech. Ze **sl. 3, ř. 2, 3** vyplývá, že průměrně dosažené náklady na popouštění po normalizaci činí 0,33 Kč/kg a pro popouštění po kalení 0,23 Kč/kg. To je přibližně o polovinu (u popouštění po kalení o dvě třetiny) nižší než na normalizaci.

Náklady popouštění po normalizaci jsou o 45 % vyšší oproti popouštění po kalení. Z **Tab. 13, ř. 2 a 3, sl. 4, 5**, jednoznačně vyplývá, že nákladové pásmo je u popouštění po kalení posunuté k nižším hodnotám. Také hodnoty využití pece jsou v průměru u popouštění po kalení (54 %) významně vyšší oproti popouštění po normalizaci (34 %). Stejně tak i účinnost cyklu je u popouštění po kalení (50 %) také oproti popouštění po normalizaci (38 %) zásadně příznivější. Kupodivu i pásma využití pece a účinnosti cyklu (**sl. 7, 8 a 10, 11**) jsou teoreticky posunuta u popouštění u kalení k vyšším hodnotám.

Uvedené porovnání nákladů na popouštění je překvapivé a prakticky jednoznačné doložení ve všech třech sledovaných ukazatelích. Tento závěr ještě více vynikne, když si uvědomíme, že stanoviska byla konstatována pro výběrové soubory o 10 cyklech.

Obdobně jako u normalizace jsme měli snahu se zaměřit na oblast porovnání nákladovosti na popouštění při zcela shodné hmotnostní dávce odlitků v peci v našich výběrových souborech. Výsledky jsou shrnuty v **Tab. 15**. V ní jsou uvedeny výsledky obou posuzovaných popouštění. Ze **sl. 7** této tabulky je zřejmé, že u 3 vsázek popouštění po normalizaci se jedná o nákladové překročení od 17 do 100 %. A pouze u jednoho případu u popouštění po kalení (16 %). Z toho vyplývá, že i v takto příznivých výsledcích je možné diskutovat o vylepšení.

Doplňme, že při hodnocení obou výběrových souborů se neobjevil námět na odstranění statistických extrémů.

Tab. 15 Náklady při stejné tonáži odlitků u popouštění ve slévárně E

	Pece	Průsada	Počet hodnot	Min	Max	Odchylka	
		t		Kč/kg		Kč/kg	%
	1	2	3	4	5	6	7
1	Pec 2, po normal.	6	2	0,35	0,52	0,17	49
2		7	3	0,23	0,46	0,23	100
3		11	2	0,29	0,34	0,05	17
4	Pec 2, po kalení	12	2	0,28	0,28	0,00	0
5		16	2	0,19	0,22	0,03	16

6.4.2.3 Kalení

Z **Tab. 13, sl. 2, ř. 4** vyplývá, že výběrový soubor kalení v polymeru pro pec 2 je zastoupen 12 cykly. Ze **sl. 3, ř. 4** je zřejmé, že průměrné náklady na kalení činí 0,52 Kč/kg. To je opět nižší hodnota než náklady na normalizaci.

Dále jsme se opět zaměřili na oblast porovnání nákladovosti na kalení při zcela shodné hmotnosti odlitků v peci. Registrovali jsme dva případy vsázky 12 t (0,51 Kč/kg a 0,58 Kč/kg). Dále u dávky 16 t – čtyři různé hodnoty (0,50, 0,51, 0,52 a 0,53 Kč/kg). Je možné konstatovat, že zejména v druhém případě se prakticky jedná o stejné náklady. To je pro nás také velice příjemným překvapením.

I u výběrového souboru kalení slévárny E jsme nenašli žádný důvod k vyřazení extrémních hodnot.

6.4.2.4 Kalení s rozpouštěcím žíháním

Z **Tab. 13, sl. 2, ř. 5–6** je zřejmé, že výběrové soubory kalení s rozpouštěcím žíháním jsou zastoupeny dvěma výběrovými soubory s 7 (pec 1) a 13 cyklů u pece 2. Oněch 7 cyklů je nejmenší počet jednic ve výběrovém souboru našeho sledování. Ze **sl. 3, ř. 5–6** vyplývá, že průměrně dosažené náklady na toto TeZ jsou 1,00 a 1,49 Kč/kg. To jsou u pece 2 téměř o 50 % vyšší náklady.

V prvé řadě obě nákladová pásma (**sl. 4–5**), jistým způsobem korelují s průměrnými hodnotami. Také významný rozdíl ve využití pece – průměr u pece 1 činí 39 % a u pece 2 s 22 % je významně nižší (**sl. 6–8**) a podporuje konstatovaný nákladový rozdíl. Ale účinnost cyklu (11 % a 15 %) spolu s jejich variačním rozpětím (**sl. 9–11**) jsou zcela v „opačném gardu“. To by si zasluhovalo prošetření.

Zajímavý je pohled na náklady při zcela shodné průsadě odlitků v peci. Výsledky jsou shrnuty pro pec 2 v **Tab. 16**. Ze **sl. 6** této tabulky je zřejmé, že ve všech případech jsou odchylky vyšší o více než 10 %. U nákladů pece 1 se tato situace nevyskytuje. To také dokládá, že u pece 1 jsou nákladové výsledky operace příznivější.

Tab. 16 Náklady při stejné tonáži odlitků u kalení s rozpouštěcím žíháním ve slévárně E u pece 2

	Prūsada	Počet	Min	Max	Odchylka	
	t	hodnot	Kč/kg		Kč/kg	%
	1	2	3	4	5	6
1	3	4	1,46	2,10	0,64	44
2	6	2	1,30	2,09	0,79	61
3	7	2	1,07	1,27	0,20	19
4	10	2	0,90	0,99	0,09	10

Zkoumali jsme také, zda by měly být odstraněny extrémní hodnoty. Ze souboru pece 1 se nabízela k vyjmutí hodnota 1,65 Kč/kg. Pak by výběrový soubor čítal pouze 6 členů a průměrné náklady by byly 0,89 Kč/kg. U pece 2, pokud bychom aplikovali stejný přístup a vyřadili všechny hodnoty vyšší než 1,65 Kč/kg by ve výběrovém souboru zůstalo pouze 7 členů z původních 13. A průměrné náklady u tohoto TeZ by činily 1,14 Kč/kg. Z uvedeného je zřejmé, že tento postup se více blíží spekulaci než standardním zásahům. Proto jsme k tomuto kroku nepřistoupili.

6.4.2.5 Porovnání výsledků různých druhů TeZ ve slévárně E

Porovnání nákladů jednotlivých druhů TeZ s přihlédnutím k pecím s hodnocením cyklů ve výběrových souborech je uvedeno v **Tab. 13**. Z ní lze konstatovat, že náklady na kalení s rozpouštěcím žíháním jsou nákladově nejnáročnější. Vezmeme-li za základ výsledky pece 1 u toho TeZ, pak náklady na normalizaci jsou o cca třetinu nižší. Pak následuje kalení (0,52 Kč/kg) a nejnižší nákladovost vykazuje popouštění. Grafické znázornění těchto nákladů je uvedeno na **Obr. 13** – viz **PŘÍLOHA 2**. Záměrně zde detailněji neposuzujeme ukazatele využití pece a účinnost cyklu, které u jednotlivých pecí vykazují do jisté míry odlišné hodnoty. Bude vhodné, aby si tento rozbor provedla slévárna samostatně.

Jde říci, že u charakteristik výběrových souborů ve slévárně E nerozhodovaly extrémní hodnoty. Jak bylo uvedeno, nebyly zjištěny.

6.4.2.6 Posouzení účinků vybraných vlivů na nákladovost druhů TeZ ve slévárně E

V PXVI jsme prověřovali zejména závislosti měrných nákladů na průsadě odlitků v peci. Podobné závislosti byly šetřeny i ve slévárně E. Lze říci, že jsme se dopracovali k obdobným závěrům. Nejvěrnější závislost byla exponenciální. V **Tab. 17** jsou uvedeny výsledky testování lineárních závislostí pro všech šest posuzovaných druhů TeZ ve slévárně E. Ve **sl. 4** jsou uvedeny koeficienty korelace pro jednotlivé výběrové soubory. Ty byly porovnány s jejich kritickou hodnotou danou počtem členů ve výběrovém souboru - **sl. 5**. Je-li $R_{skut} \geq R_{krit}$ pak závislost je statisticky významná. V našem případě ve **sl. 6** je uvedeno, že vyjma popouštění po normalizaci u všech souborů byla prokázána statistická závislost. A ve **sl. 7** je uvedena intenzita této závislosti daná koeficientem determinace R^2 . Je zřejmé, že vyjma kalení, kde je tento vliv ohodnocen pouze 45 % (a vzpomenutém popouštění po normalizaci) je daný vliv velice silný (od 72 % do 86 %). To je samozřejmě podnět pro další šetření.

Tab. 17 Testování statistické závislosti ve slévárně E

	Druh TZ	Počet cyklů	Koeficient korelace		Závislost ano/ne	Intenzita vlivu %
			R_{skut}	R_{krit}		
	2	3	4	5	6	7
1	Normalizace	30	0,85	0,36	ano	73
2	Popouštění po norm.	10	0,37	0,63	ne	14
3	Popouštění po kal.	10	0,93	0,63	ano	86
4	Kalení	12	0,67	0,58	ano	45
5	Kalení roz. žíh., p1	7	0,92	0,75	ano	85
6	Kalení roz. žíh., p2	13	0,85	0,55	ano	72

Z dalších veličin, které mohou ovlivnit náklady na plyn je teplota a doba prodlevy, délka cyklu a hmotnost žíhacích pomůcek.

Pokud se týká posouzení vlivu prodlevy, bylo opět málo změnových dat v posuzovaných výběrových souborech. U posuzování vlivu délky cyklu lze říci, že provedená šetření tento vliv neprokázala jako statisticky významný.

Žíhací pomůcky nejsou u jednotlivých cyklů ve slévárně konstantní. Vliv hmotnosti žíhacích pomůcek sice byl šetřen, ale nedobrali jsme se věrohodné závislosti.

Za důležitý podnět považujeme signalizované různé náklady u stejné průsady odlitků.

6.4.3 Posuzování vybraných druhů TeZ ve slévárně C

Slévárna připravila k hodnocení celkově čtyři výběrové soubory TeZ. Nejprve to byl zkušební provoz normalizace (pec 1) – 9 cyklů. Dále normalizace (pec 2) – 7 cyklů, popouštění I (pec 4) – 9 cyklů a kalení do vody (pec 4) – 11 cyklů. Celkově výběrové soubory pokrývají 36 cyklů.

6.4.3.1 Normalizace

Z **Tab. 18, sl. 3, ř. 1** vyplývá, že průměrné dosažené náklady na normalizaci zkušební chodu na peci 1 činí 1,15 Kč/kg. Na zrekonstruované žíhací peci byl v srpnu 2015 zahájen zkušební provoz. Pec je vybavena rekuperací, z toho důvodu předpokládáme nižší náklady na zemní plyn. U pece 2 (**ř. 2, sl. 3**) je tato nákladová hodnota vyšší (1,73Kč/kg). To je navýšení o 50 %. A současně jsou to vyšší hodnoty než ve slévárně F a ve slévárně E. Z **ř. 1–2 a sl. 4–5** vyplývá, že těmito rozdílným nákladům odpovídají i jejich variační rozpětí, ale ne vyšší využití u pece 2 (**ř. 1–2, sl. 6**). Nicméně zcela v souladu je účinnost cyklu a jeho rozpětí (**sl. 9–11**). Ale to je na bližší prošetření.

Tab. 18 Porovnání nákladů TeZ ve slévárně C

		Pec	Počet cyklů	Náklady – Kč/kg			Využití pece - %			Účinnost cyklu - %		
				Ø	min	max	Ø	min	max	Ø	min	max
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Norm.	Pec 1	9	1,15	0,57	1,76	34	14	71	20	11	37
2	Norm.	Pec 2	7	1,73	1,39	2,53	36	19	42	13	9	16
3	Pop.	Pec 4	9	0,89	0,32	1,18	43	30	60	19	13	39
4	Kal.	Pec 4	11	1,80	0,90	2,86	42	27	60	19	7	24

Dále jsme se zaměřili na oblast porovnání nákladovosti normalizace při zcela shodné průsadě odlitků v peci. Z **Tab. 19, ř. 1–3** vyplývá, že u pece 2 jsou u dvou tonáží (7 a 8 t) rozdílné náklady. Jejich odlišnost se pohybuje od 14 % do 38 %. U pece 1 je to pouze u jedné tonáže, ale rozdíl je však 49 %.

I u výběrového souboru normalizace slévárny C jsme uvažovali možnost vyřazení extrémních hodnot. Nicméně pro vysokou variabilitu údajů a nízkého počtu členů výběrových souborů bychom asi stěží objektivně mohli označit extrémní hodnoty. Proto jsme k vyjmutí extrémů nepřistoupili.

Tab. 19 Náklady při stejné tonáži odlitků u druhů TeZ ve slévárně C

	Tepelné zpracování	Pec	Průsada	Počet hodnot	Min	Max	Odchylka		
			t		Kč/kg		Kč/kg	%	
			1	2	3	4	5	6	
1	Normalizace	pec 1	4	4	1,14	1,70	0,56	49	
2		pec 2	7	3	1,39	1,92	0,53	38	
3			8	3	1,45	1,65	0,20	14	
4	Popouštění	pec 4	4	5	0,79	1,18	0,39	49	
5			6	2	0,32	0,92	0,60	188	
6	Kalení		3	2	2,19	2,86	0,67	31	
7			4	6	1,53	2,48	0,95	62	
8			6	2	0,9	1,75	0,85	94	

6.4.3.2 Popouštění

Popouštění je zastoupeno jedním výběrovým souborem (pec 4) s 9 cykly. Z **Tab. 18, sl. 3 ř. 3** vyplývá, že průměrně dosažené náklady činí 0,89 Kč/kg. To je přibližně o 90 % nižší než náklady na normalizaci u pece 2 a o 30 % u pece 1. Také konstatujeme, že využití pece je příznivější než u obou normalizací. Účinnost cyklu je vyšší pouze oproti normalizaci u pece 2.

Obdobně jako u normalizace jsme měli snahu se zaměřit na oblast porovnání nákladovosti na popouštění při zcela shodné hmotnosti vsázky odlitků v peci našich výběrových souborech. Výsledky jsou shrnuty v **Tab. 19**. V ní jsou v **ř. 4** při vsázce 4 t (5 dávek – teplota výdrže 580°C až 630°C, délka výdrže 8 až 10 hodin) nákladové rozdíly 49 %. V **ř. 5** jsou u dvou stejných (6 t) vsázek nákladové rozdíly 188%. Toto porovnání však nelze brát za vypovídající vzhledem k teplotě výdrže (520°C a 630°C) a délce výdrže (4 hod. a 10 hod.).

Doplňme, že při hodnocení obou výběrových souborů jsme ze stejného důvodu jako u normalizace ve slévárně C nepřistoupili na odstranění statistických extrémů.

6.4.3.3 Kalení do vody

Z **Tab. 18, sl. 2, ř. 4** vyplývá, že výběrový soubor kalení pro pec 4 je zastoupen 11 cykly. Ze **sl. 3, ř. 4** je zřejmé, že průměrné dosažené náklady na kalení činí 1,80 Kč/kg. To je nejvyšší náklad ze všech posuzovaných druhů TeZ ve slévárně C.

Dále jsme se opět zaměřili na oblast porovnání nákladovosti na kalení při zcela shodné vsázce odlitků v peci – viz **Tab. 19**. Registrovali jsme tyto skutečnosti u tří hmotnostních dávek – viz **ř. 6–8**. Třítunová vsázka (dva cykly) vykazuje nákladový rozdíl 0,67 Kč/kg (31 %). U 6 případů 4 t vsázky je rozdíl v nákladech

0,95 Kč/kg (62 %). Dále u dávky 6 t – dvě různé hodnoty (0,90 a 1,75 Kč/kg) s rozdílem 94 %.

I u výběrového souboru kalení slévárny C jsme měli snahu se zamýšlet nad možností vyřazení extrémních hodnot. Opět jsme konstatovali veliký rozptyl a relativně malý počet hodnot ve výběrovém souboru. Kdybychom postupovali stroze podle statistických extrémů, tak by připadaly v úvahu asi čtyři cykly v nákladech vyšších nad 2 Kč/kg a jeden pod 1 Kč/kg.

6.4.3.4 Porovnání výsledků různých režimů TeZ ve slévárně C

Porovnání nákladů jednotlivých druhů TeZ s přihlédnutím k pecím ve výběrových souborech je uvedeno v **Tab. 18, sl. 3**. Z ní je zřejmé, že náklady na kalení do vody jsou nákladově nejnáročnější (1,80 Kč/kg). Vezmeme-li za základ zkušební výsledky pece 1 (1,15 Kč/kg) u normalizace, pak náklady na normalizaci jsou o cca třetinu nižší. Náklady na normalizaci u pece 2 ve výši 1,73 Kč/kg se blíží nákladům na kalení. Pak následuje popouštění (0,89 Kč/kg). Grafické znázornění těchto nákladů je uvedeno na **Obr. 14** – viz **PŘÍLOHA 2**. Záměrně zde detailněji neposuzujeme ukazatele využití pece a účinnost cyklu, které u jednotlivých pecí vykazují do jisté míry odlišné hodnoty. Bude vhodné, aby si tento rozbor provedla slévárna samostatně.

6.4.3.5 Posouzení účinků vybraných vlivů na nákladovost druhů TeZ ve slévárně C

Opět jsme se věnovali zejména závislosti měrných nákladů na průsadě odlitků v peci. Podobné závislosti byly šetřeny i v ostatních slévárnách. Lze říci, že jsme se dopracovali k obdobným závěrům. Nejvěrnější závislost byla opět exponenciální. V **Tab. 20** jsou uvedeny výsledky testování lineárních závislostí pro všechny čtyři posuzované druhy TeZ ve slévárně C. Ve **sl. 4** jsou uvedeny koeficienty korelace pro jednotlivé výběrové soubory. Ty byly porovnány s jejich kritickou hodnotou danou počtem členů ve výběrovém souboru – **sl. 5**. Dříve popsáním postupem zjišťujeme ve **sl. 6**, že zkoumané statistické závislosti platí u všech šetřených souborů.

Tab. 20 Testování statistické závislosti ve slévárně C

	Druh TZ	Pec	Počet cyklů	Koeficient korelace		Závislost ano/ne	Intenzita vlivu %
				R _{skut}	R _{krit}		
	1	2	3	4	5	6	7
1	Normalizace	pec 1	9	0,86	0,66	ano	74
2	Normalizace	pec 2	7	0,90	0,75	ano	81
3	Popouštění	pec 4	9	0,71	0,66	ano	51
4	Kalení		11	0,73	0,60	ano	54

Z dalších veličin, které mohou ovlivnit náklady na plyn je, jak bylo již dříve uvedeno, teplota a doba prodlevy, délka cyklu a hmotnost žíhacích pomůcek.

Pokud se týká posouzení vlivu prodlevy, bylo opět málo změnových dat v posuzovaných výběrových souborech. U posuzování vlivu délky cyklu lze říci, že provedená šetření tento vliv neprokázala jako statisticky významný. Žíhací pomůcky nejsou u jednotlivých cyklů ve slévárně konstantní. Vliv hmotnosti žíhacích pomůcek sice byl šetřen, ale nedobrali jsme se ani zde žádných věrohodných závislostí.

Za důležitý podnět zde považujeme stejně jako u dalších sléváren signalizované různé náklady u stejné průsady odlitků.

Ve slévárně C se podařilo odsledovat u pece 1 u režimu normalizace rozdělení spotřeby plynu na náhřev a výdrž. To umožnilo provést úvodní šetření v této oblasti.

6.4.3.6 Úvodní posouzení spotřeby plynu na náhřev a výdrž u normalizace

Toto sledování bylo provedeno na 40 cyklech u normalizace na peci 1. Tedy výběrový soubor je dostatečně reprezentativní. Jeho charakteristické údaje jsou uvedeny v **Tab. 21**. Z tabulky na **ř. 1** je zřejmé, že celková doba výpalu je 16 hod. Doba náhřevu a prodlevy tvoří přibližně po 8 hodinách. Spotřeba plynu na náhřev však v průměru tvoří cca 75 %. Rychlost náběhu ($^{\circ}\text{C}/\text{hod}$) se pohybuje v intervalu 100–110 $^{\circ}\text{C}/\text{hod}$. Teplota výdrže (**sl. 10**) se pohybuje od 910 $^{\circ}\text{C}$ do 980 $^{\circ}\text{C}$. Hlavní skupiny jsou při teplotách 920, 940 a 980 $^{\circ}\text{C}$.

Tab. 21 Vybrané hodnoty na náhřev a výdrž u normalizace (slévárna C) pro pec 1

		Spotřeba plynu při náhřevu	Doba náhřevu	Spotřeba plynu při výdrži	Doba výdrže	Celková spotřeba plynu	Celková doba výpalu	Hrubá hmotnost odlitků	Rychlost náběhu	Teplota výdrže
		[Nm ³]	[hod]	[Nm ³]	[hod]	[Nm ³]	[hod]	[kg]	[$^{\circ}\text{C}/\text{h}$]	[$^{\circ}\text{C}$]
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Ø	442	8	155	8	597	16	6	104	941
2	min	212	6	72	5	366	13	2	100	910
3	max	663	11	346	10	813	19	14	110	980

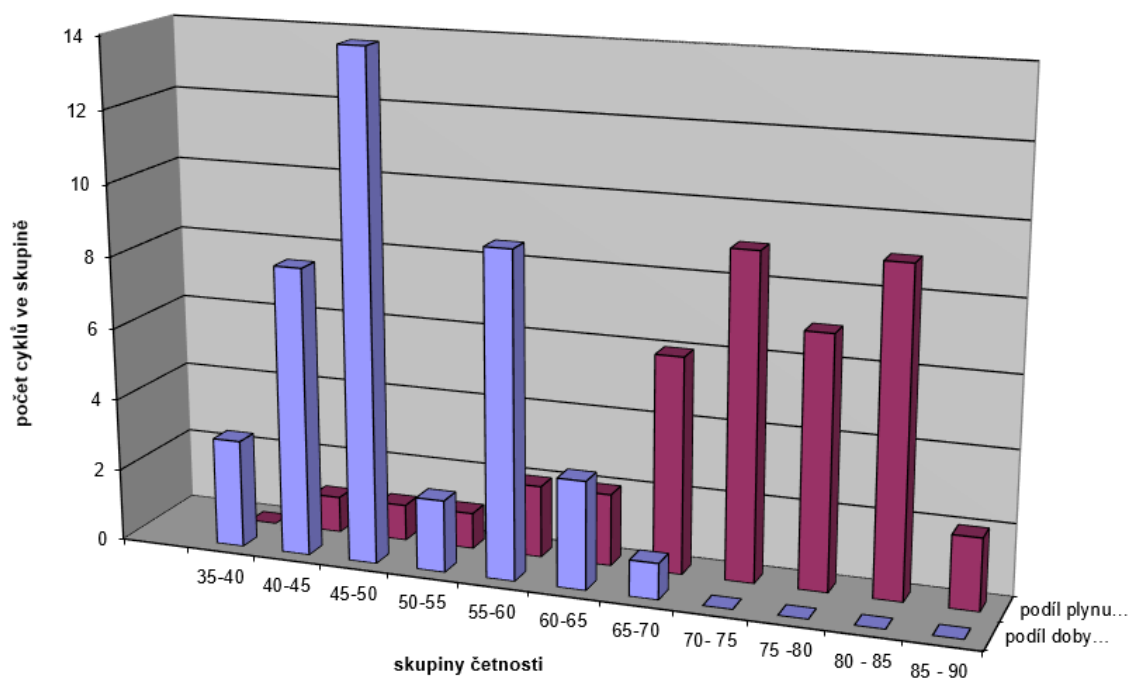
Nejdříve jsme se zaměřili na posouzení podílu doby náhřevu a podílu spotřeby plynu. Výsledky jsou uvedeny na **Obr. 15**. Z **Tab. 21** a **Obr. 15** je zřejmé, že doba náhřevu se pohybuje od 35 % do 70 % celkové doby operace s tím, že 35 % cyklů se nachází ve skupině 45–50 % celkové doby. Naopak podíl celkové spotřeby plynu (v Nm³) se pohybuje od 40 % do 90 % z celkové spotřeby. Topy spotřeby (22,5 %) se nacházejí u 70–75 % a 80–85 % spotřeby. Rozložení odlišnosti podílu dob a spotřeb je očekávané. Na druhé straně za posouzení bude stát rozsáhlé rozpětí zejména u podílu spotřeby plynu.

Následně jsme se zaměřili na posouzení závislosti spotřeby plynu na náhřev (Nm^3) na době ohřevu. Logická lineární závislost se statisticky prokázala ($R_{\text{skut}} = 0,3502$, $R_{\text{krit}} = 0,3120$). Naproti tomu stejná závislost s obdobnou směrnici měrné spotřeby plynu (Nm^3/kg odlitku) na době náhřevu se již neprokázala ($R_{\text{skut}} = 0,27$).

U posuzování závislostí u výdrže jsme nejprve šetřili spotřebu plynu na prodlevu (Nm^3) na době výdrže. Logická lineární statistická závislost se prokázala ($R_{\text{skut}} = 0,54$, $R_{\text{krit}} = 0,3120$). Naproti tomu stejná závislost s obdobnou směrnici měrné spotřeby plynu (Nm^3/kg odlitku) na době prodlevy se již jako u náhřevu neprokázala ($R_{\text{skut}} = 0,27$).

Následně jsme se zaměřili na posuzování teploty prodlevy. Situaci jsme si zjednodušili tím, že jsme pracovali s teplotou prodlevy sníženou o 900°C . Tedy namísto kupříkladu 980°C jsme použili 80°C . První závislost – spotřeba plynu (Nm^3) na teplotě výdrže se neprokázala jako statisticky významná ($R_{\text{skut}} = 0,16$). Naproti tomu měrná spotřeba plynu (Nm^3/t) na teplotě prodlevy se ukázala jako statisticky významná ($R_{\text{skut}} = 0,45$). Stejně tak se ukázala jako statisticky významná závislost spotřeba plynu na výdrž (Nm^3) na hmotnosti vsázky odlitků.

Z naznačených postřehů je zřejmé, že podrobnější sledování spotřeby plynu na náhřev a výdrž na teplotě si заслужuje podrobnější šetření.



Obr. 15 Histogram četnosti podílu doby náhřevu a podílu spotřeby plynu na náhřev u normalizace ve slévárně C

6.4.4 Posuzování vybraných druhů TeZ ve slévárně H

Slévárna H připravila k hodnocení jeden výběrový soubor normalizace. Ten reprezentuje 10 cyklů tohoto TeZ. A dále výběrový soubor popouštění také s 10 cykly.

6.4.4.1 Posuzování normalizace ve slévárně H

Z Tab. 22, sl. 3, ř. 1 je zřejmé, že průměrné dosažené náklady na normalizaci činí 1,05 Kč/kg. Tato hodnota je v zásadě příznivá.

Tab. 22 Charakteristické hodnoty TeZ ve slévárně H

		Druh TeZ	Počet cyklů	Náklady – Kč/kg			Využití pece - %			Účinnost cyklu - %		
				Ø	min	max	Ø	min	max	Ø	min	max
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Pec 1	nor.	10	1,05	0,50	1,56	25	14	54	19	11	36
2	Pec 2	pop.	10	0,61	0,28	0,91	26	13	57	26	13	46

Dále jsme se zaměřili na oblast porovnání nákladovosti na normalizaci při zcela shodné hmotnosti vsázky odlitků v peci. Zjistili jsme dvě oblasti. První byla u dávky 4 t. Tam jsme registrovali náklady 1,5 Kč/kg a 1,56 Kč/kg. Poněkud odlišná situace byla u průsady 7 t. Tam byly čtyři hodnoty od 0,96 Kč/kg do 1,13 Kč/kg.

I u tohoto výběrového souboru jsme uvažovali o možnosti vyřazení extrémních hodnot. Nicméně pro obecně vysokou variabilitu údajů a nízkého počtu členů výběrových souborů bychom asi stěží objektivně mohli označit extrémní hodnoty. Proto jsme k vyjmutí extrémů nepřistoupili.

6.4.4.2 Posuzování popouštění ve slévárně H

Opět z Tab. 22, sl. 3, ř. 2 vyplývá, že průměrné dosažené náklady na popouštění činí 0,61 Kč/kg. Tato hodnota je v zásadě příznivá.

Dále jsme se zaměřili na oblast porovnání nákladovosti na popouštění při zcela shodné průsadě odlitků v peci. Zjistili jsme dvě oblasti. První byla opět u průsady 4 t. Tam jsme registrovali čtyři různé náklady od 0,80 Kč/kg až do 0,91 Kč/kg. U průsady 6 t byly dvě hodnoty 0,57 Kč/kg a 0,72 Kč/kg.

I u tohoto výběrového souboru jsme uvažovali možnost vyřazení extrémních hodnot. Nicméně pro obecně vysokou variabilitu údajů (od 0,28 Kč/kg – 0,91 Kč/kg) a nízkého počtu členů výběrových souborů (10 případů) bychom asi stěží objektivně mohli označit extrémní hodnoty. Proto jsme k vyjmutí extrémů nepřistoupili.

6.4.4.3 Posouzení vybraných vlivů na nákladovost TeZ ve slévárně H

U posouzení účinků vlivů na nákladovost druhů TeZ normalizace jsme se opět věnovali závislosti měrných nákladů na průsadě odlitků v peci. V daném případě byla

zjištěna opět závislost statisticky významná – ($R_{\text{skut}} = 0,89$, $R_{\text{krit}} = 0,63$). Opět jako nejvhodnější křivkou se ukázala exponenciální závislost. Podle koeficientu determinace byla intenzita závislosti z 80 %. Což je v souladu s dalšími slévárnami. Podobný závěr byl konstatován i u popouštění. S tím, že koeficient determinace byl 0,79. Což také signalizuje silný vliv na náklady.

Z dalších veličin, které mohou ovlivnit náklady na plyn je, jak bylo již dříve uvedeno, teplota a doba prodlevy, délka cyklu a hmotnost žíhacích pomůcek. Pokud se týká posouzení prošetření vlivu prodlevy, bylo opět málo dat v posuzovaném výběrovém souboru. U posuzování vlivu délky cyklu lze říci, že provedené šetření tento vliv neprokázalo jako statisticky významný.

Žíhací pomůcky nejsou u jednotlivých cyklů ve slévárně konstantní. Vliv hmotnosti žíhacích pomůcek sice byl šetřen, ale nedobrali jsme se ani zde žádných věrohodných závislostí. Za důležitý podnět zde považujeme, stejně jako u dalších sléváren, signalizované různé náklady u stejné hmotnostní dávky odlitků.

6.4.5 Dílčí závěry

Při dopracování tématu k výše uvedeným výsledkům se nabízí provedení pokusu o jejich shrnutí.

Prvním dosaženým výsledkem bude stanovení nákladovosti u 24 výběrových souborů pěti různých druhů TeZ ve čtyřech slévárnách vyrábějících ocelové odlitky. A jejich prokázaná vysoká měnlivost.

Druhým možným závěrem bude, po dosaženém výsledku z PXIV a PXV /1, 2/, že náklady na příslušné TeZ jsou prokazatelně závislé na využití pece a účinnosti cyklu, se nově prokazuje také závislost na hmotnosti vsázky odlitků v peci. Tato skutečnost je zcela očekávatelná, poněvadž tento ukazatel je do jisté míry „synonymem“ pro dříve posuzovanou charakteristiku „využití pece“.

Zjištěným podnětným momentem pro budoucí možné nákladové úspory se také jeví snad u všech souborů prokázané různé náklady při stejné dávce odlitků v peci.

Dále to jsou velice zajímavé výsledky ze slévárny F, že při srovnatelných podmínkách by mohly (měly) být náklady u identických pecí téměř stejné.

Pro budoucí závěry bude také důležité pokud možno přesné pojmenování odlišností jednotlivých cyklů stejného druhu TeZ v různých slévárnách. Jsou to zejména vsázky složené z různých jakostí odlitků (při stejném diagramu TeZ), tloušťky stěn žíhaných odlitků, hmotnosti odlitků, pečlivosti v uložení vsázky na vůz, standardizace činnosti obsluhy, atd.

Dalším možným výsledkem je naznačení možných budoucích závislostí, které přineslo sledování rozdělené spotřeby plynu na náhřev a výdrž na teplotě ve slévárně C. Závislosti, které dříve nebyly významné, se najednou jeví jako možné (teplota prodlevy, doba prodlevy, délka cyklu, atd.).

Poskytnutá data z rozsáhlých souborů slévárny F, které zahrnují výběrové soubory, jež čítají i stovky dat dále naznačují statistické závislosti, které nebylo možno u „desítkových“ výběrových souborů naznačit, ne-li prokázat. Proto je třeba

provést shrnutí těchto rozměrných souborů slévárny F (včetně jednoho ze slévárny C) před formulací konečných závěrů.

6.5 Shrnutí výsledků rozsáhlých souborů

V PXIV /1/ jsme s úspěchem potvrzovali výsledky zjištěných závislostí a možných tendencí z výběrových souborů, které se pohybovaly někdy do desítky nebo i v desítkách členů s významně rozsáhlejšími výběrovými soubory. Tato šetření s výběrovými soubory (v počtu stovek členů) se ukázala jako velice přínosná a potvrdila nám souvislosti, které u výběrových souborů s malým počtem členů se pouze jevily nebo doslovně pouze daly tušit.

Pro PXVI poskytla slévárna F velké výběrové soubory od 94 případů až po 409 členů. Snažili jsme se potvrdit takto získané závěry ještě údaji další slévárny. Podařilo se to ve slévárně C s výběrovými soubory s počtem případů 44.

V úvodu si zopakujeme, že při hodnocení dříve uvedených výběrových souborů s malými počty případů čítaly maximálně 37 cyklů.

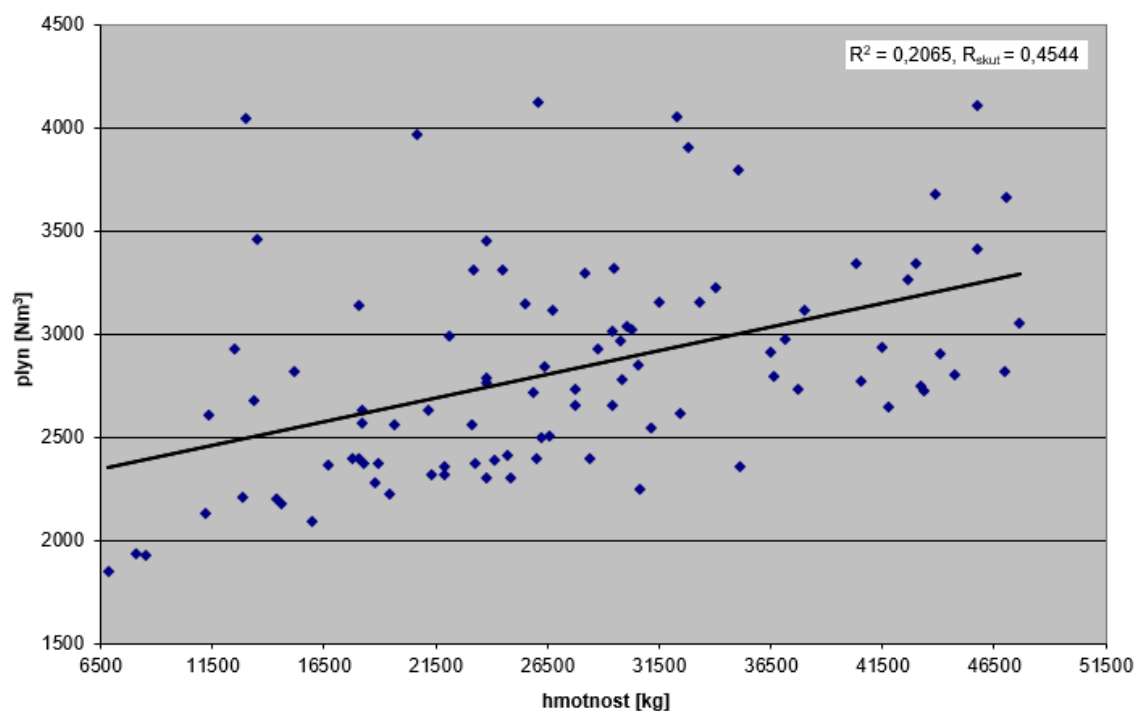
Také si připomeňme, že naše stěžejní hodnota v nákladovém posuzování, byly měrné náklady na kg prosazených odlitků v jejich hrubé hmotnosti v peci (Kč/kg), nebo spíše výjimečně v Nm³/kg. To bylo dáno zejména tím, že minimalizace měrných nákladů na kg odlitku je obecně předmětem našeho snažení. Když jsme posuzovali závislosti této měrné veličiny na vsázce odlitků v peci, byli jsme si vědomi skutečnosti, že hrubá hmotnost odlitků je obsažena jak v posuzované závisle proměnné Y (náklady v Kč/kg) tak i v nezávisle proměnné X (kg nebo tuny v peci). To do jisté míry zvyšuje pravděpodobnost dosažení statistické hodnoty této závislosti.

U posuzovaných závislostí výběrových souborů s velkým počtem členů jsme se proto změřili na závisle proměnnou hodnotu (Y) bez tohoto vlivu – tedy ve vyjádření Nm³/pec.

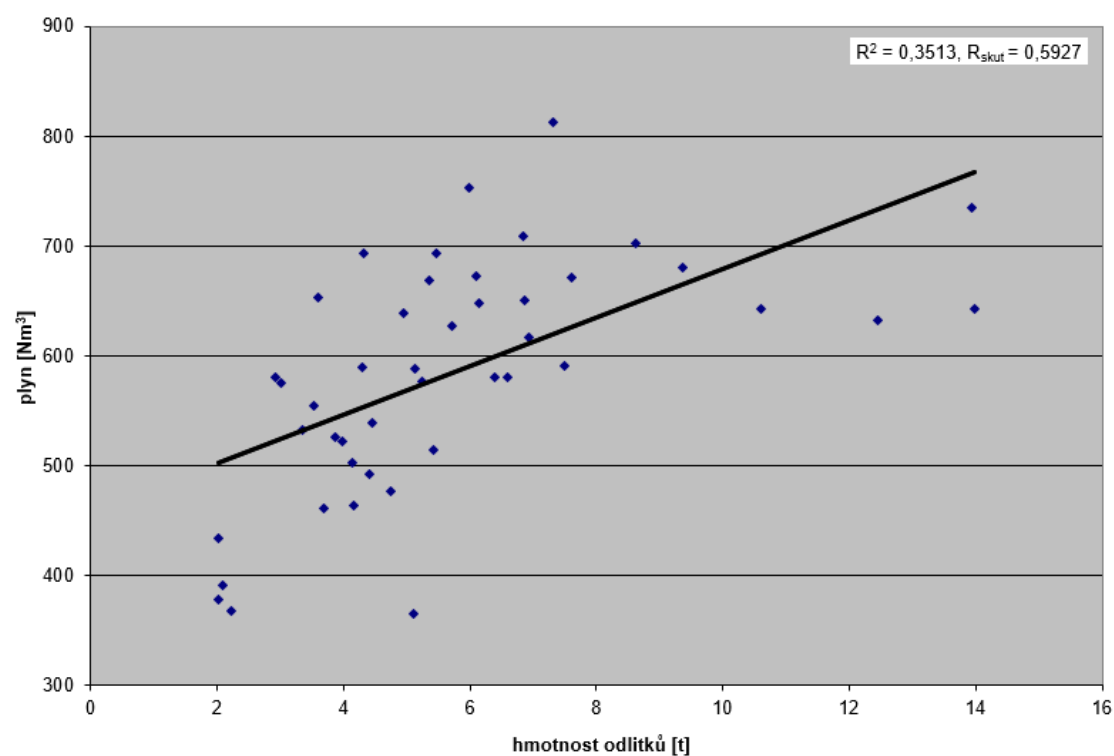
U posuzování velkých výběrových souborů jsme měli k dispozici data k normalizaci, pouštění a následně jsme posuzovali veškeré výpaly podle jednotlivých pecí.

6.5.1 Posuzování rozsáhlých souborů u normalizace

Nejdříve jsme se zaměřili na závislost celkové spotřeby plynu na hmotnosti odlitku v peci. Ta je zachycena pro pec 1, slévárnu F na **Obr. 16**. Závislost má logický průběh (kladnou směrnici) a z porovnání R_{skut} a R_{krit} vyplývá, že daná závislost je statisticky významná.



Obr. 16 Závislost spotřeby plynu na hrubé hmotnosti odlitků (normalizace, pec 1, $R_{krit} = 0,2028$, $n = 94$)



Obr. 17 Závislost spotřeby plynu na hmotnosti odlitků (normalizace, slévárna C, $R_{krit} = 0,2927$, $n = 44$)

Obdobnou vazbu jsme posuzovali u slévárny C na 44 cyklech. Tam jsme si na **Obr. 17** potvrdili porovnáním R_{skut} a R_{krit} , statistickou závislost.

U slévárny C jsme si prověřili očekávanou závislost měrné spotřeby plynu na průsadě odlitků. Závislost se nám očekávaně potvrdila.

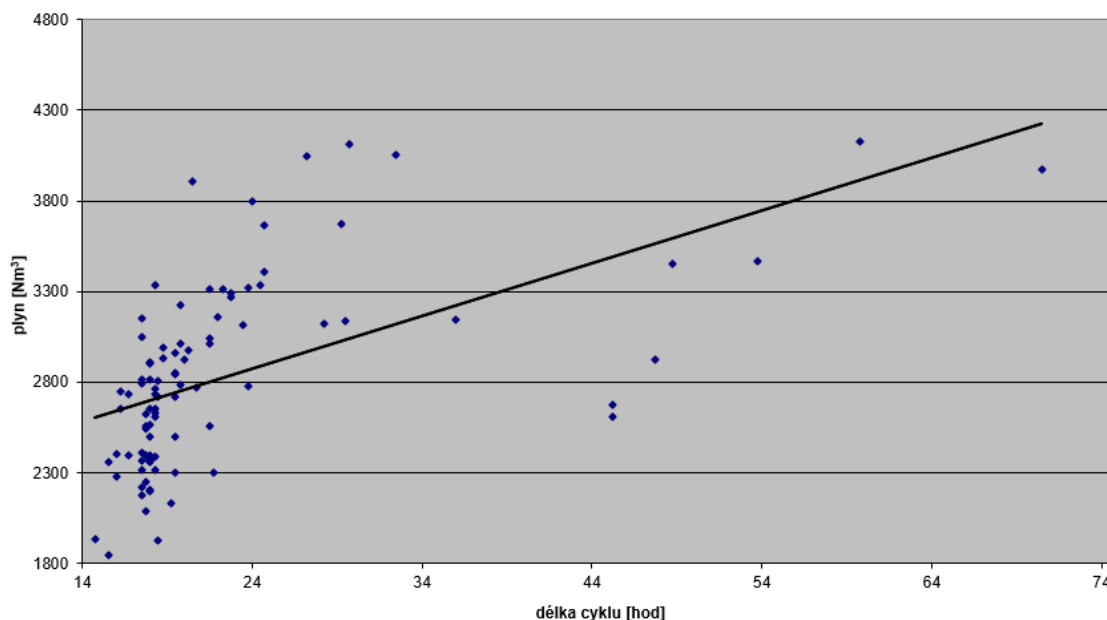
Je třeba připomenout, že přehledné shrnutí závislostí rozsáhlých souborů je uvedeno v **Tab. 23**.

K jinému závěru docházíme při posuzování závislosti spotřeby plynu na teplotě prodlevy. Tato vazba pro slévárnu F je uvedena u řešitelů. První skutečností je, že závislost má zápornou směrnici ($Y = -4,9344 * X + 7422,1$). Tedy při zvyšování teploty prodlevy u normalizace klesá spotřeba plynu. Dále z porovnání hodnot $R_{skut} = 0,2088$ a $R_{krit} = 0,2028$ docházíme sice k velice těsnému (hraničním) potvrzení statistické závislosti. To samozřejmě nemůžeme přijmout.

Obdobnou vazbu jsme posuzovali i u slévárny C na 44 cyklech. Statistická závislost se porovnáním $R_{skut} = 0,2569$ a $R_{krit} = 0,2973$ neprokázala. Zajímavé bylo, že závislost, byť statisticky neprokázaná, má opět zápornou směrnici ($Y = -1,0996 * X + 1960,5$). To nás opět překvapilo.

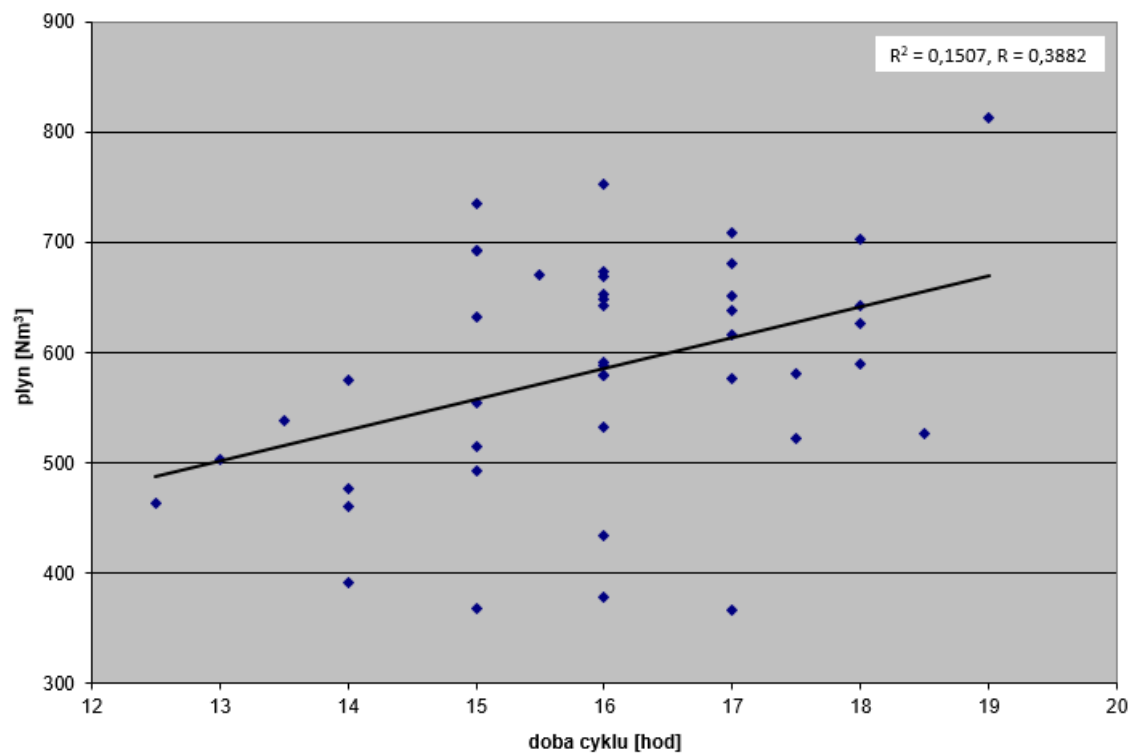
U prodlevy jsme se ještě zaměřili ve slévárně C i na posouzení závislosti spotřeby plynu na době prodlevy. Byť má závislost kladnou směrnici (s prodlužující se dobou prodlevy spotřeba plynu stoupá), tak se závislost jako statistická neprokázala ($R_{skut} = 0,2315$, $R_{krit} = 0,2973$).

Poslední vazbu, kterou jsme posuzovali, byl vztah spotřeby plynu na délce cyklu. Pro podmínky slévárny F byla tato statistická závislost spolehlivě prokázána ($R_{skut} = 0,5481$, $R_{krit} = 0,2028$) – viz **Obr. 18**.



Obr. 18 Závislost spotřeby plynu na délce cyklu (slévárna F, normalizace, $R_{krit} = 0,2028$ pro $n = 94$)

Podobně i u slévárny C byla tato závislost opět spolehlivě prokázána ($R_{\text{skut}} = 0,3883$, $R_{\text{krit}} = 0,2973$) – viz **Obr. 19**.



Obr. 19 Závislost spotřeby plynu na době cyklu (normalizace, slévárna C, $R_{\text{krit}} = 0,2927$)

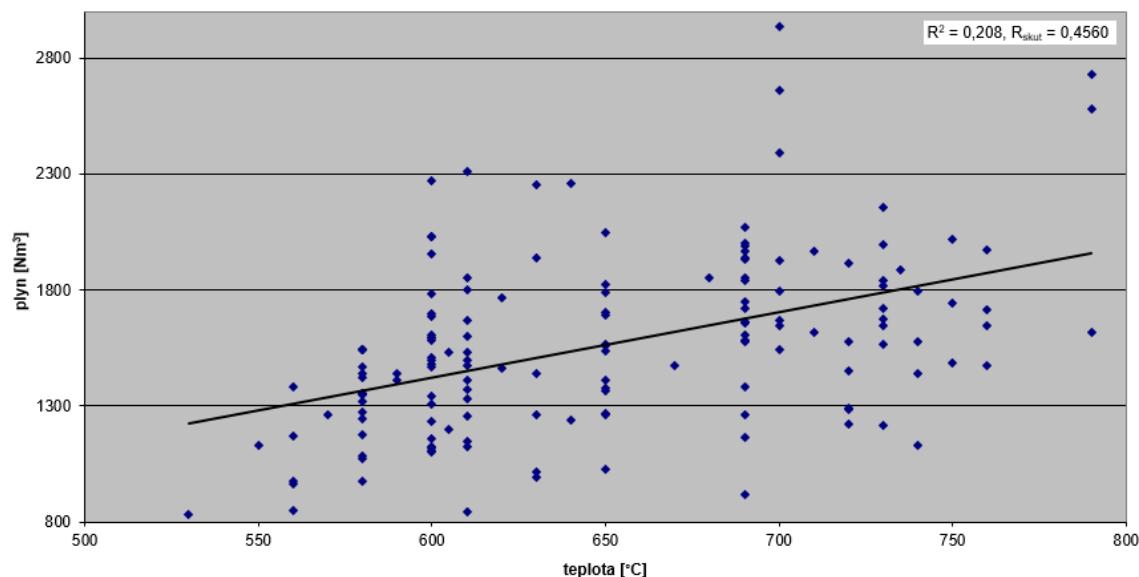
Tab. 23 Shrnutí sledovaných závislostí velkých souborů

	Slévárna	TeZ	Pec	Závislost				Počet členů souboru	R ²	R _{skut}	R _{krit}	Statistická významnost
				Závisle proměnná Y		Nezávisle proměnná X						
				název	jednotky	název	jednotky					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	F	norm.	1	Spotřeba plynu	Nm ³	teplota prodlevy	°C	94	0,0436	0,2095	0,2028	ano
2						hmotnost	kg	94	0,2065	0,4544	0,2028	ano
3						délka cyklu	hod	94	0,3005	0,5481	0,2028	ano
4		pop.	1		Nm ³	teplota prodlevy	°C	151	0,2080	0,4560	0,1598	ano
5						hmotnost	kg	151	0,1585	0,3981	0,1598	ano
6		výpaly vše	1		Nm ³	teplota prodlevy	°C	409	0,7002	0,8367	0,0970	ano
7						teplota prodlevy	°C	392	0,7308	0,8548	0,0988	ano
8						teplota prodlevy	°C	396	0,7566	0,8698	0,0988	ano
9	C	norm.	1		Nm ³	teplota prodlevy	°C	44	0,0616	0,2569	0,2973	ne
10						hmotnost	kg	44	0,3513	0,5927	0,2973	ano
11						doba prodlevy	hod	44	0,0536	0,2315	0,2973	ne
12						doba cyklu	hod	44	0,1507	0,3883	0,2973	ano
13					Nm ³ /kg	hmotnost	kg	44	0,7149	0,8654	0,2973	ano

6.5.2 Posuzování rozsáhlých souborů u popouštění

Zde jsme měli výsledky pouze ze slévárny F. Nejdříve jsme se opět zaměřili na závislost celkové spotřeby plynu na hmotnosti odlitků v peci. Ta je zachycena pro pec 1, slévárnu F na **Obr. 20** – viz **PŘÍLOHA 2**. Závislost má logický průběh (kladnou směrnici) a z porovnání R_{skut} a R_{krit} vyplývá, že daná závislost je statisticky významná.

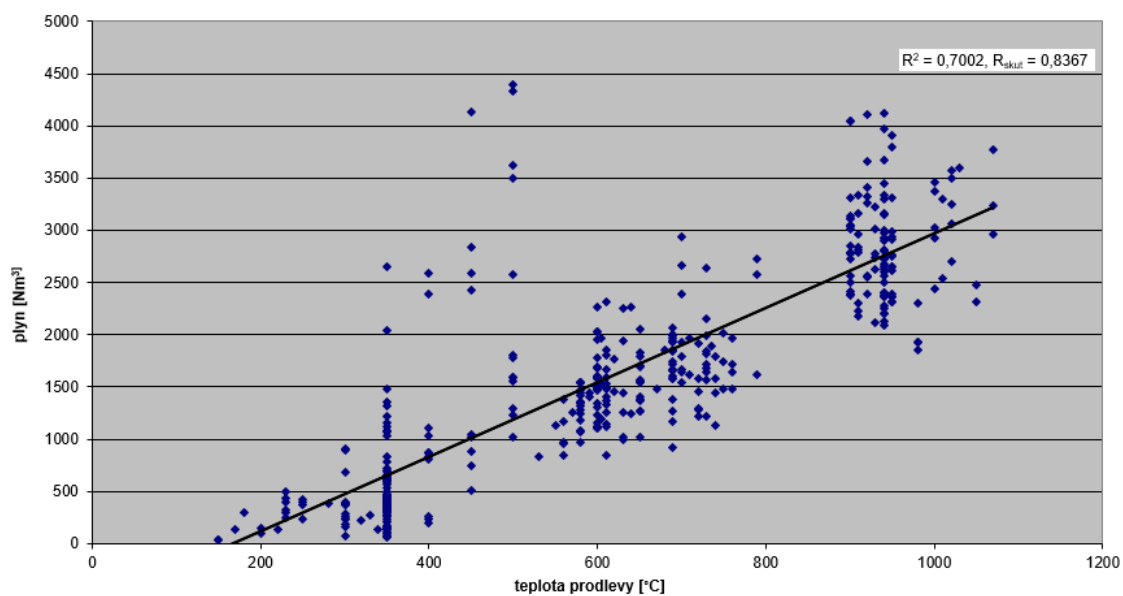
Poté jsme prošetřovali závislost spotřeby plynu na teplotě prodlevy. Tato vazba pro slévárnu F je uvedena na **Obr. 21**. Závislost má očekávanou kladnou směrnici. Dále z porovnání hodnot $R_{skut} = 0,4560$ a $R_{krit} = 0,1598$ docházíme jednoznačně k potvrzení do jisté míry očekávané statistické závislosti.



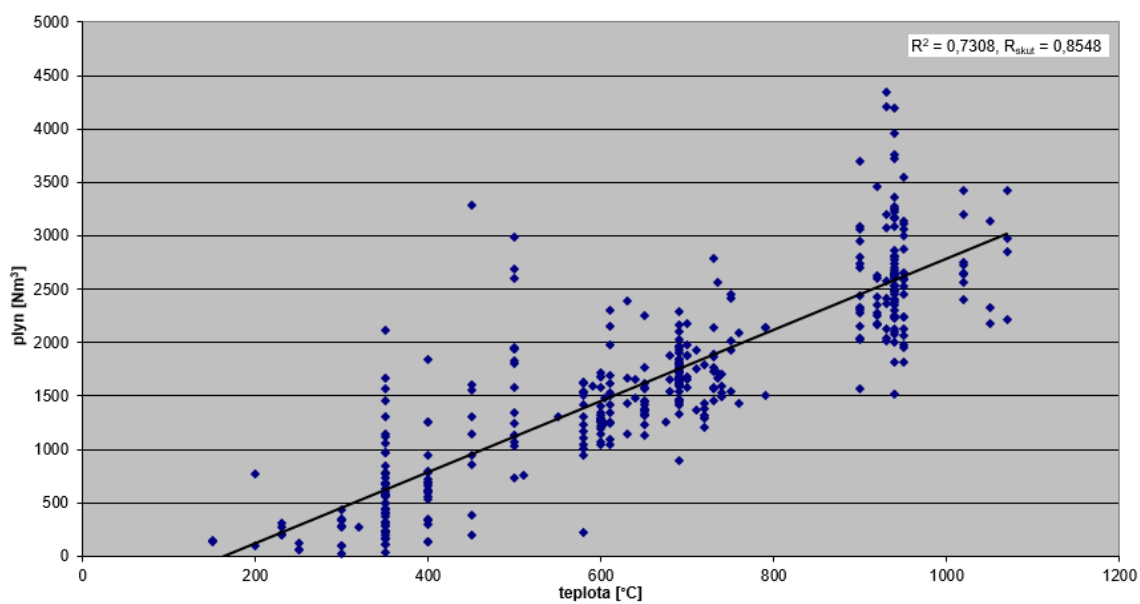
Obr. 21 Závislost spotřeby plynu na teplotě prodlevy (slévárna F, popouštění, pec 1, $R_{krit} = 0,1598$, $n = 151$)

6.5.3 Posuzování rozsáhlých souborů u všech výpalů

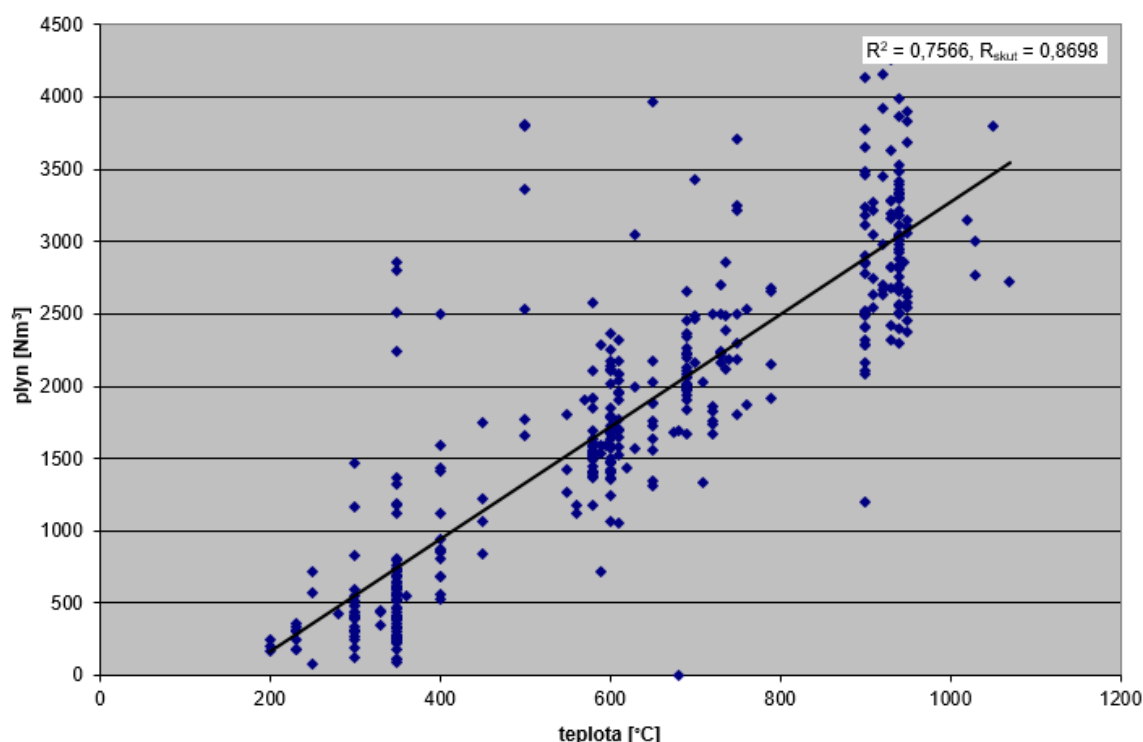
Na základě výše uvedených, do jisté míry nejednoznačných výsledků u sledování závislosti spotřeby plynu celkem na teplotě prodlevy, vytvořili řešitelé ze slévárny F výběrové soubory o prakticky 400 členech, které nerozlišovaly druh tepelného zpracování. Výběrové soubory byly však vytvořeny vždy zvlášť pro každou sledovanou pec. Výsledky jsou uvedeny na **Obr. 22**, **Obr. 23** a **Obr. 24**. Porovnáním R_{krit} a R_{skut} se zjistilo, že všechny závislosti jsou spolehlivě statisticky závislé. A dále, že směrnice závislostí jsou u všech tří pecí jednoznačně kladné. Tedy potvrzují, že se zvyšující se teplotou prodlevy zcela jednoznačně se zvyšuje spotřeba plynu na pec celkem.



Obr. 22 Závislost spotřeby plynu celkem na teplotě prodlevy (slévárna F, výpaly všechny, pec1, $R_{krit} = 0,0970$, pro $n = 409$)



Obr. 23 Závislost spotřeby plynu na teplotě prodlevy (slévárna F, pec 2, všechny výpaly, $n = 392$, $R_{krit} = 0,0988$)



Obr. 24 Závislost spotřeby plynu na teplotě prodlevy (slévárna F, všechny výpaly, pec 3, $n = 396$, $R_{krit} = 0,0986$)

6.5.4 Shrnutí výsledků posuzování rozsáhlých souborů

U tohoto hodnocení je třeba uvést, že k posuzování rozsáhlých souborů jsme dospěli prakticky až v samém závěru řešení. Proto z časových důvodů nebylo možné provést některá sledování, které si řešení logicky vynucuje. Kupříkladu rozsáhlejší posouzení závislosti u popouštění, nebo obšírnější posouzení doby prodlevy. Řešitelský kolektiv je si těchto skutečností vědom a počítá s jejich dopracováním v následném PROJEKTU XVII.

Při hodnocení posuzování rozsáhlých souborů můžeme v první řadě konstatovat, že se prokázala statistická úroveň u závislosti spotřeby plynu na pec celkem (Nm^3/pec) na hrubé hmotnosti odlitků v peci u normalizace a popouštění. Dále považujeme také za prokázanou závislost spotřeby plynu na pec celkem (Nm^3/pec) na době cyklu (hod).

Při posuzování závislosti spotřeby plynu na pec celkem (Nm^3/pec) na době prodlevy lze obecně říci, že daná závislost je statisticky také prokázána. Nicméně u výběrových souborů s menším počtem členů, malým rozdílem v teplotách prodlevy se tato závislost může projevit jako statisticky nevýznamná.

Je třeba doplnit, že závislost spotřeby plynu na délce prodlevy, byť ji očekáváme, nemáme dořešenou.

6.6 Porovnání nákladů na stejný druh tepelného zpracování ve slévárnách PXVI

Před vlastním porovnáním stejných režimů tepelného zpracování (normalizace, popouštění,...) ve slévárnách řešitelského týmu, byť jejich diagramy jsou obecně podobné, je třeba uvést, že řešitelé jsou si vědomi někdy zcela zásadních existujících odlišností. Těmi jsou kupříkladu různé konstrukční řešení pecí, odlišné typy a výkony instalovaných hořáků. Dále zabudované žáruvzdorné materiály, jejich tloušťka a umístění v žíhací peci. Také, i když se jedná o obecně typově stejné druhy tepelného zpracování, jde o někdy zásadní odlišnosti dané sortimentem výroby (jakosti odlitků, jejich hmotnost, tvar, rozměr odlitků a zejména tloušťka stěny). Dále je třeba připomenout různý ovládací a řídicí software žíhacích pecí a v neposlední řadě různě proškolená a motivovaná obsluha si vynucuje přistupovat k němu individuálně. Tedy jinými slovy situace naznačuje možnou problémovost ve srovnání nákladů stejných režimů tepelného zpracování v různých slévárnách.

Je však skutečností, že při posuzování závislostí v jednotlivých slévárnách na konkrétních pecích jsme se dopracovávali k obdobným závislostem. Kupříkladu závislost měrných nákladů na TeZ na zaplnění pece. Nebo u rozměrných souborů vazba celkové spotřeby plynu na době prodlevy, délce výpalu apod. Je dosti pravděpodobné, že v rámci konkrétní slévárny může být proces již do značné míry standardizován. To do jisté míry potvrzují překvapivě téměř shodné nákladové ukazatele u tří (prakticky konstrukčně shodných pecí) u normalizace. A opět nákladová shodnost u dvou (respektive tří pecí – vysvětlením rozdílu u pece 3 je odlišná konstrukce hořáku) pecí u popouštění také ve slévárně F.

Tedy s vědomím těchto vlivů, které narušují objektivitu nákladového porovnání, jsme se pokusili uvedené porovnání provést.

6.6.1 Porovnání nákladů na normalizaci ve slévárnách PXVI

Z **Tab. 24, sl. 3** vyplývá, že neúplné vlastní náklady na normalizaci se pohybují od 0,69 Kč/kg až do 1,73 Kč/kg. Tyto relace jsou názorně uvedeny na **Obr. 25**. V prvním přiblížení se uvedený rozdíl jeví jako rozsáhlý (150 %). Skutečností je, že nejbližší vyšší (**sl. 3**) jsou průměrné náklady u pece 1 ve slévárně F ve výši 0,92 Kč/kg.

Tedy vyšší o jednu třetinu. I tento nákladový rozdíl si zasluhuje posouzení. Při vědomí všech výše uvedených problémů ve srovnatelnosti mezi různými slévárnami jsme podrobnějším prověřením zjistili zajímavé podněty.

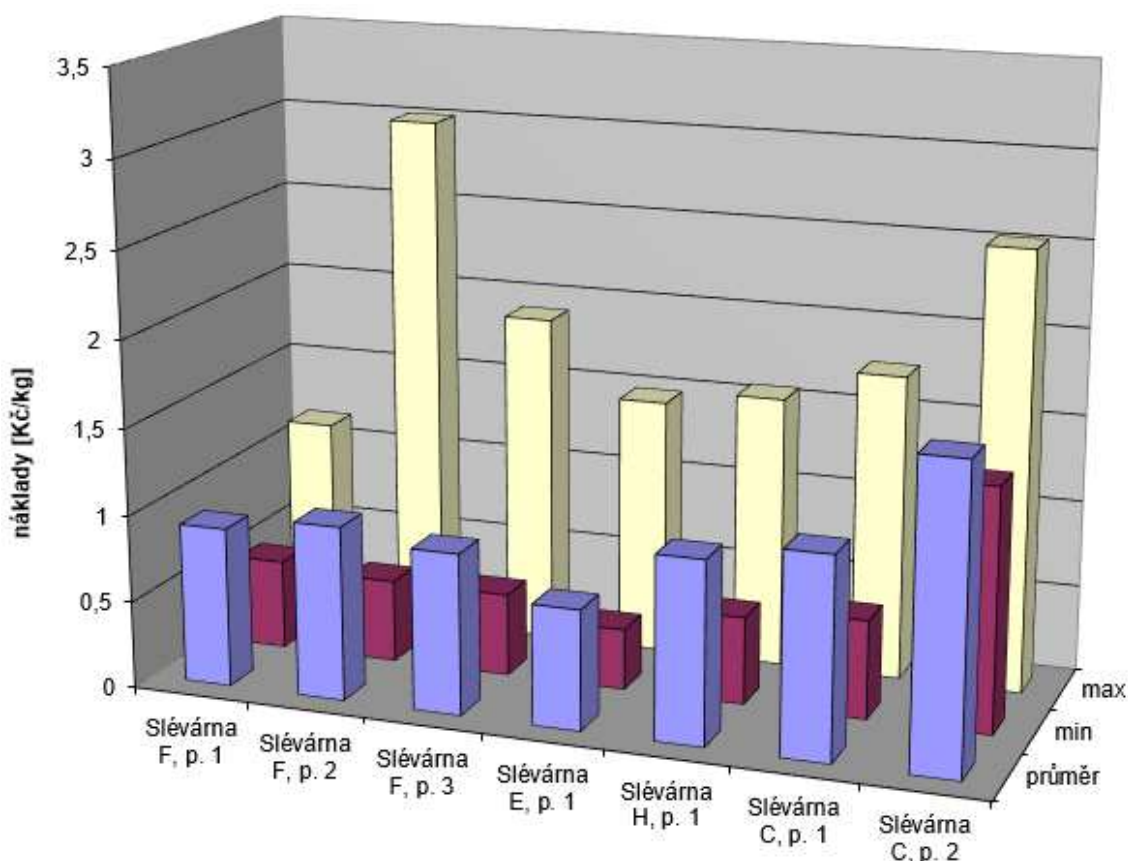
Obecně patrně ve většině sléváren se pálení nálitků za tepla provádí po zchlazení z normalizační teploty na teplotu předepsanou pro odstraňování nálitků. Má to své výhody ve zrychlení výroby. Nevýhodou budou vyšší náklady na normalizaci (je nutno zahřívát nálitky a vtoky na vysoké teploty a dochází k nižšímu využití vsázky). Pokud při pálení zůstávají zbytky po nálitcích, je nutno tyto dále mechanicky opracovat.

Tab. 24 Porovnání nákladů na normalizaci v různých slévárnách

	Slévárna, pece	Počet cyklů	Náklady - Kč/kg			Využití pece - %			Účinnost cyklu - %		
			prům.	min.	max.	prům.	min.	max.	prům.	min.	max.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	F, p. 1	11	0,92	0,51	1,15	34	25	60	20	15	34
2	F, p. 2	21	1,00	0,48	3,01	34	8	60	21	6	36
3	F, p. 3	15	0,93	0,47	1,91	40	13	82	21	9	37
4	E, p. 1	30	0,69	0,35	1,48	33	12	49	50	10	43
5	H, p. 1	10	1,05	0,50	1,56	25	14	54	19	11	36
6	C, p. 1	9	1,15	0,57	1,76	34	14	71	20	11	37
7	C, p. 2	7	1,73	1,39	2,53	36	19	42	13	9	16

Pokud se týká ovlivnění struktury materiálu v oblasti pálení při upalování po normalizaci tak v podmínkách slévárny F je tepelně ovlivněná hloubka povrchu odlitku max 12 mm. Odlitky jsou zajištěny přídatkem na neopracovaném povrchu (od 3–15 mm), na opracovaném až 60 mm. Nálitky se pálí se zbytkem (od 5–40 mm). Zbytky se odstraňují strojním opracováním Andromatem (brusný manipulátor) nebo ručně (kyvadlové brusky). Odlitky dále procházejí buď druhou normalizací, kalením nebo popouštěním a dále žíháním na odstranění pnutí po opravách. Finální odlitek tedy nevykazuje žádné známky strukturálních změn materiálu v místě upalování.

V podmínkách slévárny E je pálení za tepla prováděno před normalizací nahřátím odlitků s nálitky na předepsanou teplotu. Má to výhodu v tom, že jsou nižší náklady na TeZ (což se v daném případě i prokázalo). Metalurgicky je lepší struktura materiálu v místě upalování nálitku, kde proběhla v celém objemu rekrytalizace. Při upalování po normalizaci může dojít k tepelnému ovlivnění páleného místa. Předehřev odlitků před pálením neprovádějí u uhlíkových ocelí s nízkým obsahem uhlíku a s nízkým obsahem legur jako Mn. Většinou se jedná o materiály dle ČSN 422630, 422640, 422643, 422712 a obdobné dle EN nebo zahraničních norem.



Obr. 25 Porovnání nákladů normalizace podle sléváren

U jakostních ocelí legovaných Mn, Cr, Ni, Mo, V, W se teplota přehřevu před pálením určuje dle obsahu uhlíku, stupně legování (uhlíkového ekvivalentu) a velikosti pálené plochy nálitku. Teplota přehřevu je 250–450°C. Většinou se jedná o materiály GS-60, G42CrMo4 apod. U ocelí střednělegovaných Cr, Ni, Mo s obsahem legur cca 5 % a více se nálitky pálí za tepla a nechává se přidavek na opracování (odstranění případných trhlin).

Náhrev odlitků před pálením se využívá asi u 5–20 % produkce, která prochází normalizací. Náklady na náhrev činí asi polovinu nákladů na popouštění. Tedy jinými slovy náklady na normalizaci se o jistou částku zvyšují.

Když si tento propočet pro mezní stavy provedeme (20 % produkce a vyšší náklady na popouštění – 0,37 Kč/kg) docházíme k závěru, že pak se průměrné náklady na jeden cyklus zvyšují o 0,04 Kč/kg odlitku. Což je prakticky pro podmínky slévárny E necelých 6 %. A to je vskutku velice zajímavé. Domníváme se, že tento přístup může být i podnětem pro možnou (třeba pouze částečnou) aplikaci u některých dalších sléváren, u kterých se dnes u normalizace ve vsázce na hmotnost hrubých odlitků vyskytuje 30 až 68 % nálitků.

Při posuzování nákladů na normalizaci jsme se snažili posoudit u oněch 7 případů závislost nákladů na tonáži žíhací pece. Podle očekávání, byť trend směrnice byl záporný, se závislost neprokázala jako statisticky významná.

6.6.2 Porovnání nákladů na popouštění ve slévárnách PXVI

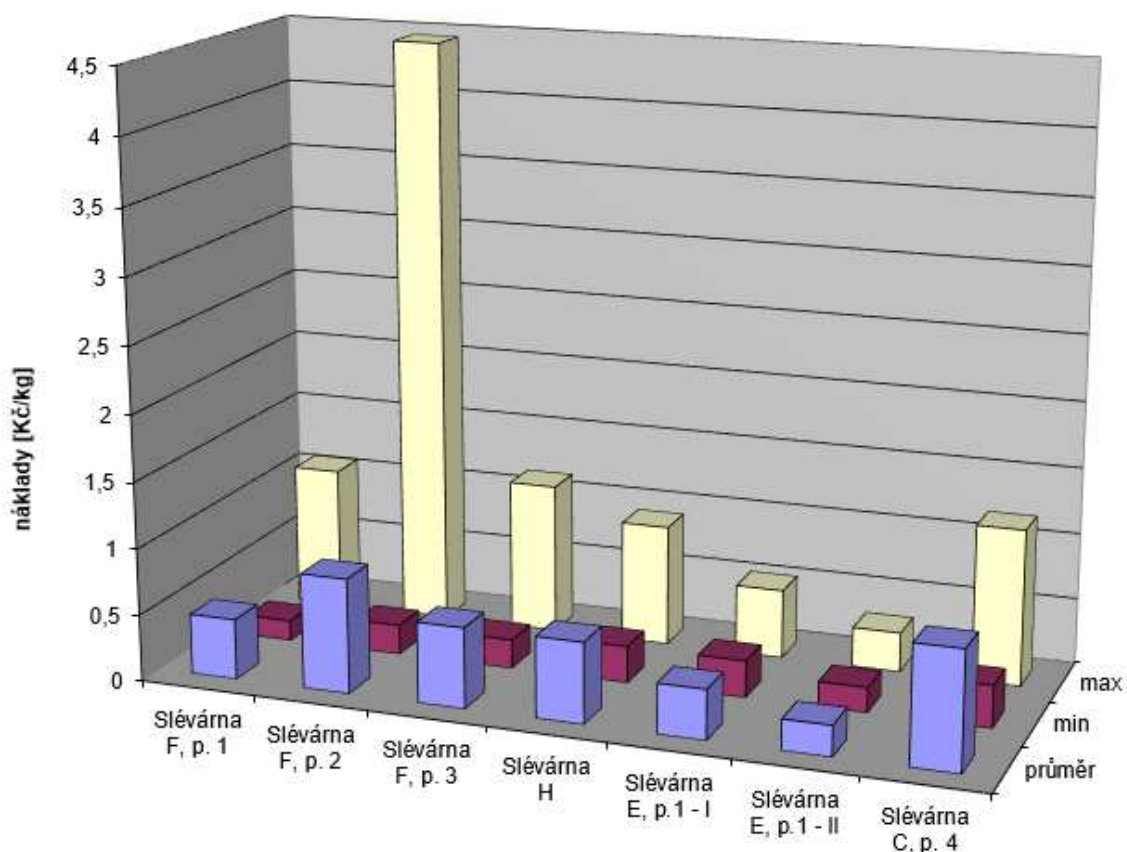
Z **Tab. 25, sl. 3** vyplývá, že průměrné neúplné vlastní náklady na popouštění se pohybují od 0,23 Kč/kg (slévárna E, popouštění po kalení) až do 0,89 Kč/kg (slévárna C). Tyto relace jsou názorně uvedeny na **Obr. 26**. V prvním přiblížení se uvedený rozdíl jeví téměř trojnásobný. Skutečností je, že nejbližší vyšší (**Tab. 25, sl. 3**) jsou průměrné náklady u popouštění po normalizaci opět ve slévárně E na stejné peci ve výši 0,37 Kč/kg. Tedy vyšší o přibližně dvě třetiny.

Tab. 25 Porovnání nákladů na popouštění v různých slévárnách

	Slévárny, pece	Počet cyklů	Náklady - Kč/kg			Využití pece - %			Účinnost cyklu - %		
			prům.	min.	max.	prům.	min.	max.	prům.	min.	max.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	F, p. 1	17	0,45	0,15	1,08	45	13	113	30	11	72
2	F, p. 2	13	0,86	0,22	4,45	33	2	58	25	2	45
3	F, p. 3	17	0,61	0,22	1,14	38	12	89	25	2	45
4	H	10	0,61	0,28	0,91	26	13	57	26	13	46
5	E, po norm.	10	0,37	0,28	0,52	34	22	50	33	22	44
6	E, po kalení	10	0,23	0,19	0,30	54	42	62	50	37	60
7	C, p. 4	9	0,89	0,32	1,18	43	30	60	19	13	39

U popouštění jsme neprováděli detailnější porovnání. Jednak nebyl podnět obdobný tomu z normalizace a dále zde může být řada dalších vlivů, do kterých jsme zatím neměli možnost nahlédnout.

Při posuzování nákladů na popouštění jsme se snažili také posoudit u oněch 7 případů závislost nákladů na tonáži žíhací pece. Podle očekávání se závislost neprokázala jako statisticky významná. A navíc směrnice přímky měla kladné znaménko, což by znamenalo, že s rostoucí tonáží pece rostou náklady na popouštění. A to nemůžeme přijmout.



Obr. 26 Porovnání nákladů na popouštění mezi slévárnami

6.6.3 Porovnání nákladů na kalení ve slévárnách PXVI

Porovnání údajů o kalení uvádíme pro doplnění, poněvadž se jedná o odlišné technologie. V **Tab. 26, sl. 3** jsou náklady na kalení do polymeru, kalení s rozpouštěcím žháním a ve slévárně C kalení do vody (viz také **Obr. 27** – viz **PŘÍLOHA 2**). Z uvedené tabulky vyplývá, že průměrné neúplné vlastní náklady na tyto tři druhy kalení se pohybují od 0,52 Kč/kg (slévárna E polymer) až po 1,80 Kč/kg (slévárna C, kalení do vody).

Dále se pokusíme alespoň shrnout (naznačit) možné závěry nebo tendence z dosavadního šetření v oblasti posuzování různých druhů tepelného zpracování.

Tab. 26 Porovnání nákladů na kalení ve slévárnách

	Sledované pece	Počet cyklů	Náklady – Kč/kg			Využití pece - %			Účinnost cyklu - %		
			prům.	min.	max.	prům.	min.	max.	prům.	min.	max.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Slévárna E, do poly- meru	12	0,52	0,44	0,62	56	47	62	51	28	35
2	Slévárna E, kal. r. ž.	7	1,00	0,71	1,65	39	14	59	11	5	13
3	Slévárna C, kalení	11	1,80	0,90	2,86	42	27	60	13	7	24

6.7 Naznačení možných závěrů z dosavadního šetření v oblasti posuzování různých druhů tepelného zpracování.

Při formulaci závěrů z dosavadních šetření musíme být velice obezřetní. Musíme si v první řadě být vědomi skutečnosti, že pracujeme s výběrovými soubory u sléváren, které měly o tyto práce zájem. A mohou být a jsou v řadě posuzovaných parametrů výrazně odlišné. To následně zákonitě zvyšuje variabilitu ve výsledcích (nákladech na konkrétní režim tepelného zpracování) a nutí k velké obezřetnosti při formulování závěrů, které by měly mít obecnější platnost.

Další skutečností je, že námi předkládané výsledky jsou patrně první tohoto druhu. Řešitelskému týmu se nepodařilo v naší ani zahraniční literatuře získat informace o obdobném šetření. Nemáme tedy možnost korekce z literatury.

Nicméně se jeví, že aplikace metody stanovení neúplných vlastních nákladů (NVN) na TeZ se jeví jako vhodná. Dále se jako správné ukazuje, že jsme se soustředili u posuzování TeZ na náklady na plyn, který představuje podle našich dřívějších šetření cca 85 % z celkových NVN na TeZ. Do budoucna si však musíme být vědomi skutečnosti, že zbývající podíl NVN, kupříkladu vyzdívky, opravy, údržba a osobní náklady mohou způsobit nemalé odchylky. A tedy na tuto oblast se také zaměřit.

U posuzování nákladových výsledků by nás neměla překvapit skutečnost, že některé zjištěné náklady na TeZ se jeví relativně velice malé – kupříkladu 0,23 Kč/kg. A my přes tuto skutečnost diskutujeme o jejich možné redukci. V první řadě při dosažení nákladové redukce třeba v řádu haléřů/kg dochází k úspoře dané opakovanou výrobou. Dále tato relativně nízká úspora vyvolává ponížení výše uvedených nehodnocených druhů NVN (vyzdívky, údržba, atd.). A také k poklesu zcela zákonitě dochází u položek úplných vlastních nákladů (UVN) na odlitek jako takový. Jako jsou kupříkladu podíly různých režimů apod. Zopakujme si, že UVN oproti NVN odlitku (a i každé jeho dílčí operaci) jsou často dvojnásobné i vyšší.

6.7.1 Naznačení závěrů z dosavadního šetření v oblasti TeZ

Přes konstatované odlišnosti stejného druhu TeZ v posuzovaných slévárnách je možné říci, že se prokázala vždy v rámci konkrétní slévárny závislost mezi měrnými náklady na plyn (Nm^3/kg hrubé hmotnosti odlitků) a hmotnosti vsázky v dané peci (t). Snad s výjimkou dvou případů se tato závislost prokázala u lineární závislosti jako statisticky významná. Je třeba doplnit, že tato závislost v praxi bude uplatňována spíše kupříkladu jako exponenciální nebo polynomičká. Dále podle koeficientu determinace (R^2) se hmotnost prosazených odlitků v peci jeví jako zcela zásadní (70ti a více procentní vliv).

Je tedy zřejmé, že přestože ve slévárnách zařazených do sledování jsou u jednotlivých cyklů odlišnosti (jakosti odlitků, tloušťka stěny, atd.) obecně jde říci, že z nich vytvořené výběrové soubory pro stejný druh TeZ lze považovat do jisté míry jako standardní jednotky. A lze je také samostatně v rámci těchto sléváren posuzovat.

Toto konstatování se potvrdilo zejména na výběrových souborech pro normalizaci a popouštění pro tři posuzované pece ve slévárně F. Tam se kupodivu velice přesně potvrdil obecně očekávaný předpoklad, že nákladové výsledky u jinak identických pecí by měly být za jinak standardních podmínek shodné.

Přes tyto jednoznačné doklady o jisté standardní podobě posuzovaných cyklů jsme si doložili, že existují v oblasti nákladů zejména při stejné hmotnosti prosazených odlitků v peci rozdíly nákladů. Tyto nákladové rozdíly se často pohybovaly v desítkách procent. Ojediněle i více. Je možné konstatovat, že v některých situacích je tento rozdíl i objektivní, vzhledem k odlišné vsázce v žíhacích pecích. Nicméně to dává v každém případě podnět k diskusi o možné redukci nákladů. Pokud budeme velice, velice obezřetní tak kupříkladu se může jednat o možné úspory 5–10 %.

Zde je třeba také prošetřit možné uplatnění praxe ve slévárně E na odstraňování nálitků před normalizací a tím docílit nákladové redukce oproti jiným slévárnám.

Sledování rozsáhlých souborů nám jednoznačně prokázalo vliv teploty prodlevy na celkovou spotřebu plynu. Zde bude třeba v dalších pracích ještě dořešit vliv doby prodlevy na celkovou spotřebu plynu. I když jeho významnost očekáváme, tak to zatím nemáme doloženo. Váže se to na již řešený námět Ing. Michala Fíka na jisté zkrácení doby výdrže /2/.

Považujeme za prokázaný také dopad délky cyklu na celkovou spotřebu plynu. Je třeba dodat, že ze známých důvodů zejména u doby náhřevu se nebude v žádném případě jednat o dosažení minimální doby, ale o dobu náhřevu optimální. Zde byly získány zajímavé výsledky ve slévárně C.

Nepodařilo se nám doložit také vliv hmotnosti žíhacích pomůcek na spotřebu plynu celkem. Je zřejmé, že jejich hmotnost by obecně neměla být u různých cyklů konstantní. Měli bychom se v rámci daných možností snažit, aby jejich hmotnost byla v peci minimální.

Pokud se týká možného porovnání nákladů stejného režimu TeZ mezi slévárnami (kupř. normalizace) jeví se jako možné zvážit společné řešení pro-

blémů slévárny F, H a L (těžké kusové odlitky). Podmínky těchto tří sléváren by mohly být asi podobné.

Obdobně blízké by mohly být problémy slévárny E, H a C.

Při posuzování námětů k dalšímu řešení nemůžeme opomenout zvážení zavedení motivačního systému na osádku. Ten se nám osvědčil u tryskání v podmínkách slévárny G.

Tady bychom měli motivovat zejména ty pracovníky, kteří mohou ovlivnit ekonomiku tepelného zpracování. Tedy dle zodpovědnosti za uložení vsázky do pece to může být žihač, technolog nebo mistr. Jako kritéria lze zvolit hlavně množství plynu (náklady) na 1 tunu vsázky, případně množství plynu (náklady) na konkrétní diagram tepelného zpracování.

Samozřejmě může nastat situace, kdy „proti sobě půjdou“ náklady na TeZ a rychlost (termín) výroby konkrétních kusů. Daná slévárna musí zhodnotit, jestli je prioritní minimální doba na výrobu na úkor zvýšení nákladů. Nebo jsou hlavním kritériem minimální náklady a lze plánovat každou zakázku individuálně.

Pokud bude prioritní „rychlost“ výroby, nemá smysl motivovat dle kritéria náklady TeZ na tunu vsázky. V tomto případě lze uvažovat o hodnocení nákladů na konkrétní diagram TeZ.

Předpokladem jsou u všech variant znalí a zaškolení pracovníci, kteří mají pravomoci při sestavování vsázek TeZ. A samozřejmě zavedené nákladové sledování a vyhodnocování jednotlivých cyklů TeZ. A také statistické vyhodnocování průměrných nákladů na konkrétní diagramy TeZ.

V každém případě platí původní myšlenka ing. M. Fíka, že každý cyklus tepelného zpracování je třeba považovat za jedinečný a ten posuzovat a samostatně sledovat včetně nákladové náročnosti. A dosažené výsledky následně samostatně analyzovat. Možná obdobně jako ing. Pavel Jelínek to provádí v přídavném zařízení u tryskacích jednotek.

Následně se alespoň v prvním přiblížení zaměříme na úvodní problémy ve slévárně D při tepelném zpracování slitin hliníku.

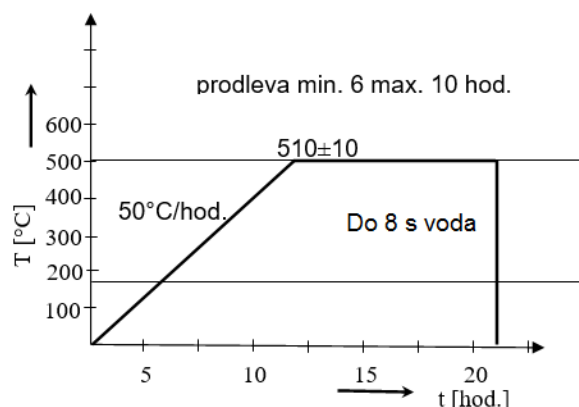
7 Tepelné zpracování slitin hliníku

Tepelné zpracování odlitků ze slitin hliníku nebylo doposud v podmínkách slévárny D sledováno na každou z použitých pecí samostatně. Údaje uvedené v **Tab. 27** – viz **PŘÍLOHA 2**, které se podařilo řešitelům ze slévárny D sestavit, vychází z celkových měsíčních nebo ročních hodnot, přepočtených a odborně odhadnutých na potřebné časové spotřeby jednotlivých nákladů.

Příznivou zprávou také je, že technici IT připravili kalkulační vzorec, do kterého budou průběžně v časové ose shromažďována data ze všech probíhajících výrobních procesů. V současnosti se postupně řeší zařazení měřidel, snímačů a čidel, která umožní uvedená data automaticky sbírat. Tento kalkulační vzorec umožní nejen poskytnout kdykoliv náklady na jednotlivých výrobních pracovištích,

ale i vygenerování průvodek. A dále poskytne veškerá data pro vystavování atestů pro odběratele.

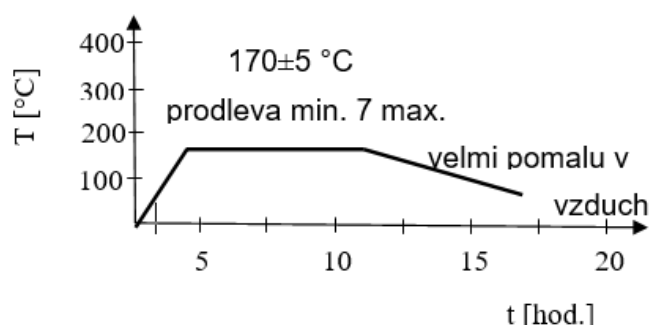
Rozpouštěcí žíhání – viz **Obr. 28** a **Obr. 29** pro slitiny hliníku s křemíkem s minimálním obsahem hořčíku 0,2 % (předpis T6 – rozpouštěcí žíhání a umělé stárnutí). Slitiny hliníku s mědí jsou samovytvrditelné, tedy po rozpouštěcím žíhání dosáhnou očekávané pevnosti a tvrdosti během 72 hodin (předpis T4 – rozpouštěcí žíhání a přirozené stárnutí).



Obr. 28 Tepelný diagram rozpouštěcího žíhání

V některých případech je použito tepelné zpracování dle předpisu T64 – rozpouštěcí žíhání a umělé nedostárnutí. Proces je identický s předpisem T6, pouze prodleva vytvrzování se zkracuje podle požadované tloušťky vytvrzené vrstvy. Vnitřní kov zůstává plastický (vyšší tažnost). Zkrácení prodlevy je nutno nastavit v návaznosti na experimentální prověření.

Těmto okolnostem odpovídají i drobné odchylky v nákladech na jednotlivé pece. V některých případech bylo nutno čerpat i ze starších údajů a odborným odhadem byla stanovena aktualizace na rok 2015.



Obr. 29 Tepelný diagram vytvrzování (umělého stárnutí)

Obdobně lze postupovat i u ostatních slitin neželezných kovů. Teploty obou procesů musí být odvozeny z rovnovážných diagramů.

Uvedené údaje je nutné považovat za úvodní naznačení dalšího postupu šetření v oblasti neželezných kovů v PROJEKTU XVII.

Následně se zaměříme na problematiku odstraňování nálitků.

8 Problematika odstraňování nálitků

V úvodu je třeba říci, že fáze odstraňování nálitků a vtokové soustavy (odřezávání, upalování, urážení, apod.) byla v rámci komplexního popisu výroby odlitku zařazena do fáze D. Ta se dále dělila na:

1. Přeprava odlitku k odstranění nálitků a vtokové soustavy.
2. Příprava a manipulace s odlitkem.
3. Odstranění nálitků a vtoků, čištění (odstranění strusky).
4. Přeprava odlitku po odstranění nálitků a vtokové soustavy.
5. Úklid odstraněných částí.

Řešitelský tým se rozhodl v úvodu prací na tomto tématu zaměřit se na fáze 2 a 3. Zbývající fáze budou posuzovány později.

Dále jsme se dohodli na tom, že je třeba získat první informaci o aplikovaných metodách odstraňování nálitků ve slévárnách v PXVI.

8.1 Úvodní informace o metodách odstraňování nálitků ve slévárnách

K tomu účelu byla vyvinuta tabulka, do které slévárny uvedly své vstupní informace.

Úkolem bylo pokusit se zjistit skutečné náklady na tuto operaci. Zaměřili jsme se na zjištění mzdových nákladů a spotřeby energie. Dali jsme si do předpokladů odstranění nálitku o $\varnothing$ 200 mm (nebo pokud možno co nejbližší). Tedy jeho odstranění za studena, 1 řez v rovině bez kapes, manipulace s odlitkem pouze při odstraňování – čas připadající pouze na nálitky.

V zadání bylo, že každá slévárna bude sledovat náklady pro veškeré u nich používané verze odstraňování nálitků (např. pálení acetylenem, pálení zemním plynem, urážení, apod.).

Výpočty pro každou verzi odstraňování nálitků se budou provádět podle konkrétní situace slévárny ve třech variantách. Dle údajů norem, skutečně naměřených údajů – tam bude snaha provést tři měření a dle ročních ukazatelů. Pokud by se vycházelo z ročních dat, pak jsme předpokládali, že může nastat situace, že ne všechny nákladové údaje bude možné takto modelovat.

V **Tab. 28** – viz **PŘÍLOHA 2**, se podařilo v úvodu soustředit první informace z pěti sléváren o odstraňování nálitků. Jak bylo uvedeno tak ve **sl. 18 Tab. 28** je

proveden souhrn nákladů na každý postup. Údaje byly získány měřením. V posledním sloupci tabulky jsou uvedeny operace na odlitku, které nebyly nákladově ohodnoceny.

V současné době údaje v této tabulce nekomentujeme, poněvadž je chceme nejprve prověřit.

Zajímavé informace jsme z této oblasti získali ze sléváren zařazených do PROJEKTU XVI.

8.2 Odstraňování nálitků

8.2.1 Slévárna C

Odstranění nálitků a vtokové soustavy u odlitků z uhlíkových a nízkolegovaných ocelí se provádí ručně kyslíko-acetylenovým plamenem. U odlitků z legovaných ocelí se používá ruční upalování práškem s následným dočištěním plochy uhlíkovou elektrodou.

8.2.2 Slévárna F

Slévárna F vyrábí odlitky v rozsahu hrubé hmotnosti od 200 kg do 40 000 kg. V nabídce materiálů je uhlíková, nízko, středně i vysoko legovaná ocel včetně oceli Hadfieldovi a také LKG (litiny s kuličkovým grafitem). Jedná se o tvarově složité odlitky pro energetický průmysl, offshore sektor, stavbu lodí i strojů. Charakteristické pro složité odlitky je rozsáhlé nálitkování a značné množství žeber.

Technologie používané k odstraňování nálitků ve slévárně F

1. Urážení:
 - 1.1. ruční,
 - 1.2. strojní – urážecí kladivo Clansman Dynamics.
2. Upalování:
 - 2.1. Ruční,
 - 2.1.1. acetylen, kyslík,
 - 2.1.2. acetylen, kyslík, prášek.
 - 2.2. strojní – CNC řízený upalovací stroj Framat:
 - 2.2.1. zemní plyn, kyslík,
 - 2.2.2. zemní plyn, kyslík, prášek.

Odstraňování nálitku a předhřev odlitku v závislosti na druhu materiálu a velikosti plochy nálitku

3. V litém stavu:
 - 3.1. za studena:
 - 3.1.1. urážení,
 - 3.1.2. upalování.

- 3.2. za tepla – upalování za 250–400 °C:
 - 3.2.1. s využitím teploty odlitku po odlití,
 - 3.2.2. s využitím náhřevu.
4. Po základním (normalizačním) žíhání:
 - 4.1. za studena,
 - 4.2. za tepla – v rámci normalizace.

8.2.3 Slévárna H

Divize Slévárna odlitků je orientována na:

- výrobu válců gravitačním litím do kokil a písku do hmotnosti 5 000–6 000 kg,
- kusovou a malosériovou výrobu tvarových odlitků z LKG, LLG a ocelí s hmotností od 40 do 7 000 kg,
- gravitačně a odstředivě lité odlitky z neželezných kovů.

Válce jsou vyráběny z lité oceli a LKG a jsou určeny pro nasazení ve stolicích profilových tratí, drátotratí a válcoven trub.

Produkce odlitků je zaměřena na výrobu tvarových odlitků (kola, ložiska, seřezávacíky, skříně, tělesa, vodítka, apod.), které společnost dodává odběratelům v oblasti energetiky, strojírenství, hutnictví, důlního, lodního a stavebního průmyslu.

Technologie používaná k odstraňování nálitků a vtoků ve slévárně H:

5. Upalování ruční:
 - 5.1. acetylen, kyslík,
 - 5.2. acetylen, kyslík, prášek.

Oblast odstraňování nálitku a předhřev odlitku v závislosti na druhu materiálu a velikosti plochy nálitku:

6. V litém stavu
 - 6.1. za studena – stacionárně lité válce + LKG,
 - 6.2. za tepla:
 - 6.2.1. upalování za 250–400 °C,
 - 6.2.2. s využitím náhřevu,
7. po základním (normalizačním) žíhání za tepla.

8.2.4 Slévárna G

Slévárna vyrábí odlitky z LLG (litiny s lupínkovým grafitem) a LKG na dvou formovacích linkách a na ruční formovně. Na formovacích linkách se pro nálitkování nejčastěji používají exotermické nálitky různých typů. Pokud lze nálitkový nástavec založit do formy dělicí rovinou, využívají se exonálitky s podnálitkovou vložkou.

Výhodou tohoto řešení je, že podnálitková vložka tvoří přechodový krček o výrazně menším průměru než náletek. Na **Obr. 30** jsou příklady exonálitku s podnálitkovou vložkou pro náletek o průměru 120 mm a přechodovým krčkem o průměru 40 mm. Pro nálitky mimo dělicí rovinu jsou na modelech trny a na ně se exonálitky nasazují těsně před formováním v cyklu stroje. Nálitky mají krček tvořený zasouvacím plechovým tubusem o výrazně menším průměru než je náletek.

Nálitky s přechodovým krčkem se s výhodou odstraňují urážením kladivem, a to již při operaci vytloukání odlitků. Náklady na urážení tak vznikají mimo apreturu odlitků a nejsou evidovány ani sledovány, neboť jsou součástí vytloukání odlitků. Pokud se na pracoviště broušení dostanou odlitky s nálitky, uráží je brusič. Náklady na urážení brusičem se opět nesledují ani neevidují, jsou součástí broušení. Nutno podotknout že náklady na urážení jsou tak nízké, že je sledovat nemá význam. Tato operace trvá pár sekund.



Obr. 30 Příklady exotermických nálitků a modelů s exonáliekem

Výjimku svým způsobem tvoří ruční formovna, kde se nálitky na odlitcích přeformovávají – viz **Obr. 31**. Odstraňování nálitků se provádí odřezáváním pneumatickými úhlovými bruskami s řezacími kotouči, nebo urážením. O způsobu odstranění rozhoduje průměr krčku nálitku. Odřezávají se nálitky s větším krčkem. Taký je možné krček částečně nařezat a zbytek urazit kladivem. Řezací kotouč má průměr 230 mm a tloušťku 2 mm. Je vyroben z brusného materiálu aluminiumoxid. Maximální hloubka řezu u takového kotouče je 76 mm. Větší průměry se řezou dvěma řezy, proti sobě. V normě apretury odlitku se sice eviduje doba řezání nálitků, ale v nákladech na apreturu odlitku se vyhodnocují celkové náklady, tzn. že se počítá doba řezání nálitků s dobou broušení. Odstraňování nálitků se samostatně nevyhodnocuje.



Obr. 31 Odlitek s nálitky z ruční formovny

8.2.4.1 Aplikace diamantových řezných kotoučů

Při hledání úspor na broušení odlitků a řezání nálitků dodavatel brusiva doporučil odzkoušení diamantových řezacích kotoučů. Zkoušky ve slévárně prokázaly, že životnost diamantového řezacího kotouče je mnohonásobně vyšší než doposud používaného řezacího kotouče z aluminiumoxidu. Porovnání životností obou kotoučů ukázalo, že jeden diamantový řezací kotouč nahradí v našem případě 136 původních řezacích kotoučů z aluminiumoxidu. Roční spotřeba aluminiumoxidových řezacích kotoučů je 3 400 ks. Toto množství nahradí pouze 25 kusů diamantových řezacích kotoučů. Je-li cena aluminiumoxidového kotouče 63,24 Kč za jeden kus a stojí-li diamantový kotouč 1 950 Kč/kus, činí roční úspory při přechodu na diamantové kotouče 167 166 Kč. Nutno však poznamenat, že při přechodu na diamantové kotouče musíme vyměnit i pneumatické úhlové brusky. Zatímco pro aluminiumoxidový kotouč plně dostačuje pneumatická bruska PBU 230 s výkonem 2350 W, pro diamantové kotouče tato bruska výkonem nedostačuje a kotouč se při řezání zastavuje. Z tohoto důvodu je pro diamantový řezací kotouč vhodnější pneumatická turbínová bruska GAT 823 s výkonem 4500 W (Obr. 32).

V neprospěch brusky GAT 823 hovoří pořizovací cena cca 50 000 Kč, zatímco bruska PBU 230 stojí cca 16 000 Kč. Při zavedení turbínové brusky je nutno počítat s rekonstrukcí pneumatických rozvodů, neboť bruska je připojena hadicí o větším průměru, aby dosahovala deklarovaný výkon. Spotřeba vzduchu je vyšší o 1,6 m³/min. Dále pro turbínovou brusku s diamantovým kotoučem následují jen samé výhody. Turbínová bruska při zatížení má konstantní otáčky, na rozdíl od pneumatické úhlové brusky, u níž při zatížení otáčky klesají. To je nevýhodné při řezání klasickým kotoučem. Stejně tak i obvodová rychlost je u turbínové brusky konstantní. S tím také souvisí i kvalita řezu. Při stabilních otáčkách a obvodové rychlosti je kvalita řezu výrazně lepší - broušení plochy řezu trvá kratší dobu. Další výhodou diamantového kotouče je, že se jeho průměr nemění. Jak je známo kotouč z klasického aluminiumoxidového materiálu se při řezání postupně zmenšuje. U zmenšujícího se kotouče se logicky prodlužuje doba řezu. A protože se klasický kotouč opotřebovává, musí se často vyměňovat. Za pracovní směnu jsou výměny vyčísleny na 14 minut na jednoho pracovníka.



Obr. 32 Ukázka předmětných brusek

Porovnání nákladů obou technologií je uvedeno v **Tab. 29**.

Tab. 29 Porovnání nákladů na minutu řezání oběma druhy kotoučů

	Materiálové náklady [Kč/min]	Stlačený vzduch			Mzdové náklady [Kč/min]	Celkem NVN [Kč/min]
		Spotřeba vzduchu [m ³ /min]	Cena vzduchu [Kč/m ³]	Náklady [Kč/min]		
Řezací kotouč	3,61	2,0	0,28	0,56	5,33	9,50
Diamantový kotouč	0,82	3,6	0,28	1,01	5,33	7,16

Použití diamantového kotouče pro ocelové materiály

Dodavatel brusiva doporučuje používat diamantové řezací kotouče také pro ocelové odlitky. Pro tento účel se však používá kotouč jiného typu. Tato metoda je vhodná pro menší nálitky, neboť hloubka řezu je 76 mm, při dvojitým řezu pak 152 mm. Doporučujeme slévárnám oceli odzkoušet řezání nálitků diamantovým kotoučem a porovnat s odstraňováním nálitků upalováním, případně jinými metodami odstraňování.

8.3 Závěr k problematice odstraňování odlitků

Jak bylo uvedeno výše, ve zprávě jsou pouze shrnuty úvodní informace k této problematice. Ty budou následně v PXVII prověřeny a dále rozpracovány.

9 Návrh dalšího postupu v řešení PROJEKTU XVII

V oblasti tryskání odlitků bychom chtěli v dalších dvou až třech českých slévárnách zařazených do řešení v PROJEKTECH instalovat a následně ověřit přídatné zařízení **DSTP**. Tak by bylo možné spolu se stávající slévárnou, která **DSTP** již provozuje, dlouhodobější provozování podrobněji vyhodnotit a předat zkušenosti slévárnám. V okamžiku, kdy bude k dispozici skutečná hodnota JSA za předpokladu správného seřízení stroje, tedy jinými slovy efektivita, bude možno provádět vzájemné srovnání všech vyhodnocených tryskacích pracovišť mezi sebou. A to hlavně z úhlu pohledu práce obsluhy a údržby a kvality abraziva.

V oblasti tepelného zpracování oceli chceme pokračovat v rozpracovaných oblastech z PROJEKTU XVI. Tedy sledovat závislosti spotřeby plynu na délce náhřevu, teplotě a době výdrže a dalších aspektech. Samozřejmě pokusit se dokončit šetření v oblasti rozsáhlých souborů. Budeme se chtít vrátit k možnému dalšímu posuzování nákladovosti mezi slévárnami. V úvahu bude také připadat možné operativní hodnocení jednotlivých cyklů tepelného zpracování v oblasti nákladů. Chtěli bychom se také pokusit zaměřit na možnost prověření motivačního systému na obsluhu. Ten se nám osvědčil u tryskání v podmínkách slévárny G. Tady bychom měli motivovat zejména ty pracovníky, kteří mohou ovlivnit ekonomiku tepelného zpracování. Tedy dle zodpovědnosti za uložení vsázky do pece to může být žíhač, technolog nebo mistr. Jako kritéria lze zvolit hlavně množství plynu (náklady) na 1 tunu vsázky, případně množství plynu (náklady) na konkrétní diagram tepelného zpracování.

Také se chceme vrátit k původnímu námětu ing. Michala Fíka o možném zkrácení doby prodlevy.

Možným námětem pro práce v PROJEKTU XVII může být také vyvinutí modelu stanovení nákladů výpalu na konkrétní pec. Po zadání teploty, hmotnosti, délky cyklu a nákladové konstanty pro konkrétní zařízení, bychom získali modelem stanovené náklady na výpal celkem a na kg hrubé hmotnosti odlitků. Očekávané náklady bychom poté porovnali se skutečnými a vyhodnotili vzniklou odchylku.

Znalost modelových nákladů před zahájením výpalu bude možné využít také k rozhodovacím procesům vedoucím k:

- pozdržení výpalu a doplnění vsázky,
- provedení výpalu v jiné žíhací peci,
- případné akceptování vysokých nákladů z důvodů návaznosti na další technologické operace nebo termínu dodání hotových odlitků zákazníkovi.

Obecně bychom tedy pracovali zejména s těmito faktory ovlivňující náklady výpalu:

- teplota, která je technologicky daná, u níž bude asi nízká možnost zásahu (snad v oblasti technologie náhřevu),

- délka cyklu, kde se zaměříme na možné zkracování prodlevy a snad i nájezdu (zvýšení rychlosti ohřevu),
- hmotnost vsázky – zde je jednoznačná snaha o její maximalizaci. Máme prokázáno, že mírné zvýšení nákladů na výpal má za následek prudký pokles měrných nákladů.

Dodejme, že se nabízí vytvoření nové sdružené charakteristiky kupříkladu součinu hmotnosti a délky cyklu.

V oblasti tepelného zpracování Al slitin bychom se rádi zaměřili na úvodní posouzení oblasti a pokusili se vyhodnotit data, která připravuje slévárna D. Prostě prakticky začít s řešením této problematiky.

Podobně bychom chtěli plně rozvinout svoje šetření u oddělování nálitků. Tedy prověřit zatím získaná data, provést jejich interpretaci a pokusit se jednotlivé metody odstraňování nálitků vzájemně porovnat.

10 Shrnutí a závěr

Předkládaná studie nejdříve dává PROJEKT XVI do kontextu prací, které OK ekonomická již 16 roků na jednotlivých fázích výroby odlitků provádí. Předkládané šetření bezprostředně navazuje na PROJEKT XV /2/.

Na základě výsledku práce /2/ a vytvoření nového řešitelského týmu byly vytýčeny cíle pro rok 2015. Ty byly zaměřeny v oblasti tryskání zejména na dokončení vývojových prací na přídatném zařízení dálkového sledování tryskacího procesu a seznámení s jeho funkcí řešitelské slévárny.

V oblasti tepelného zpracování jsme chtěli provést úvodní porovnání vybraných režimů (normalizace a popouštění). A dále posoudit dosažené výsledky a naznačit oblasti možných úspor.

V okruhu odstraňování odlitků jsme si vytkli za cíl provést vstupní pohled na aplikované metody v jednotlivých slévárnách.

V oblasti tryskání se podařilo ve slévárně G docílit velice zajímavého zavedení motivačního systému u osádek na abrazivu. Docílená úspora – přes 300 000 Kč za pět čtvrtletí – je pozoruhodná.

Podařilo se dokončit vývoj přídatného zařízení **DÁLKOVÉ SLEDOVÁNÍ TRYSKACÍHO PROCESU – DSTP**. DSTP poskytuje střednímu managementu slévárny detailní informace hodnocení v oblasti stupně vytížení stroje. Dává základní informace o dobách tryskacího cyklu. A nabízí také data o nákladech tryskání a to jak materiálových, tak i nákladech na hodinu tryskání. Výčet je doplněn snad nejdůležitější informací JSA (jednotnou spotřebou abraziva), která je jistým způsobem hlavním ukazatelem efektivnosti práce tryskacího stroje. Zařízení je zkušebně v ČR v jedné slévárně provozováno. Bohužel byť **DSTP** je relativně levné (30 000–40 000 Kč) tak zájem v českých slévárnách je spíše ojedinělý. Oproti situaci třeba v Německu, kde je zájem v desítkách kusů ročně.

V oblasti tepelného zpracování se podařilo u 17 dílčích výběrových souborů porovnat nákladovost u normalizace, popouštění a kalení. Výběrové soubory se pohybovaly od 7 do 30 cyklů. Přes konstatovanou odlišnost u porovnávaných režimů v různých slévárnách se podařilo doložit, že nákladovost na identických žíhacích pecích v jedné slévárně je prakticky shodná. To dokladují výsledky u normalizace a prakticky i u popouštění na pecích 1, 2 a 3 ve slévárně F. To je velice pozitivní výsledek, byť to bylo teoreticky očekávané.

Dále jsme si potvrdili, že v podmínkách stejné slévárny na jednotlivých pecích existuje statisticky významná závislost mezi měrnými náklady spotřeby plynu a vsázkou v peci. Tato závislost byla prokázána prakticky ve všech posuzovaných výběrových souborech. Bylo zjištěno, že (měřeno koeficientem determinace) se intenzita této závislosti pohybuje mezi 70 až 80 %. To považujeme za velice důležité zjištění. V jednotlivých slévárnách bylo prováděno vzájemné porovnání mezi režimy TeZ. Podobně byly stejné režimy TeZ srovnávány mezi různými slévárnami. Přestože jsme vůči těmto porovnáním velice obezřetní, objevil se u režimu normalizace ve slévárně E námět, který by bylo snad možné využít i v dalších slévárnách. U pece 1, která má nejnižší nákladovost normalizace ze všech sléváren zařazených ve sledování (0,69 Kč/kg), před touto operací odstraňují nálitky, oproti praxi v jiných slévárnách, kdy se nálitky obvykle odstraňují až po normalizaci.

Zajímavé výsledky přineslo sledování, provedené v závěru roku, rozsáhlých výběrových souborů o až stovkách cyklů ze slévárny F a jednoho souboru ze slévárny C. Ty nám mimo jiné prokázaly existenci statisticky významné závislosti celkové spotřeby plynu na pec na délce cyklu a na teplotě prodlevy.

Zajímavá zjištění naznačilo šetření ze slévárny C u normalizace zaměřené na oddělené sledování spotřeby plynu na náhřev a výdrž.

Provedená šetření v oblasti TeZ naznačila také zajímavé možnosti nákladových úspor. Tyto podněty vzešly zejména z porovnání nákladů pro stejnou hmotnost vsázky.

Práce u tepelného zpracování přinesly nejen některé zajímavé podněty, ale i řadu nových otázek. Kupříkladu zda půjde u TeZ uplatnit některá z forem motivace osádky, atd. A na těch budeme chtít pracovat v následujících letech.

Následně jsme se ve studii alespoň v úvodním naznačení problematiky dotkli tepelného zpracování slitin hliníku ve slévárně D.

V závěrečné stati jsme se zaměřili na okruh oddělování nálitků. Z pěti sléváren byly získány informace o metodách oddělování nálitků. Měli jsme snahu na příkladu oddělení nálitku o $\varnothing$ 200 mm prezentovat náklady na tuto operaci. Získaná data budou prověřena a v následujícím PROJEKTU s nimi budeme dále pracovat. V této stati byly získány zajímavé údaje o aplikaci diamantových řezných kotoučů a jejich porovnání s klasickými aluminiumoxidovými kotouči ze slévárny G.

Po zvážení docílených výsledků studie můžeme konstatovat, že zadané cíle byly zcela splněny. Práce je zakončena návrhem na pokračování prací v pokračujícím PROJEKTU XVII.

11 Literatura

- /1/ KAFKA V., BRÁZDA Z., BRHEL J., FÍK M., HERZÁN M., JELÍNEK P., LÁNA I., MARKO E., MÍČA R., NOVOBILSKÝ M., OBRTLÍK J., VYLETOVÁ B., MRÁZEK M.: *Vypracování metodiky nákladového hodnocení apretace odlitků (III. etapa)*, PROJEKT XIV, závěrečná zpráva, prosinec 2013, Česká slévárenská společnost Brno, s. 1–79, tab. 8, obr. 40, přílohy 5.
- /2/ KAFKA V., BRÁZDA Z., FÍK M., HERZÁN M., JELÍNEK P., KRÁL V., LÁNA I., MÍČA R., NOVOBILSKÝ M., OBRTLÍK J., ŠAULÍK M., UHRIK P., VYLETOVÁ B.: *Vývoj nákladového hodnocení apretace odlitků (IV. etapa)*, PROJEKT XV, závěrečná zpráva, prosinec 2014, Česká slévárenská společnost Brno, s. 1–64, tab. 6, obr. 48, přílohy 4.

12 Seznam zkratek

- A ampér
- ČSS Česká slévárenská společnost
- DSTP dálkové sledování tryskacího procesu
- JSA jednotná spotřeba abraziva
- IT Informační technologie
- LKG litina s kuličkovým grafitem
- LLG litina s lupínkovým grafitem
- n počet prvků ve statistickém souboru
- Nm³ normální metry krychlové
- NVN neúplné vlastní náklady
- PXII Projekt XII
- PXIII Projekt XIII
- PXIV Projekt XIV
- PXV Projekt XV
- PXVI Projekt XVI
- R² koeficient determinace
- R_{krit} koeficient korelace kritický
- R_{skut} koeficient korelace skutečný
- TeZ tepelné zpracování
- TZ tryskací zařízení
- UVN úplné vlastní náklady

13 Seznam tabulek

Tab. 1	Výsledky úspor abraziva.....	9
Tab. 4	Porovnání nákladů normalizace (slévárna F) podle pecí.....	22
Tab. 5	Náklady na normalizaci při stejné vsázce odlitků.....	23
Tab. 6	Porovnání nákladů popouštění (slévárna F) podle pecí.....	24
Tab. 7	Náklady na popouštění při stejné vsázce odlitků.....	24
Tab. 9	Porovnání nákladů POP ŘCH (slévárna F) podle pecí.....	25
Tab. 10	Náklady na popouštění s řízeným chlazením při stejné vsázce odlitků 26	
Tab. 11	Porovnání nákladů druhů tepelného zpracování (slévárna F) podle pecí 27	
Tab. 12	Náklady druhů TeZ bez extrémních hodnot (slévárna F).....	28
Tab. 13	Porovnání nákladů TeZ ve slévárně E podle režimů.....	30
Tab. 14	Náklady při stejné tonáži odlitků u normalizace ve slévárně E.....	30
Tab. 15	Náklady při stejné tonáži odlitků u popouštění ve slévárně E.....	31
Tab. 16	Náklady při stejné tonáži odlitků u kalení s rozpouštěcím žíháním ve slévárně E u pece 2.....	32
Tab. 17	Testování statistické závislosti ve slévárně E.....	33
Tab. 18	Porovnání nákladů TeZ ve slévárně C.....	34
Tab. 19	Náklady při stejné tonáži odlitků u druhů TeZ ve slévárně C.....	35
Tab. 20	Testování statistické závislosti ve slévárně C.....	36
Tab. 21	Vybrané hodnoty na náhřev a výdrž u normalizace (slévárna C) pro pec 1.....	37
Tab. 22	Charakteristické hodnoty TeZ ve slévárně H.....	39
Tab. 23	Shrnutí sledovaných závislostí velkých souborů.....	45
Tab. 24	Porovnání nákladů na normalizaci v různých slévárnách.....	50
Tab. 25	Porovnání nákladů na popouštění v různých slévárnách.....	52
Tab. 26	Porovnání nákladů na kalení ve slévárnách.....	54
Tab. 29	Porovnání nákladů na minutu řezání oběma druhy kotoučů.....	63

14 Seznam obrázků

Obr. 1	Hodnocení pracovního týdne výkonu tryskacího zařízení.....	13
Obr. 2	Hodnocení 1. pracovního dne výkonu tryskacího zařízení (detail snímku) 14	
Obr. 3	Hodnocení 2. pracovního dne výkonu tryskacího zařízení (detail snímku) 14	
Obr. 4	Hodnocení 3. pracovního dne výkonu tryskacího zařízení (detail snímku) 15	
Obr. 5	Hodnocení 4. pracovního dne výkonu tryskacího zařízení (detail snímku) 15	

Obr. 6	Hodnocení 5. pracovního dne výkonu tryskacího zařízení (detail snímku) 16	
Obr. 7	Statistické vyhodnocení tryskání za týden	17
Obr. 8	Hodnocení nákladů tryskání.....	17
Obr. 10	Závislost nákladů na plyn na hrubé hmotnosti odlitků (normalizace, slévárna F, pec 1–3)	29
Obr. 15	Histogram četnosti podílu doby náhřevu a podílu spotřeby plynu na náhřev u normalizace ve slévárně C	38
Obr. 16	Závislost spotřeby plynu na hrubé hmotnosti odlitků (normalizace, pec 1, $R_{krit} = 0,2028$, $n = 94$)	42
Obr. 17	Závislost spotřeby plynu na hmotnosti odlitků (normalizace, slévárna C, $R_{krit} = 0,2927$, $n = 44$)	42
Obr. 18	Závislost spotřeby plynu na teplotě prodlevy (slévárna F, normalizace, $R_{krit} = 0,2028$ pro $n = 94$)	43
Obr. 19	Závislost spotřeby plynu na době cyklu (normalizace, slévárna C, $R_{krit} = 0,2927$)	44
Obr. 21	Závislost spotřeby plynu na teplotě prodlevy (slévárna F, popouštění, pec 1, $R_{krit} = 0,1598$, $n = 151$).....	46
Obr. 22	Závislost spotřeby plynu celkem na teplotě prodlevy (slévárna F, výpaly všechny, pec 1, $R_{krit} = 0,0970$, pro $n = 409$)	47
Obr. 23	Závislost spotřeby plynu na teplotě prodlevy (slévárna F, pec 2, všechny výpaly, $n = 392$, $R_{krit} = 0,0988$)	47
Obr. 24	Závislost spotřeby plynu na teplotě prodlevy (slévárna F, všechny výpaly, pec 3, $n = 396$, $R_{krit} = 0,0986$)	48
Obr. 25	Porovnání nákladů normalizace podle sléváren	51
Obr. 26	Porovnání nákladů na popouštění mezi slévárnami.....	53
Obr. 28	Tepelný diagram rozpouštěcího žíhání	57
Obr. 29	Tepelný diagram vytvrzování (umělého stárnutí)	57
Obr. 30	Příklady exotermických nálitků a modelů s exonáltkem.....	61
Obr. 31	Odlitek s nálitky z ruční formovny.....	62
Obr. 32	Ukázka předmětných brusek.....	63

15 Přílohy – viz CD ROM

15.1 PŘÍLOHA 1

- Zevrubný popis použité metodiky stanovení nákladů

15.2 PŘÍLOHA 2

- Obr. 2 Hodnocení 1. pracovního dne výkonu tryskacího zařízení
- Obr. 3 Hodnocení 2. pracovního dne výkonu tryskacího zařízení

- Obr. 4 Hodnocení 3. pracovního dne výkonu tryskacího zařízení
- Obr. 5 Hodnocení 4. pracovního dne výkonu tryskacího zařízení
- Obr. 6 Hodnocení 5. pracovního dne výkonu tryskacího zařízení
- Obr. 9 Porovnání nákladů na TeZ ve slévárně F
- Obr. 11 Závislost nákladů na plyn na hrubé hmotnosti odlitků u popouštění, slévárna F, pec 1–3
- Obr. 12 Závislost nákladů na plyn na hrubé hmotnosti odlitků (POP ŘCH, slévárna F, pec 1–3)
- Obr. 13 Náklady používaných režimů tepelného zpracování ve slévárně E
- Obr. 14 Porovnání nákladů druhů TeZ ve slévárně C
- Obr. 20 Závislost spotřeby plynu na hmotnosti (slévárna F, popouštění, pec 1, $R_{krit} = 0,1598$, $n = 151$)
- Obr. 27 Závislost spotřeby plynu na hmotnosti (slévárna F, popouštění, pec 1, $R_{krit} = 0,1598$, $n = 151$)
- Tab. 2 Charakteristika pecí na tepelné zpracování
- Tab. 3 Náhodný výběr vsázek ve vybraných cyklech posuzovaných TeZ
- Tab. 8 Porovnání výsledků tří pecí u popouštění ve slévárně F
- Tab. 27 Tepelné zpracování odlitků SM NR
- Tab. 28 Úvodní informace o odstraňování nálitku ve slévárnách

15.3 PŘÍLOHA 3

- Standardní tabulky charakterizující režimy tepelného zpracování ve slévárnách:
 - C
 - E
 - H
 - F

16 Vydavatelské údaje

Toto je ve stylu základ.