**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**
**FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE**

# DIPLOMOVÁ PRÁCE

## Analýza a návrhy pro snížení energetické náročnosti výroby otopných těles ve firmě Kermi Stříbro

**Vedoucí práce:** **Ing. David Rot, Ph.D.**
**Autor:** **Bc. Tomáš Fictum**

**2017**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
**Fakulta elektrotechnická**
Akademický rok: **2016/2017**

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

| | |
|---|---|
| Jméno a příjmení: | **Bc. Tomáš FICTUM** |
| Osobní číslo: | **E15N0084P** |
| Studijní program: | **N2612 Elektrotechnika a informatika** |
| Studijní obor: | **Technická ekologie** |
| Název tématu: | **Analýza a návrhy pro snížení energetické náročnosti výroby otopných těles ve firmě Kermi Stříbro** |
| Zadávající katedra: | **Katedra elektroenergetiky a ekologie** |

Zásady pro vypracování:

1. Uveďte přehled/kontrolu dnešní úrovně sledování energetické spotřeby v kWh/kus a přepočet na CO2/kus.
2. Prohlubte stávající analýzy na vybrané produkty dle priorit (vyrobené typy/náročnost) a zaměření na konkrétní skupinu výrobků s největším potenciálem.
3. Navrhněte možná opatření pro snížení energetické náročnosti v horizontu roku 2020.
4. Zhodnoťte výsledky a uveďte závěry pro praxi.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah kvalifikační práce: **40 - 60 stran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **Rada, Josef, Elektrotepelná technika , Praha : SNTL 1985**
2. **Starck, Axel von; Mühlbauer, Alfred; Kramer, Carl, Handbook of thermoprocessing technologies : fundamentals, processes, components, safety , Essen : Vulkan-Verlag 2005**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. David Rot, Ph.D.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **14. října 2016**

Termín odevzdání diplomové práce: **19. května 2017**

Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan

L.S.

Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2016

## Abstrakt

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na analýzu energetické náročnosti při výrobě otopných těles a návrhů pro snížení energetické náročnosti ve firmě Kermi s.r.o. Text je rozdělen do šesti částí. První se zabývá stručným popisem firmy Kermi s.r.o. Druhá část popisuje analýzu energetické náročnosti při výrobě otopného tělesa B50. Třetí část popisuje analýzu energetické náročnosti při výrobě článkového radiátoru. Čtvrtá část uvádí produkci oxidu uhličitého na kus (radiátor). V páté části je popis možného snížení energetické náročnosti. V posledním bodu diplomové práce je porovnání průměrných cen s analýzou.

## Klíčová slova

Otopná tělesa, radiátory, energetická náročnost, analýza, elektřina, elektrická energie, zemní plyn, stlačený vzduch.

## Abstract

The diploma thesis is focused on analysis of energy intensity in the production of heating elements and suggestions for reducing energy intensity in the firm Kermi s.r.o. A text is separated to five parts. The first part gives brief description the firm Kermi s.r.o. The second part describes analysis energy intensity in the production heating elements B50. The third part describes analysis energy intensity in the production tubular radiators. The fourth part gives production carbon dioxide on a piece (a radiator). In the fifth part is description for reducing energy intensity. In the last point of diploma thesis is comparison the average prize with analysis.

## Key words

Heating elements, radiators, energy intensity, analysis, electricity, electric energy, natural gas, compressed air.

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, které jsou součástí této diplomové práce.

.....

podpis

V Plzni dne 11.4.2017 Tomáš Fictum

# Poděkování

Tímto bych velice rád poděkoval vedoucímu diplomové práce panu Ing. Davidu Rotovi Ph.D. za vedení této práce, připomínky a rady, které vedly k dokončení diplomové práce. Mé poděkování patří také firmě Kermi s.r.o., která mi tuto práci zadala.

# Obsah

**OBSAH** ..... **8**

**SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK** ..... **10**

**ÚVOD** ..... **11**

**1 KERMI S.R.O.** ..... **12**

**2 ANALÝZA OTOPNÉHO TĚLESA B50** ..... **12**

2.1 ANALÝZA OTOPNÉHO TĚLESA B50 NA TVD ..... 13
*2.1.1 Dělička* ..... *14*
*2.1.2 Sesazování - SORMEC* ..... *15*
*2.1.3 Lisování víček* ..... *16*
*2.1.4 Automatické bodování - ROBOT* ..... *17*
*2.1.5 Automatické pastování - SORMEC* ..... *19*
*2.1.6 Letování a chlazení - MAHLER* ..... *20*
*2.1.7 Rovnání plamenem* ..... *21*
*2.1.8 Broušení* ..... *22*
*2.1.9 Zkoušení ve vaně* ..... *23*
*2.1.10 Příprava na lakovnu* ..... *24*
*2.1.11 Výpočet celkové elektrické energie, zemního plynu, stlačeného vzduchu, acetylenu a kyslíku na TVD včetně cen energií* ..... *24*
2.2 ANALÝZA OTOPNÉHO TĚLESA B50 NA TVL ..... 29
*2.2.1 Ruční navěšování* ..... *29*
*2.2.2 Myčka – odmaštění* ..... *30*
*2.2.3 ATL* ..... *31*
*2.2.4 UF oplach* ..... *32*
*2.2.5 Pec ATL* ..... *33*
*2.2.6 Chladící zóna 1* ..... *34*
*2.2.7 KP1* ..... *35*
*2.2.8 Práškovací kabiny* ..... *36*
*2.2.9 Pec práškovací* ..... *37*
*2.2.10 Chladící zóna 2* ..... *38*
*2.2.11 KP2* ..... *39*
*2.2.12 Dopravní řetězy* ..... *40*
*2.2.13 Výpočet celkové elektrické energie, zemního plynu a stlačeného vzduchu na TVL včetně cen energií* ..... *42*
2.3 ANALÝZA OTOPNÉHO TĚLESA B50 NA TVV ..... 46
*2.3.1 Ruční svěšování* ..... *46*
*2.3.2 Fóliovačka – malá linka* ..... *47*
*2.3.3 Pec na balení – malá linka* ..... *48*
*2.3.4 Výroba kartonu – malá linka* ..... *49*
*2.3.5 Páskovačka – malá linka* ..... *50*
*2.3.6 Dopravní pásy* ..... *51*
*2.3.7 Výpočet celkové elektrické energie, zemního plynu a stlačeného vzduchu na TVV včetně cen energií* ..... *52*
2.4 CELKOVÉ VÝSLEDKY ANALÝZY OTOPNÉHO TĚLESA B50 ..... 55

**3 ANALÝZA ČLÁNKOVÉHO OTOPNÉHO TĚLESA** ..... **58**

3.1 ANALÝZA ČLÁNKOVÉHO RADIÁTORU NA TVE ..... 58
*3.1.1 Lisování hlav* ..... *59*
*3.1.2 Svařování hlav* ..... *60*
*3.1.3 Broušení a dělení hlav* ..... *62*
*3.1.4 Dělení trubek* ..... *63*

*3.1.5 Svařování trubek na hlavu (elementů)* ..... *64*
*3.1.6 Odstřižení návarků* ..... *66*
*3.1.7 Vnější broušení* ..... *67*
*3.1.8 Vnitřní broušení* ..... *68*
*3.1.9 Výpočet celkové elektrické energie a stlačeného vzduchu na TVE včetně cen energií* ..... *69*
3.2 ANALÝZA ČLÁNKOVÉHO RADIÁTORU NA TVB ..... 72
*3.2.1 Štepování bloků* ..... *72*
*3.2.2 Zavíčkování* ..... *73*
*3.2.3 Zkoušení ve vaně* ..... *74*
*3.2.4 Výpočet celkové elektrické energie a stlačeného vzduchu na TVB včetně cen energií* ..... *75*
3.3 ANALÝZA ČLÁNKOVÉHO RADIÁTORU NA TVL ..... 78
*3.3.1 Automatické navěšování* ..... *78*
*3.3.2 Myčka - odmaštění* ..... *79*
*3.3.3 ATL* ..... *80*
*3.3.4 UF oplach* ..... *81*
*3.3.5 Pec ATL* ..... *82*
*3.3.6 Chladící zóna 1* ..... *83*
*3.3.7 KP1* ..... *84*
*3.3.8 Práškovací kabiny* ..... *85*
*3.3.9 Pec práškovací* ..... *86*
*3.3.10 Chladící zóna 2* ..... *87*
*3.3.11 KP2* ..... *88*
*3.3.12 Dopravní řetězy* ..... *89*
*3.3.13 Výpočet celkové elektrické energie, zemního plynu a stlačeného vzduchu na TVL včetně cen energií* ..... *91*
3.4 ANALÝZA ČLÁNKOVÉHO RADIÁTORU NA TVV ..... 95
*3.4.1 Automatické svěšování* ..... *95*
*3.4.2 Točna – velká linka* ..... *96*
*3.4.3 Centrování – velká linka* ..... *97*
*3.4.4 Fóliovačka – velká linka* ..... *98*
*3.4.5 Pec – velká linka* ..... *99*
*3.4.6 Dopravní pásy* ..... *100*
*3.4.7 Výpočet celkové elektrické energie, stlačeného vzduchu a zemního plynu na TVV včetně cen energií* ..... *101*
3.5 CELKOVÉ VÝSLEDKY ANALÝZY ČLÁNKOVÉHO RADIÁTORU ..... 104

**4 PRODUKCE $CO_2$ V KERMI S.R.O. ..... 107**

**5 NÁVRHY PRO SNÍŽENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI ..... 108**

5.1 ORGANICKÝ RANKINŮV CYKLUS (ORC) ..... 108
*5.1.1 Princip ORC* ..... *108*
5.2 LASEROVÉ SVAŘOVÁNÍ ..... 110
*5.2.1 Interakce laserového paprsku s materiálem* ..... *110*
*5.2.2 Možné přínosy při využití laserového svařování ve firmě Kermi s.r.o. na úseku TVE* ..... *111*

**6 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ ANALÝZY S PRŮMĚRNÝMI HODNOTAMI ..... 112**

6.1 POROVNÁNÍ ANALÝZY S PRŮMĚRNÝMI CENAMI PRO OTOPNÉ TĚLESO B50 ..... 113
6.2 POROVNÁNÍ ANALÝZY S PRŮMĚRNÝMI CENAMI PRO ČLÁNKOVÝ RADIÁTOR ..... 114

**ZÁVĚR ..... 116**

**SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ ..... 117**

**PŘÍLOHY ..... 1**

# Seznam symbolů a zkratek

TVD ..... Technologie výroby designu

TVL..... Technologie výroby lakování

TVV ..... Technologie výroby balení

TVE..... Technologie výroby elementů

TVB ..... Technologie výroby bloků

E ..... Elektrická energie (kWh)

ZP..... Zemní plyn ($m^3$)

V..... Objem média ($m^3$)

t ..... Čas (s)

Q..... Průtok média ($m^3/h$)

P ..... Elektrický příkon (W)

U..... Elektrické napětí (V)

I ..... Elektrický proud (A)

S ..... Zdánlivý výkon (VA)

p ..... Tlak (bar)

$\cos\varphi$ ..... Účiník (-)

v ..... Rychlost (m/s)

l ..... Délka (m)

T ..... Teplota (°C)

$N_T$ ..... Počet traverz v daném zařízení (-)

$N_R$ ..... Počet radiátorů na jedné traverze (-)

# Úvod

Otopná tělesa slouží k vytápění prostor a místností. Využívají se v každých domácnostech, kancelářích, firmách a dalších objektech, kde je potřeba vytvořit teplo. Rozlišují se podle použití, technologického provedení, designového uspořádání, rozměry, apod. Finální cena za otopná tělesa závisí především na energetické náročnosti výroby, časové náročnosti, technologické složitosti, typu použitého materiálu, laku či barvy, zabalení radiátoru a dopravě k zákazníkovi. Konkrétní typy otopných těles jsou například tzv. designové radiátory, které se využívají zejména v koupelnách. Konvektory se používají zejména u velkých zasklených ploch, kde proudí větší množství studeného vzduchu. Topné stěny se využívají hlavně kvůli ploché konstrukci, jednoduchému designu, variabilitě a vysokému výkonu. Dalšími typy radiátorů jsou také článkové radiátory a registrové radiátory. Výroba radiátorů nejčastěji probíhá 3 etapami, kterými jsou výroba, lakování a balení. Na trhu existuje několik firem, které vyrábějí a lakují otopná tělesa. Jedna z firem, která se těmito produkty zabývá je firma Kermi s.r.o.

V této diplomové práci jsem se věnoval stručným popisem a charakteristikou firmy Kermi s.r.o. V další části jsem se věnoval analýze energetické náročnosti při výrobě otopného tělesa, a to jak designového radiátoru B50, tak článkového radiátoru. V následující části jsem se zaměřil na produkci $CO_2$ ve firmě Kermi s.r.o. a dále možnými návrhy pro snížení energetické náročnosti. Na závěr jsem porovnal výsledky analýzy s průměrnými cenami.

# 1 KERMI s.r.o.

Společnost Kermi s.r.o. (Obr. 1) je výrobní závod, který sídlí ve městě Stříbře a v roce 1996 byl tento závod založen. Zabývá se převážně výrobou otopných těles různých typů od designových radiátorů, topných stěn, trubkových radiátorů po konvektory apod. Společnost Kermi s.r.o. je součástí koncernu AFG, které sídlí ve Švýcarsku ve městě Arbon. Podle počtu výrobních zaměstnanců je společnost Kermi s.r.o. největším výrobním závodem v divizi. Počet zaměstnanců je momentálně 732 a ročně se zde vyrobí okolo půl milionů radiátorů. Logistická a výrobní plocha se rozléhá na 40 tisících $m^2$. Společnost Kermi s.r.o. patří jednak k největším zaměstnavatelům v tachovském regionu, ale také je největším zaměstnavatelem ve městě Stříbře. [12]

**Obr. 1 Společnost Kermi s.r.o. [12]**

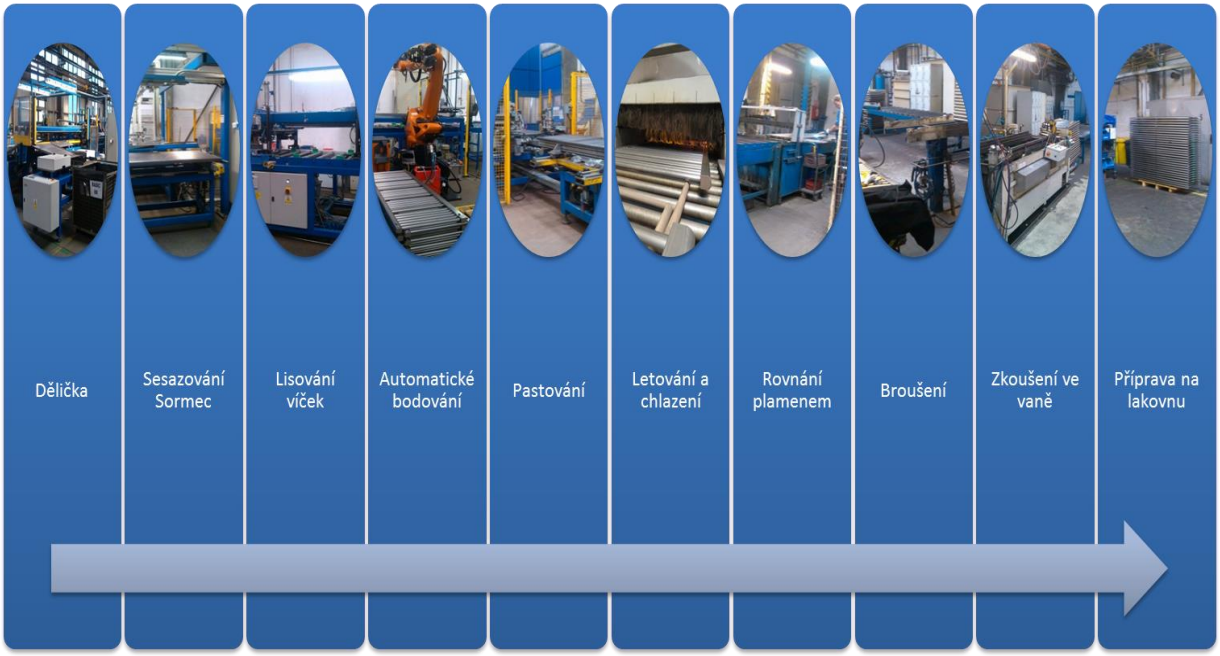
# 2 Analýza otopného tělesa B50

Otopné těleso B50 patří mezi designové radiátory. Vyrábí se ve velkém spektru různých délek a šířek. B50 se vyrábí o délkách: 800, 1200, 1500, 1800 mm a šířkách: 400, 450, 500, 550, 600, 750 a 900 mm. Analýza je zaměřená na nejběžnější a nejvíce prodávající typ designového radiátoru, a to B50 o délce 1800 mm a šířce 600 mm (Obr. 2). Toto otopné těleso se skládá z 36 trubek a dvou trapéz. Pro zhotovení tohoto radiátoru je potřeba celkem 3 úseků. Nejdříve začíná výroba na úseku TVD, kde se vyrobí celé otopné těleso B50. Na úseku TVL se následně nalakuje a zabalí se na úseku TVV.

**Obr. 2 Otopné těleso B50: délka 1 800 mm, šířka 600 mm**

## 2.1 Analýza otopného tělesa B50 na TVD

Na úseku TVD probíhá výroba otopného tělesa B50. Schéma výroby (Obr. 3) ukazuje jednotlivé dílčí kroky po materiálovém toku, které se provádějí při výrobě. Pro vyrobení B50 na TVD je potřeba celkem 10 pracovišť.




**Obr. 3 Schéma výroby na TVD**

### 2.1.1 Dělička

Dělička (Obr. 4) je počáteční pracoviště, kde začíná výroba otopných těles B50. Na tomto pracovišti dochází k dělení a řezání šesti metrových trubek na požadované rozměry. Tato analýza je zaměřená na délku trubek 600 mm. Tyto nařezané trubky se umisťují do kovových kontejnerů a poté jsou přemístěny k sesazovačce Sormec. Na výrobu jednoho otopného tělesa B50 o délce 1800 mm a šířce 600 mm je potřeba 34 trubek.

**Štítkové hodnoty**

Příkon děličky: $P_d = 9{,}7\ kW$

Příkon kalibrování: $P_k = 2 \cdot 1{,}1\ kW = 2{,}2\ kW$

**Průměrné hodnoty času při dělení 34 trubek na výrobu jednoho otopného tělesa B50**

Průměrný čas děličky: $t_d = 96{,}405\ s = 0{,}0268\ h$

Průměrný čas kalibrování: $t_k = 2{,}364\ s = 0{,}0007\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

Spotřeba děličky: $E_d = P_d \cdot t_d = 9{,}7 \cdot 0{,}0268 = 0{,}2600\ kWh$

Spotřeba kalibrování: $E_k = P_k \cdot t_k = 2{,}2 \cdot 0{,}0007 = 0{,}0015\ kWh$

Celková spotřeba: $E_{děličky} = E_d + E_k = 0{,}2600 + 0{,}0015$

$E_{děličky} = 0{,}262\ kWh$

**Výpočet spotřeby (objemu) stlačeného vzduchu**

Naměřené průměrné hodnoty:

$Q_d$ = 21,62 m$^3$/h, $p_d$ = 6,96 bar, $T_d$ = 21,05 °C

Přepočet průtoku: $Q = \frac{Q_d}{3600} = \frac{21{,}62}{3600} = 0{,}006\ m^3/s$

Průměrný čas děličky: $t_d = 96{,}405$ s

Objem stlačeného vzduchu: $V_{děličky} = Q \cdot t_d = 0{,}006 \cdot 96{,}405 = 0{,}578\ m^3$

**Obr. 4 Dělička**

### 2.1.2 Sesazování - SORMEC

Sormec (Obr. 5) je zařízení, které automaticky sesazuje otopná tělesa B50. Do tohoto zařízení se vkládají trapézy o požadované velikosti a nařezané trubky se umisťují do zásobníku trubek. Sormec trapézy a trubky umístí do daných pozic a poté tyto komponenty sesadí. Takto vytvořené otopné těleso je položeno na dopravní pás a transportováno na další pracoviště.

**Štítkové hodnoty**

Příkon sesazování: $P = 12\ kW$

**Průměrné hodnoty času při sesazování jednoho otopného tělesa B50**

Průměrný čas SORMECU: $t = 72{,}704\ s = 0{,}0202\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{sesazování} = P \cdot t = 12 \cdot 0{,}0202 = 0{,}242\ kWh$$

**Výpočet spotřeby (objemu) stlačeného vzduchu**

Naměřené průměrné hodnoty:

$Q_S$ = 12,88 m$^3$/h, $p_S$ = 7,10 bar, $T_S$ = 21,39 °C

Přepočet průtoku: $Q = \frac{Q_S}{3600} = \frac{12{,}88}{3600} = 0{,}004\ m^3/s$

Průměrný čas sesazování: $t = 72{,}704$ s

Objem stlačeného vzduchu: $V_{sesazování} = Q \cdot t = 0{,}004 \cdot 72{,}704 = 0{,}291\ m^3$

**Obr. 5 Sesazování - SORMEC**

### 2.1.3 Lisování víček

Lisování víček (Obr. 6) je pracoviště, kam se dopraví dopravním pásem otopné těleso, které už je nyní sesazeno. Upraví se do požadované polohy, zvedne se a dochází k lisování víček. Po zalisování všech víček se otopné těleso spustí znovu na dopravní pás a pokračuje na další pracoviště.

**Štítkové hodnoty**

Příkon lisování: $P = 1{,}7\ kW$

**Průměrné hodnoty času při lisování víček jednoho otopného tělesa B50**

Průměrný čas lisování: $t = 46{,}854\ s = 0{,}0130\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{lisování} = P \cdot t = 1{,}7 \cdot 0{,}0130 = 0{,}022\ kWh$$

**Výpočet spotřeby (objemu) stlačeného vzduchu**

Naměřené průměrné hodnoty:

$Q_L$ = 5,38 m$^3$/h, $p_L$ = 7,20 bar, $T_L$ = 23,93 °C

Přepočet průtoku: $Q = \frac{Q_L}{3600} = \frac{5{,}38}{3600} = 0{,}0015\ m^3/s$

Průměrný čas lisování: $t = 46{,}854$ s

Objem stlačeného vzduchu: $V_{lisování} = Q \cdot t = 0{,}0015 \cdot 46{,}854 = 0{,}070\ m^3$

**Obr. 6 Lisování víček**

### 2.1.4 Automatické bodování - ROBOT

Otopné těleso je posunuto k robotu (Obr. 7), který uchytí otopné těleso B50 a přesune na daný bodovací stůl. Zde robot boduje otopné těleso elektrickým obloukem. Následně je robotem přemístěno na paletu.

**Štítkové hodnoty**

Příkon ROBOTA: $P = 22\ kW$

**Štítkové hodnoty svařovacího zdroje TPS 2700**

$I_{prim} = 6{,}6\ A;\ U = 3\ x\ 400\ V\ (AC); \cos\varphi = 0{,}99;\ S = 4{,}5 - 8{,}7\ kVA$

**Štítkové hodnoty dálkového ovládání**

$U_{cc} = 24\ V\ (DC);\ I = 170\ mA;$

**Štítkové hodnoty chladícího modulu FK 4000**

$U = 400\ V\ (AC, 1\ fáze);\ I_{max} = 0{,}6\ A; chladící\ výkon\ P = 1\ 120\ W$

$p_{max} = 4\ bar\ (0{,}4\ MPa)$

**Průměrné hodnoty času při automatickém bodování jednoho otopného tělesa B50**

Průměrné časy bodování: $t_b = 6{,}671\ s = 0{,}002\ h$

Průměrný čas práce robota: $t_r = 66{,}460\ s = 0{,}0185\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby svařovacího zdroje TF 2700 při bodování**

$$P = 3 \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi = 3 \cdot 400 \cdot 6{,}6 \cdot 0{,}99 = 7{,}84\ kW$$

$$E_{bodování} = P \cdot t_b = 7{,}84 \cdot 0{,}002 = 0{,}0157\ kWh$$

**Výpočet elektrické spotřeby chladícího modulu FK 4000**

$$E_{chlazení} = P \cdot t_r = 1{,}120 \cdot 0{,}0185 = 0{,}021\ kWh$$

**Výpočet elektrické spotřeby dálkového ovládání**

$$P = U_{cc} \cdot I = 24 \cdot 0{,}170 = 4{,}08\ W = 0{,}0041\ kW$$

$$E_{ovládání} = P \cdot t_r = 0{,}0041 \cdot 0{,}0185 = 98{,}81 \cdot 10^{-6} kWh \doteq 0{,}0001\ kWh$$

**Výpočet elektrické spotřeby práce robota**

$$E_{práce} = P \cdot t_r = 22 \cdot 0{,}0185 = 0{,}407\ kWh$$

**Výpočet celkové elektrické spotřeby**

$$E_{robot} = E_{bodování} + E_{chlazení} + E_{ovládání} + E_{práce} = 0{,}0157 + 0{,}021 + 0{,}0001 + 0{,}407$$

$$E_{robot} = 0{,}444\ kWh$$

**Výpočet spotřeby (objemu) stlačeného vzduchu**

Naměřené průměrné hodnoty:

$Q_R$ = 8,99 m$^3$/h, $p_R$ = 7,86 bar, $T_R$ = 24,74 °C

Přepočet průtoku: $Q = \frac{Q_R}{3600} = \frac{8{,}99}{3600} = 0{,}0025\ m^3/s$

Průměrný čas ROBOTA: $t_r = 66{,}460$ s

Objem stlačeného vzduchu: $V_{robot} = Q \cdot t_r = 0{,}0025 \cdot 66{,}460 = 0{,}166\ m^3$

**Obr. 7 Automatické bodování - ROBOT**

### 2.1.5 Automatické pastování - SORMEC

Pastovací automat Sormec (Obr. 8) magneticky uchytí otopné těleso a položí ho na dopravní pás, po kterém se posouvá až do pastovací části. Automat Sormec pastuje pouze spáry mezi kulatými a profilovými trubkami. Body, víčka a mufny se pastují ručně.

**Štítkové hodnoty**

Příkon pastovacího automatu: $P = 2\ kW$

**Průměrné hodnoty času při automatickém pastování jednoho otopného tělesa B50**

Průměrný čas celého procesu při pastování: $t_{pp} = 339{,}06\ s = 0{,}0942\ h$

Průměrný čas pouze pastování: $t_p = 48{,}374\ s = 0{,}0134\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{pastování} = P \cdot t_{pp} = 2 \cdot 0{,}0942 = 0{,}188\ kWh$$

**Výpočet spotřeby (objemu) stlačeného vzduchu**

Naměřené průměrné hodnoty:

$Q_P$ = 6,24 m$^3$/h, $p_P$ = 7,13 bar, $T_p$ = 29,18 °C

Přepočet průtoku: $Q = \frac{Q_P}{3600} = \frac{6{,}24}{3600} = 0{,}0017\ m^3/s$

Průměrný čas pastování: $t_p = 48{,}374$ s

Objem stlačeného vzduchu: $V_{pastování} = Q \cdot t_p = 0{,}0017 \cdot 48{,}374 = 0{,}082\ m^3$

**Obr. 8 Automatické pastování - SORMEC**

### 2.1.6 Letování a chlazení - MAHLER

Do letovací plynové pece Mahler (Obr. 9) je vloženo napastované otopné těleso B50. V letovací peci Mahler se letovací pasta rozptýlí do všech míst, kde bylo otopné těleso napastované. Jedná se zejména o přechod trubka - trapéza. Následně je otopné těleso schlazeno chladičem na požadovanou teplotu.

**Naměřené, štítkové hodnoty a hodnoty udávané výrobcem**

Celkový elektrický příkon: $P = 15\ kW$

Rychlost: 830 mm/min: $v = 13{,}833\ mm/s$

Délka pece včetně hladiče: $l_{Pece} = 20\ m = 20\ 000\ mm$

Průměrná spotřeba vzduchu: $Q_{vzduch} = 70\ m^3/h = 0{,}019\ m^3/s$

Průměrná spotřeba zemního plynu: $Q_{plyn} = 1346{,}45\ m^3/den$

**Průměrné hodnoty času při letování a chlazení jednoho otopného tělesa B50**

Průměrné časy celého procesu: $t = 1446\ s = 0{,}4017\ h$

**Výpočet – počet radiátorů v peci**

Délka pece včetně hladiče: $l_{Pece} = 20\ m$

Délka otopného tělesa B50: $l_{B50} = 1{,}8\ m$

Počet radiátorů v peci: $N = \frac{l_{Pece}}{l_{B50}} = \frac{20}{1{,}8} = 11{,}111$

**Výpočet elektrické spotřeby**

Elektrická spotřeba pece při průchodu jednoho otopného tělesa B50:

$$E_{pece} = P \cdot t = 15 \cdot 0{,}4017 = 6{,}026\ kWh$$

Elektrická spotřeba jednoho otopného tělesa B50:

$$E_{pece-B50} = \frac{E_{pece}}{N} = \frac{6{,}026}{11{,}111} = 0{,}542\ kWh$$

**Výpočet spotřeby vzduchu**

Spotřeba pece - vzduch: $V_{pece} = Q_{vzduch} \cdot t_{pece} = 0{,}019 \cdot 1446 = 27{,}474\ m^3$

Spotřeba vzduchu na B50: $V_{vzduch} = \frac{V_{Pece}}{N} = \frac{27{,}474}{11{,}111} = 2{,}473\ m^3$

**Výpočet spotřeby zemního plynu**

Průměrná spotřeba zemního plynu: $Q_{plyn} = \frac{Q_{plyn}}{t} = \frac{1346{,}45}{86\,400} = 0{,}0156\ m^3/s$

Spotřeba zemního plynu pece: $V_{pece} = Q_{plyn} \cdot t = 0{,}0156 \cdot 1446 = 22{,}556\ m^3$

Spotřeba zemního plynu na B50: $V_{plyn} = \frac{V_{Pece}}{N} = \frac{22{,}556}{11{,}111} = 2{,}03\ m^3$

**Obr. 9 Letování a chlazení - MAHLER**

### 2.1.7 Rovnání plamenem

Otopné těleso, které vyjelo z letovací pece Mahler respektive z chladiče, se musí narovnat. Rovnání se provádí plamenem na válečkové dráze. K rovnání se používá autogen, tedy směs acetylenu a kyslíku, která po zapálení vytváří plamen o teplotě 1500 °C.

**Štítkové hodnoty**

Průtok kyslíku + acetylenu: $Q = 40\ dm^3/h$

**Průměrné hodnoty času při rovnání jednoho otopného tělesa B50**

Průměrný čas rovnání: $t = 5{,}813\ s = 0{,}0016\ h$

**Výpočet spotřeby acetylenu a kyslíku**

Při rovnání se používá poměr: 80 % acetylenu + 20 % kyslíku

Průtok kyslíku + acetylenu: $Q_{Acetylen+kyslík} = \frac{Q}{3600} = \frac{40}{3600} = 0{,}0111\ dm^3/s$

$$Q_{Celkem} = \frac{Q_{Acetylen+kyslík}}{1000} = \frac{0{,}0111}{1000} = 1 \cdot 10^{-5}\ m^3/s$$

Celkový objem kyslíku + acetylenu: $V = Q_{Celkem} \cdot t = 1 \cdot 10^{-5} \cdot 5{,}813 = 6 \cdot 10^{-5} m^3$

Objem acetylenu: $V_{Acetylen} = V \cdot 0{,}8 = 6 \cdot 10^{-5} \cdot 0{,}8 = 5 \cdot 10^{-5}\ m^3$

Objem kyslíku: $V_{Kyslík} = V \cdot 0{,}2 = 6 \cdot 10^{-5} \cdot 0{,}2 = 1 \cdot 10^{-5}\ m^3$

### 2.1.8 Broušení

Otopné těleso je odloženo na pracovní stůl, kde je následně obroušeno (Obr. 10) podle požadovaných kritérií. Otopné těleso je obroušeno, aby nemělo žádné ostré hrany.

**Úhlová Bruska Bosch GWS 7-125 Professional – štítkové hodnoty**

I = 3,2 A, P = 720 W, U = 230 V

**Průměrné hodnoty času při broušení jednoho otopného tělesa B50**

Průměrný čas broušení: $t = 68{,}348\ s = 0{,}0190\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{broušení} = P \cdot t = 0{,}720 \cdot 0{,}0190 = 0{,}014\ kWh$$

**Obr. 10 Broušení**

### 2.1.9 Zkoušení ve vaně

Do vany s vodou (Obr. 11) se ponoří obroušené otopné těleso. Poté se napustí vzduchem o tlaku 13 MPa, a tím se zjistí, zda je otopné těleso těsné. Při správné těsnosti se otopné těleso vynoří z vany a pokračuje na poslední pracoviště úseku TVD.

**Štítkové hodnoty**

Příkon vany: $P = 1{,}55\ kW$

**Naměřené hodnoty času při zkoušení jednoho otopného tělesa B50 ve vaně**

Průměrný čas ponoru a výnoru: $t_{ponor,výnor} = 12{,}081\ s = 0{,}0034\ h$

Průměrný čas tlakování: $t_{tlakování} = 10{,}647\ s = 0{,}0030\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby při ponoru a výnoru**

$$E_{vany} = P \cdot t_{ponor,výnor} = 1{,}55 \cdot 0{,}0034 = 0{,}005\ kWh$$

**Výpočet spotřeby (objemu) stlačeného vzduchu**

Naměřené průměrné hodnoty:

$Q_T$ = 16,19 m$^3$/h, $p_T$ = 7,04 bar, $T_T$ = 24,38 °C

Přepočet průtoku: $Q = \frac{Q_T}{3600} = \frac{16{,}19}{3600} = 0{,}004\ m^3/s$

Průměrný čas tlakování: $t_{tlakování} = 10{,}647$ s

Objem stlačeného vzduchu: $V_{vany} = Q \cdot t_{tlakování} = 0{,}004 \cdot 10{,}647 = 0{,}043\ m^3$

**Obr. 11 Zkoušení ve vaně**

### 2.1.10 Příprava na lakovnu

Příprava na lakovnu (Obr. 12) je koncové pracoviště na úseku TVD. Na tomto pracovišti se využívá pouze AKU vrtačka GSR 18V – Li s nabíječkou AL 1820 CV. Tato AKU vrtačka se používá k zašroubování ucpávek o velikosti ½“.

**Štítkové hodnoty AKU vrtačky a nabíječky AL 1820 CV**

AKU vrtačka: U = 18 V; kapacita: 4,0 Ah

Nabíječka: U = 14,4 – 18 V; I = 2 A

**Průměrné hodnoty času při šroubování jednoho otopného tělesa B50**

Průměrný čas šroubování: $t = 1{,}997\ s = 0{,}0006\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$P = U \cdot I = 18 \cdot 2 = 36\ W$$

$$E_{příprava} = P \cdot t = 0{,}036 \cdot 0{,}0006 = 0{,}00002\ kWh$$

**Obr. 12 Příprava na lakovnu**

### 2.1.11 Výpočet celkové elektrické energie, zemního plynu, stlačeného vzduchu, acetylenu a kyslíku na TVD včetně cen energií

Výpočet celkové elektrické energie, zemního plynu, stlačeného vzduchu, acetylenu a kyslíku je dán součtem energií na jednotlivých pracovištích TVD. Spotřeba energií na těchto pracovištích je znázorněna v Tab. 1. V této tabulce je uvedená spotřeba energií, cena energií a konečná cena na celém úseku TVD. Ceny jednotlivých energií, tedy elektrické energie, zemního plynu, stlačeného vzduchu, acetylenu a kyslíku jsou znázorněné v koláčovém grafu (Obr. 13). Z tohoto grafu je zřejmé, že největší spotřeba je zemního plynu, která tvoří téměř třetinovou částku. Poté elektrické energie a třetí největší spotřeba je spotřeba acetylenu. Dále stlačeného vzduchu a zanedbatelná část kyslíku.

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{TVD} = E_{děličky} + E_{sesazování} + E_{lisování} + E_{robot} + E_{pastování} + E_{pece-B50} +$$
$$+E_{broušení} + E_{vany} + E_{příprava}$$

$$E_{TVD} = 0{,}262 + 0{,}242 + 0{,}022 + 0{,}444 + 0{,}188 + 0{,}542 + 0{,}014 + 0{,}005 + 0{,}00002$$

$$E_{TVD} = 1{,}719\ kWh$$

Cena 1 kWh = 2,13 Kč

$$Cena\ E_{TVD} = 1{,}719\ \cdot 2{,}13 = 3{,}66\ Kč$$

**Výpočet spotřeby zemního plynu**

$$V_{plyn-TVD} = V_{plyn} = 2{,}03\ m^3$$

$$E_{plyn-TVD} = V_{plyn-TVD} \cdot 10{,}5 = 2{,}03 \cdot 10{,}5 = 21{,}32\ kWh$$

Cena 1 kWh = 0,61 Kč

$$Cena\ E_{plyn-TVD} = 21{,}32\ \cdot 0{,}61 = 13{,}01\ Kč$$

**Výpočet spotřeby stlačeného vzduchu**

$$V_{vzduch-TVD} = V_{děličky} + V_{sesazování} + V_{lisování} + V_{robot} + V_{pastování} + V_{vany}$$

$$V_{vzduch-TVD} = 0{,}578 + 0{,}291 + 0{,}070 + 0{,}166 + 0{,}082 + 0{,}043 = 1{,}23\ m^3$$

Cena 1 $m^3$ = 0,50 Kč

$$Cena\ V_{vzduch-TVD} = 1{,}23 \cdot 0{,}50 = 0{,}62\ Kč$$

**Výpočet spotřeby acetylenu**

$$V_{acetylen-TVD} = V_{Acetylen} = 5 \cdot\ 10^{-5}\ m^3$$

Cena 0,001 $m^3$ = 24,89 Kč

$$Cena\ V_{acetylen-TVD} = \frac{5 \cdot\ 10^{-5}}{1 \cdot\ 10^{-3}} \cdot 24{,}89 = 1{,}24\ Kč$$

**Výpočet spotřeby kyslíku**

$$V_{kyslík-TVD} = V_{Kyslík} = 1 \cdot\ 10^{-5}\ m^3$$

Cena 1 $m^3$ = 30,56 Kč

$$Cena\ V_{kyslík-TVD} = \frac{1 \cdot\ 10^{-5}}{1} \cdot 30{,}56 = 0{,}0003\ Kč$$

## Celková cena na TVD

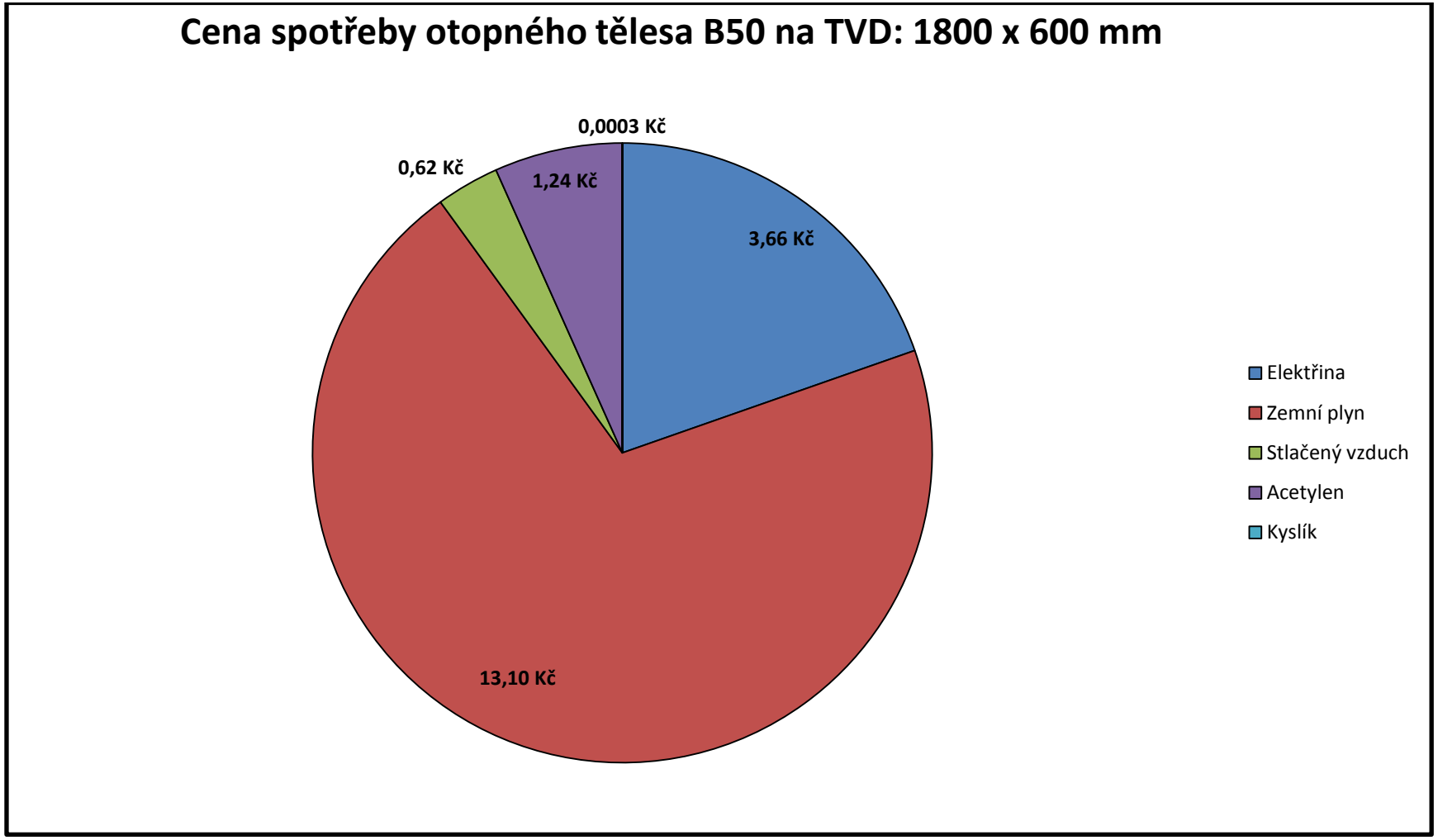
$$Cena - TVD = Cena\ E_{TVD} + Cena\ E_{plyn-TVD} + Cena\ V_{vzduch-TVD} + Cena\ V_{acetylen-TVD} + Cena\ V_{kyslík-TVD}$$

$$Cena - TVD = 3{,}66 + 13{,}01 + 0{,}62 + 1{,}24 + 0{,}0003 = 18{,}53\ K\check{c}$$

**Tab. 1. Spotřeba energií na jednotlivých pracovištích TVD**

| Pracoviště | Celkový čas pracoviště | Elektrická spotřeba | Spotřeba zemního plynu | Objem stlačeného vzduchu | Objem acetylenu | Objem kyslíku |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Dělička | 96,41 s | 0,262 kWh | - | 0,578 $m^3$ | - | - |
| Sesazování (Sormec) | 72,70 s | 0,242 kWh | - | 0,291 $m^3$ | - | - |
| Lisování víček | 46,85 s | 0,022 kWh | - | 0,070 $m^3$ | - | - |
| Bodování - ROBOT | 66,46 s | 0,444 kWh | - | 0,166 $m^3$ | - | - |
| Automatické pastování | 339,06 s | 0,188 kWh | - | 0,082 $m^3$ | - | - |
| Letování a chlazení - MAHLER | 1446,00 s | 0,542 kWh | 2,03 $m^3$ (21,32 kWh) | - | - | - |
| Rovnání plamenem | 13,05 s | - | - | - | 0,00005 $m^3$ | 0,00001 $m^3$ |
| Broušení | 68,35 s | 0,014 kWh | - | - | - | - |
| Zkoušení ve vaně | 22,73 s | 0,005 kWh | - | 0,043 $m^3$ | - | - |
| Příprava na lakovnu | 1,997 s | 0,00002 kWh | - | - | - | - |
| Celkem | 2173,60 s | 1,719 kWh | 21,32 kWh | 1,230 $m^3$ | 0,00005 $m^3$ | 0,00001 $m^3$ |

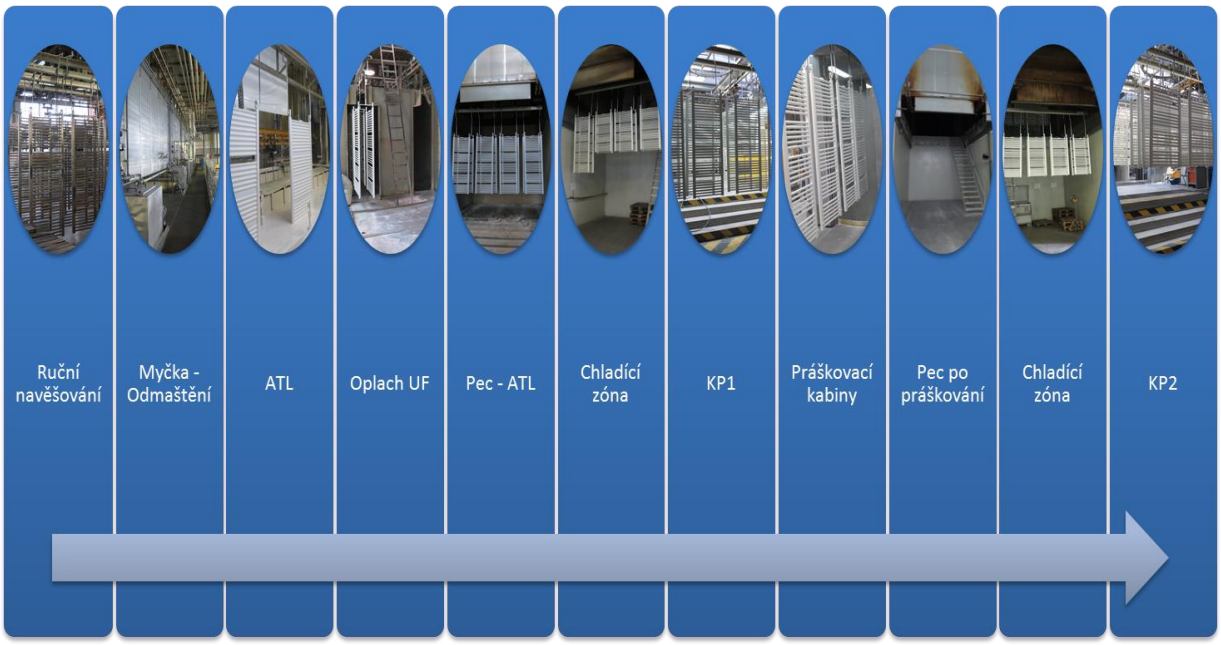
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Cena | - | 3,66 Kč | 13,10 Kč | 0,62 Kč | 1,24 Kč | 0,0003 Kč |
| Celková cena | **18,62 Kč** | | | | | |




**Obr. 13 Cena spotřeby otopného tělesa B50 na TVD**

## 2.2 Analýza otopného tělesa B50 na TVL

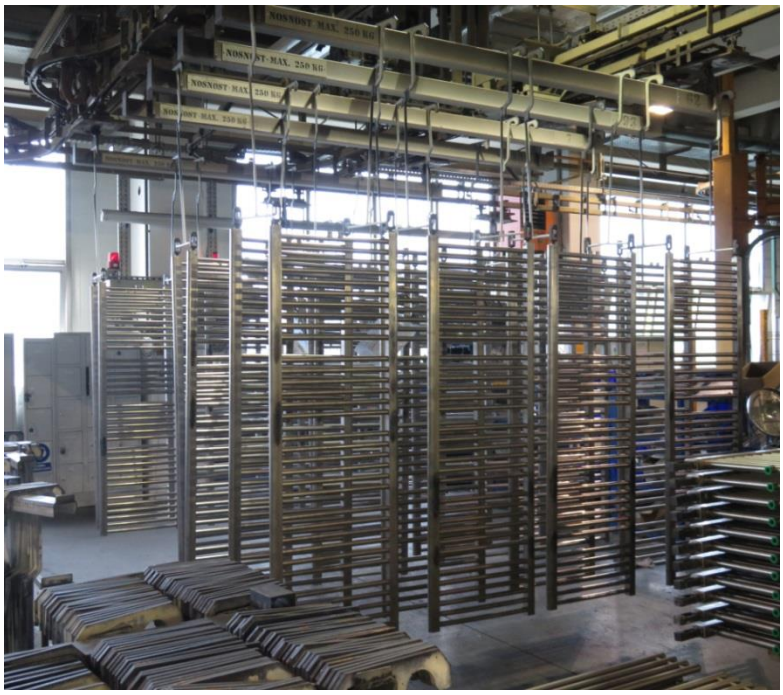
Na úseku TVL probíhá mytí, odmaštění, oplach a lakování otopného tělesa B50. Schéma lakování (Obr. 14) ukazuje jednotlivé dílčí kroky, které se provádějí na lakovně. Pro nalakování B50 na TVL je potřeba celkem 11 pracovišť, tedy za normálních podmínek v případě správného nalakování.




**Obr. 14 Schéma lakovny TVL pro otopné těleso B50**

### 2.2.1 Ruční navěšování

Na pracoviště u ručního navěšování (Obr. 15) se přiveze paleta s radiátory. Na prázdné traverzy se umístí navěšovací háky, na které se posléze navěsí otopná tělesa. V případě této analýzy se jedná o otopné těleso B50. Na jednu traverzu je za normálních podmínek navěšeno 8 otopných těles B50. S touto hodnotou se počítá při výpočtech pro lakovnu, kde se daný vzorec vydělí 8, aby spotřebovaná energie byla na jeden radiátor. Na tomto pracovišti není žádná spotřeba energie, protože se zde pouze využívá lidská práce. Po navěšení se traverza uvede do pohybu a po dopravním řetězu je přesunuta na další pracoviště.



**Obr. 15 Ruční navěšování**

### 2.2.2 Myčka – odmaštění

Do myčky (Obr. 16) vstupují traverzy s navěšenými otopnými tělesy. V myčce jsou otopná tělesa opláchnuta, aby byla očištěna od nečistot, a také dochází k odmaštění. K čištění a odmaštění se používá degril 6660. Celý proces v myčce trvá okolo 15 minut. Do myčky se vejde maximálně 20 traverz. S těmito 20 traverzami se počítá ve výpočtu elektrické spotřeby.

**Štítkové hodnoty**

Celkový příkon: $P = 101{,}2\ kW$

Počet traverz v myčce: $N_T = 20$

Počet radiátorů na traverze: $N_R = 8$

**Průměrné hodnoty času traverzy při mytí (odmaštění)**

Průměrný čas mytí (odmaštění): $t = 908{,}06\ s = 0{,}2522\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{mytí} = \frac{P \cdot t}{N_R \cdot N_T} = \frac{101{,}2 \cdot 0{,}2522}{8 \cdot 20} = 0{,}160\ kWh$$

**Obr. 16 Myčka**

### 2.2.3 ATL

Po umytí v myčce a odmaštění vstupují traverzy do ATL (Obr. 17). V ATL se traverzy s otopnými tělesy ponoří do základní (bílé) ATL barvy. Po dobu 2 minut jsou otopná tělesa ponořená, a poté se nechají krátce odkapat. Do ATL se vejdou maximálně 4 traverzy. S těmito 4 traverzami se počítá ve výpočtu elektrické spotřeby.

**Štítkové hodnoty**

Příkon ATL: $P_{ATL} = 61{,}53\ kW$

Příkon usměrňovače: $P_{usměrňovače} = 5{,}29\ kW$

Počet traverz v ATL: $N_T = 4$

Počet radiátorů na traverze: $N_R = 8$

**Průměrné hodnoty času traverzy na ATL**

Průměrný čas ponoření a vynoření: $t_{ponor,výnor} = 29{,}63\ s = 0{,}0082\ h$

Průměrný čas ponořených radiátorů v ATL: $t = 120{,}44\ s = 0{,}0335\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{ponoření,vynoření} = \frac{P_{ATL} \cdot t_{ponor,výnor}}{N_T} = \frac{61{,}53 \cdot 0{,}0082}{4} = 0{,}126\ kWh$$

$$E_{usměrňovače} = \frac{P_{usměrňovače} \cdot t}{N_T} = \frac{5{,}29 \cdot 0{,}0335}{4} = 0{,}044\ kWh$$

$$E_{ATL} = \frac{E_{ponoření,vynoření} + E_{usměrňovače}}{N_R} = \frac{0{,}126 + 0{,}044}{8} = 0{,}021\ kWh$$

**Obr. 17 ATL**

### 2.2.4 UF oplach

Po nanesení základní barvy v ATL vstupují otopná tělesa do UF oplachu (Obr. 18). V UF oplachu se používají různé směsi chemických látek jako například hydroxid sodný, amin, baktericid, butyl glykol, apod. V UF oplachu se smyje přebytečná barva z radiátorů. Do UF oplachu se vejde maximálně 8 traverz. S těmito 8 traverzami se počítá ve výpočtu elektrické spotřeby.

**Štítkové hodnoty**

Příkon UF oplachu: $P = 34{,}87\ kW$

Počet traverz v UF oplachu: $N_T = 8$

Počet radiátorů na traverze: $N_R = 8$

**Průměrné hodnoty času traverzy v UF oplachu**

Průměrný čas UF oplachu: $t = 341{,}68\ s = 0{,}0949\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{UF\ oplach} = \frac{P \cdot t}{N_T \cdot N_R} = \frac{34{,}87 \cdot 0{,}0949}{8 \cdot 8} = 0{,}052\ kWh$$

**Obr. 18 UF oplach**

### 2.2.5 Pec ATL

Po UF oplachu vstupují otopná tělesa do odkapávací zóny a následně vjíždějí do pece ATL (Obr. 19). V této peci je maximální teplota okolo 190 °C a radiátory projíždějí touto pecí přibližně 36 minut, aby základní barva měla dostatek času zaschnout. Do pece ATL se vejde 32 traverz. S těmito 32 traverzami se počítá ve výpočtu elektrické spotřeby a spotřeby zemního plynu.

**Štítkové hodnoty**

Příkon pece: $P = 34{,}95\ kW$

Průměrná spotřeba zemního plynu: $Q_{plyn} = 1053{,}070\ m^3/den$

Počet traverz v peci ATL: $N_T = 32$

Počet radiátorů na traverze: $N_R = 8$

**Průměrné hodnoty času traverzy v peci**

Průměrný čas pece: $t = 2200\ s = 0{,}6111\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{pec\ ATL} = \frac{P \cdot t}{N_R \cdot N_T} = \frac{34{,}95 \cdot 0{,}6111}{8 \cdot 32} = 0{,}083\ kWh$$

**Výpočet spotřeby zemního plynu**

Průměrná spotřeba zemního plynu: $Q_{plyn} = \frac{Q_{plyn}}{t} = \frac{1053{,}070}{86\,400} = 0{,}0122\ \mathrm{m^3/s}$

Spotřeba zemního plynu pece: $V_{Pece} = Q_{plyn} \cdot t = 0{,}0122 \cdot 2200 = 26{,}84\ \mathrm{m^3}$

Spotřeba zemního plynu na radiátor: $V_{pec\ ATL} = \frac{V_{Pece}}{N_R \cdot N_T} = \frac{26{,}84}{8 \cdot 32} = 0{,}105\ \mathrm{m}^3$

**Obr. 19 Pec ATL**

### 2.2.6 Chladící zóna 1

Z pece ATL vyjíždějí otopná tělesa, která mají teplotu okolo 150 °C. Pro snížení takto vysoké teploty slouží chladící zóna 1 (Obr. 20). Chladící zóna má ventilátory, díky kterým proudí velké množství vzduchu na radiátory, a tím jsou ochlazovány. V chladící zóně jsou za normálních podmínek radiátory chlazeny 15 až 20 minut. Do chladící zóny se vejde 23 traverz. S těmito 23 traverzami se počítá ve výpočtu elektrické spotřeby.

**Štítkové hodnoty**

Příkon chladící zóny: $P = 11\ kW$

Počet traverz v chladící zóně 1: $N_T = 23$

Počet radiátorů na traverze: $N_R = 8$

**Průměrné hodnoty času traverzy v chladící zóně 1**

Průměrný čas chladící zóny: $t = 800\ s = 0{,}2222\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{chladící\ zóny\ 1} = \frac{P \cdot t}{N_R \cdot N_T} = \frac{11 \cdot 0{,}2222}{8 \cdot 23} = 0{,}013\ kWh$$

**Obr. 20 Chladící zóna 1**

### 2.2.7 KP1

KP1 (Obr. 21) je zkratka pro kontrolní pracoviště 1, kde se povolují plastové zátky na otopných tělesech. Otopné těleso, které přijede na KP1 se pouze ofukuje stlačeným vzduchem, aby se odstranily nečistoty. V případě nějakého poškození je na pracovišti bruska, která se použije pro srovnání (obroušení). Pro otopné těleso B50 se používá v nejčastějších případech pouze ofuk stlačeným vzduchem.

**Průměrné hodnoty času při ofuku jedné B50 na KP1**

Průměrný čas ofuku: $t = 2{,}996\ s$

**Výpočet spotřeby (objemu) stlačeného vzduchu při ofuku**

Naměřené průměrné hodnoty:

$Q_{ofuk}$ = 16,70 m$^3$/h, $p_{ofuk}$ = 7,12 bar, $T_{ofuk}$= 29,35 °C

Přepočet průtoku: $Q = \frac{Q_{ofuk}}{3600} = \frac{16{,}70}{3600} = 0{,}0046\ m^3/s$

Průměrný čas ofuku: $t = 2{,}996$ s

Objem stlačeného vzduchu: $V_{KP1} = Q \cdot t = 0{,}0046 \cdot 2{,}996 = 0{,}014\ m^3$

**Obr. 21 KP1**

### 2.2.8 Práškovací kabiny

V práškovacích kabinách (Obr. 22) se otopná tělesa práškují práškem. Barva prášku může být např. bílá, zelená, červená (rudá), hnědá, černá, apod. Nejvíce se, ovšem používá barva bílá. Barva prášku určuje, jakou barvu bude mít otopné těleso. Po práškování, které v práškovacím zařízení trvá okolo 3 minut, se otopné těleso přesune před pec práškovací. Do práškovací kabiny se vejde pouze jedna traverza.

**Štítkové hodnoty**

Příkon práškovací kabiny: $P = 25\ kW$

Počet radiátorů na traverze: $N_R = 8$

**Průměrné hodnoty času traverzy v práškovací kabině**

Průměrný čas práškovací kabiny: $t = 148{,}82\ s = 0{,}0413\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{práškovací\ kabina} = \frac{P \cdot t}{N_R} = \frac{25 \cdot 0{,}0413}{8} = 0{,}129\ kWh$$

**Obr. 22 Práškovací kabina**

### 2.2.9 Pec práškovací

Radiátory, které vyjely z práškovacích kabin, vjíždění do pece práškovací (Obr. 23). V této peci je maximální teplota okolo 190 °C a radiátory projíždějí touto pecí přibližně 32 minut, aby prášek měl dostatek času zaschnout. Do pece po práškovacích kabinách se vejde 32 traverz. S těmito 32 traverzami se počítá ve výpočtu elektrické spotřeby a spotřeby zemního plynu.

**Štítkové hodnoty**

Příkon pece: $P = 34{,}37\ kW$

Průměrná spotřeba zemního plynu: $Q_{plyn} = 856{,}372\ m^3/den$

Počet traverz v peci práškovací: $N_T = 32$

Počet radiátorů na traverze: $N_R = 8$

**Průměrné hodnoty času traverzy v peci**

Průměrný čas pece: $t = 1927\ s = 0{,}5353\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{pec\ přáš.} = \frac{P \cdot t}{N_R \cdot N_T} = \frac{34{,}37 \cdot 0{,}5353}{8 \cdot 32} = 0{,}072\ kWh$$

**Výpočet spotřeby zemního plynu**

Průměrná spotřeba zemního plynu: $Q_{plyn} = \frac{Q_{plyn}}{t} = \frac{856{,}37}{86\,400} = 0{,}0099\ m^3/s$

Spotřeba zemního plynu pece: $V_{Pece} = Q_{plyn} \cdot t = 0{,}0099 \cdot 1927 = 19{,}077\ m^3$

Spotřeba zemního plynu na radiátor: $V_{pec\ práškovací} = \frac{V_{Pece}}{N_R \cdot N_T} = \frac{19{,}077}{8 \cdot 32} = 0{,}075\ m^3$

**Obr. 23 Pec práškovací**

## 2.2.10 Chladící zóna 2

Z pece práškovací vyjíždějí otopná tělesa, která mají teplotu okolo 150 °C. Pro snížení takto vysoké teploty slouží chladící zóna 2 (Obr. 24). Chladící zóna má ventilátory, díky kterým proudí velké množství vzduchu na radiátory, a tím jsou ochlazovány. V chladící zóně jsou za normálních podmínek radiátory chlazeny 15 až 20 minut. Do chladící zóny se vejde 20 traverz. S těmito 20 traverzami se počítá ve výpočtu elektrické spotřeby.

**Štítkové hodnoty**

Příkon chladící zóny: $P = 11\ kW$

Počet traverz v chladící zóně 2: $N_T = 20$

Počet radiátorů na traverze: $N_R = 8$

**Průměrné hodnoty času traverzy v chladící zóně 2**

Průměrný čas chladící zóny: $t = 700\ s = 0{,}1944\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{chladící\ zóny\ 2} = \frac{P \cdot t}{N_R \cdot N_T} = \frac{11 \cdot 0{,}1944}{8 \cdot 20} = 0{,}013\ kWh$$

**Obr. 24 Chladící zóna 2**

### 2.2.11 KP2

KP2 (Obr. 25) je zkratka pro kontrolní pracoviště 2, kde se opticky (okem) kontrolují otopná tělesa. Traverza s radiátory přijede na KP2, kde je výtah. Pomocí výtahu se sníží výška otopných těles, aby pracovník viděl na celé otopné těleso a mohl ho tak zkontrolovat. V případě nějaké závady se pošle traverza s radiátory na KP3 (Kontrolní pracoviště 3). Jsou-li radiátory v pořádku, pak pokračují na balení.

**Obr. 25 KP2**

### 2.2.12 Dopravní řetězy

Dopravní řetězy (Obr. 26) slouží k transportu otopných těles přes lakovnu a částečně i na balení. Dopravní řetězy začínají na navěšování, tedy na začátku lakovny a končí na svěšování, což je začátek balení. Na dopravních řetězech jsou připojeny traverzy, na které se poté navěšují otopná tělesa. Dopravních řetězů je celkem 6 a připojeno je celkem 18 motorů Tab. 2 a Tab. 3, které pohání tyto řetězy a tedy i traverzy s navěšenými radiátory.

**Tab. 2. Štítkové hodnoty (příkony) dopravních motorů a naměřené časy jedné traverzy**

| Motory | Příkon [kW] | | Čas na jednu traverzu [s] | Čas na jednu traverzu [h] |
|---|---|---|---|---|
| 1A | 0,55 kW | | 90,31 s | 0,025 h |
| 1B | 2 x 1,10 kW | | 311,12 s | 0,086 h |
| 2 | 1,10 kW | | 310,79 s | 0,086 h |
| 3 | 0,55 kW | | 572,07 s | 0,159 h |
| 4 | 1,10 kW | | 142,56 s | 0,040 h |
| 5 | 2 x 1,10 kW | | 1858,62 s | 0,516 h |
| 6 | 1,50 kW | od KP1 | 66,32 s | 0,018 h |
| 6 | 1,50 kW | od KP2 | 238,12 s | 0,066 h |
| 7 | 1,10 kW | | 412,83 s | 0,137 h |
| 8 | 0,55 kW | | 381,63 s | 0,106 h |
| 9 | 0,55 kW | | - | - |
| 10 | 0,55 kW | | - | - |
| 11 | 1,10 kW | | 65,62 s | 0,018 h |
| 12 | 2 x 1,10 kW | | 2504,06 s | 0,696 h |
| 13a | 1,10 kW | | 336,12 s | 0,093 h |
| 13b | 1,10 kW | | 115,00 s | 0,032 h |

**Tab. 3. Popis transportních tras všech motorů:**

| Motory | Trasy motorů |
|---|---|
| Motor: 1A | Transport od navěšení k motoru 1B - stále ještě na navěšování |
| Motor: 1B | Transport přes tunel na lakovnu |
| Motor: 2 | Transport od začátku lakovny (po tunelu) před myčku |
| Motor: 3 | Transport Myčkou, ATL až po oplach UF |
| Motor: 4 | Transport po oplachu UF před pec ATL |
| Motor: 5 | Transport ATL pecí, Chladící zónou a KP1 |
| Motor: 6 | Transport: od KP1 před KP3 + od KP2 na balení |
| Motor: 7 | Transport: před KP3 k práškovacím kabinám |
| Motor: 8 | Transport do práškovacího stroje (B50) |
| Motor: 9 | Transport do práškovacího stroje (články) |
| Motor: 10 | Transport do práškovacího stroje - speciální barvy |
| Motor: 11 | Transport po práškování před práškovací pec |
| Motor: 12 | Transport práškovací pecí, chladící zónou a KP2 |
| Motor: 13a | Transport od začátku balení k svěšení (automat i ruční) |
| Motor: 13b | Transport od konce lakovny do začátku balení |

**Výpočet elektrické spotřeby všech motorů na jednu traverzu**

Motor 1A: $E_{1A} = P \cdot t = 0{,}55 \cdot 0{,}025 = 0{,}014\ kWh$

Motor 1B: $E_{1\mathrm{B}} = 2 \cdot P \cdot t = 2 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}086 = 0{,}189\ kWh$

Motor 2: $E_2 = P \cdot t = 1{,}1 \cdot 0{,}086 = 0{,}095\ kWh$

Motor 3: $E_3 = P \cdot t = 0{,}55 \cdot 0{,}159 = 0{,}087\ kWh$

Motor 4: $E_4 = P \cdot t = 1{,}1 \cdot 0{,}040 = 0{,}044\ kWh$

Motor 5: $E_5 = 2 \cdot P \cdot t = 2 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}516 = 1{,}135\ kWh$

Motor 6 – trasa od KP1: $E_{6.1} = P \cdot t = 1{,}5 \cdot 0{,}018 = 0{,}027\ kWh$

Motor 6 – trasa od KP2: $E_{6.2} = P \cdot t = 1{,}5 \cdot 0{,}066 = 0{,}099\ kWh$

Motor 7: $E_7 = P \cdot t = 1{,}1 \cdot 0{,}137 = 0{,}151 kWh$

Motor 8: $E_8 = P \cdot t = 0{,}55 \cdot 0{,}106 = 0{,}058\ kWh$

Motor 9 – B50 nejezdí touto práškovací kabinou

Motor 10 – B50 nejezdí touto práškovací kabinou

Motor 11: $E_{11} = P \cdot t = 1{,}1 \cdot 0{,}018 = 0{,}020\ kWh$

Motor 12: $E_{12} = 2 \cdot P \cdot t = 2 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}696 = 1{,}530\ kWh$

Motor 13A: $E_{13A} = P \cdot t = 1{,}1 \cdot 0{,}093 = 0{,}102\ kWh$

Motor 13B: $E_{13B} = P \cdot t = 1{,}1 \cdot 0{,}032 = 0{,}035\ kWh$

**Celková elektrická spotřeba motorů jedné traverzy**

$$E_{motorů-traverzy} = E_{1A} + E_{1\mathrm{B}} + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + E_{6.1} + E_{6.2} + E_7 + E_8 + E_{11} + \\ + E_{12} + E_{13A} + + E_{13B}$$

$$E_{motorů-traverzy} = 0{,}014 + 0{,}189 + 0{,}095 + 0{,}087 + 0{,}044 + 1{,}135 + 0{,}027 + 0{,}099 + \\ + 0{,}151 + 0{,}058 + 0{,}020 + 1{,}530 + 0{,}102 + 0{,}035 = 3{,}586\ kWh$$

**Elektrická spotřeba na jeden radiátor B50**

$$E_{dopravní\ řetězy} = \frac{E_{motorů-traverzy}}{N_R} = \frac{3{,}586}{8} = 0{,}448\ kWh$$

**Obr. 26 Dopravní řetězy**

### 2.2.13 Výpočet celkové elektrické energie, zemního plynu a stlačeného vzduchu na TVL včetně cen energií

Výpočet celkové elektrické energie, zemního plynu a stlačeného vzduchu je dán součtem energií na jednotlivých pracovištích TVL. Spotřeba energií na těchto pracovištích je znázorněna v Tab. 4. V tabulce je uvedená spotřeba energií, cena energií a konečná cena na celém úseku TVL. Ceny jednotlivých energií, tedy elektrické energie, zemního plynu a stlačeného vzduchu jsou znázorněné v koláčovém grafu (Obr. 27). Z tohoto grafu je zřejmé, že největší spotřeba je elektrické energie, která tvoří více než polovinu z celkové částky na TVL. Druhá největší spotřeba je spotřeba zemního plynu. Spotřeba stlačeného vzduchu je velice nízká, protože stlačený vzduch byl změřen pouze na KP1. Stlačený vzduch se používá i v myčce, ATL, UF oplachu a v práškovacích kabinách, ale technologicky nebylo možný tento vzduch změřit.

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{TVL} = E_{mytí} + E_{ATL} + E_{UF\ oplach} + E_{pec\ ATL} + E_{chladící\ zóny\ 1} + E_{práškovací\ kabina} +$$
$$+E_{pec\ přáš.} + E_{chladící\ zóny\ 2} + E_{dopravní\ řetězy}$$

$$E_{TVL} = 0{,}160 + 0{,}021 + 0{,}052 + 0{,}083 + 0{,}013 + 0{,}129 + 0{,}072 + 0{,}013 + 0{,}448$$

$$E_{TVL} = 0{,}991\ kWh$$

Cena 1 kWh = 2,13 Kč – cena včetně všech poplatků

$$Cena\ E_{TVL} = 0{,}991\ \cdot 2{,}13 = 2{,}11\ Kč$$

**Výpočet spotřeby zemního plynu**

$$V_{plyn-TVL} = V_{pec\ ATL} + V_{pec\ práškovací} = 0{,}105 + 0{,}075 = 0{,}18\ m^3$$

$$E_{plyn-TVL} = V_{plyn-TVL} \cdot 10{,}5 = 0{,}18 \cdot 10{,}5 = 1{,}88\ kWh$$

Cena 1 kWh = 0,61 Kč – cena včetně všech poplatků

$$Cena\ E_{plyn-TVL} = 1{,}88 \cdot 0{,}61 = 1{,}16\ Kč$$

**Výpočet spotřeby stlačeného vzduchu**

$$V_{vzduch-TVL} = V_{KP1} = 0{,}014\ m^3$$

Cena 1 $m^3$ = 0,50 Kč – cena včetně všech poplatků

$$Cena\ V_{vzduch-TVL} = 0{,}014 \cdot 0{,}50 = 0{,}007\ Kč$$

## Celková cena na TVL

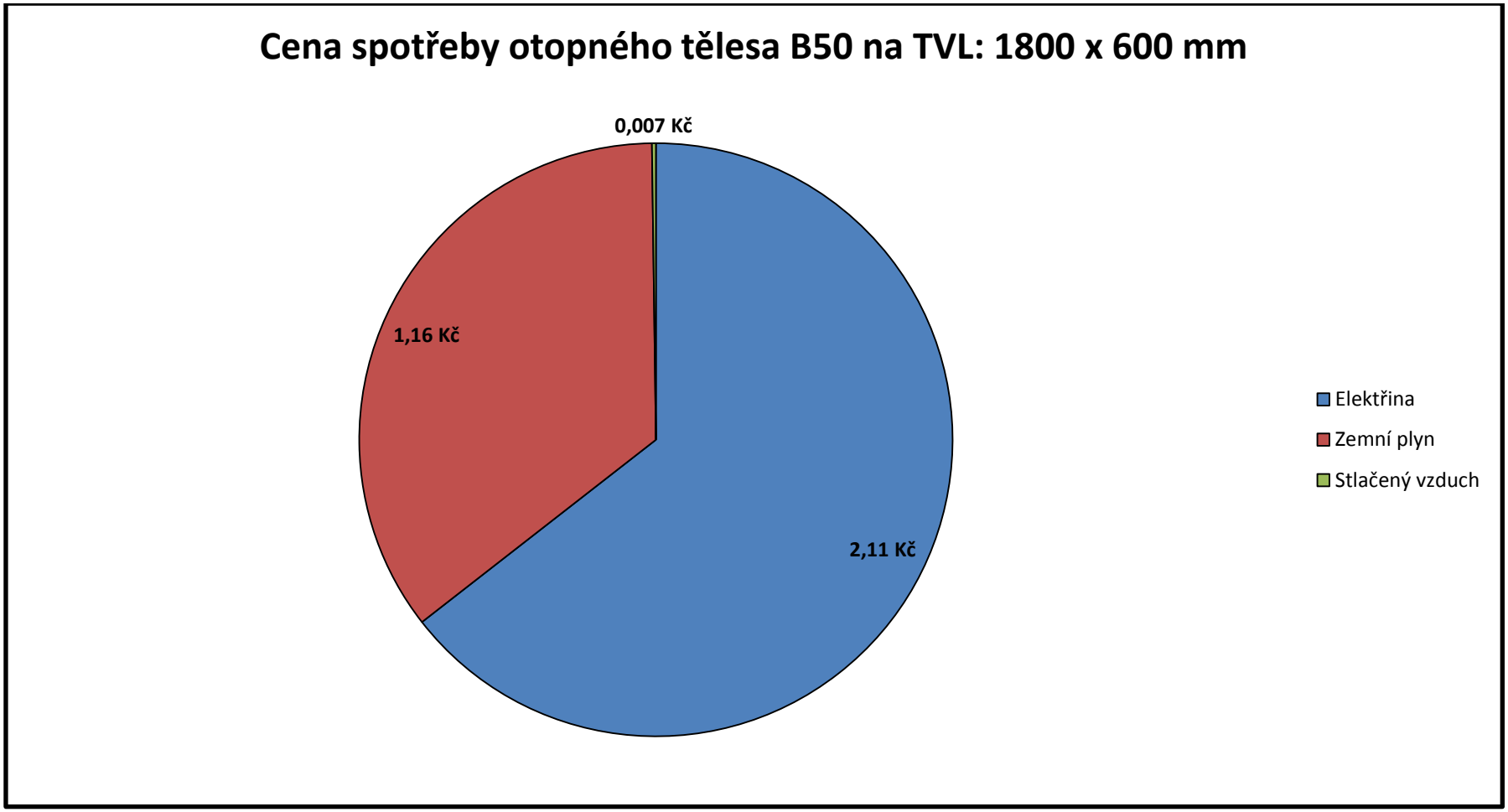
$$Cena - TVL = Cena\ E_{TVL} + Cena\ E_{plyn-TVL} + Cena\ V_{vzduch-TVL}$$

$$Cena - TVL = 2{,}11 + 1{,}16 + 0{,}007 = 3{,}27\ Kč$$

**Tab. 4. Spotřeba energií na jednotlivých pracovištích TVL**

| Pracoviště | Celkový čas pracoviště | Elektrická spotřeba | Objem zemního plynu | Spotřeba zemního plynu | Objem stlačeného vzduchu |
|---|---|---|---|---|---|
| Ruční navěšování | - | - | - | - | - |
| Myčka - odmaštění | 908,06 s | 0,160 kWh | - | - | - |
| ATL | 150,07 s | 0,021 kWh | - | - | - |
| Oplach UF | 341,68 s | 0,052 kWh | - | - | - |
| Pec ATL | 2200,00 s | 0,083 kWh | 0,105 $m^3$ | 1,103 kWh | - |
| Chladící zóna 1 | 800,00 s | 0,013 kWh | - | - | - |
| KP1 | 93,43 s | - | - | - | 0,014 $m^3$ |
| Práškovací kabiny | 148,82 s | 0,129 kWh | - | - | - |
| Pec práškovací | 1927,00 s | 0,072 kWh | 0,075 $m^3$ | 0,788 kWh | - |
| Chladící zóna 2 | 700,00 s | 0,013 kWh | - | - | - |
| KP2 | 95,37 s | - | - | - | - |
| Dopravníky - řetězy | 7486,32 s | 0,448 kWh | - | - | - |
| Celkem | 14850,75 s | 0,991 kWh | | 1,88 kWh | 0,014 $m^3$ |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Cena | - | 2,11 Kč | - | 1,16 Kč | 0,007 Kč |
| Celková cena | **3,28 Kč** | | | | |




**Obr. 27 Cena spotřeby otopného tělesa B50 na TVL**

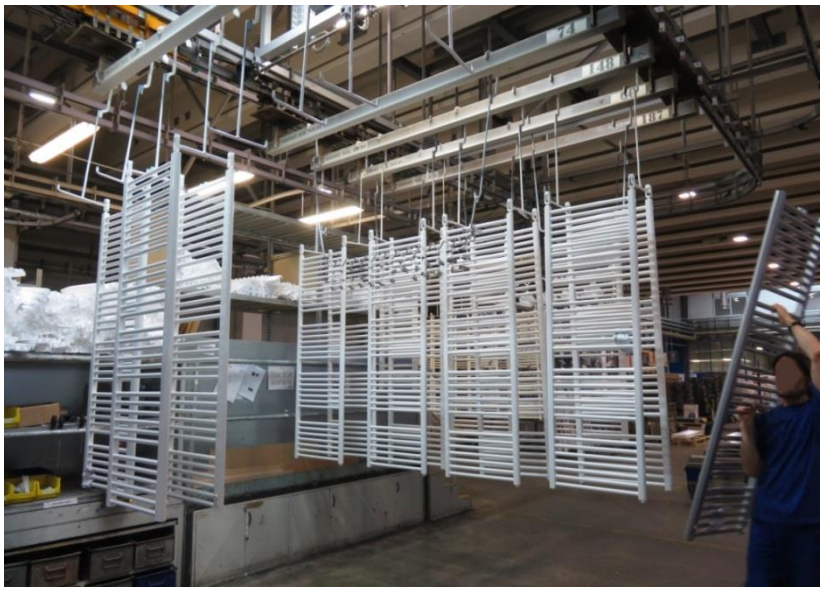
## 2.3 Analýza otopného tělesa B50 na TVV

Na úseku TVV probíhá fóliování a výsledné zabalení otopného tělesa B50. Schéma balení (Obr. 28) ukazuje jednotlivé dílčí kroky, které se provádějí na TVV. Pro zabalení B50 na TVV je potřeba celkem 5 pracovišť + dopravní pásy, kterých je celkem 8.

**Obr. 28 Schéma balení TVV**

### 2.3.1 Ruční svěšování

Otopná tělesa, která se ručně navěsila, se na balení ručně svěšují (Obr. 29). Na pracoviště, kde je ruční svěšování, se přiveze paleta. Otopná tělesa se ručně svěsí, umístí se na paletu a poté se svěsí i navěšovací háky z traverzy. Traverza se uvede do pohybu a dopravní řetězy ji transportují opět na navěšování. Ručně svěšená otopná tělesa se přesouvají na tzv. malou linku, která se skládá z dopravníků, fóliovačky, pece, výroby kartonu a páskovačky.



**Obr. 29 Ruční svěšování**

### 2.3.2 Fóliovačka – malá linka

Otopné těleso se položí na dopravní pás, který zajistí, že radiátor přijede do fóliovacího zařízení, tzv. fóliovačky (Obr. 30). Zde se celý radiátor obalí fólií a uřízne se podle velikosti otopného tělesa. Následně je otopné těleso dopravními pásy dopraveno před pec.

**Štítkové hodnoty**

Celkový příkon: $P = 3{,}5\ kW$

**Průměrné hodnoty času při fóliování otopného tělesa B50**

Průměrný čas fóliování: $t = 12{,}72\ s = 0{,}0035\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{fóliovačka} = P \cdot t = 3{,}5 \cdot 0{,}0035 = 0{,}012\ kWh$$

**Výpočet spotřeby (objemu) stlačeného vzduchu**

Naměřené průměrné hodnoty:

$Q_{fóliovačka}$ = 4,91 m$^3$/h, $p_{fóliovačka}$ = 7,22 bar, $T_{fóliovačka}$= 25,22 °C

Přepočet průtoku: $Q = \frac{Q_{fóliovačka}}{3600} = \frac{4{,}91}{3600} = 0{,}0014\ m^3/s$

Průměrný čas fóliování: $t = 12{,}72$ s

Objem stlačeného vzduchu: $V_{fóliovačka} = Q \cdot t = 0{,}0014 \cdot 12{,}72 = 0{,}018\ m^3$

**Obr. 30 Fóliovačka – malá linka**

### 2.3.3 Pec na balení – malá linka

Otopné těleso, které je obaleno fólií, vstupuje do pece (Obr. 31). V peci je otopné těleso okolo 20 sekund, aby se fólie správně zatavila a byla těsná.

**Naměřené, vypočítané a štítkové hodnoty**

Celkový příkon: $P = 6{,}55\ kW$

Průměrná spotřeba zemního plynu: $Q_{plyn} = 98{,}11\ m^3/den$

**Průměrné hodnoty času pece na jedno otopné těleso B50**

Průměrný čas pece: $t = \ 18{,}98\ s = 0{,}0053\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{pec\ na\ balení} = P \cdot t = 6{,}55 \cdot 0{,}0053 = \ 0{,}035\ kWh$$

**Výpočet spotřeby zemního plynu**

Průměrná spotřeba zemního plynu: $Q_{plyn} = \frac{Q_{plyn}}{t} = \frac{98{,}11}{86\ 400} = \ 0{,}0011\ m^3/s$

Spotřeba zemního plynu na B50: $V_{pec\ na\ balení} = Q_{plyn} \cdot t = 0{,}0011 \cdot 18{,}98 = \ 0{,}021\ m^3$

**Obr. 31 Pec na balení – malá linka**

### 2.3.4 Výroba kartonu – malá linka

V kartonovacím zařízení (Obr. 32) se nastaví požadovaný rozměr na otopné těleso. Toto zařízení si odebere určitou část kartonu, který ohne na několika stranách a následně uřízne. Karton je poté připravený a přenesený na malou linku, kde je před páskovačkou použit a radiátor je tak zabalený.

**Štítkové hodnoty**

Celkový příkon: $P = 10\ kW$

**Průměrné hodnoty času při výrobě kartonu na jedno otopné těleso B50**

Průměrný čas výroby kartonu: $t = 20{,}58\ s = 0{,}0057\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{Výroba\ kartonu} = P \cdot t = 10 \cdot 0{,}0057 = 0{,}057\ kWh$$

**Výpočet spotřeby (objemu) stlačeného vzduchu**

Naměřené průměrné hodnoty:

$Q_{výroba\ kartonu}$ = 3,77 m$^3$/h, $p_{výroba\ kartonu}$ = 7,29 bar, $T_{výroba\ kartonu}$= 25,09 °C

Přepočet průtoku: $Q = \frac{Q_{výroba\ kartonu}}{3600} = \frac{3{,}77}{3600} = 0{,}0010\ m^3/s$

Průměrný čas výroby kartonu: $t = 20{,}58$ s

Objem stlačeného vzduchu: $V_{výroba\ kartonu} = Q \cdot t = 0{,}0010 \cdot 20{,}58 = 0{,}021\ m^3$

**Obr. 32 Výroba kartonu – malá linka**

### 2.3.5 Páskovačka – malá linka

Otopné těleso, které je zabalené ve fólii a v kartonu, se musí stáhnout páskou. K tomu slouží páskovací zařízení (Obr. 33), do kterého se dává černá páska. Páskovací zařízení tuto černou pásku omotá kolem kartonu, stáhne a svaří ji.

**Štítkové hodnoty**

Celkový příkon: $P = 2\ kW$

**Průměrné hodnoty času při páskování jednoho otopného tělesa B50**

Průměrný čas páskování: $t = \ 18{,}58\ s = 0{,}0052\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{Páskování} = P \cdot t = 2 \cdot 0{,}0052 = \ 0{,}010\ kWh$$

**Obr. 33 Páskovačka – malá linka**

### 2.3.6 Dopravní pásy

Otopné těleso B50 je po celém úseku balení transportované pomocí dopravních pásů (Obr. 34). Každý dopravní pás je posouván elektromotorem o příkonu 1,5 kW. Počet dopravních pásů na malé lince je celkem 8.

**Štítkové hodnoty**

Příkon jednoho dopravního pásu: $P = 1{,}5\ kW$

**Průměrný čas všech dopravních pásů na jedno otopné těleso B50**

Průměrný čas všech dopravních pásů: $t = 116{,}54\ s = 0{,}0324\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{Dopravníky} = P \cdot t = 1{,}5 \cdot 0{,}0324 = 0{,}049\ kWh$$

**Obr. 34 Dopravní pásy – malá linka**

### 2.3.7 Výpočet celkové elektrické energie, zemního plynu a stlačeného vzduchu na TVV včetně cen energií

Výpočet celkové elektrické energie, zemního plynu a stlačeného vzduchu je dán součtem energií na jednotlivých pracovištích TVV. Spotřeba energií na těchto pracovištích je znázorněna v Tab. 5. V tabulce je uvedená spotřeba energií, cena energií a konečná cena na celém úseku TVV. Ceny jednotlivých energií, tedy elektrické energie, zemního plynu a stlačeného vzduchu jsou znázorněné v koláčovém grafu (Obr. 35). Z tohoto grafu je zřejmé, že největší spotřeba je elektrické energie, která tvoří více než polovinu z celkové částky na TVV. Druhá největší spotřeba je spotřeba zemního plynu, která tvoří téměř čtvrtinu spotřeby na TVV. Spotřeba stlačeného vzduchu je relativně nízká.

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{TVV} = E_{fóliovačka} + E_{pec\ na\ balení} + E_{Výroba\ kartonu} + E_{Páskování} + E_{Dopravníky}$$

$$E_{TVV} = 0{,}012 + 0{,}035 + 0{,}057 + 0{,}010 + 0{,}049 =$$

$$E_{TVV} = 0{,}163\ kWh$$

Cena 1 kWh = 2,13 Kč

$$Cena\ E_{TVV} = 0{,}163\ \cdot 2{,}13 = 0{,}35\ K\text{č}$$

**Výpočet spotřeby zemního plynu**

$$V_{plyn-TVV} = V_{pec\ na\ balení} = 0{,}021\ m^3$$

$$E_{plyn-TVV} = V_{plyn-TVV} \cdot 10{,}5 = 0{,}021\ \cdot 10{,}5 = 0{,}221\ kWh$$

Cena 1 kWh = 0,61 Kč

$$Cena\ E_{plyn-TVV} = 0{,}221\ \cdot 0{,}61 = 0{,}14\ K\text{č}$$

**Výpočet spotřeby stlačeného vzduchu**

$$V_{vzduch-TVV} = V_{fóliovačka} + V_{výroba\ kartonu} = 0{,}018 + 0{,}021 = 0{,}039\ m^3$$

Cena 1 $m^3$ = 0,50 Kč

$$Cena\ V_{vzduch-TVV} = 0{,}039 \cdot 0{,}50 = 0{,}020\ K\text{č}$$

## Celková cena na TVV

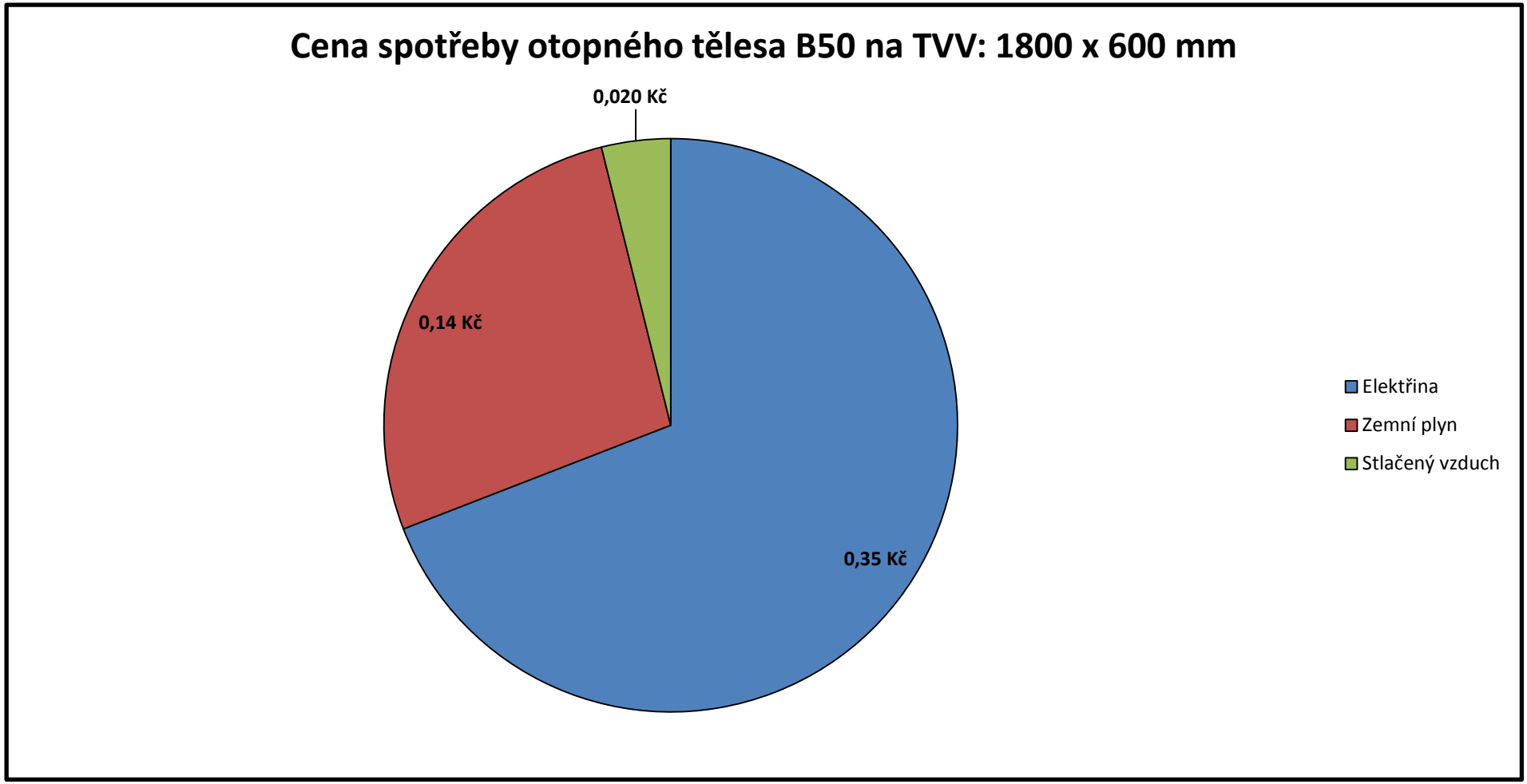
$$Cena - TVV = Cena\ E_{TVV}\ + Cena\ E_{plyn-TVV} + Cena\ V_{vzduch-TVV}$$

$$Cena - TVV = 0{,}35 + 0{,}14 + 0{,}020 = 0{,}51\ K\text{č}$$

**Tab. 5. Spotřeba energií na jednotlivých pracovištích TVV**

| Pracoviště | Celkový čas pracoviště | Elektrická spotřeba | Objem zemního plynu | Spotřeba zemního plynu | Objem stlačeného vzduchu |
|---|---|---|---|---|---|
| Ruční svěšování | - | - | - | - | - |
| Fóliovačka | 12,72 s | 0,012 kWh | - | - | 0,018 $m^3$ |
| Pec na balení | 18,98 s | 0,035 kWh | 0,021 $m^3$ | 0,221 kWh | - |
| Výroba kartonu | 20,58 s | 0,057 kWh | - | - | 0,021 $m^3$ |
| Páskovačka | 18,58 s | 0,010 kWh | - | - | - |
| Dopravníky | 116,54 s | 0,049 kWh | - | - | - |
| Celkem | 187,40 s | 0,163 kWh | 0,021 $m^3$ | 0,221 kWh | 0,039 $m^3$ |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Cena | - | 0,35 Kč | - | 0,14 Kč | 0,020 Kč |
| Celková cena | **0,51 Kč** | | | | |




**Obr. 35 Cena spotřeby otopného tělesa B50 na TVV**

## 2.4 Celkové výsledky analýzy otopného tělesa B50

Celková cena otopného tělesa B50 je dána součtem cen na jednotlivých úsecích, tedy cen na TVD, TVL a TVV. Ceny na jednotlivých úsecích TVD, TVL a TVV jsou znázorněné v koláčovém grafu (Obr. 36). Z tohoto grafu je zřejmé, že největší spotřeba je na úseku TVD, která tvoří více než dvě třetiny z celkové částky 22,41 Kč. Druhá největší spotřeba je spotřeba na úseku TVL a nejmenší spotřeba je na TVV.

### Celková cena energie pro B50

$$Celková\ cena\ = Cena - TVD\ + Cena - TVL + Cena - TVV$$

$$Celková\ cena = 18{,}62 + 3{,}28\ + 0{,}51 = 22{,}41\ Kč$$

Celkové ceny všech energií jsou znázorněné v koláčovém grafu (Obr. 37). Největší spotřeba je spotřeba zemního plynu, která tvoří téměř dvě třetiny z celkové částky 22,41 Kč, a to 14,39 Kč. Druhá největší spotřeba je spotřeba elektrické energie, jejíž cena činí 6,11 Kč. Spotřeba acetylenu je třetí největší spotřeba a to 1,24 Kč. Spotřeba stlačeného vzduchu je 0,64 Kč a kyslíku je 0,0003 Kč. Tyto ceny jsou dány součtem cen na jednotlivých úsecích.

### Celkové ceny všech energií pro B50

#### Celková cena elektrické energie

$$Celková\ cena\ elektrické\ energie = \ Cena\ E_{TVD} + Cena\ E_{TVL} + Cena\ E_{TVV}$$

$$Celková\ cena\ elektrické\ energie\ = \ 3{,}66 + 2{,}11 + 0{,}35 = 6{,}12\ Kč$$

#### Celková cena zemního plynu

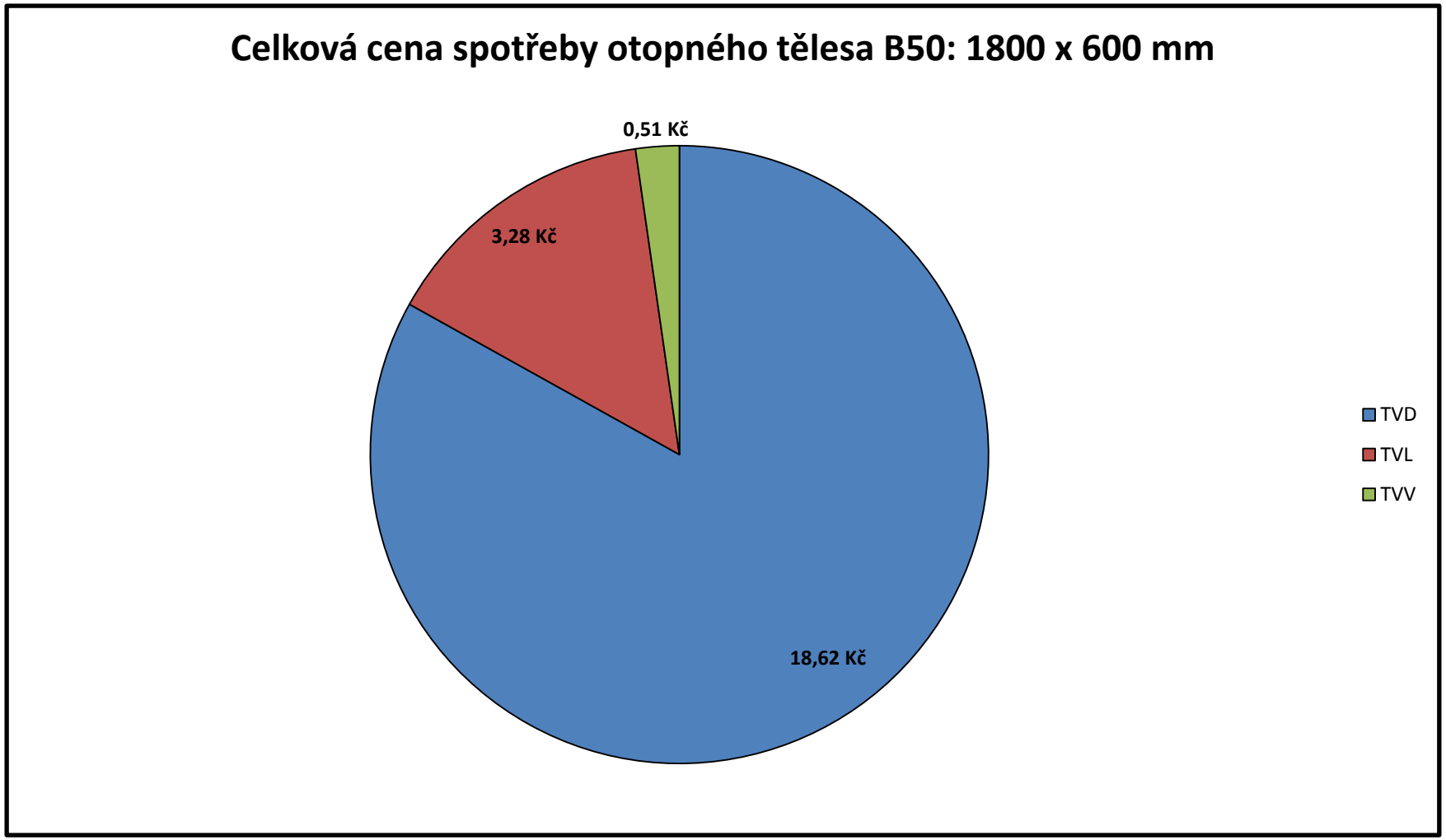
$$Celková\ cena\ zemního\ plynu\ = \ Cena\ E_{plyn-TVD} + Cena\ E_{plyn-TVL} + Cena\ E_{plyn-TVV}$$

$$Celková\ cena\ zemního\ plynu\ = \ 13{,}10 + 1{,}16 + 0{,}14 = 14{,}40\ Kč$$

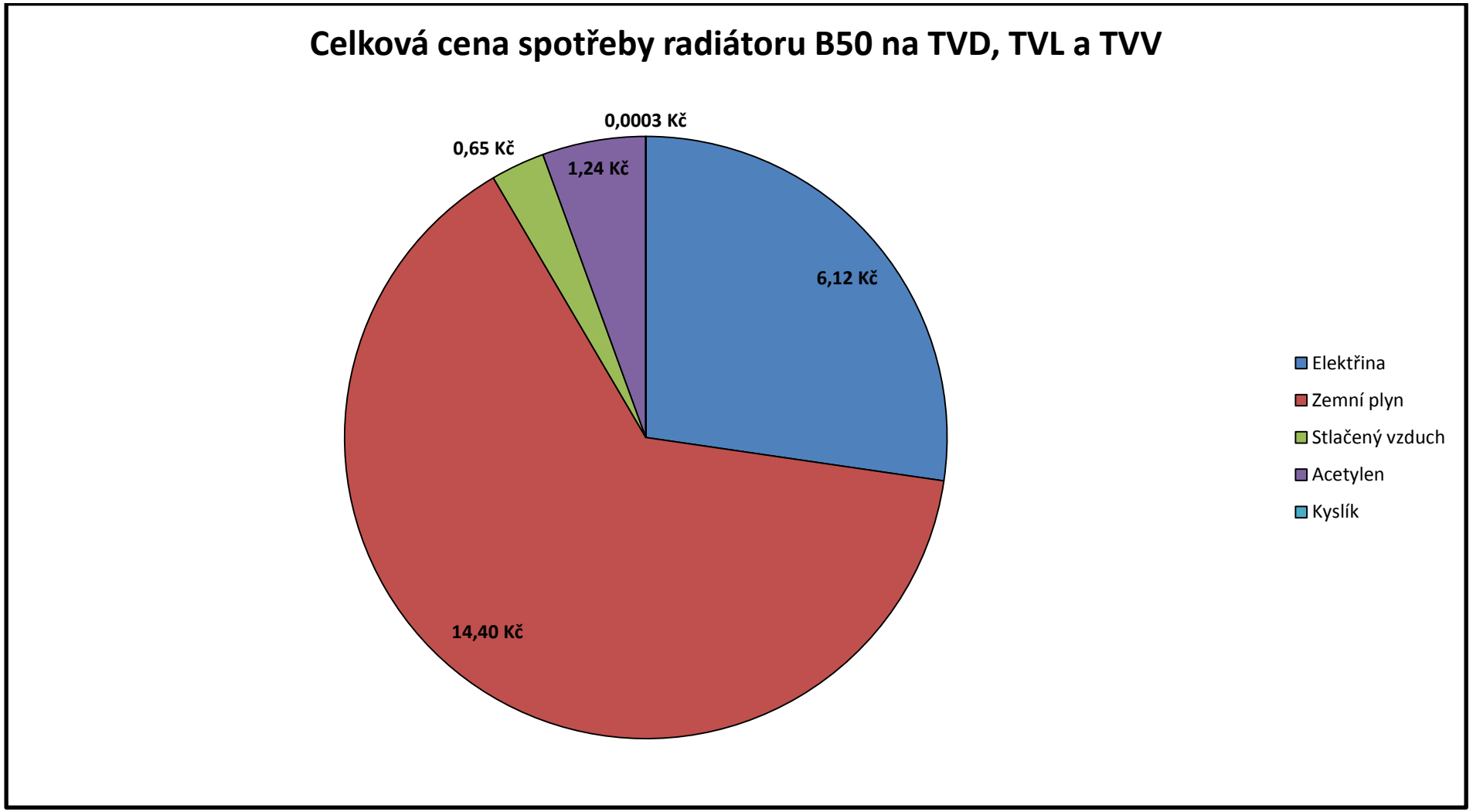
#### Celková cena stlačeného vzduchu

$$Celová\ cena\ stl.vzduchu = \ Cena\ V_{vzduch-TVD} + Cena\ V_{vzduch-TVL} + Cena\ V_{vzduch-TVV}$$

$$Celová\ cena\ stlačeného\ vzduchu = 0{,}62 + 0{,}007 + 0{,}020 = 0{,}65\ Kč$$




**Obr. 36 Celková cena spotřeby otopného tělesa B50 na úsecích TVD, TVL a TVV**




**Obr. 37 Celková cena spotřeby všech energií**

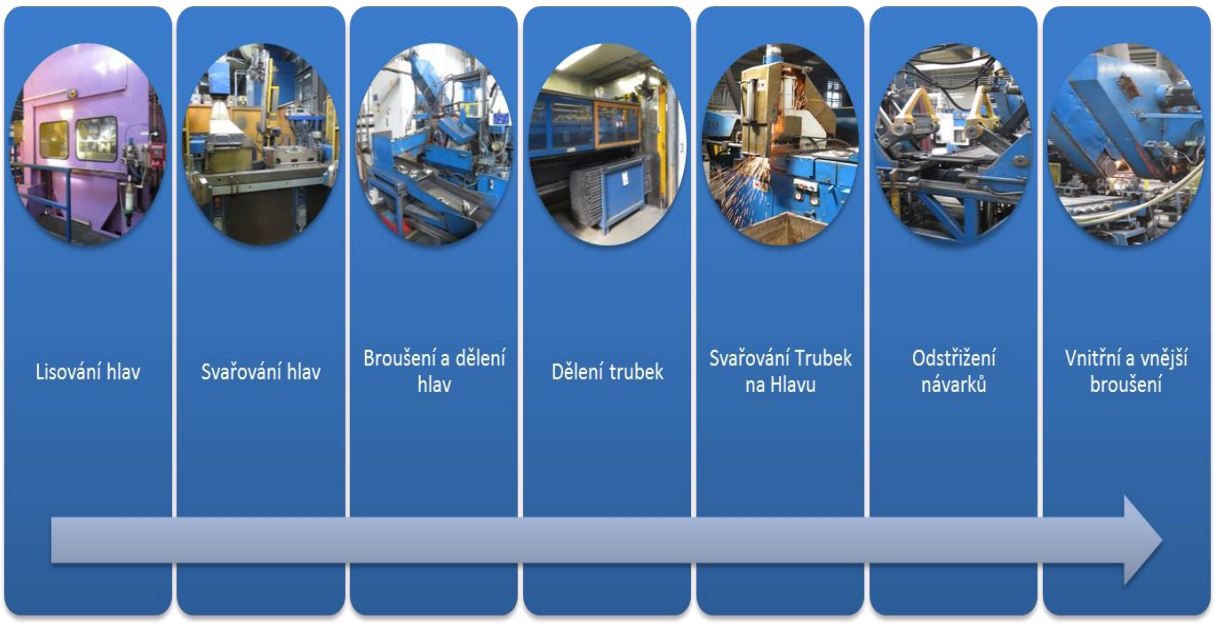
# 3 Analýza článkového otopného tělesa

Článkové otopné těleso patří mezi tzv. trubkové radiátory. Tento článkový radiátor se vyrábí ve velkém spektru různých délek, šířek a výšek. Článkový radiátor se vyrábí o délkách od 2 elementů (90 mm) do 100 elementů (4 500 mm) podle přání zákazníka. Šířka je od 2 element do 6 element. Výšky článkových radiátorů se vyrábí od 180 mm do 3 000 mm. Přesně nadefinované rozměry článkového radiátoru pak určuje zákazník. Analýza je zaměřena na nejběžnější a nejvíce prodávající typ článkového radiátoru (Obr. 38), a to článkový radiátor o délce 12 elementů, šířce 3 element a výšce 600 mm. Toto otopné těleso se skládá z 36 trubek a 24 hlav. Pro zhotovení tohoto radiátoru je potřeba celkem 4 úseků. Nejdříve začíná výroba na úseku TVE, kde se vyrobí jednotlivé elementy. Elementy se převezou na úsek TVB, kde se spojí dohromady (k sobě), a tím vznikne článkové otopné těleso. Na úseku TVL se nalakuje, a poté následně zabalí na úseku TVV.

**Obr. 38 Článkový radiátor 3 element, výška 600 mm, délka 12 elementů (540 mm)**

## 3.1 Analýza článkového radiátoru na TVE

Na úseku TVE probíhá výroba elementů, ze kterých se skládá článkový radiátor. Schéma výroby elementů (Obr. 39) ukazuje jednotlivé dílčí kroky po materiálovém toku, které se provádějí při výrobě elementů. Pro výrobu elementů na TVE je potřeba celkem 7 pracovišť.




**Obr. 39 Schéma výroby elementů na TVE**

### 3.1.1 Lisování hlav

Do zařízení pro lisování hlav (Obr. 40) vstupuje kovový materiál, který je v určitých časových intervalech strojem posouván. Dochází k vylisování hlavy a po dopravním pásu je transportována až do dřevěného kontejneru (Obr. 41). Ten se poté vysokozdvižným vozíkem převeze k pracovišti na svařování hlav.

**Štítkové hodnoty**

Příkon lisování: $P = 60{,}94\ kW$

**Průměrné hodnoty času při lisování hlav na jeden článkový radiátor**

Průměrný čas lisování: $t_{lis.} = 38{,}92\ s = 0{,}0108\ h$

Průměrný čas dopravního posunu: $t_{posun} = 9{,}88\ s = 0{,}0027\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{lisování} = P \cdot t_{lis.} = 60{,}94 \cdot 0{,}0108 = 0{,}658\ kWh$$

**Výpočet spotřeby (objemu) stlačeného vzduchu**

Naměřené průměrné hodnoty:

$Q_{lis.}$ = 16,91 m$^3$/h, $p_{lis.}$ = 6,93 bar, $T_{lis.}$ = 22,14 °C

Přepočet průtoku: $Q = \frac{Q_{lis.}}{3600} = \frac{16{,}91}{3600} = 0{,}005\ m^3/s$

Průměrný čas lisování: $t = t_{lis.} + t_{posun} = 38{,}92 + 9{,}88 = 48{,}80\ s$

Objem stlačeného vzduchu: $V_{lisování} = Q \cdot t = 0{,}005 \cdot 48{,}80 = 0{,}244\ m^3$

**Obr. 40 Lisování hlav**

**Obr. 41 Vylisované hlavy v dřevěném kontejneru**

### 3.1.2 Svařování hlav

Do zásobníků, které zařízení obsahuje, se umístí několik hlav. Po dopravním pásu jsou tyto hlavy transportovány. Stroj uchytí vždy dvě hlavy, které jsou následně přemístěny do prostoru, kde probíhá svařování. Svařování hlav (Obr. 42) probíhá odporově, tedy tzv. odporovým svařováním. Svařená hlava (Obr. 43) je umístěna na dopravní pás, který směřuje

do dřevěného kontejneru. Ten se poté vysokozdvižným vozíkem převeze k pracovišti, kde dochází k broušení a dělení hlav.

**Štítkové hodnoty**

Příkon svařování: $P = 41{,}52\ kW$

**Průměrné hodnoty času při svařování hlav na jeden článkový radiátor**

Průměrný čas svařování: $t = 45{,}43\ s = 0{,}0126\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{svařování\ hlav} = P \cdot t = 41{,}52 \cdot 0{,}0126 = 0{,}523\ kWh$$

**Výpočet spotřeby (objemu) stlačeného vzduchu**

Naměřené průměrné hodnoty:

$Q_{svař.}$ = 26,70 m$^3$/h, $p_{svař.}$ = 6,42 bar, $T_{svař.}$ = 20,36 °C

Přepočet průtoku: $Q = \frac{Q_{svař.}}{3600} = \frac{26{,}70}{3600} = 0{,}007\ m^3/s$

Průměrný čas svařování: $t = 45{,}43\ s$

Objem stlačeného vzduchu: $V_{svařování\ hlav} = Q \cdot t = 0{,}007 \cdot 45{,}43 = 0{,}318\ m^3$

**Obr. 42 Svařování hlav**

**Obr. 43 Svařené hlavy**

### 3.1.3 Broušení a dělení hlav

Broušení a dělení hlav (Obr. 44) je pracoviště, kde dochází k obroušení hlav a zároveň k oddělení na 2 části. Nejdříve se hlava umístí na dopravní pás. Hlava je obroušena po celém obvodu, kde byla předtím odporově svařena. Poté je transportována dopravním pásem k děličce hlavy. Dochází k dělení hlavy, čímž vzniknou 2 části hlavy. Tyto části jsou dalším dopravním pásem přemístěny do dřevěného kontejneru. Ten se vysokozdvižným vozíkem převeze k pracovišti, kde dochází k svařování trubek a hlav.

**Štítkové hodnoty**

Příkon broušení a dělení hlav: $P = 31{,}97\ kW$

**Průměrné hodnoty času při broušení a dělení hlav na jeden článkový radiátor**

Průměrný čas broušení a dělení: $t_{broušení,dělení} = 88{,}56\ s = 0{,}0246\ h$

Průměrný čas podávacího zařízení: $t_{pod.zařízení} = 74{,}15\ s = 0{,}0206\ h$

Průměrný čas lisovačky: $t_{lisovačka} = 15{,}08\ s = 0{,}0042\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{broušení,dělení} = P \cdot t_{broušení,dělení} = 31{,}97 \cdot 0{,}0246 = 0{,}786\ kWh$$

**Výpočet spotřeby (objemu) stlačeného vzduchu**

Naměřené průměrné hodnoty:

$Q_{broušení,dělení}$ = 21,35 m$^3$/h, $p_{broušení,dělení}$ = 6,62 bar, $T_{broušení,dělení}$ = 22,70 °C

Přepočet průtoku: $Q = \frac{Q_{broušení,dělení}}{3600} = \frac{21,35}{3600} = 0,006\ m^3/s$

Průměrný čas broušení a dělení: $t = t_{broušení,dělení} + t_{pod.zařízení} + t_{lisovačka}$

$t = 88,56 + 74,15 + 15,08 = 177,79\ s$

Objem stlačeného vzduchu: $V_{broušení,dělení} = Q \cdot t = 0,006 \cdot 177,79 = 1,067\ m^3$

**Obr. 44 Broušení a dělení hlav**

### 3.1.4 Dělení trubek

Do automatického přístroje na dělení trubek (Obr. 45) se umístí trubky o délce šesti metrů. Na tomto pracovišti dochází k dělení a řezání šesti metrových trubek na požadované rozměry. Tato analýza je zaměřená na délku trubek 600 mm. Nařezané trubky se umisťují do dřevěných kontejnerů. Dřevěný kontejner se převeze na pracoviště, kde dochází ke svařování trubek a hlav.

**Štítkové hodnoty**

Příkon na dělení trubek: $P = 2,62\ kW$

**Průměrné hodnoty času při dělení trubek na jeden článkový radiátor**

Průměrný čas dělení trubek: $t = 138,35\ s = 0,0384\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{dělení\ trubek} = P \cdot t = 2,62 \cdot 0,0384 = 0,101\ kWh$$

**Výpočet spotřeby (objemu) stlačeného vzduchu**

Naměřené průměrné hodnoty:

$Q_{dělení}$ = 16,24 m$^3$/h, $p_{dělení}$ = 6,84 bar, $T_{dělení}$ = 21,94 °C

Přepočet průtoku: $Q = \frac{Q_{dělení}}{3600} = \frac{16,24}{3600} = 0,005\ m^3/s$

Průměrný čas dělení trubek: $t = 138,35\ s$

Objem stlačeného vzduchu: $V_{dělení\ trubek} = Q \cdot t = 0,005 \cdot 138,35 = 0,692\ m^3$

**Obr. 45 Dělení trubek**

### 3.1.5 Svařování trubek na hlavu (elementů)

Nařezané trubky se společně s hlavami umístí do zařízení pro svařování (Obr. 46). Nejdříve se svaří jedna strana, tedy 3 trubky na hlavu, a poté druhá strana. Na tomto pracovišti, kde probíhala analýza, se svařují trojkové hlavy se třemi trubkami. Při svaření 3 trubek na 2 hlavy vzniká tzv. element (Obr. 47).

**Štítkové hodnoty**

Příkon svařování: $P = 60,66\ kW$

**Průměrné hodnoty času při svařování trubek na jeden článkový radiátor**

Průměrný čas svařování: $t = 49,87\ s = 0,0139\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{svařování\ elementů} = P \cdot t = 60,66 \cdot 0,0139 = 0,843\ kWh$$

**Výpočet spotřeby (objemu) stlačeného vzduchu**

Naměřené průměrné hodnoty:

$Q_{svaření}$ = 19,46 m$^3$/h, $p_{svaření}$ = 6,66 bar, $T_{svaření}$ = 23,13 °C

Přepočet průtoku: $Q = \frac{Q_{svaření}}{3600} = \frac{19{,}46}{3600} = 0{,}005\ m^3/s$

Průměrný čas svařování trubek: $t = 49{,}87\ s$

Objem stlačeného vzduchu: $V_{svařování\ elementů} = Q \cdot t = 0{,}005 \cdot 49{,}87 = 0{,}249\ m^3$

**Obr. 46 Svařování trubek na hlavu**

**Obr. 47 Elementy**

### 3.1.6 Odstřižení návarků

Do pracoviště na odstřižení návarků (Obr. 48) se umisťují elementy. Zde se odstřihnou přebytečné návarky, které vznikly svařováním. Následně se elementy umisťují na dopravní pás, čímž je element transportován až do vnější brusky.

**Štítkové hodnoty**

Příkon odstřižení: $P = 6{,}55\ kW$

**Průměrné hodnoty času při odstřižení návarků na jeden článkový radiátor**

Průměrný čas odstřižení: $t = 43{,}52\ s = 0{,}0121\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{odstřižení} = P \cdot t = 6{,}55 \cdot 0{,}0121 = 0{,}079\ kWh$$

**Výpočet spotřeby (objemu) stlačeného vzduchu**

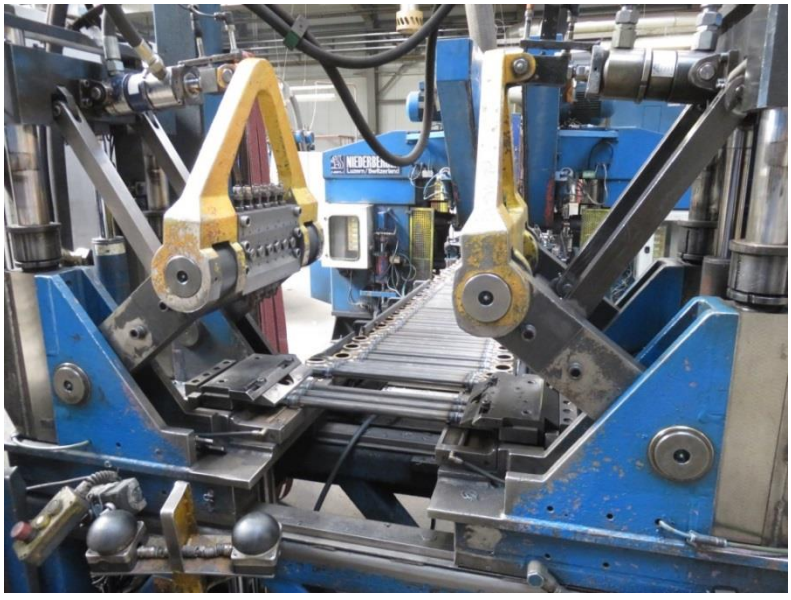
Naměřené průměrné hodnoty:

$Q_{odstřižení}$ = 43,18 m$^3$/h, $p_{odstřižení}$ = 5,64 bar, $T_{odstřižení}$ = 20,94 °C

Přepočet průtoku: $Q = \frac{Q_{odstřižení}}{3600} = \frac{43{,}18}{3600} = 0{,}012\ m^3/s$

Průměrný čas odstřižení: $t = 43{,}52\ s$

Objem stlačeného vzduchu: $V_{odstřižení} = Q \cdot t = 0{,}012 \cdot 43{,}52 = 0{,}522\ m^3$



**Obr. 48 Odstřižení návarků**

### 3.1.7 Vnější broušení

Element přijíždí po odstřižení návarků na dopravním pásu do brusky, kde probíhá vnější broušení (Obr. 49). Tato bruska obsahuje široké brusné pásy. Element přijede k brusce, kde je pomocí speciálního zařízení umístěn do určité polohy a následně je po obvodu obroušen.

**Štítkové hodnoty**

Příkon vnější brusky: $P = 5{,}67\ kW$

**Průměrné hodnoty času vnějšího broušení jednoho článkového radiátoru**

Průměrný čas vnějšího broušení: $t = 65{,}26\ s = 0{,}0181\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{vnější\ brouš.} = P \cdot t = 5{,}67 \cdot 0{,}0181 = 0{,}103\ kWh$$

**Výpočet spotřeby (objemu) stlačeného vzduchu**

Naměřené průměrné hodnoty:

$Q_{vnější\ brouš.}$ = 19,75 m$^3$/h, $p_{vnější\ brouš.}$ = 6,47 bar, $T_{vnější\ brouš.}$ = 23,62 °C

Přepočet průtoku: $Q = \frac{Q_{vnější\ brouš.}}{3600} = \frac{19{,}75}{3600} = 0{,}006\ m^3/s$

Průměrný čas broušení: $t = 65{,}26\ s$

Objem stlačeného vzduchu: $V_{vnější\ brouš.} = Q \cdot t = 0{,}006 \cdot 65{,}26 = 0{,}392\ m^3$

**Obr. 49 Vnější broušení**

### 3.1.8 Vnitřní broušení

Element přijíždí po vnějším broušení po dopravním pásu do brusky na vnitřní broušení (Obr. 50). Tato bruska obsahuje úzké brusné pásy. Element přijede do určené polohy, kde se upevní. Vnitřní bruska obrousí element respektive trubky mezi sebou.

**Štítkové hodnoty**

Příkon vnitřní brusky: $P = 3{,}27\ kW$

**Průměrné hodnoty času vnitřního broušení jednoho článkového radiátoru**

Průměrný čas vnitřního broušení: $t = 63{,}61\ s = 0{,}0177\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{vnitřní\ brouš.} = P \cdot t = 3{,}27 \cdot 0{,}0177 = 0{,}058\ kWh$$

**Výpočet spotřeby (objemu) stlačeného vzduchu**

Naměřené průměrné hodnoty:

$Q_{vnitřní\ brouš.}$ = 45,24 m$^3$/h, $p_{vnitřní\ brouš.}$ = 6,85 bar, $T_{vnitřní\ brouš.}$ = 21,77 °C

Přepočet průtoku: $Q = \frac{Q_{vnitřní\ brouš.}}{3600} = \frac{45{,}24}{3600} = 0{,}013\ m^3/s$

Průměrný čas broušení: $t = 63{,}61\ s$

Objem stlačeného vzduchu: $V_{vnitřní\ brouš.} = Q \cdot t = 0{,}013 \cdot 63{,}61 = 0{,}827\ m^3$

**Obr. 50 Vnitřní broušení**

### 3.1.9 Výpočet celkové elektrické energie a stlačeného vzduchu na TVE včetně cen energií

Výpočet celkové elektrické energie a stlačeného vzduchu je dán součtem energií na jednotlivých pracovištích TVE. Spotřeba energií na těchto pracovištích je znázorněna v Tab. 6. V tabulce je uvedená spotřeba energií, cena energií a konečná cena na celém úseku TVE. Ceny jednotlivých energií, tedy elektrické energie a stlačeného vzduchu jsou znázorněné v koláčovém grafu (Obr. 51). Z tohoto grafu je zřejmé, že největší spotřeba je elektrické energie, která tvoří více než tři čtvrtiny z celkové částky na TVE. Druhá největší spotřeba je stlačeného vzduchu, který tvoří téměř čtvrtinu spotřeby na TVE.

**Tab. 6. Spotřeba energií na jednotlivých pracovištích TVE**

| Pracoviště | Celkový čas pracoviště | Elektrická spotřeba | Objem stlačeného vzduchu |
|---|---|---|---|
| Lisování hlav | 237,569 s | 0,658 kWh | 0,244 $m^3$ |
| Svařování hlav | 640,152 s | 0,523 kWh | 0,318 $m^3$ |
| Broušení a dělení hlav | 465,768 s | 0,786 kWh | 1,067 $m^3$ |
| Dělení trubek | 138,348 s | 0,101 kWh | 0,692 $m^3$ |
| Svařování elementů | 99,740 s | 0,843 kWh | 0,249 $m^3$ |
| Odstřižení návarků | 975,816 s | 0,079 kWh | 0,522 $m^3$ |
| Vnější broušení | 181,146 s | 0,103 kWh | 0,392 $m^3$ |
| Vnitřní broušení | 837,672 s | 0,058 kWh | 0,827 $m^3$ |
| Celkem | 3576,211 s | 3,151 kWh | 4,311 $m^3$ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Cena | - | 6,71 Kč | 2,16 Kč |
| Celková cena | **8,87 Kč** | | |

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{TVE} = E_{lisování} + E_{svařování\ hlav} + E_{broušení,dělení} + E_{dělení\ trubek} + E_{svařování\ elementů} + E_{odstřižení} + E_{vnější\ brouš.} + E_{vnitřní\ brouš.}$$

$$E_{TVE} = 0{,}658 + 0{,}523 + 0{,}786 + 0{,}101 + 0{,}843 + 0{,}079 + 0{,}103 + 0{,}058 = 3{,}151\ kWh$$

Cena 1 kWh = 2,13 Kč

$$Cena\ E_{TVE} = 3{,}151 \cdot 2{,}13 = 6{,}71\ Kč$$

**Výpočet spotřeby stlačeného vzduchu**

$$V_{vzduch-TVE} = V_{lisování} + V_{svařování\ hlav} + V_{broušení,dělení} +$$

$$+ V_{dělení\ trubek} + V_{svařování\ elementů} + V_{odstřižení} + V_{vnější\ brouš.} + V_{vnitřní\ brouš.}$$

$$V_{vzduch-TVE} = 0{,}244 + 0{,}318 + 1{,}067 + 0{,}692 + 0{,}249 + 0{,}522 + 0{,}392 + 0{,}827$$

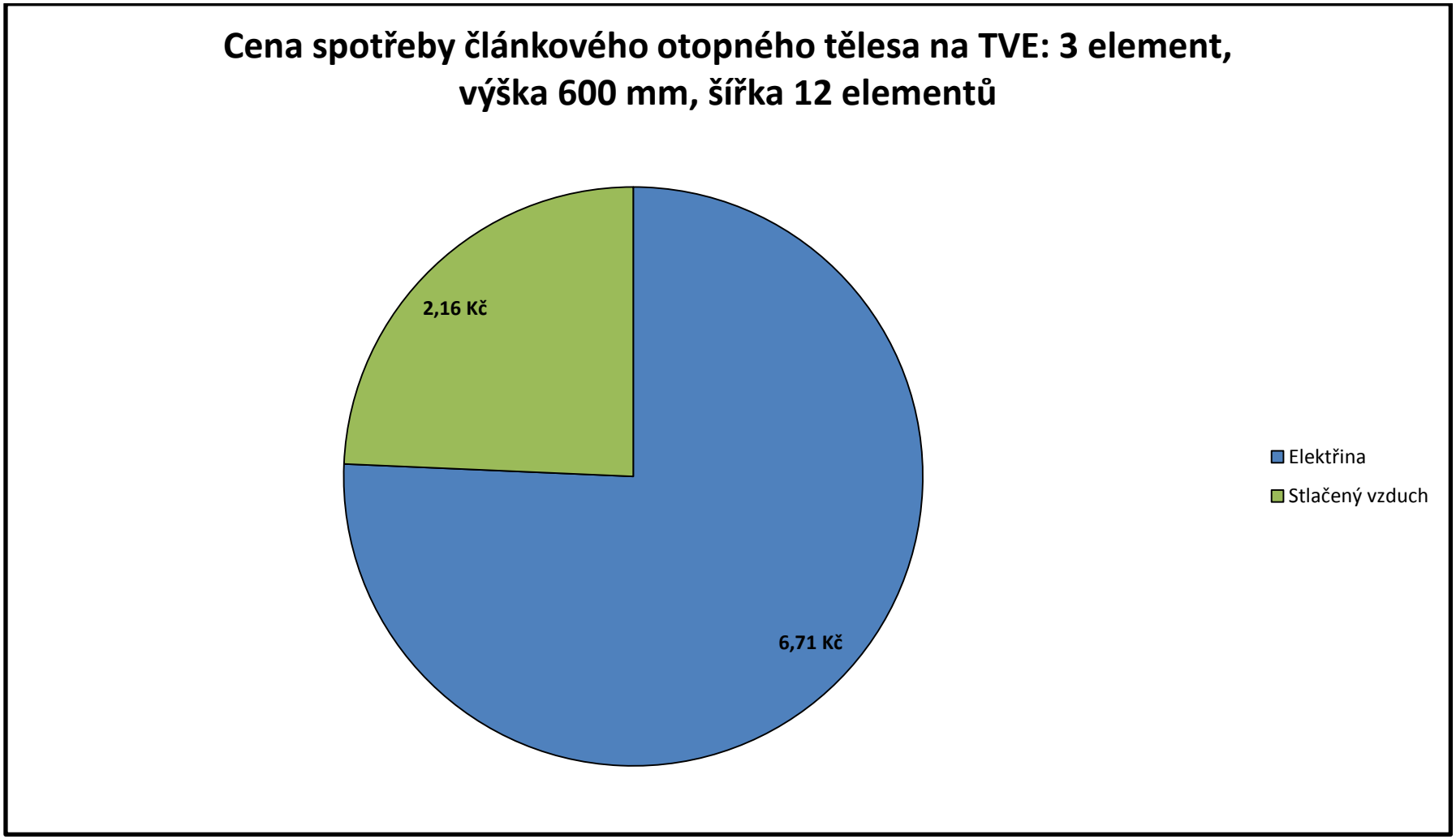
$$V_{vzduch-TVE} = 4{,}311\ m^3$$

Cena 1 $m^3$ = 0,50 Kč

$$Cena\ V_{vzduch-TVE} = 4{,}311 \cdot 0{,}50 = 2{,}16\ Kč$$

## Celková cena na TVE

$$Cena - TVE = Cena\ E_{TVE} + Cena\ V_{vzduch-TVE} = 6{,}71 + 2{,}16 = 8{,}87\ Kč$$




**Obr. 51 Cena spotřeby článkového radiátoru na TVE**

## 3.2 Analýza článkového radiátoru na TVB

Na úseku TVB probíhá výroba bloků a zde dochází k výrobě celého článkového radiátoru. Schéma výroby bloků (Obr. 52) ukazuje jednotlivé dílčí kroky po materiálovém toku, které se provádějí při výrobě článkových radiátorů. Pro výrobu celého článkového radiátoru na TVB jsou potřeba celkem 3 pracoviště.

**Obr. 52 Schéma výroby bloků TVB**

### 3.2.1 Štepování bloků

Jednotlivé elementy se vkládají do zařízení na štepování (Obr. 53). Tyto elementy jsou mezi sebou svařeny (naštepovány), jak na dolní straně, tak na horní straně. Tímto jsou vytvořeny bloky a tedy i celé otopné těleso.

**Štítkové hodnoty**

Příkon štepování: $P = 6{,}11\ kW$

**Průměrné hodnoty času při štepování jednoho článkového radiátoru**

Průměrný čas štepování: $t = 216{,}69\ s = 0{,}0602\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{štepování} = P \cdot t = 6{,}11 \cdot 0{,}0602 = 0{,}368\ kWh$$

**Výpočet spotřeby (objemu) stlačeného vzduchu**

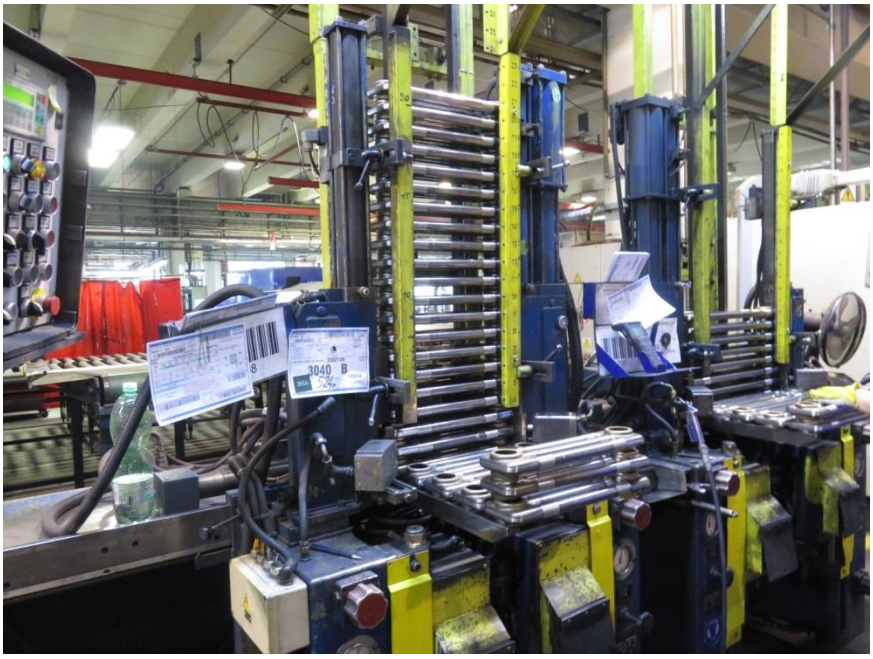
Naměřené průměrné hodnoty:

$Q_{štepování}$ = 14,77 m$^3$/h, $p_{štepování}$ = 6,43 bar, $T_{štepování}$ = 24,97 °C

Přepočet průtoku: $Q = \frac{Q_{štepování}}{3600} = \frac{14,77}{3600} = 0,004\ m^3/s$

Průměrný čas štepování: $t = 216,69\ s$

Objem stlačeného vzduchu: $V_{štepování} = Q \cdot t = 0,004 \cdot 216,69 = 0,868\ m^3$



**Obr. 53 Štepování bloků**

### 3.2.2 Zavíčkování

Vzniklé otopné těleso se musí zavíčkovat (Obr. 54). Nejdříve pracovník víčkuje jednu (pravou) stranu otopného tělesa a poté druhou (levou) stranu. Na každé straně se použijí 2 víčka. Celkem se využijí čtyři víčka pro jedno otopné těleso. Na tomto pracovišti se používá víčkovací pistole, která pracuje pouze se stlačeným vzduchem.

**Průměrné hodnoty času při zavíčkování jednoho článkového radiátoru:**

Průměrný čas zavíčkování: $t = 2,75\ s = 0,0008\ h$

**Výpočet spotřeby (objemu) stlačeného vzduchu**

Naměřené průměrné hodnoty:

$Q_{zavíčkování}$ = 26,71 m$^3$/h, $p_{zavíčkování}$ = 5,55 bar, $T_{zavíčkování}$ = 30,94 °C

Přepočet průtoku: $Q = \frac{Q_{zavíčkování}}{3600} = \frac{26,71}{3600} = 0,007\ m^3/s$

Průměrný čas zavíčkování: $t = 2,75\ s$

Objem stlačeného vzduchu: $V_{zavíčkování} = Q \cdot t = 0,007 \cdot 2,75 = 0,019\ m^3$

**Obr. 54 Zavíčkování**

### 3.2.3 Zkoušení ve vaně

Zavíčkované otopné těleso se ponoří do vany s vodou. Poté se napustí stlačeným vzduchem o tlaku 13 MPa po dobu 20 sekund, aby byla zajištěna těsnost otopného tělesa. Při správné těsnosti se otopné těleso vynoří z vany (Obr. 55) a poté je ještě ručně na několika místech obroušeno. Nakonec zkontrolovaný a obroušený článkový radiátor pokračuje na lakovnu respektive na automatické navěšování.

**Průměrné hodnoty času zkoušení ve vaně pro jeden článkový radiátor:**

Průměrný čas výnoru: $t_{výnor} = 6,68\ s$

Průměrný čas ponoru: $t_{ponor} = 3,55\ s$

Průměrný čas tlakování: $t_{tlakování} = 20\ s$

Průměrný čas broušení: $t_{broušení} = 19,14\ s$

Celkový součet časů: $t = t_{výnor} + t_{ponor} + t_{tlakování} + t_{broušení}$

$t = 6,68 + 3,55 + 20 + 19,14 = 49,37\ s$

**Výpočet spotřeby (objemu) stlačeného vzduchu**

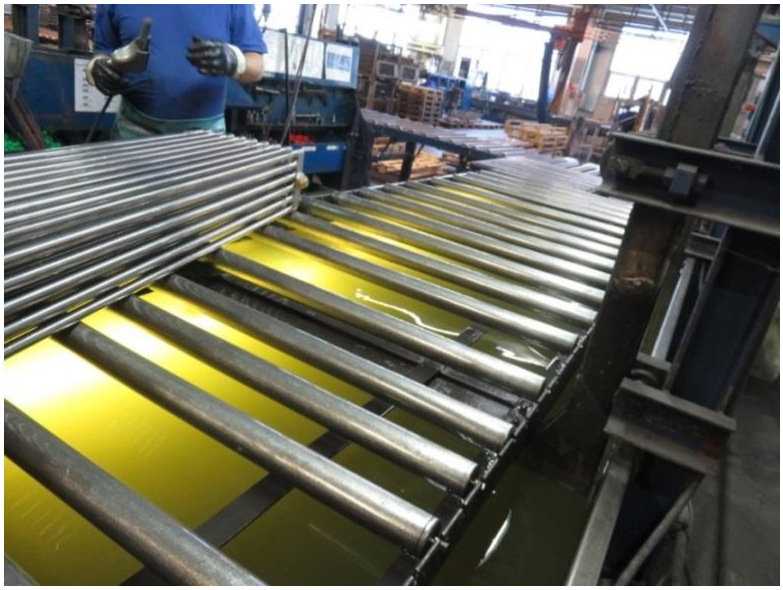
Naměřené průměrné hodnoty:

$Q_{vana}$ = 26,71 m$^3$/h, $p_{vana}$ = 6,34 bar, $T_{vana}$ = 22,04 °C

Přepočet průtoku: $Q = \frac{Q_{vana}}{3600} = \frac{26,71}{3600} = 0,007\ m^3/s$

Průměrný čas zkoušení: $t = 49,37\ s$

Objem stlačeného vzduchu: $V_{vana} = Q \cdot t = 0,007 \cdot 49,37 = 0,346\ m^3$



**Obr. 55 Zkoušení ve vaně**

### 3.2.4 Výpočet celkové elektrické energie a stlačeného vzduchu na TVB včetně cen energií

Výpočet celkové elektrické energie a stlačeného vzduchu je dán součtem energií na jednotlivých pracovištích TVB. Spotřeba energií na těchto pracovištích je znázorněna v Tab. 7. V tabulce je uvedená spotřeba energií, cena energií a konečná cena na celém úseku TVB. Ceny jednotlivých energií, tedy elektrické energie a stlačeného vzduchu jsou znázorněné v koláčovém grafu (Obr. 56). Z tohoto grafu je zřejmé, že největší spotřeba je elektrické energie, která tvoří více než polovinu z celkové částky na TVB. Druhá největší spotřeba je spotřeba stlačeného vzduchu, která tvoří o něco méně než polovinu spotřeby na TVB.

**Tab. 7. Spotřeba energií na jednotlivých pracovištích TVB**

| Pracoviště | Celkový čas pracoviště | Elektrická spotřeba | Objem stlačeného vzduchu |
|---|---|---|---|
| Štepování bloků | 279,840 s | 0,368 kWh | 0,868 $m^3$ |
| Zavíčkování | 2,748 s | - | 0,019 $m^3$ |
| Zkoušení ve vaně | 67,821 s | - | 0,346 $m^3$ |
| Celkem | 350,409 s | 0,368 kWh | 1,233 $m^3$ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Cena | - | 0,78 Kč | 0,62 Kč |
| Celková cena | **1,40 Kč** | | |

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{TVB} = E_{štepování}$$

$$E_{TVB} = 0{,}368\ kWh$$

Cena 1 kWh = 2,13 Kč

$$Cena\ E_{TVB} = 0{,}368 \cdot 2{,}13 = 0{,}78\ Kč$$

**Výpočet spotřeby stlačeného vzduchu**

$$V_{vzduch-TVB} = V_{štepování} + V_{zavíčkování} + V_{vana}$$

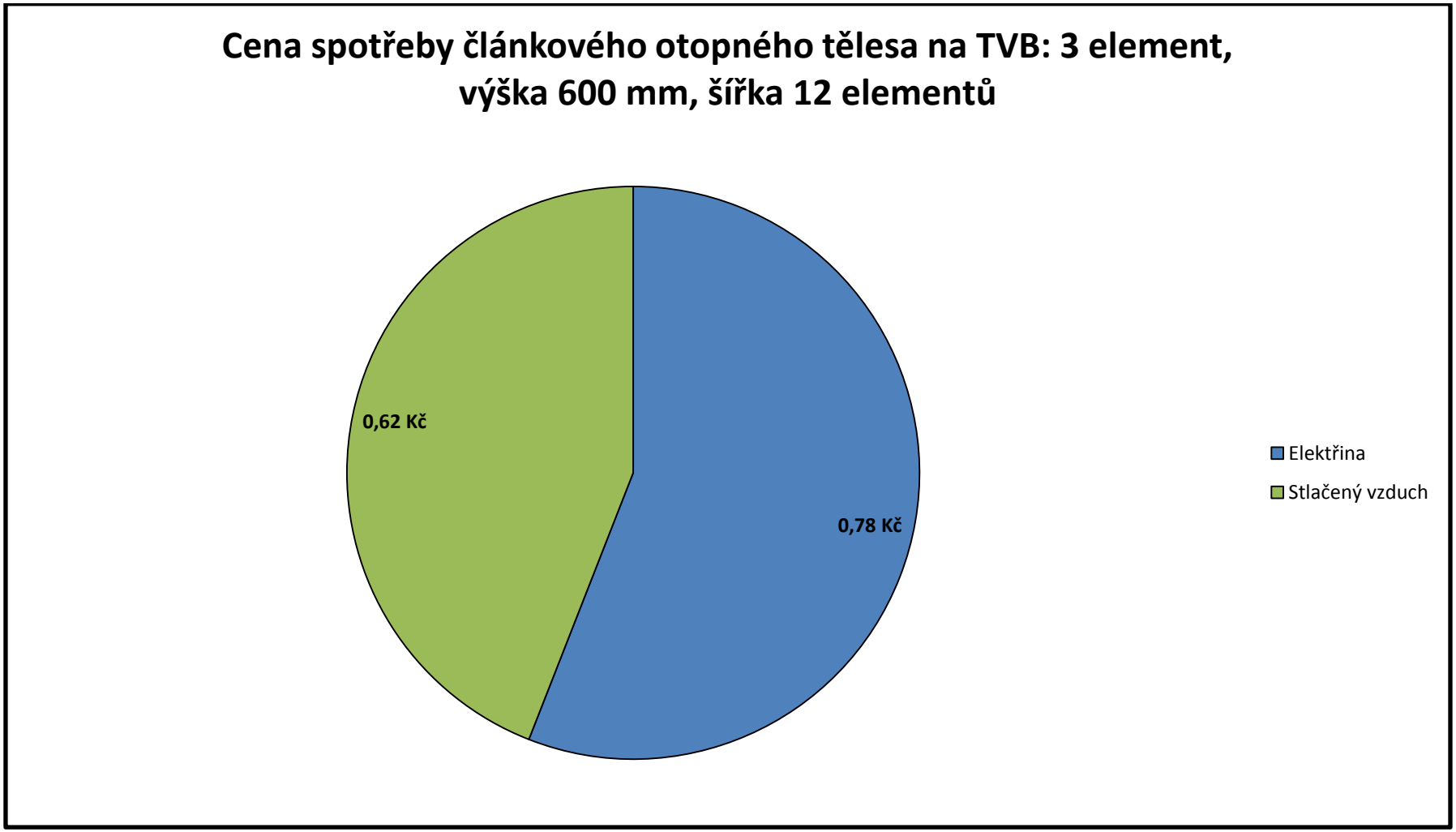
$$V_{vzduch-TVB} = 0{,}868 + 0{,}019 + 0{,}346 = 1{,}233\ m^3$$

Cena 1 $m^3$ = 0,50 Kč

$$Cena\ V_{vzduch-TVB} = 1{,}233 \cdot 0{,}50 = 0{,}62\ Kč$$

## Celková cena na TVB

$$Cena - TVB = Cena\ E_{TVB} + Cena\ V_{vzduch-TVB} = 0{,}78 + 0{,}62 = 1{,}40\ Kč$$




**Obr. 56 Cena spotřeby článkového radiátoru na TVB**

## 3.3 Analýza článkového radiátoru na TVL

Na úseku TVL probíhá mytí, odmaštění, oplach a lakování článkového radiátoru. Schéma lakování (Obr. 57) ukazuje jednotlivé dílčí kroky, které se provádějí na lakovně. Pro nalakování článkového radiátoru na TVL je potřeba celkem 11 pracovišť, tedy za normálních podmínek v případě správného nalakování.

**Obr. 57 Schéma lakovny TVL pro článkový radiátor**

### 3.3.1 Automatické navěšování

Na pracoviště u automatického navěšování (Obr. 58) se přiveze paleta s radiátory. Na navěšovací automat se umístí navěšovací háky, na které se posléze uchytí otopné těleso. V případě této analýzy se jedná o článkové otopné těleso. Automat vyzvedne otopné těleso a navěsí ho na traverzu. Po navěšení se traverza uvede do pohybu a po dopravním řetězu je přesouvána na další pracoviště. Průměrná hodnota navěšení článkových radiátorů na traverzu je 2,275. S touto hodnotou se počítá při výpočtech pro lakovnu, kde se daný vzorec vydělí, aby spotřebovaná energie byla na jeden radiátor.

**Štítkové hodnoty**

Příkon: $P = 7\ kW$

Počet radiátorů na traverze: $N_R$ = 2,275

**Průměrné hodnoty času při navěšení článkového otopného tělesa:**

Průměrný čas navěšení: $t_{navěšení} = 18{,}72\ s = 0{,}0052\ h$

Průměrný čas vysunutí: $t_{vysunutí} = 4{,}773\ s = 0{,}0013\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{navěšování} = \frac{P \cdot t_{navěšení}}{N_R} = \frac{7 \cdot 0{,}0052}{2{,}275} = 0{,}016\ kWh$$

**Výpočet spotřeby (objemu) stlačeného vzduchu**

Naměřené průměrné hodnoty:

$Q_v$ = 12,89 m$^3$/h, $p_v$ = 7,26 bar, $T_v$= 26,49 °C

Přepočet průtoku: $Q = \frac{Q_v}{3600} = \frac{12{,}89}{3600} = 0{,}004\ m^3/s$

Průměrný čas vysunutí: $t_{vysunutí} = 4{,}773\ s$

Objem stlačeného vzduchu: $V_{navěšování} = Q \cdot t_{vysunutí} = 0{,}004 \cdot 4{,}773 = 0{,}019\ m^3$

**Obr. 58 Automatické navěšování**

### 3.3.2 Myčka - odmaštění

Traverza s otopnými tělesy projíždí myčkou (Obr. 59). V myčce jsou otopná tělesa opláchnuta, aby byla očištěna od nečistot, a také dochází k odmaštění. Celý proces v myčce trvá okolo 15 minut. Do myčky se vejde maximálně 20 traverz. S těmito 20 traverzami se počítá ve výpočtu elektrické spotřeby.

**Štítkové hodnoty**

Celkový příkon: $P = 101{,}2\ kW$

Počet traverz v myčce: $N_T = 20$

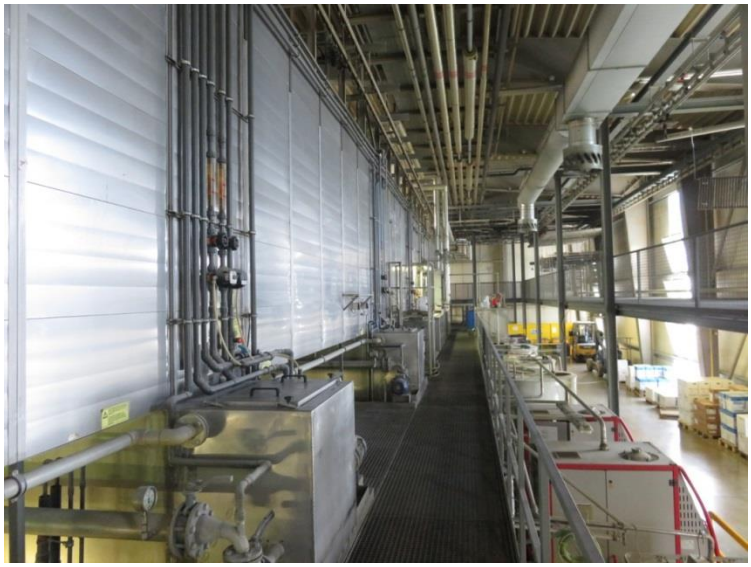
Počet radiátorů na traverze: $N_R = 2{,}275$

**Průměrné hodnoty času traverzy při mytí (odmaštění)**

Průměrný čas mytí (odmaštění): $t = 908{,}06\ s = 0{,}2522\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{mytí} = \frac{P \cdot t}{N_R \cdot N_T} = \frac{101{,}2 \cdot 0{,}2522}{2{,}275 \cdot 20} = 0{,}561\ kWh$$



**Obr. 59 Myčka - odmaštění**

### 3.3.3 ATL

Po umytí v myčce a odmaštění vstupují traverzy do ATL (Obr. 60). V ATL se traverzy s otopnými tělesy ponoří do základní (bílé) ATL barvy. Po dobu 2 minut jsou otopná tělesa ponořená, a poté se nechají krátce odkapat. Do ATL se vejdou maximálně 4 traverzy. S těmito 4 traverzami se počítá ve výpočtu elektrické spotřeby.

**Štítkové hodnoty**

Příkon ATL: $P_{ATL} = 61{,}53\ kW$

Příkon usměrňovače: $P_{usměrňovače} = 5{,}29\ kW$

Počet traverz v ATL: $N_T = 4$

Počet radiátorů na traverze: $N_R = 2{,}275$

**Průměrné hodnoty času traverzy na ATL**

Průměrný čas ponoření a vynoření: $t_{ponor,výnor} = 29{,}63\ s = 0{,}0082\ h$

Průměrný čas ponořených radiátorů v ATL: $t = 120{,}44\ s = 0{,}0335\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{ponoření,vynoření} = \frac{P_{ATL} \cdot t_{ponor,výnor}}{N_T} = \frac{61{,}53 \cdot 0{,}0082}{4} = 0{,}126\ kWh$$

$$E_{usměrňovače} = \frac{P_{usměrňovače} \cdot t}{N_T} = \frac{5{,}29 \cdot 0{,}0335}{4} = 0{,}044\ kWh$$

$$E_{ATL} = \frac{E_{ponoření,vynoření} + E_{usměrňovače}}{N_R} = \frac{0{,}126 + 0{,}044}{2{,}275} = 0{,}075\ kWh$$

**Obr. 60 ATL**

### 3.3.4 UF oplach

Po nanesení základní barvy v ATL vstupují otopná tělesa do UF oplachu (Obr. 61). V UF oplachu se používají různé směsi chemických látek jako například hydroxid sodný, amin, baktericid, butyl glykol, apod. V UF oplachu se smyje přebytečná barva z radiátorů. Do UF oplachu se vejde maximálně 8 traverz. S těmito 8 traverzami se počítá ve výpočtu elektrické spotřeby.

**Štítkové hodnoty**

Příkon UF oplachu: $P = 34{,}87\ kW$

Počet traverz v UF oplachu: $N_T = 8$

Počet radiátorů na traverze: $N_R = 2{,}275$

**Průměrné hodnoty času traverzy v UF oplachu**

Průměrný čas UF oplachu: $t = 341{,}68\ s = 0{,}0949\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{UF\ oplach} = \frac{P \cdot t}{N_R \cdot N_T} = \frac{34{,}87 \cdot 0{,}0949}{2{,}275 \cdot 8} = 0{,}182\ kWh$$

**Obr. 61 UF oplach**

### 3.3.5 Pec ATL

Po UF oplachu vstupují otopná tělesa do odkapávací zóny a následně vjíždějí do pece ATL (Obr. 62). V této peci je maximální teplota okolo 190 °C a radiátory projíždějí touto pecí přibližně 36 minut, aby základní barva měla dostatek času zaschnout. Do pece ATL se vejde 32 traverz. S těmito 32 traverzami se počítá ve výpočtu elektrické spotřeby a spotřeby zemního plynu.

**Štítkové hodnoty**

Příkon pece: $P = 34{,}95\ kW$

Průměrná spotřeba zemního plynu: $Q_{plyn} = 1053{,}070\ m^3/den$

Počet traverz v peci ATL: $N_T$ = 32

Počet radiátorů na traverze: $N_R$ = 2,275

**Průměrné hodnoty času traverzy v peci**

Průměrný čas pece: $t = 2200\ s = 0{,}6111\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{pece} = \frac{P \cdot t}{N_R \cdot N_T} = \frac{34{,}95 \cdot 0{,}6111}{2{,}275 \cdot 32} = 0{,}293\ kWh$$

**Výpočet spotřeby zemního plynu**

Průměrná spotřeba zemního plynu: $Q_{plyn} = \frac{Q_{plyn}}{t} = \frac{1053{,}070}{86\,400} = 0{,}0122\ m^3/s$

Spotřeba zemního plynu pece: $V_{Pece} = Q_{plyn} \cdot t = 0{,}0122 \cdot 2200 = 26{,}84\ m^3$

Spotřeba zemního plynu na radiátor: $V_{Plyn} = \frac{V_{Pece}}{N_R \cdot N_T} = \frac{26{,}84}{2{,}275 \cdot 32} = 0{,}369\ m^3$

**Obr. 62 Pec ATL**

### 3.3.6 Chladící zóna 1

Z pece ATL vyjíždějí otopná tělesa, která mají teplotu okolo 150 °C. Pro snížení takto vysoké teploty slouží chladící zóna (Obr. 63). Chladící zóna má ventilátory, díky kterým proudí velké množství vzduchu na radiátory, a tím jsou ochlazovány. V chladící zóně jsou za normálních podmínek radiátory chlazeny 15 až 20 minut. Do chladící zóny se vejde 23 traverz. S těmito 23 traverzami se počítá ve výpočtu elektrické spotřeby.

**Štítkové hodnoty**

Příkon chladící zóny: $P = 11\ kW$

Počet traverz v chladící zóně 1: $N_T$ = 23

Počet radiátorů na traverze: $N_R$ = 2,275

**Průměrné hodnoty traverzy v chladící zóně**

Průměrný čas chladící zóny: $t = 800\ s = 0{,}2222\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{chladící\ zóny\ 1} = \frac{P \cdot t}{N_R \cdot N_T} = \frac{11 \cdot 0{,}2222}{2{,}275 \cdot 23} = 0{,}047\ kWh$$

**Obr. 63 Chladící zóna 1**

### 3.3.7 KP1

KP1 (Obr. 64) je zkratka pro kontrolní pracoviště 1, kde se povolují plastové zátky na otopných tělesech. Otopné těleso, které přijede na KP1 se pouze ofukuje stlačeným vzduchem, aby se odstranily nečistoty. V případě nějakého poškození je na pracovišti bruska, která se použije pro srovnání (obroušení). Pro článkový radiátor se používá jednak ofuk stlačeným vzduchem ale také broušení, které pracuje na principu stlačeného vzduchu.

**Průměrné hodnoty času při ofuku a broušení jednoho článkového radiátoru na KP1:**

Průměrný čas ofuku: $t_{ofuk} = 8{,}379\ s$

Průměrný čas broušení: $t_{broušení} = 13{,}156\ s$

**Výpočet spotřeby (objemu) stlačeného vzduchu při ofuku**

Naměřené průměrné hodnoty:

$Q_{ofuk}$ = 16,70 m$^3$/h, $p_{ofuk}$ = 7,12 bar, $T_{ofuk}$ = 29,35 °C

Přepočet průtoku: $Q = \frac{Q_{ofuk}}{3600} = \frac{16{,}70}{3600} = 0{,}005\ m^3/s$

Průměrný čas ofuku: $t_{ofuk} = 8{,}379\ s$

Objem stlačeného vzduchu: $V_{ofuk} = Q \cdot t_{ofuk} = 0{,}005 \cdot 8{,}379 = 0{,}042\ m^3$

**Výpočet spotřeby (objemu) stlačeného vzduchu při broušení**

Naměřené průměrné hodnoty:

$Q_{broušení}$ = 26,71 m$^3$/h, $p_{broušení}$ = 5,55 bar, $T_{broušení}$ = 30,94 °C

Přepočet průtoku: $Q = \frac{Q_{broušení}}{3600} = \frac{26,71}{3600} = 0,0074\ m^3/s$

Průměrný čas broušení: $t_{broušení} = 13,156\ s$

Objem stlačeného vzduchu: $V_{broušení} = Q \cdot t_{broušení} = 0,0074 \cdot 13,156$

$V_{broušení} = 0,097\ m^3$

**Výpočet celkové spotřeby (objemu) stlačeného vzduchu na KP1**

$$V_{KP1} = V_{ofuk} + V_{broušení} = 0,042 + 0,097 = 0,139\ m^3$$

**Obr. 64 KP1**

### 3.3.8 Práškovací kabiny

V práškovacích kabinách (Obr. 65) se otopná tělesa práškují práškem. Barva prášku může být např. bílá, zelená, červená (rudá), hnědá, černá, apod. Nejvíce se, ovšem používá barva bílá. Barva prášku určuje, jakou barvu bude mít otopné těleso. Po na práškování, které v práškovacím zařízení trvá okolo 3 minut, se otopné těleso přesune před pec práškovací. Do práškovací kabiny se vejde pouze jedna traverza.

**Štítkové hodnoty**

Příkon práškovací kabiny: $P = 25\ kW$

Počet radiátorů na traverze: $N_R$ = 2,275

**Průměrné hodnoty času traverzy v práškovací kabině**

Průměrný čas práškovací kabiny: $t = 169{,}38\ s = 0{,}0471\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{práškovací\ kabina} = \frac{P \cdot t}{N_R} = \frac{25 \cdot 0{,}0471}{2{,}275} = 0{,}518\ kWh$$

**Obr. 65 Práškovací kabina**

### 3.3.9 Pec práškovací

Radiátory, které vyjely z práškovacích kabin, vjíždění do pece práškovací (Obr. 66). V této peci je maximální teplota okolo 190 °C a radiátory projíždějí touto pecí přibližně 32 minut, aby prášek měl dostatek času zaschnout. Do pece po práškovacích kabinách se vejde 32 traverz. S těmito 32 traverzami se počítá ve výpočtu elektrické spotřeby a spotřeby zemního plynu.

**Štítkové hodnoty**

Příkon pece: $P = 34{,}37\ kW$

Průměrná spotřeba zemního plynu: $Q_{plyn} = 856{,}372\ m^3/den$

Počet traverz v peci práškovací: $N_T = 32$

Počet radiátorů na traverze: $N_R = 2{,}275$

**Průměrné hodnoty času traverzy v peci**

Průměrný čas pece: $t = 1927\ s = 0{,}5353\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{pece} = \frac{P \cdot t}{N_R \cdot N_T} = \frac{34{,}37 \cdot 0{,}5353}{2{,}275 \cdot 32} = 0{,}253\ kWh$$

**Výpočet spotřeby zemního plynu**

Průměrná spotřeba zemního plynu: $Q_{plyn} = \frac{Q_{plyn}}{t} = \frac{856{,}37}{86\,400} = 0{,}0099\ m^3/s$

Spotřeba zemního plynu pece: $V_{Pece} = Q_{plyn} \cdot t = 0{,}0099 \cdot 1927 = 19{,}077\ m^3$

Spotřeba zemního plynu na radiátor: $V_{Plyn} = \frac{V_{Pece}}{N_R \cdot N_T} = \frac{19{,}077}{2{,}275 \cdot 32} = 0{,}262\ m^3$

**Obr. 66 Pec práškovací**

### 3.3.10 Chladící zóna 2

Z pece práškovací vyjíždějí otopná tělesa, která mají teplotu okolo 150 °C. Pro snížení takto vysoké teploty slouží chladící zóna (Obr. 67). Chladící zóna má ventilátory, díky kterým proudí velké množství vzduchu na radiátory, a tím jsou ochlazovány. V chladící zóně jsou za normálních podmínek radiátory chlazeny 15 až 20 minut. Do chladící zóny se vejde 20 traverz. S těmito 20 traverzami se počítá ve výpočtu elektrické spotřeby.

**Štítkové hodnoty**

Příkon chladící zóny: $P = 11\ kW$

Počet traverz v chladící zóně 2: $N_T$ = 20

Počet radiátorů na traverze: $N_R$ = 2,275

**Průměrné hodnoty času traverzy v chladící zóně**

Průměrný čas chladící zóny: $t = 700\ s = 0{,}1944\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{chladící\ zóny\ 2} = \frac{P \cdot t}{N_R \cdot N_T} = \frac{11 \cdot 0{,}1944}{2{,}275 \cdot 20} = 0{,}047\ kWh$$

**Obr. 67 Chladící zóna 2**

### 3.3.11 KP2

KP2 (Obr. 68) je zkratka pro kontrolní pracoviště 2, kde se opticky (okem) kontrolují otopná tělesa. Traverza s radiátory přijede na KP2, kde je výtah. Pomocí výtahu se sníží výška otopných těles, aby pracovník viděl na celé otopné těleso a mohl ho tak zkontrolovat. V případě nějaké závady se pošle traverza s radiátory na KP3 (Kontrolní pracoviště 3). Jsou-li radiátory v pořádku, pak pokračují na balení.

**Obr. 68 KP2**

### 3.3.12 Dopravní řetězy

Dopravní řetězy (Obr. 69) slouží k transportu otopných těles přes lakovnu a částečně i na balení. Dopravní řetězy začínají na navěšování, tedy na začátku lakovny a končí na svěšování, což je začátek balení. Na dopravních řetězech jsou připojeny traverzy, na které se poté navěšují otopná tělesa. Dopravních řetězů je celkem 6 a připojeno je celkem 18 motorů Tab. 8 a Tab. 9, které posouvají tyto řetězy a tedy i traverzy s navěšenými radiátory.

**Tab. 8. Štítkové hodnoty (příkony) dopravních motorů a naměřené časy jedné traverzy**

| Motory | Příkon [kW] | | Čas na jednu traverzu [s] | Čas na jednu traverzu [h] |
|---|---|---|---|---|
| 1A | 0,55 kW | | 160,82 s | 0,045 h |
| 1B | 2 x 1,10 kW | | 311,12 s | 0,086 h |
| 2 | 1,10 kW | | 310,79 s | 0,086 h |
| 3 | 0,55 kW | | 572,07 s | 0,159 h |
| 4 | 1,10 kW | | 142,56 s | 0,040 h |
| 5 | 2 x 1,10 kW | | 1858,62 s | 0,516 h |
| 6 | 1,50 kW | od KP1 | 66,32 s | 0,018 h |
| 6 | 1,50 kW | od KP2 | 238,12 s | 0,066 h |
| 7 | 1,10 kW | | 412,83 s | 0,115 h |
| 8 | 0,55 kW | | - | - |
| 9 | 0,55 kW | | 577,19 s | 0,160 h |
| 10 | 0,55 kW | | - | - |
| 11 | 1,10 kW | | 162,69 s | 0,045 h |
| 12 | 2 x 1,10 kW | | 2504,06 s | 0,696 h |
| 13a | 1,10 kW | | 384,96 s | 0,107 h |
| 13b | 1,10 kW | | 115,00 s | 0,032 h |

**Tab. 9. Popis transportních tras všech motorů:**

| Motory | Trasy motorů |
|---|---|
| Motor: 1A | Transport od navěšení k motoru 1B - stále ještě na navěšování |
| Motor: 1B | Transport přes tunel na lakovnu |
| Motor: 2 | Transport od začátku lakovny (po tunelu) před myčku |
| Motor: 3 | Transport Myčkou, ATL až po oplach UF |
| Motor: 4 | Transport po oplachu UF před pec ATL |
| Motor: 5 | Transport ATL pecí, Chladící zónou a KP1 |
| Motor: 6 | Transport: od KP1 před KP3 + od KP2 na balení |
| Motor: 7 | Transport: před KP3 k práškovacím kabinám |
| Motor: 8 | Transport do práškovacího stroje (B50) |
| Motor: 9 | Transport do práškovacího stroje (články) |
| Motor: 10 | Transport do práškovacího stroje - speciální barvy |
| Motor: 11 | Transport po práškování před práškovací pec |
| Motor: 12 | Transport práškovací pecí, chladící zónou a KP2 |
| Motor: 13a | Transport od začátku balení k svěšení (automat i ruční) |
| Motor: 13b | Transport od konce lakovny do začátku balení |

**Výpočet elektrické spotřeby všech motorů na jednu traverzu:**

Motor 1A: $E_{1A} = P \cdot t = 0{,}55 \cdot 0{,}045 = 0{,}025\ kWh$

Motor 1B: $E_{1\mathrm{B}} = 2 \cdot P \cdot t = 2 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}086 = 0{,}189\ kWh$

Motor 2: $E_2 = P \cdot t = 1{,}1 \cdot 0{,}086 = 0{,}095\ kWh$

Motor 3: $E_3 = P \cdot t = 0{,}55 \cdot 0{,}159 = 0{,}087\ kWh$

Motor 4: $E_4 = P \cdot t = 1{,}1 \cdot 0{,}040 = 0{,}044\ kWh$

Motor 5: $E_5 = 2 \cdot P \cdot t = 2 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}516 = 1{,}135\ kWh$

Motor 6 – trasa od KP1: $E_{6.1} = P \cdot t = 1{,}5 \cdot 0{,}018 = 0{,}027\ kWh$

Motor 6 – trasa od KP2: $E_{6.2} = P \cdot t = 1{,}5 \cdot 0{,}066 = 0{,}099\ kWh$

Motor 7: $E_7 = P \cdot t = 1{,}1 \cdot 0{,}115 = 0{,}127\ kWh$

Motor 8 – článkový radiátor nejezdí touto práškovací kabinou

Motor 9: $E_9 = P \cdot t = 0{,}55 \cdot 0{,}160 = 0{,}088\ kWh$

Motor 10 – článkový radiátor nejezdí touto práškovací kabinou

Motor 11: $E_{11} = P \cdot t = 1{,}1 \cdot 0{,}045 = 0{,}050\ kWh$

Motor 12: $E_{12} = 2 \cdot P \cdot t = 2 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}696 = 1{,}530\ kWh$

Motor 13A: $E_{13A} = P \cdot t = 1{,}1 \cdot 0{,}107 = 0{,}118\ kWh$

Motor 13B: $E_{13B} = P \cdot t = 1{,}1 \cdot 0{,}032 = 0{,}035\ kWh$

**Celková elektrická spotřeba motorů:**

$$E_{motorů-traverzy} = E_{1A} + E_{1\mathrm{B}} + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + E_{6.1} + E_{6.2} + E_7 + E_9 + E_{11} + \\ + E_{12} + E_{13A} + + E_{13B}$$

$$E_{motorů-traverzy} = 0{,}025 + 0{,}189 + 0{,}095 + 0{,}087 + 0{,}044 + 1{,}135 + 0{,}027 + 0{,}099 + \\ + 0{,}127 + 0{,}088 + 0{,}050 + 1{,}530 + 0{,}118 + 0{,}035 = 3{,}649\ kWh$$

**Elektrická spotřeba na jeden článkový radiátor:**

$$E_{dopravní\ řetězy} = \frac{E_{motorů-traverzy}}{N_R} = \frac{3{,}649}{2{,}275} = 1{,}604\ kWh$$

**Obr. 69 Dopravní řetězy**

### 3.3.13 Výpočet celkové elektrické energie, zemního plynu a stlačeného vzduchu na TVL včetně cen energií

Výpočet celkové elektrické energie, zemního plynu a stlačeného vzduchu je dán součtem energií na jednotlivých pracovištích TVL. Spotřeba energií na těchto pracovištích je znázorněna v Tab. 10. V tabulce je uvedená spotřeba energií, cena energií a konečná cena na celém úseku TVL. Ceny jednotlivých energií, tedy elektrické energie, zemního plynu a stlačeného vzduchu jsou znázorněné v koláčovém grafu (Obr. 70). Z tohoto grafu je zřejmé, že největší spotřeba je elektrické energie, která tvoří více než polovinu z celkové částky na TVL. Druhá největší spotřeba je spotřeba zemního plynu. Spotřeba stlačeného vzduchu je velice nízká, protože stlačený vzduch byl změřen pouze na KP1. Stlačený vzduch se používá i v myčce, ATL, UF oplachu a v práškovacích kabinách, ale technologicky nebylo možný tento vzduch změřit.

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{TVL} = E_{navěšování} + E_{mytí} + E_{ATL} + E_{UF\ oplach} + E_{pec\ ATL} + E_{chladící\ zóny\ 1} + E_{práškovací\ kabina} + E_{pec\ přáš.} + E_{chladící\ zóny\ 2} + E_{dopravní\ řetězy}$$

$$E_{TVL} = 0{,}016 + 0{,}561 + 0{,}075 + 0{,}182 + 0{,}293 + 0{,}047 + 0{,}518 + 0{,}253 + + 0{,}047 + 1{,}604$$

$$E_{TVL} = 3{,}596\ kWh$$

Cena 1 kWh = 2,13 Kč

$$Cena\ E_{TVL} = 3{,}596 \cdot 2{,}13 = 7{,}66\ Kč$$

**Výpočet spotřeby zemního plynu**

$$V_{plyn-TVL} = V_{pec\ ATL} + V_{pec\ práškovací} = 0{,}369 + 0{,}262 = 0{,}631\ m^3$$

$$E_{plyn-TVL} = V_{plyn-TVL} \cdot 10{,}5 = 0{,}631 \cdot 10{,}5 = 6{,}63\ kWh$$

Cena 1 kWh = 0,61 Kč

$$Cena\ E_{plyn-TVL} = 6{,}63 \cdot 0{,}61 = 4{,}04\ K\check{c}$$

**Výpočet spotřeby stlačeného vzduchu**

$$V_{vzduch-TVL} = V_{KP1} + V_{navěšování} = 0{,}019 + 0{,}139 = 0{,}158\ m^3$$

Cena 1 $m^3$ = 0,50 Kč

$$Cena\ V_{vzduch-TVL} = 0{,}158 \cdot 0{,}50 = 0{,}079\ K\check{c}$$

## Celková cena na TVL

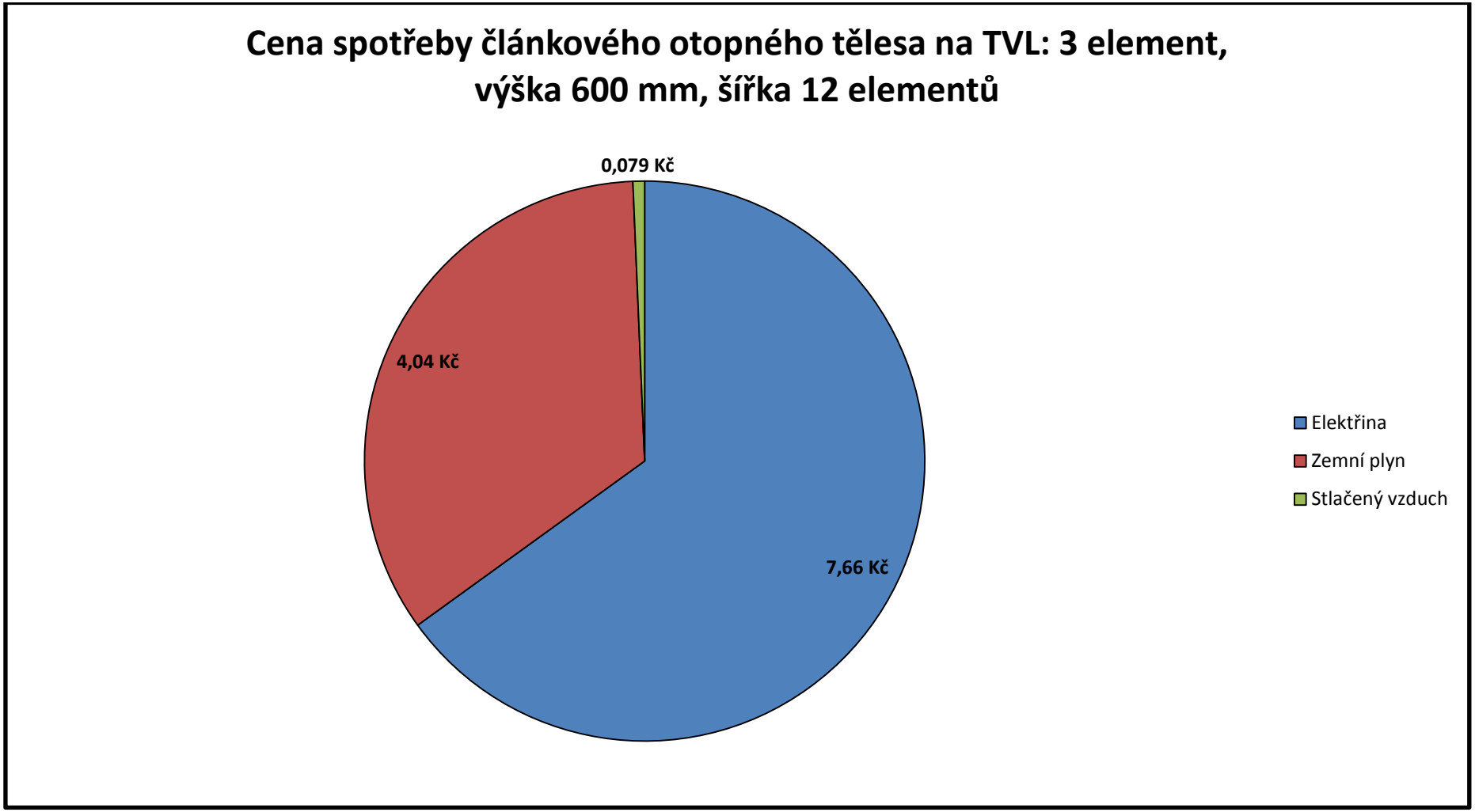
$$Cena - TVL = Cena\ E_{TVL} + Cena\ E_{plyn-TVL} + Cena\ V_{vzduch-TVL}$$

$$Cena - TVL = 7{,}66 + 4{,}04 + 0{,}079 = 11{,}78\ K\check{c}$$

**Tab. 10. Spotřeba energií na jednotlivých pracovištích TVL**

| Pracoviště | Celkový čas pracoviště | Elektrická spotřeba | Objem zemního plynu | Spotřeba zemního plynu | Objem stlačeného vzduchu |
|---|---|---|---|---|---|
| Automatické navěšování | 18,72 s | 0,016 kWh | - | - | 0,019 $m^3$ |
| Myčka - odmaštění | 908,06 s | 0,561 kWh | - | - | - |
| ATL | 150,07 s | 0,075 kWh | - | - | - |
| Oplach UF | 341,68 s | 0,182 kWh | - | - | - |
| Pec ATL | 2200,00 s | 0,293 kWh | 0,369 $m^3$ | 3,875 kWh | - |
| Chladící zóna 1 | 800,00 s | 0,047 kWh | - | - | - |
| KP1 | 93,43 s | - | - | - | 0,139 $m^3$ |
| Práškovací kabiny | 169,38 s | 0,518 kWh | - | - | - |
| Pec práškovací | 1927,00 s | 0,253 kWh | 0,262 $m^3$ | 2,751 kWh | - |
| Chladící zóna 2 | 700,00 s | 0,047 kWh | - | - | - |
| KP2 | 95,37 s | - | - | - | - |
| Dopravníky - řetězy | 7817,15 s | 1,604 kWh | - | - | - |
| Celkem | 15220,86 s | 3,596 kWh | 0,63 $m^3$ | 6,63 kWh | 0,158 $m^3$ |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Cena | - | 7,66 Kč | - | 4,04 Kč | 0,079 Kč |
| Celková cena | **11,78 Kč** | | | | |




**Obr. 70 Cena spotřeby článkového radiátoru na TVL**

## 3.4 Analýza článkového radiátoru na TVV

Na úseku TVV probíhá fóliování a výsledné zabalení článkového radiátoru. Schéma balení (Obr. 71) ukazuje jednotlivé dílčí kroky, které se provádějí na balení. Pro zabalení článkového radiátoru na TVV je potřeba celkem 5 pracovišť + dopravní pásy, kterých je celkem 16.

**Obr. 71 Schéma balení TVV**

### 3.4.1 Automatické svěšování

Traverza s radiátory přijede do požadované polohy. Svěšovací automat (Obr. 72) se zvedne a z traverzy svěsí otopná tělesa i s navěšovacími háky. Pracovník poté odstraní navěšovací háky a otopná tělesa se posílají na další pracoviště pomocí dopravního pásu. Automaticky svěšená otopná tělesa se přesouvají na tzv. velkou linku, která se skládá z více dopravníků než malá linka.

**Štítkové hodnoty**

Celkový příkon: $P = 7\ kW$

Počet radiátorů na traverze: $N_R$ = 2,275

**Průměrný čas automatického svěšení jedné traverzy**

Průměrný čas svěšení: $t_{svěš.} = 18{,}72\ s = 0{,}0052\ h$

Průměrný čas vysunutí a zasunutí: $t_{vys.} = 4{,}77\ s = 0{,}0013\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{sv\check{e}\check{s}en\acute{i}} = \frac{P \cdot t_{sv\check{e}\check{s}.}}{N_R} = \frac{7 \cdot 0{,}0052}{2{,}275} = 0{,}016\ kWh$$

**Výpočet spotřeby (objemu) stlačeného vzduchu:**

Naměřené průměrné hodnoty:

$Q_{aut.sv\check{e}\check{s}en\acute{i}}$ = 12,89 m$^3$/h, $p_{aut.sv\check{e}\check{s}en\acute{i}}$ = 7,26 bar, $T_{aut.sv\check{e}\check{s}en\acute{i}}$ = 26,49 °C

Přepočet průtoku: $Q = \frac{Q_{aut.sv\check{e}\check{s}en\acute{i}}}{3600} = \frac{12{,}89}{3600} = 0{,}004\ m^3/s$

Průměrný čas vysunutí a zasunutí: $t_{vys.} = 4{,}77\ s$

Objem stlačeného vzduchu: $V_{sv\check{e}\check{s}en\acute{i}} = Q \cdot t_{vys.} = 0{,}004 \cdot 4{,}77 = 0{,}019\ m^3$

**Obr. 72 Automatické svěšování – velká linka**

### 3.4.2 Točna – velká linka

Do točny (Obr. 73) přijede otopné těleso po dopravních pásech. Zde se otopné těleso otočí, aby mohlo pokračovat na další pracoviště.

**Štítkové hodnoty**

Celkový příkon: $P = 4\ kW$

**Průměrný čas točny na jeden článkový radiátor**

Průměrný čas točny: $t = 8{,}24\ s = 0{,}0023\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{Točna} = P \cdot t = 4 \cdot 0{,}0023 = \ 0{,}009\ kWh$$

**Obr. 73 Točna – velká linka**

### 3.4.3 Centrování – velká linka

Otočené otopné těleso se musí tzv. vycentrovat (Obr. 74), aby bylo přesně ve středu dopravních pásů. Jsou zde dvě kovová tělesa, která se k sobě stlačují stlačeným vzduchem. Těmito kovovými tělesy se radiátor vycentruje na střed.

**Štítkové hodnoty**

Celkový příkon: $P = 1{,}5\ kW$

**Průměrný čas centrování na jeden článkový radiátor**

Průměrný čas pásu: $t_{pásu} = \ 8{,}51\ s = 0{,}0024\ h$

Průměrný čas centrování: $t_{cent.} = 5{,}58\ s = 0{,}0016\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{Centrování} = P \cdot t_{pásu} = 1{,}5 \cdot 0{,}0024 = \ 0{,}004\ kWh$$

**Výpočet spotřeby (objemu) stlačeného vzduchu:**

Naměřené průměrné hodnoty:

$Q_{centrování}$ = 12,01 m$^3$/h, $p_{centrování}$ = 2,85 bar, $T_{centrování}$ = 23,92 °C

Přepočet průtoku: $Q = \frac{Q_{centrování}}{3600} = \frac{12{,}01}{3600} = 0{,}003\ m^3/s$

Průměrný čas centrování: $t_{cent.} = 5{,}58\ s$

Objem stlačeného vzduchu: $V_{Centrování} = Q \cdot t_{cent.} = 0{,}003 \cdot 5{,}58 = 0{,}017\ m^3$

**Obr. 74 Centrování – velká linka**

### 3.4.4 Fóliovačka – velká linka

Otopné těleso vstupuje po dopravním pásu do fóliovacího zařízení, tzv. fóliovačky (Obr. 75). Zde se celý radiátor obalí fólií a následně je dopravními pásy dopraven před pec.

**Štítkové hodnoty**

Celkový příkon: $P = 9{,}5\ kW$

**Průměrné hodnoty času při fóliování jednoho článkového radiátoru**

Průměrný čas fóliování: $t = 14{,}81\ s = 0{,}0041\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{fóliování} = P \cdot t = 9{,}5 \cdot 0{,}0041 = 0{,}039\ kWh$$

**Výpočet spotřeby (objemu) stlačeného vzduchu**

Naměřené průměrné hodnoty:

$Q_{fóliování}$ = 3,80 m$^3$/h, $p_{fóliování}$ = 7,29 bar, $T_{fóliování}$ = 25,06 °C

Přepočet průtoku: $Q = \frac{Q_{fóliování}}{3600} = \frac{3{,}80}{3600} = 0{,}001\ m^3/s$

Průměrný čas fóliování: $t = 14{,}81\ s$

Objem stlačeného vzduchu: $V_{fóliování} = Q \cdot t = 0{,}001 \cdot 14{,}81 = 0{,}015\ m^3$

**Obr. 75 Fóliovačka – velká linka**

### 3.4.5 Pec – velká linka

Otopné těleso, které je obaleno fólií, vstupuje do pece (Obr. 76). V peci je otopné těleso okolo 21 sekund, aby se fólie správně zatavila a byla těsná.

**Naměřené, vypočítané a štítkové hodnoty**

Celkový příkon: $P = 20\ kW$

Průměrná spotřeba zemního plynu: $Q_{plyn} = 98{,}11\ m^3/den$

**Průměrné hodnoty času pece pro jeden článkový radiátor**

Průměrný čas pece: $t = \ 20{,}85\ s = 0{,}0058\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{pec} = P \cdot t = 20 \cdot 0{,}0058 = \ 0{,}116\ kWh$$

**Výpočet spotřeby zemního plynu**

Průměrná spotřeba zemního plynu: $Q_{plyn} = \frac{Q_{plyn}}{t} = \frac{98{,}11}{86\,400} = \ 0{,}0011\ m^3/s$

Spotřeba zemního plynu na článkový radiátor:

$$V_{Pec} = Q_{plyn} \cdot t = 0{,}0011 \cdot 20{,}85 = \ 0{,}023\ m^3$$

**Obr. 76 Pec na balení – velká linka**

### 3.4.6 Dopravní pásy

Článkové otopné těleso je po celém úseku balení transportované pomocí dopravních pásů (Obr. 77). Každý dopravní pás je posouván elektromotorem o příkonu 1,5 kW. Počet dopravních pásů na této velké lince je celkem 15.

**Štítkové hodnoty**

Příkon jednoho dopravního pásu: $P = 1{,}5\ kW$

**Průměrný čas všech dopravních pásů na jeden článkový radiátor**

Průměrný čas všech dopravních pásů: $t = 225{,}51\ s = 0{,}0626\ h$

**Výpočet elektrické spotřeby**

$$E_{Dopravníky} = P \cdot t = 1{,}5 \cdot 0{,}0626 = 0{,}094\ kWh$$

**Obr. 77 Dopravní pásy – velká linka**

### 3.4.7 Výpočet celkové elektrické energie, stlačeného vzduchu a zemního plynu na TVV včetně cen energií

Výpočet celkové elektrické energie, zemního plynu a stlačeného vzduchu je dán součtem energií na jednotlivých pracovištích TVV. Spotřeba energií na těchto pracovištích je znázorněna v Tab. 11. V tabulce je uvedená spotřeba energií, cena energií a konečná cena na celém úseku TVV. Ceny jednotlivých energií, tedy elektrické energie, zemního plynu a stlačeného vzduchu jsou znázorněné v koláčovém grafu (Obr. 78). Z tohoto grafu je zřejmé, že největší spotřeba je elektrické energie, která tvoří více než tři čtvrtiny z celkové částky na TVV. Druhá největší spotřeba je spotřeba zemního plynu. Poslední je spotřeba stlačeného vzduchu, která je relativně nízká.

**Výpočet elektrické spotřeby:**

$$E_{TVV} = E_{svěšení} + E_{Točna} + E_{Centrování} + E_{fóliování} + E_{pec} + E_{Dopravníky}$$

$$E_{TVV} = 0{,}016 + 0{,}009 + 0{,}004 + 0{,}039 + 0{,}116 + 0{,}094 =$$

$$E_{TVV} = 0{,}278\ kWh$$

Cena 1 kWh = 2,13 Kč

$$Cena\ E_{TVV} = 0{,}278\ \cdot 2{,}13 = 0{,}59\ Kč$$

**Výpočet spotřeby zemního plynu:**

$$V_{plyn-TVV} = V_{pec} = 0{,}023\ m^3$$

$$E_{plyn-TVV} = V_{plyn-TVV} \cdot 10{,}5 = 0{,}023\ \cdot 10{,}5 = 0{,}242\ kWh$$

Cena 1 kWh = 0,61 Kč

$$Cena\ E_{plyn-TVV} = 0{,}242\ \cdot 0{,}61 = 0{,}15\ Kč$$

**Výpočet spotřeby stlačeného vzduchu:**

$$V_{vzduch-TVV} = V_{svěšení} + V_{Centrování} + V_{fóliování} = 0{,}019 + 0{,}017 + 0{,}015 = 0{,}051\ m^3$$

Cena 1 $m^3$ = 0,50 Kč

$$Cena\ V_{vzduch-TVV} = 0{,}051 \cdot 0{,}50 = 0{,}026\ Kč$$

## Celková cena na TVV:

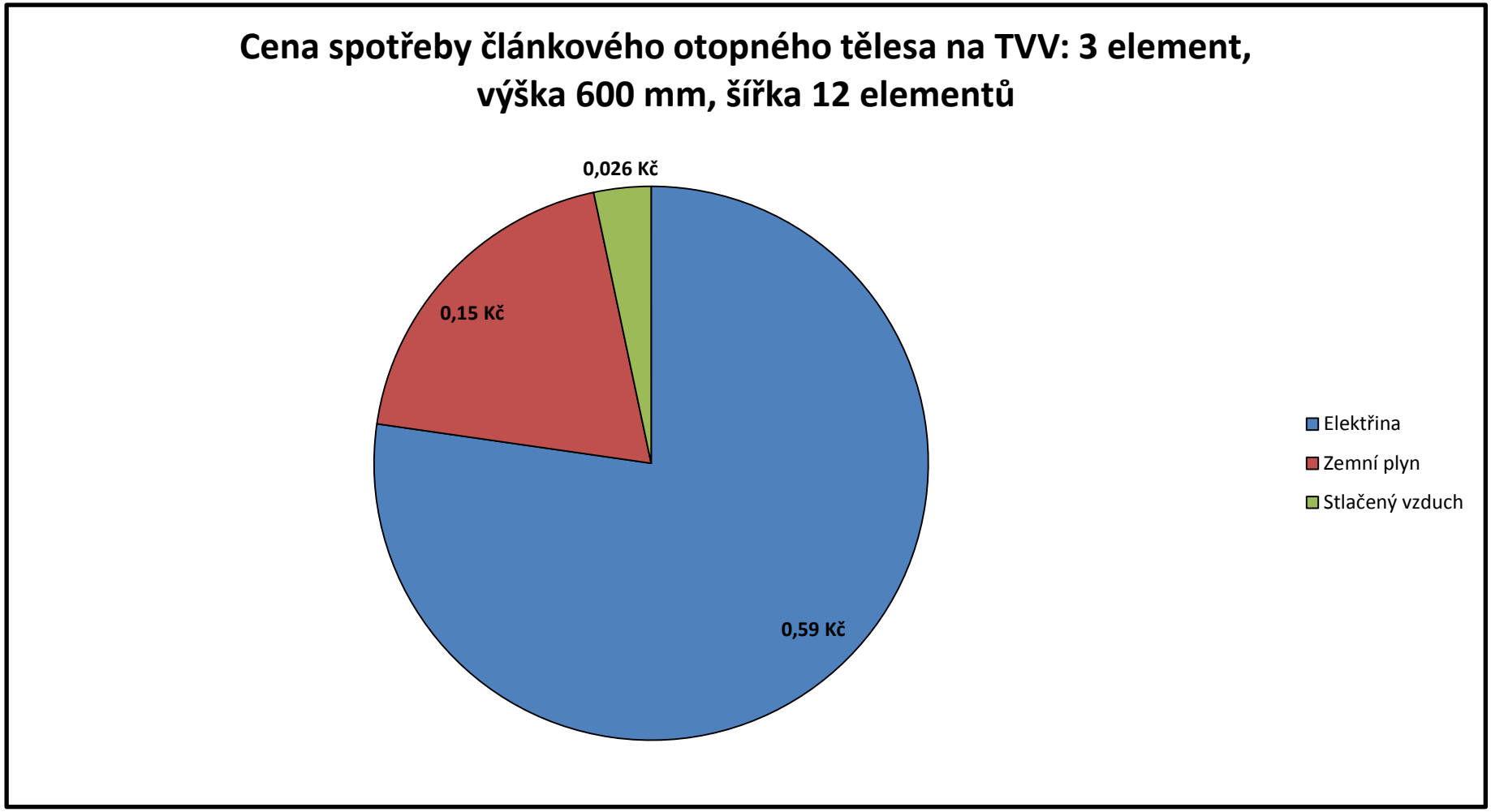
$$Cena - TVV = Cena\ E_{TVV}\ + Cena\ E_{plyn-TVV} + Cena\ V_{vzduch-TVV}$$

$$Cena - TVV = 0{,}59 + 0{,}15 + 0{,}026 = 0{,}77\ Kč$$

**Tab. 11. Spotřeba energií na jednotlivých pracovištích TVV**

| Pracoviště | Celkový čas pracoviště | Elektrická spotřeba | Objem zemního plynu | Spotřeba zemního plynu | Objem stlačeného vzduchu |
|---|---|---|---|---|---|
| Automatické svěšování | 18,72 s | 0,016 kWh | - | - | 0,019 $m^3$ |
| Točna | 8,24 s | 0,009 kWh | - | - | - |
| Centrování | 5,58 s | 0,004 kWh | - | - | 0,017 $m^3$ |
| Fóliovačka | 14,81 s | 0,039 kWh | - | - | 0,015 $m^3$ |
| Pec na balení | 20,85 s | 0,116 kWh | 0,023 $m^3$ | 0,242 kWh | - |
| Dopravníky | 225,51 s | 0,094 kWh | - | - | - |
| Celkem | 68,20 s | 0,278 kWh | 0,023 $m^3$ | 0,242 kWh | 0,051 $m^3$ |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Cena | - | 0,59 Kč | - | 0,15 Kč | 0,026 Kč |
| Celková cena | **0,77 Kč** | | | | |




**Obr. 78 Cena spotřeby článkového radiátoru na TVV**

## 3.5 Celkové výsledky analýzy článkového radiátoru

Celková cena článkového radiátoru je dána součtem cen na jednotlivých úsecích, tedy cen na TVE, TVB, TVL a TVV. Ceny na jednotlivých úsecích TVE, TVB, TVL a TVV jsou znázorněné v koláčovém grafu (Obr. 79). Z tohoto grafu je zřejmé, že největší spotřeba je na úseku TVL, která tvoří více než dvě poloviny z celkové částky 22,82 Kč. Druhá největší spotřeba je spotřeba na úseku TVE a nejmenší spotřeby jsou na úsecích TVB a TVV.

### Celková cena energie pro článkový radiátor:

$$Celková\ cena\ = Cena - TVE\ + Cena - TVB + \ Cena - TVL + Cena - TVV$$

$$Celková\ cena = 8{,}87 + 1{,}40 + 11{,}78\ + 0{,}77 = 22{,}82\ Kč$$

Celkové ceny všech energií jsou znázorněné v koláčovém grafu (Obr. 80). Největší spotřeba je spotřeba elektrické energie, která tvoří více než dvě třetiny z celkové částky 22,82 Kč, a to 15,74 Kč. Druhá největší spotřeba je spotřeba zemního plynu, jejíž cena činí 4,19 Kč. Spotřeba stlačeného vzduchu je 2,89 Kč. Tyto ceny jsou dány součtem cen na jednotlivých úsecích.

### Celkové ceny všech energií pro článkový radiátor:

**Celková cena elektrické energie:**

$$Celková\ cena\ E = \ Cena\ E_{TVE} + Cena\ E_{TVB} + \ Cena\ E_{TVL} + Cena\ E_{TVV}$$

$$Celková\ cena\ E\ = \ 6{,}71 + 0{,}78 + 7{,}66\ + 0{,}59 = 15{,}74\ Kč$$

**Celková cena zemního plynu:**

$$Celková\ cena\ zemního\ plynu\ = Cena\ E_{plyn-TVL} + Cena\ E_{plyn-TVV}$$

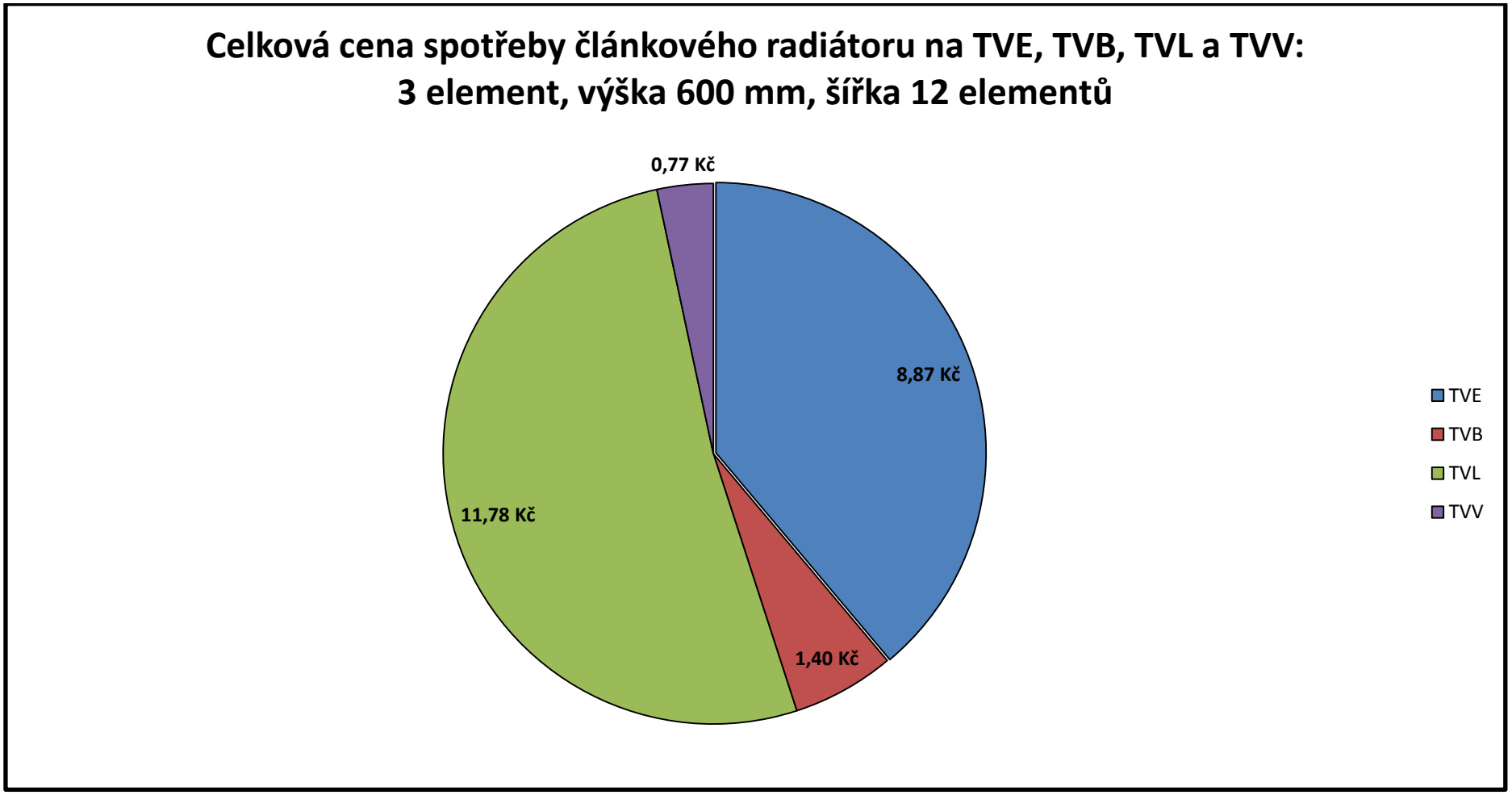
$$Celková\ cena\ zemního\ plynu\ = \ 4{,}04\ + 0{,}15 = 4{,}19\ Kč$$

**Celková cena stlačeného vzduchu:**

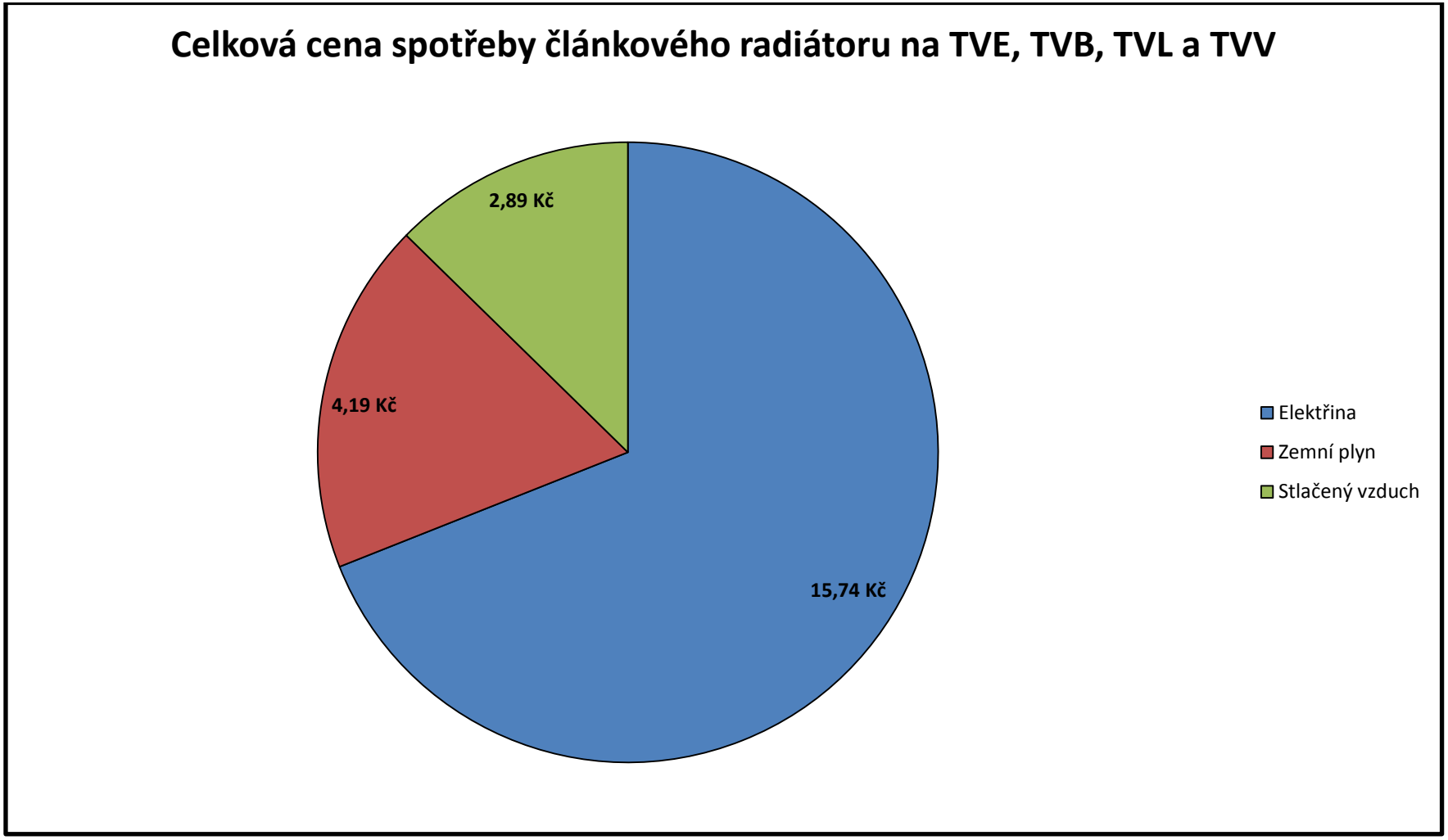
$$Celová\ cena\ stl.vzduchu = \ Cena\ V_{vzduch-TVE} + Cena\ V_{vzduch-TVB} +$$

$$+Cena\ V_{vzduch-TVL} + Cena\ V_{vzduch-TVV}$$

$$Celová\ cena\ stlačeného\ vzduchu = 2{,}16 + 0{,}62 + 0{,}079\ + 0{,}026 = 2{,}89\ Kč$$




**Obr. 79 Celková cena spotřeby otopného tělesa na úsecích TVE, TVB, TVL a TVV**




**Obr. 80 Celková cena spotřeby všech energií**

# 4 Produkce $CO_2$ v Kermi s.r.o.

V současné době je produkce $CO_2$ velkým tématem a klade se velký důraz na jeho snižování, protože dochází k výskytu skleníkového efektu, který způsobuje oteplování Země. Na vzniku skleníkového efektu se podílejí skleníkové plyny, což je vodní pára, metan, oxid dusný, freony, ale také oxid uhličitý. Oxid uhličitý vzniká například při kompostování, erupci, dýchání živočichů i lidí, ale také zejména při spalování. Ke spalování dochází například při výrobě elektrické energie, v průmyslu, ale také v automobilech, na který je v současné době kladen velký důraz pro snižování emisí. Firma Kermi produkuje oxid uhličitý vlivem elektrické energie a zemního plynu. Nejnižší měsíční produkce $CO_2$ na radiátor od roku 2010 do roku 2015 je 30,08 kg. Naopak nejvyšší měsíční produkce $CO_2$ na radiátor od roku 2010 do roku 2015 je 51,07 kg. Průměrná nejnižší roční produkce $CO_2$ na radiátor je 35,08 kg a naopak nejvyšší roční produkce $CO_2$ na radiátor je 39,00 kg. Tabulky s hodnotami elektrické spotřeby, spotřeby zemního plynu a vypočtené hodnoty $CO_2$ pro jednotlivé měsíce a roky jsou uvedené v příloze (Příloha A). Při přepočtech se počítalo s emisními faktory, které jsou uvedeny v tabulce Tab. 12, kde emisní faktor pro elektřinu je 1,17 kg $CO_2$/kWh a emisní faktor pro zemní plyn je 0,20 kg $CO_2$/kWh. [1], [2], [3]

**Tab. 12. Emisní faktory**

| Emisní faktory použité při přepočtech na $CO_2$ | |
|---|---|
| **Druh paliva** | **Emisní faktor (kg $CO_2$/kWh)** |
| Elektřina | 1,17 kg $CO_2$/kWh |
| Zemní plyn | 0,20 kg $CO_2$/kWh |

**Příklad výpočtu $CO_2$: 1. leden 2010**

Vstupní hodnoty: Elektřina: 27,83 kWh/kus

Zemní plyn: 69,82 kWh/kus

$$CO_2\ z\ el.energie = Elektřina \cdot Emisní\ faktor = 27{,}83 \cdot 1{,}17 = 32{,}56\ kg$$

$$CO_2\ ze\ zemního\ plynu = Zemní\ plyn \cdot Emisní\ faktor = 69{,}82 \cdot 0{,}20 = 13{,}96\ kg$$

$$Celkem\ CO_2 = CO_2\ z\ el.energie + CO_2\ ze\ zemního\ plynu = 32{,}56 + 13{,}96 = 46{,}52\ kg$$

# 5 Návrhy pro snížení energetické náročnosti

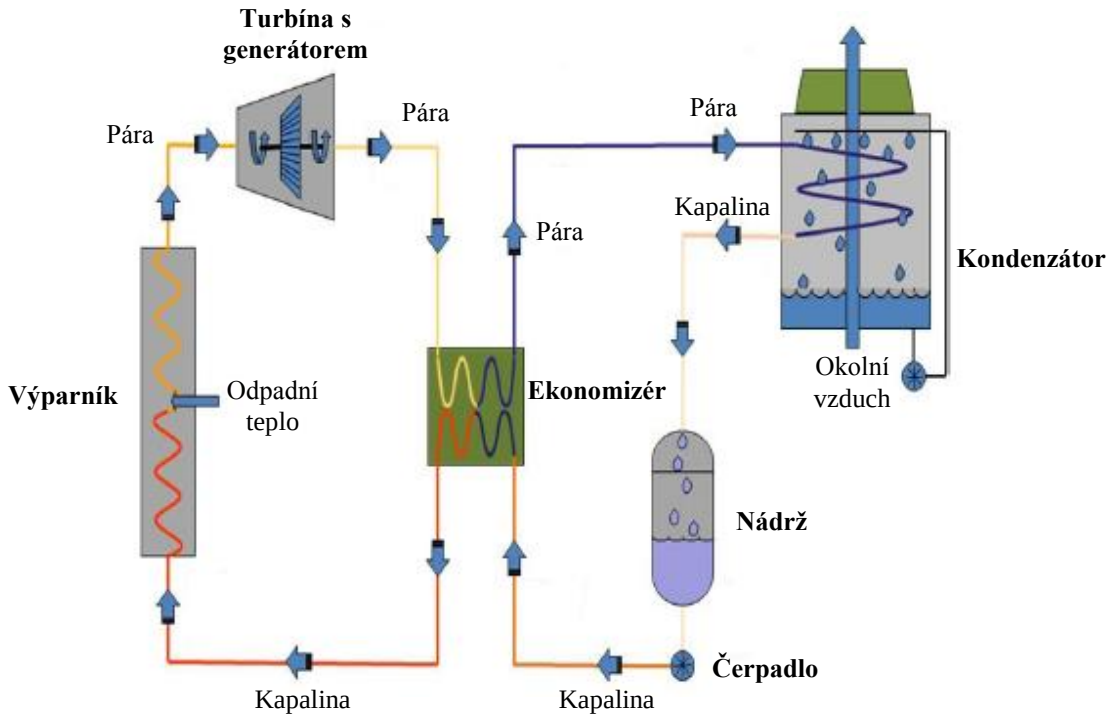
Největší energetická spotřeba při výrobě otopného tělesa B50, která vyšla z analýzy, je spotřeba zemního plynu. Tato spotřeba je na pracovišti, kde probíhá letování a chlazení v peci MAHLER. Odpadní teplo, které pec produkuje, lze energeticky využít například k výrobě elektrické energie. Jedna z možností, jak využít odpadní teplo pro výrobu elektrické energie je tzv. ORC technologie.

## 5.1 Organický Rankinův cyklus (ORC)

Organický Rankinův cyklus se používá pro výrobu elektrické energie z odpadního tepla, které se vytváří z průmyslových procesů. Tato technologie se od ostatních technologií odlišuje zejména pracovní látkou, kterou není voda, ale organická kapalina tedy silikonový olej. Organický Rankinův cyklus (Obr. 81) se skládá z výparníku, turbíny s generátorem, ekonomizéru, kondenzátoru, čerpadel a chladící věže. [4], [5]

### 5.1.1 Princip ORC

Silikonový olej, který je v kapalném skupenství, je shromážděný v nádrži. Z nádrže je dopravován čerpadlem do ekonomizéru, který předehřívá silikonový olej nízkotlakou parou, která vystupuje z turbíny. Do výparníku vstupuje tato předehřátá pracovní kapalina. Odpadní teplo ohřívá pracovní látku, která se začne odpařovat, čímž vzniknou silikonové páry. Za výparníkem se tyto páry odloučí (odseparují) odlučovačem (separátorem), který odstraňuje kapičky z proudícího plynu. Odseparované silikonové páry vstupují do turbíny, kde expandují, a tím dochází k uvedení turbíny do pohybu. Přivedená energie z proudící páry se v turbíně transformuje na mechanickou energii. Turbína je mechanicky spojena s generátorem, který roztáčí, čímž dochází k přeměně mechanické energie na elektrickou energii. Elektrická energie je pomocí výkonové elektroniky dodávána do sítě. Nízkotlaká pára, která vystupuje z turbíny, je nejdříve přivedena do ekonomizéru, kde předehřívá kapalný silikonový olej a následně vstupuje do kondenzátoru, kde zkondenzuje veškerý její objem. Dochází k přeměně plynného skupenství na kapalné. Pracovní kapalina je dopravena do nádrže, a tím je celý cyklus uzavřen a opakuje se znovu. [5]




**Obr. 81 Organický Rankinův cyklus [5]**

## Výhody ORC:

- Organická kapalina (silikonový olej) nezpůsobuje korozi lopatek turbíny
- Vysoká účinnost
- Konstrukce turbíny je jednoduchá, má vysokou účinnost a nízké otáčky, což zvyšuje životnost
- Minimální údržba
- Převodovka není používána, protože turbína má nízké otáčky
- Dlouhodobá životnost a malé nároky na použité materiály z důvodu menších tlaků, teplot a menšího namáhání
- Relativně malé rozměry
- Doba návratnosti – 5 až 7 let
- Snížení emisí skleníkových plynů [6], [7]

## Nevýhody ORC:

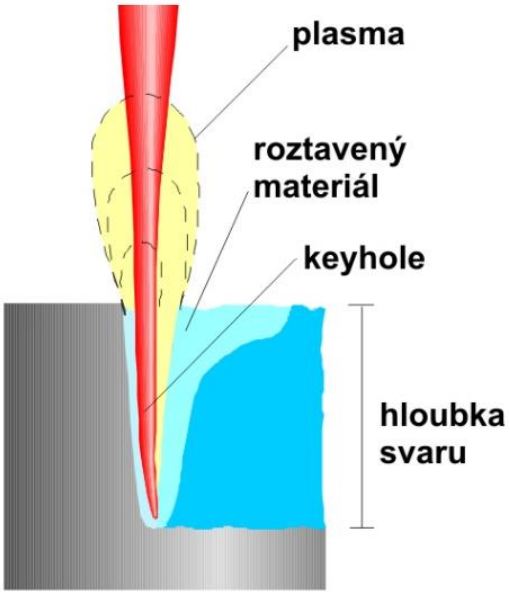
- Organické látky (silikonové oleje) jsou velice hořlavá, ale také jedovatá a nebezpečná pro životní prostředí
- Vysoké nároky na těsnost celého systému
- Stárnutí organické látky, čímž dochází k její degradaci [6], [7]

## 5.2 Laserové svařování

Při výrobě článkových radiátorů na úseku TVE se používá odporové svařování. Odporové svařování spotřebovává velké množství elektrické energie, a proto jedna z možností, jak ušetřit elektrickou energii, je laserové svařování.

### 5.2.1 Interakce laserového paprsku s materiálem

Vygenerovaný laserový paprsek dopadá na materiál, kde se část energie odrazí a druhá část je pohlcena (absorbována) materiálem. Materiál se začne zahřívat a při překročení určité teploty dochází k tavení a odpařování materiálu. Vznikne kapilára, která se nazývá „klíčová dírka“ (key hole), která přenáší energii přímo dovnitř materiálu a je doprovázena vznikem plasmy (Obr. 82). Čím větší je výkon laserového paprsku, tím větší je také hustota energie, která vytvoří plasmu. Plasma absorbuje značné množství energie z laserového paprsku v závislosti na hustotě energie, množství a typu ochranného plynu. Takto plasmou absorbovaná energie se nedostane do materiálu a chybí pro tvorbu „klíčové dírky“. Dochází tak k menší hloubce a větší šířce závaru. Vznik plasmy je závislý na tzv. hodnotě ionizačního potenciálu. Čím vyšší bude tato hodnota, tím menší bude plasma. Proto se jako ochranné atmosféry používají plyny, které mají vysokou hodnotu ionizačního potenciálu. Jeden z nejlepších plynů pro ochrannou atmosféru je hélium, jehož hodnota ionizačního potenciálu je 24,5 eV. [8]




**Obr. 82 Interakce laserového paprsku s materiálem [9]**

**Výhody laserového svařování:**

- Hluboký a úzký svár u velkého množství materiálů
- Nízké tepelné namáhání, čímž vznikají pouze malé deformace
- Symetrický a hladký svárový spoj
- Vysoká rychlost výroby - vysoká produktivita
- Vhodné pro sériovou výrobu – automatizaci
- Vysoká hloubka průvaru
- Vysoká úroveň kvality sváru
- Není nutno další opracování po svaření – nedochází ke znečišťování sváru
- Svařování i na těžko dostupných místech
- Vysoká rychlost svařování
- Možno svařovat kovy i plasty [10], [11]

**Nevýhody laserového svařování:**

- Vysoké investiční náklady
- Některé materiály nejsou vhodné pro svařování laserem [10], [11]

### 5.2.2 Možné přínosy při využití laserového svařování ve firmě Kermi s.r.o. na úseku TVE

Laserové svařování by nahradilo na úseku TVE pracoviště, kde se momentálně používá odporové svařování, jako je svařování hlav a svařování trubek na hlavu (elementů). Na těchto pracovištích by se snížila elektrická spotřeba energie potažmo stlačeného vzduchu. Jelikož laserové svařování je velice kvalitní, není nutno další opracování po svaření (nedochází ke znečišťování sváru). Tímto by se mohly, zrušit další pracoviště, které momentálně obrušují a odstraňují navařené nečistoty. Jednalo by se o pracoviště broušení hlav, odstřižení návarků, vnější a vnitřní broušení. Zrušení těchto pracovišť by znamenalo energetickou úsporu na TVE okolo 30,55 % pro každé článkové otopné těleso. Mimo jiné, by to znamenalo zrušení pracovních pozic na těchto pracovištích, a tím další finanční úsporu z hlediska výplaty mezd. Další možný přínos při použití této technologie, by mohl být z hlediska kvality, kde by se snížil počet reklamací a došlo tak k další úspoře finančních prostředků.

# 6 Porovnání výsledků analýzy s průměrnými hodnotami

Průměrné hodnoty, které má firma Kermi s.r.o. k dispozici, jsou pouze průměrné hodnoty elektřiny a zemního plynu. Jedná se o hodnoty, které zahrnují provoz celého úseku včetně vytápění, vzduchotechniky, napájení nápojových automatů, napájení mistrovských kanceláří, osvětlení, apod. Z těchto hodnot je vypočtená průměrná cena otopného tělesa B50 a článkového radiátoru, ve které jsou zahrnuty všechny vyrobené radiátory. Na úseku TVD je přibližný podíl nevýrobních zařízení okolo 7,48 %, na TVE 6,38 %, na TVB 14,37 % a na TVL okolo 2,35 %. Podíl nevýrobních zařízení není stanovený pro úsek TVV, jelikož zde není známa průměrná cena na radiátor. Celkový podíl nevýrobních zařízení pro otopné těleso B50 je 4,88 % (úsek TVD a TVL) a pro článkový radiátor 4,99 % (úsek TVE, TVB a TVL).

**Příklad výpočtu průměrné ceny na TVL pro B50 i článkový radiátor**

| | | |
|---|---|---|
| Naměřené hodnoty za rok: | Elektřina: | 3 465 316 kWh |
| | Zemní plyn: | 11 668 450 kWh |
| | Celkový počet radiátorů: | 467 022 kusů |

Cena 1 kWh - E = 2,13 Kč

Cena 1 kWh - ZP = 0,61 Kč

$$Průměrná\ spotřeba\ E = \frac{Elektřina}{Celkový\ počet\ radiátorů} = \frac{3\ 465\ 316}{467\ 022} = 7{,}42\ kWh$$

$$Průměrná\ spotřeba\ ZP = \frac{Zemní\ plyn}{Celkový\ počet\ radiátorů} = \frac{11\ 668\ 450}{467\ 022} = 24{,}98\ kWh$$

$$Průměrná\ cena\ E = Průměrná\ spotřeba\ E \cdot Cena\ 1\ kWh - E = 7{,}42 \cdot 2{,}13 = 15{,}80\ Kč$$

$$Průměrná\ cena\ ZP = Průměrná\ spotřeba\ ZP \cdot Cena\ 1\ kWh - ZP = 24{,}98 \cdot 0{,}61$$

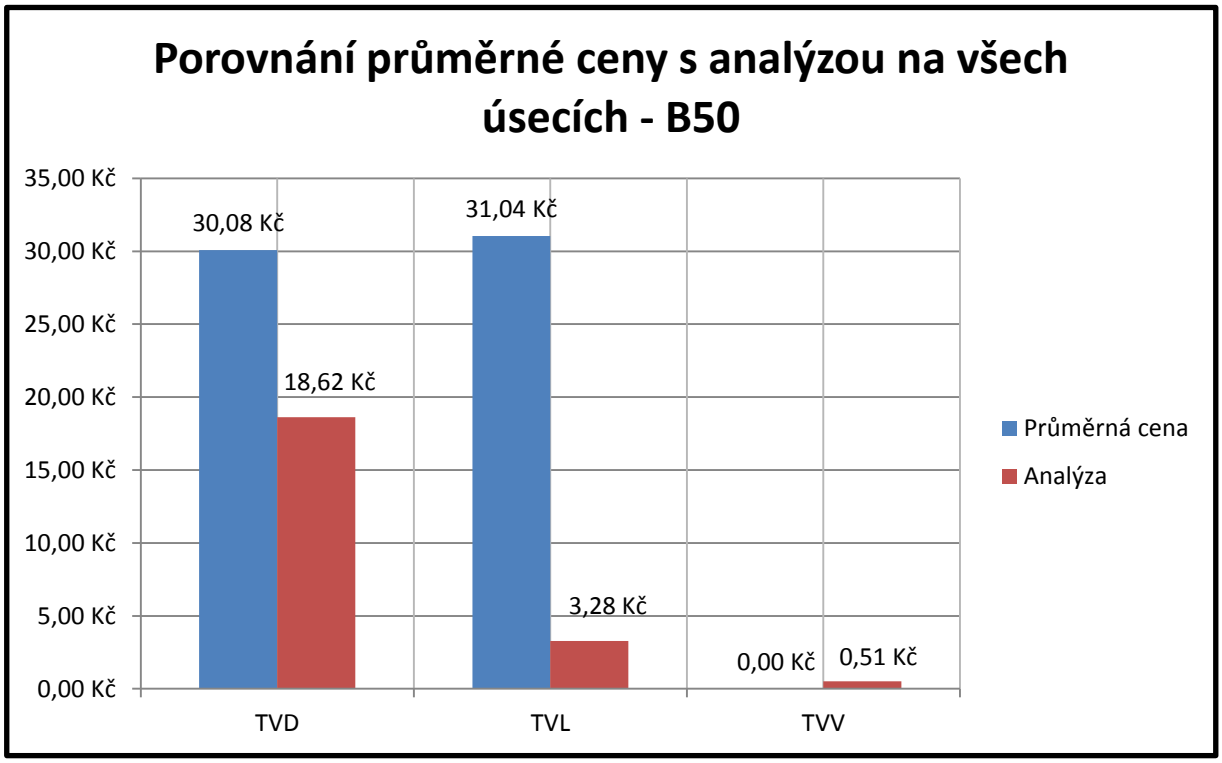
$$Průměrná\ cena\ ZP = 15{,}24\ Kč$$

$$Celková\ průměrná\ cena = Průměrná\ cena\ E + Průměrná\ cena\ ZP = 15{,}80 + 15{,}24$$

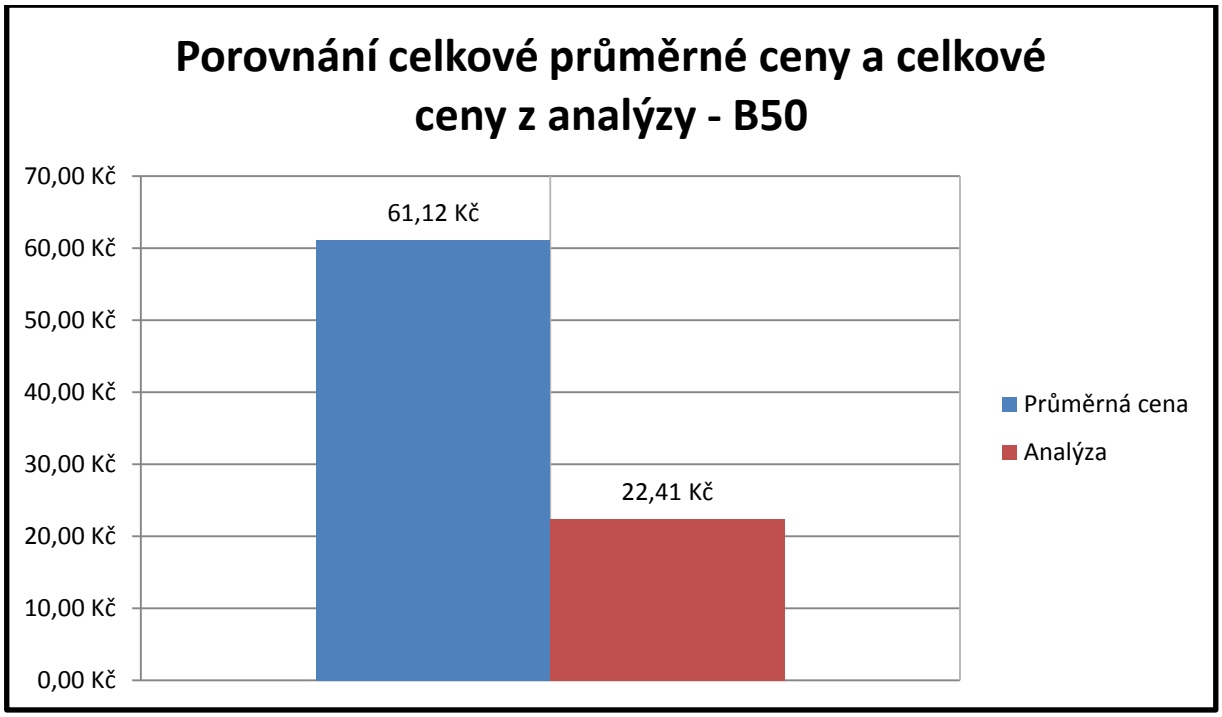
$$Celková\ průměrná\ cena = 31{,}04\ Kč$$

## 6.1 Porovnání analýzy s průměrnými cenami pro otopné těleso B50

Analýza, která byla provedena, je zaměřena na výrobu, lakování a balení, ve které jsou zahrnuty všechny energie použité při výrobě (elektrická energie, zemní plyn, stlačený vzduch, acetylen a kyslík). Ve sloupcovém grafu (Obr. 83) je znázorněná analýza a průměrná cena na jednotlivých úsecích TVD, TVL a TVV pro otopné těleso B50. Na úseku TVD je průměrná cena na radiátor 30,08 Kč a cena z analýzy 18,62 Kč. Tato cena je rozdílná téměř o polovinu. Na úseku TVL je průměrná cena na radiátor 31,04 Kč a cena z analýzy 3,28 Kč. Cena je rozdílná téměř o desetinásobek, což je způsobené především počtem navěšených radiátorů. V tomto případě, byla analýza prováděna nejideálnějším stavem, a to navěšení B50 o počtu 8 kusů na traverzu. Cena 3,28 Kč je nejideálnější stav, který je možný dosáhnout. Na úseku TVV není známa průměrná cena na radiátor a analýzou byla zjištěna cena 0,51 Kč. Ve sloupcovém grafu (Obr. 84) jsou znázorněné celkové ceny, a to celková cena z průměrných cen, která činí 61,12 Kč a celková cena z analýzy 22,41 Kč. Celková cena podle analýzy je o 63,33 % menší, než je cena z průměrných cen.



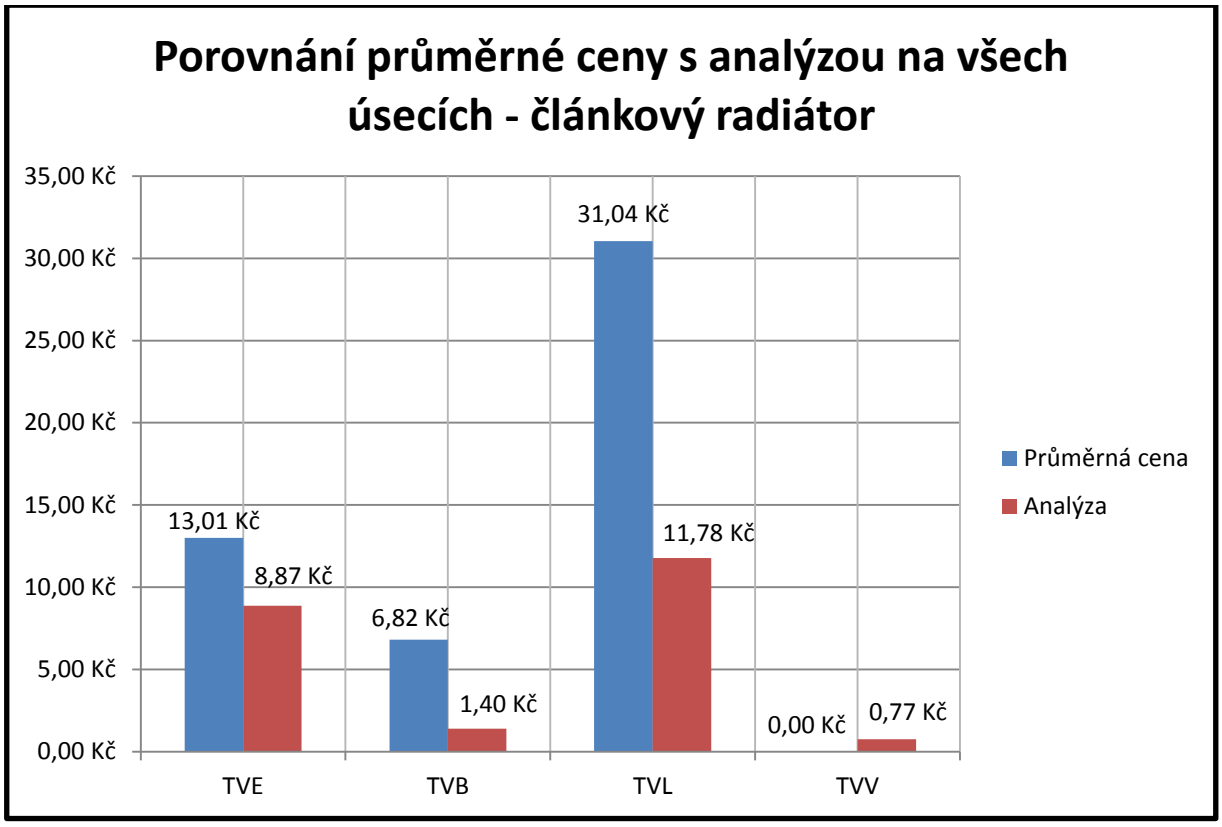

**Obr. 83 Porovnání průměrné ceny s analýzou pro otopné těleso B50**



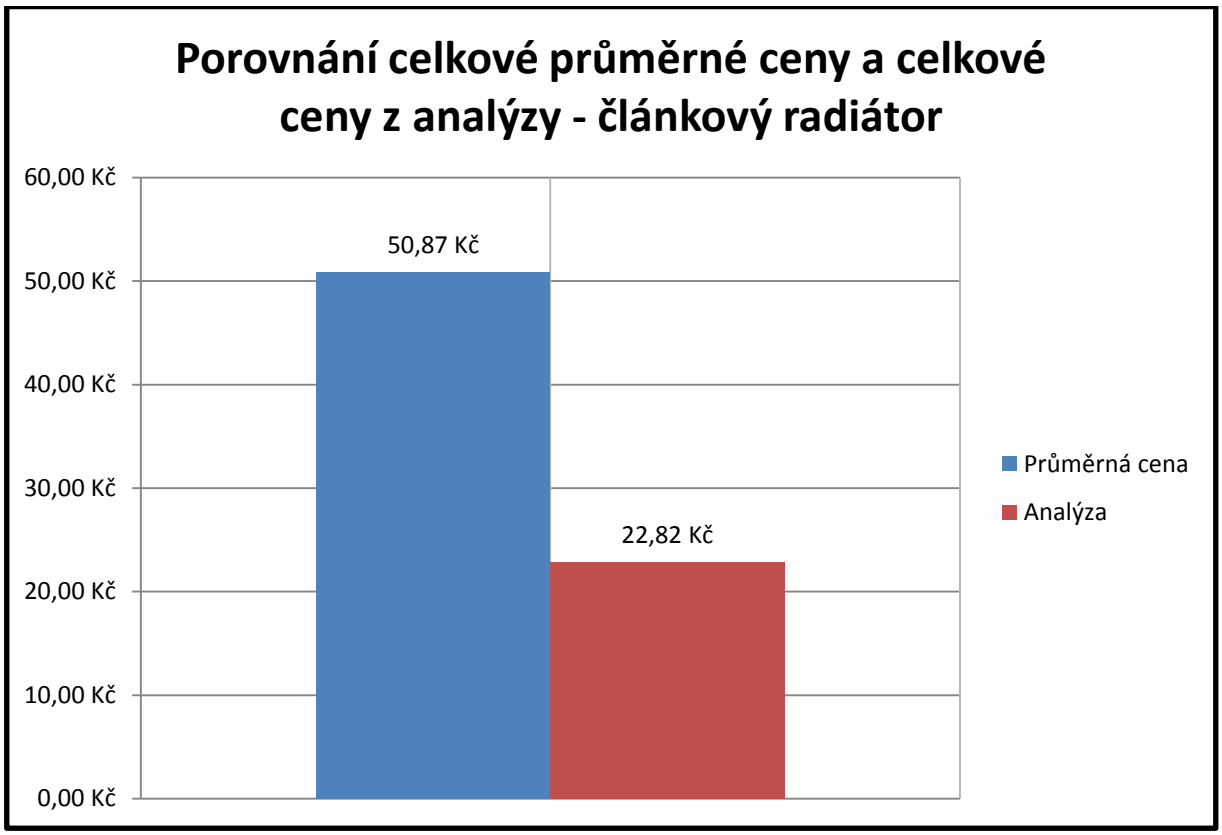

**Obr. 84 Porovnání celkových cen – B50**

## 6.2 Porovnání analýzy s průměrnými cenami pro článkový radiátor

Analýza, která byla provedena, je zaměřena na výrobu, lakování a balení, ve které jsou zahrnuty všechny energie použité při výrobě (elektrická energie, zemní plyn a stlačený vzduch). Ve sloupcovém grafu (Obr. 85) je znázorněná analýza a průměrná cena na jednotlivých úsecích TVE, TVB, TVL a TVV pro článkový radiátor. Na úseku TVE je průměrná cena na radiátor 13,01 Kč a cena z analýzy 8,87 Kč. Tato cena je rozdílná téměř o třetinu. Na úseku TVB je průměrná cena na radiátor 6,82 Kč a cena z analýzy 1,40 Kč. Cena je rozdílná téměř o 80 %, což je způsobené především vytápěním haly, ale také velkým počtem strojů a zařízení. Na úseku TVL je průměrná cena na radiátor 31,04 Kč a cena z analýzy 11,78 Kč. Tento cenový rozdíl je téměř dvoutřetinový. Rozdíl je způsobený obdobně jako u otopného tělesa B50 počtem navěšených radiátorů na traverze. U článkového otopného tělesa byla použita hodnota průměrného navěšení článkových radiátorů, tedy 2,275. Na úseku TVV není známa průměrná cena na radiátor a analýzou byla zjištěna cena 0,77 Kč. Ve sloupcovém grafu (Obr. 86) jsou znázorněné celkové ceny, a to celková cena z průměrných cen, která činí 50,87 Kč a celková cena z analýzy 22,82 Kč. Celková cena podle analýzy je o 55,14 % menší, než je cena z průměrných cen.




**Obr. 85 Porovnání průměrné ceny s analýzou pro článkový radiátor**




**Obr. 86 Porovnání celkových cen – článkový radiátor**

# Závěr

V diplomové práci jsem stručně charakterizoval firmu Kermi s.r.o. Věnoval jsem se analýze energetické náročnosti při výrobě otopných těles, a to jak pro designový radiátor B50, tak pro článkové otopné těleso. Vypočítal průměrnou produkci $CO_2$ na kus za měsíc i rok. Popsal možnosti snížení energetické náročnosti. Zhodnotil ceny analýzy a porovnal je s průměrnými cenami.

Nejdůležitějším bodem v této práci, byla analýza energetické náročnosti dvou otopných těles, která se nejvíce blíží skutečné energetické ceně, než je energetická cena z průměrných hodnot. Nejdříve jsem si nakreslil schéma jednotlivých procesů a činností, tedy pracovišť, pro každý úsek. Na každém pracovišti jsem vypočetl spotřeby všech energií, které se spotřebovávají na daném konkrétním pracovišti. Na základě všech vypočtených energií na jednotlivých pracovištích pro daný úsek, jsem určil celkové spotřeby energií, které jsem přepočítal na cenu. Z jednotlivých cen pro každý úsek jsem vypočetl celkovou energetickou cenu otopného tělesa.

Na začátku této práce jsem stručně charakterizoval a popsal firmu Kermi s.r.o., ve kterém jsem uvedl základní informace jako například počet zaměstnanců, velikost logistické a výrobní plochy, apod.

V další části této práce jsem se věnoval produkci $CO_2$, kde jsem vypočetl průměrnou produkci $CO_2$ na kus v jednotlivých měsících od roku 2010 do roku 2015.

V neposlední řadě jsem se věnoval návrhům pro snížení energetické náročnosti při výrobě otopných těles, kde jsem tyto návrhy popsal a zhodnotil jejich výhody i nevýhody.

Na závěr jsem porovnal výsledné ceny z analýzy s průměrnými cenami na všech úsecích, jak pro otopné těleso B50, tak pro článkový radiátor. Následně jsem porovnal celkové průměrné ceny a celkové ceny z analýzy pro obě otopná tělesa.

# Seznam literatury a informačních zdrojů

**Citovaná literatura a internetové zdroje:**

[1] Oxid uhličitý CO2. *Autolexicon* [online]. [cit. 2016-10-19]. Dostupné z: http://www.autolexicon.net/cs/articles/oxid-uhlicity-co2/

[2] Skleníkový efekt. *Meteocentrum* [online]. [cit. 2016-10-19]. Dostupné z: http://www.meteocentrum.cz/zajimavosti/globalni-oteplovani/sklenikovy-efekt

[3] Výpočet úspor emisí oxidu uhličitého (CO2). *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. [cit. 2016-11-02]. Dostupné z: http://www.mpo.cz/dokument6794.html

[4] Využití odpadního tepla pro výrobu elektřiny, tepla a chladu. *OENERGETICE.CZ* [online]. [cit. 2016-11-14]. Dostupné z: http://oenergetice.cz/technologie/teplo/vyuziti-odpadniho-tepla-pro-vyrobu-elektriny-tepla-a-chladu/

[5] PAVELKOVÁ, Eva a Iva ŽIVĚLOVÁ. *Posouzení ekonomické efektivnosti výroby elektrické energie z odpadního tepla* [online]. 2011 [cit. 2016-11-16]. Dostupné z: http://www.elektrorevue.cz/cz/clanky/energetika--vykonova-elektronika--elektrotechnologie/50/posouzeni-ekonomicke-efektivnosti-vyroby-elektricke-energie--z-odpadniho-tepla/

[6] Organický Rankinův cyklus. *SlidePlayer* [online]. [cit. 2016-12-14]. Dostupné z: http://slideplayer.cz/slide/2009378/

[7] Kogenerece - princip, technologie a výhody. *Oenergetice.cz* [online]. [cit. 2016-12-14]. Dostupné z: http://oenergetice.cz/technologie/kogenerace-princip-technologie-a-vyhody/

[8] Ing. Martin ROUBÍČEK, PH.D. *Laserové svařování* [online]. [cit. 2016-12-14]. Dostupné z: http://www.airliquide.cz/file/otherelement/pj/laserove-svarovani49120.pdf

[9] Seriál na téma lasery - Laserové svařování I (laser welding). *Lao - lasery a optika* [online]. [cit. 2016-12-14]. Dostupné z: http://www.lao.cz/lao-info-49/serial-na-tema-lasery---laserove-svarovani-i-laser-welding-134

[10] Laserové svařování kovů. *Lintech* [online]. [cit. 2016-12-14]. Dostupné z: http://www.lintech.cz/laserove-svarovani-kovu

[11] Laserové svařování. *Laser Therm: Lasery pro průmyslové technologie* [online]. [cit. 2016-12-14]. Dostupné z: http://www.lasertherm.cz/sluzby/laserove-svarovani/

[12] Podnikové materiály od společnosti Kermi s.r.o. – obecné informace o společnosti

# Seznam obrázků

OBR. 1 SPOLEČNOST KERMI S.R.O. [12] ..... 12
OBR. 2 OTOPNÉ TĚLESO B50: DÉLKA 1 800 MM, ŠÍŘKA 600 MM ..... 13
OBR. 3 SCHÉMA VÝROBY NA TVD ..... 13
OBR. 4 DĚLIČKA ..... 15
OBR. 5 SESAZOVÁNÍ - SORMEC ..... 16
OBR. 6 LISOVÁNÍ VÍČEK ..... 17
OBR. 7 AUTOMATICKÉ BODOVÁNÍ - ROBOT ..... 19
OBR. 8 AUTOMATICKÉ PASTOVÁNÍ - SORMEC ..... 20
OBR. 9 LETOVÁNÍ A CHLAZENÍ - MAHLER ..... 21
OBR. 10 BROUŠENÍ ..... 22
OBR. 11 ZKOUŠENÍ VE VANĚ ..... 23
OBR. 12 PŘÍPRAVA NA LAKOVNU ..... 24
OBR. 13 CENA SPOTŘEBY OTOPNÉHO TĚLESA B50 NA TVD ..... 28
OBR. 14 SCHÉMA LAKOVNY TVL PRO OTOPNÉ TĚLESO B50 ..... 29
OBR. 15 RUČNÍ NAVĚŠOVÁNÍ ..... 30
OBR. 16 MYČKA ..... 31
OBR. 17 ATL ..... 32
OBR. 18 UF OPLACH ..... 33
OBR. 19 PEC ATL ..... 34
OBR. 20 CHLADÍCÍ ZÓNA 1 ..... 35
OBR. 21 KP1 ..... 36
OBR. 22 PRÁŠKOVACÍ KABINA ..... 37
OBR. 23 PEC PRÁŠKOVACÍ ..... 38
OBR. 24 CHLADÍCÍ ZÓNA 2 ..... 39
OBR. 25 KP2 ..... 39
OBR. 26 DOPRAVNÍ ŘETĚZY ..... 42
OBR. 27 CENA SPOTŘEBY OTOPNÉHO TĚLESA B50 NA TVL ..... 45
OBR. 28 SCHÉMA BALENÍ TVV ..... 46
OBR. 29 RUČNÍ SVĚŠOVÁNÍ ..... 47
OBR. 30 FÓLIOVAČKA – MALÁ LINKA ..... 48
OBR. 31 PEC NA BALENÍ – MALÁ LINKA ..... 49
OBR. 32 VÝROBA KARTONU – MALÁ LINKA ..... 50
OBR. 33 PÁSKOVAČKA – MALÁ LINKA ..... 51
OBR. 34 DOPRAVNÍ PÁSY – MALÁ LINKA ..... 51
OBR. 35 CENA SPOTŘEBY OTOPNÉHO TĚLESA B50 NA TVV ..... 54
OBR. 36 CELKOVÁ CENA SPOTŘEBY OTOPNÉHO TĚLESA B50 NA ÚSECÍCH TVD, TVL A TVV ..... 56
OBR. 37 CELKOVÁ CENA SPOTŘEBY VŠECH ENERGIÍ ..... 57
OBR. 38 ČLÁNKOVÝ RADIÁTOR 3 ELEMENT, VÝŠKA 600 MM, DÉLKA 12 ELEMENTŮ (540 MM) ..... 58
OBR. 39 SCHÉMA VÝROBY ELEMENTŮ NA TVE ..... 59
OBR. 40 LISOVÁNÍ HLAV ..... 60
OBR. 41 VYLISOVANÉ HLAVY V DŘEVĚNÉM KONTEJNERU ..... 60
OBR. 42 SVAŘOVÁNÍ HLAV ..... 61
OBR. 43 SVAŘENÉ HLAVY ..... 62
OBR. 44 BROUŠENÍ A DĚLENÍ HLAV ..... 63
OBR. 45 DĚLENÍ TRUBEK ..... 64
OBR. 46 SVAŘOVÁNÍ TRUBEK NA HLAVU ..... 65
OBR. 47 ELEMENTY ..... 65
OBR. 48 ODSTŘIŽENÍ NÁVARKŮ ..... 66
OBR. 49 VNĚJŠÍ BROUŠENÍ ..... 67
OBR. 50 VNITŘNÍ BROUŠENÍ ..... 68
OBR. 51 CENA SPOTŘEBY ČLÁNKOVÉHO RADIÁTORU NA TVE ..... 71
OBR. 52 SCHÉMA VÝROBY BLOKŮ TVB ..... 72
OBR. 53 ŠTEPOVÁNÍ BLOKŮ ..... 73
OBR. 54 ZAVÍČKOVÁNÍ ..... 74
OBR. 55 ZKOUŠENÍ VE VANĚ ..... 75
OBR. 56 CENA SPOTŘEBY ČLÁNKOVÉHO RADIÁTORU NA TVB ..... 77
OBR. 57 SCHÉMA LAKOVNY TVL PRO ČLÁNKOVÝ RADIÁTOR ..... 78
OBR. 58 AUTOMATICKÉ NAVĚŠOVÁNÍ ..... 79

OBR. 59 MYČKA - ODMAŠTĚNÍ ....80
OBR. 60 ATL ....81
OBR. 61 UF OPLACH ....82
OBR. 62 PEC ATL ....83
OBR. 63 CHLADÍCÍ ZÓNA 1 ....84
OBR. 64 KP1 ....85
OBR. 65 PRÁŠKOVACÍ KABINA ....86
OBR. 66 PEC PRÁŠKOVACÍ ....87
OBR. 67 CHLADÍCÍ ZÓNA 2 ....88
OBR. 68 KP2 ....88
OBR. 69 DOPRAVNÍ ŘETĚZY ....91
OBR. 70 CENA SPOTŘEBY ČLÁNKOVÉHO RADIÁTORU NA TVL ....94
OBR. 71 SCHÉMA BALENÍ TVV ....95
OBR. 72 AUTOMATICKÉ SVĚŠOVÁNÍ – VELKÁ LINKA ....96
OBR. 73 TOČNA – VELKÁ LINKA ....97
OBR. 74 CENTROVÁNÍ – VELKÁ LINKA ....98
OBR. 75 FÓLIOVAČKA – VELKÁ LINKA ....99
OBR. 76 PEC NA BALENÍ – VELKÁ LINKA ....100
OBR. 77 DOPRAVNÍ PÁSY – VELKÁ LINKA ....100
OBR. 78 CENA SPOTŘEBY ČLÁNKOVÉHO RADIÁTORU NA TVV ....103
OBR. 79 CELKOVÁ CENA SPOTŘEBY OTOPNÉHO TĚLESA NA ÚSECÍCH TVE, TVB, TVL A TVV ....105
OBR. 80 CELKOVÁ CENA SPOTŘEBY VŠECH ENERGIÍ ....106
OBR. 81 ORGANICKÝ RANKINŮV CYKLUS [5] ....109
OBR. 82 INTERAKCE LASEROVÉHO PAPRSKU S MATERIÁLEM [9] ....110
OBR. 83 POROVNÁNÍ PRŮMĚRNÉ CENY S ANALÝZOU PRO OTOPNÉ TĚLESO B50 ....113
OBR. 84 POROVNÁNÍ CELKOVÝCH CEN – B50 ....114
OBR. 85 POROVNÁNÍ PRŮMĚRNÉ CENY S ANALÝZOU PRO ČLÁNKOVÝ RADIÁTOR ....115
OBR. 86 POROVNÁNÍ CELKOVÝCH CEN – ČLÁNKOVÝ RADIÁTOR ....115

# Přílohy

## Příloha A

Přepočty elektrické energie a zemního plynu na produkci $CO_2$:

**Tab. 13. Spotřeba elektrické energie a zemního plynu včetně přepočtu na $CO_2$ pro rok 2010**

| Měsíc | Elektřina (kWh/kus) | Zemní plyn (kWh/kus) | Přepočet elektřiny na CO2 (kg/kus) | Přepočet zemního plynu na CO2 (kg/kus) | Celkem CO2 (kg/kus) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 27,83 | 69,82 | 32,56 | 13,96 | 46,52 |
| 2 | 24,79 | 57,14 | 29,00 | 11,43 | 40,43 |
| 3 | 26,82 | 55,42 | 31,38 | 11,08 | 42,47 |
| 4 | 23,38 | 41,69 | 27,36 | 8,34 | 35,70 |
| 5 | 25,55 | 44,40 | 29,90 | 8,88 | 38,78 |
| 6 | 22,30 | 34,13 | 26,09 | 6,83 | 32,91 |
| 7 | 24,59 | 32,60 | 28,77 | 6,52 | 35,29 |
| 8 | 26,21 | 33,15 | 30,67 | 6,63 | 37,30 |
| 9 | 22,40 | 34,50 | 26,21 | 6,90 | 33,11 |
| 10 | 22,71 | 39,88 | 26,57 | 7,98 | 34,54 |
| 11 | 23,86 | 46,28 | 27,92 | 9,26 | 37,18 |
| 12 | 27,27 | 75,18 | 31,91 | 15,04 | 46,95 |
| **Průměr** | 24,81 | 47,02 | 29,03 | 9,40 | 38,43 |

**Tab. 14. Spotřeba elektrické energie a zemního plynu včetně přepočtu na $CO_2$ pro rok 2011**

| Měsíc | Elektřina (kWh/kus) | Zemní plyn (kWh/kus) | Přepočet elektřiny na CO2 (kg/kus) | Přepočet zemního plynu na CO2 (kg/kus) | Celkem CO2 (kg/kus) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 25,74 | 59,37 | 30,12 | 11,87 | 41,99 |
| 2 | 25,34 | 60,22 | 29,64 | 12,04 | 41,69 |
| 3 | 26,88 | 55,52 | 31,45 | 11,10 | 42,55 |
| 4 | 26,28 | 43,68 | 30,75 | 8,74 | 39,49 |
| 5 | 22,51 | 37,33 | 26,34 | 7,47 | 33,80 |
| 6 | 22,18 | 33,36 | 25,95 | 6,67 | 32,62 |
| 7 | 23,31 | 31,66 | 27,27 | 6,33 | 33,61 |
| 8 | 22,29 | 29,75 | 26,08 | 5,95 | 32,03 |
| 9 | 22,49 | 31,50 | 26,32 | 6,30 | 32,62 |
| 10 | 24,34 | 43,05 | 28,48 | 8,61 | 37,09 |
| 11 | 23,63 | 50,63 | 27,65 | 10,13 | 37,78 |
| 12 | 26,43 | 61,62 | 30,92 | 12,32 | 43,25 |
| **Průměr** | 24,29 | 44,81 | 28,41 | 8,96 | 37,38 |

**Tab. 15. Spotřeba elektrické energie a zemního plynu včetně přepočtu na $CO_2$ pro rok 2012**

| Měsíc | Elektřina (kWh/kus) | Zemní plyn (kWh/kus) | Přepočet elektřiny na CO2 (kg/kus) | Přepočet zemního plynu na CO2 (kg/kus) | Celkem CO2 (kg/kus) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 23,70 | 55,92 | 27,73 | 11,18 | 38,92 |
| 2 | 24,34 | 65,25 | 28,47 | 13,05 | 41,52 |
| 3 | 23,17 | 46,79 | 27,11 | 9,36 | 36,47 |
| 4 | 24,70 | 46,42 | 28,90 | 9,28 | 38,19 |
| 5 | 22,51 | 35,25 | 26,33 | 7,05 | 33,38 |
| 6 | 22,66 | 31,12 | 26,51 | 6,22 | 32,74 |
| 7 | 21,87 | 29,41 | 25,59 | 5,88 | 31,47 |
| 8 | 21,67 | 29,24 | 25,35 | 5,85 | 31,20 |
| 9 | 22,37 | 30,51 | 26,17 | 6,10 | 32,28 |
| 10 | 21,57 | 37,30 | 25,24 | 7,46 | 32,70 |
| 11 | 19,35 | 37,17 | 22,64 | 7,43 | 30,08 |
| 12 | 30,69 | 75,84 | 35,90 | 15,17 | 51,07 |
| **Průměr** | 23,22 | 43,35 | 27,16 | 8,67 | 35,83 |

**Tab. 16. Spotřeba elektrické energie a zemního plynu včetně přepočtu na $CO_2$ pro rok 2013**

| Měsíc | Elektřina (kWh/kus) | Zemní plyn (kWh/kus) | Přepočet elektřiny na CO2 (kg/kus) | Přepočet zemního plynu na CO2 (kg/kus) | Celkem CO2 (kg/kus) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 27,80 | 61,34 | 32,52 | 12,27 | 44,79 |
| 2 | 28,81 | 60,85 | 33,71 | 12,17 | 45,88 |
| 3 | 27,28 | 55,68 | 31,91 | 11,14 | 43,05 |
| 4 | 25,47 | 41,09 | 29,80 | 8,22 | 38,02 |
| 5 | 26,51 | 39,58 | 31,02 | 7,92 | 38,93 |
| 6 | 25,98 | 32,12 | 30,39 | 6,42 | 36,81 |
| 7 | 23,52 | 27,30 | 27,52 | 5,46 | 32,98 |
| 8 | 25,58 | 32,04 | 29,93 | 6,41 | 36,34 |
| 9 | 23,94 | 34,91 | 28,01 | 6,98 | 34,99 |
| 10 | 24,35 | 40,44 | 28,49 | 8,09 | 36,58 |
| 11 | 22,02 | 40,67 | 25,77 | 8,13 | 33,90 |
| 12 | 29,03 | 58,90 | 33,96 | 11,78 | 45,74 |
| **Průměr** | 25,86 | 43,74 | 30,25 | 8,75 | 39,00 |

**Tab. 17. Spotřeba elektrické energie a zemního plynu včetně přepočtu na $CO_2$ pro rok 2014**

| Měsíc | Elektřina (kWh/kus) | Zemní plyn (kWh/kus) | Přepočet elektřiny na CO2 (kg/kus) | Přepočet zemního plynu na CO2 (kg/kus) | Celkem CO2 (kg/kus) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 25,76 | 57,78 | 30,14 | 11,56 | 41,69 |
| 2 | 25,43 | 56,85 | 29,75 | 11,37 | 41,12 |
| 3 | 24,40 | 48,11 | 28,55 | 9,62 | 38,17 |
| 4 | 23,25 | 36,97 | 27,21 | 7,39 | 34,60 |
| 5 | 23,80 | 34,54 | 27,84 | 6,91 | 34,75 |
| 6 | 23,81 | 32,60 | 27,86 | 6,52 | 34,38 |
| 7 | 22,55 | 28,67 | 26,38 | 5,73 | 32,11 |
| 8 | 22,75 | 31,34 | 26,62 | 6,27 | 32,89 |
| 9 | 21,86 | 28,48 | 25,58 | 5,70 | 31,28 |
| 10 | 22,07 | 31,91 | 25,82 | 6,38 | 32,20 |
| 11 | 22,76 | 40,58 | 26,63 | 8,12 | 34,75 |
| 12 | 23,68 | 51,79 | 27,70 | 10,36 | 38,06 |
| **Průměr** | 23,51 | 39,97 | 27,51 | 7,99 | 35,50 |

**Tab. 18. Spotřeba elektrické energie a zemního plynu včetně přepočtu na $CO_2$ pro rok 2015**

| Měsíc | Elektřina (kWh/kus) | Zemní plyn (kWh/kus) | Přepočet elektřiny na CO2 (kg/kus) | Přepočet zemního plynu na CO2 (kg/kus) | Celkem CO2 (kg/kus) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 27,96 | 62,28 | 32,71 | 12,46 | 45,17 |
| 2 | 23,77 | 54,35 | 27,81 | 10,87 | 38,68 |
| 3 | 22,67 | 46,29 | 26,52 | 9,26 | 35,78 |
| 4 | 22,72 | 40,26 | 26,58 | 8,05 | 34,63 |
| 5 | 23,15 | 35,07 | 27,08 | 7,01 | 34,09 |
| 6 | 22,47 | 30,44 | 26,30 | 6,09 | 32,38 |
| 7 | 23,14 | 29,13 | 27,08 | 5,83 | 32,90 |
| 8 | 24,55 | 30,80 | 28,72 | 6,16 | 34,88 |
| 9 | 21,27 | 31,50 | 24,88 | 6,30 | 31,18 |
| 10 | 21,88 | 36,00 | 25,59 | 7,20 | 32,79 |
| 11 | 21,01 | 36,53 | 24,58 | 7,31 | 31,88 |
| 12 | 23,84 | 43,75 | 27,89 | 8,75 | 36,64 |
| **Průměr** | 23,20 | 39,70 | 27,14 | 7,94 | 35,08 |