



České vysoké učení technické v Praze

Studijní obor: Elektrotechnika, energetika a management

Efektivnost užití energie  
na výrobních linkách závodu  
Tyco Electronics EC Trutnov

Diplomová práce

A0M16DIP

Autor: Bc. Marek Mach  
Vedoucí práce: Ing. Michal Moravec

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: Mach Marek

Studijní program: elektrotechnika, energetika a management  
Obor: ekonomika a řízení energetiky

Název tématu: Efektivnost užití energie na výrobních linkách závodu Tyco Electronics EC  
Trutnov

Pokyny pro vypracování:

- analýza současného technického stavu a provozu spotřebičů energie v rámci posuzovaných výrobních linek
- stanovení energetické náročnosti jednotlivých výrobních procesů a výrobních linek
- návrh jednotlivých opatření pro zvýšení efektivnosti užití energie v uvažovaných výrobních linkách a jejich ekonomické vyhodnocení

Seznam odborné literatury:

Dahlsveen, Trond, Petráš a Jiří Hirš. Energetický audit budov. 1. vyd. Bratislava: Jaga group, 2003, 295 s. ISBN 80-889-0586-9

Pejovich, Svetozar. Economic analysis of institutions and systems. Rev. 2nd ed. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998, xiii, 217 p. ISBN 07-923-8031-2

Vedoucí diplomové práce: Ing. Michal Moravec – TE Connectivity EC Trutnov s.r.o.

Platnost zadání: do konce letního semestru akademického roku 2014/2015



Doc. Ing. Jaroslav Knápek, CSc.  
vedoucí katedry

Prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.  
děkan

V Praze dne 25.2.2014

## **Anotace**

Předmětem diplomové práce je sestavení energetické bilance závodu firmy Tyco Electronics EC Trutnov s.r.o., dále jen TEET. Analýza činnosti spotřebičů energie na výrobních linkách skrze jednotlivé výrobní procesy a haly se zaměřením na elektrickou spotřebu a technický stav linek. Porovnání energetické náročnosti výroby napříč halami a jednotlivými linkami. Návrh úsporných opatření pro snížení spotřeby jednotlivých forem energie, provozních nákladů, popřípadě výdajů na údržbu. Ekonomické vyhodnocení jednotlivých úsporných opatření a srovnání se stavem před jejich zavedením. Hodnocení ekologie výroby a možných dopadů na životní prostředí.

## **Klíčová slova**

Energetický audit, Bilance firmy, Úsporná opatření, Snížení spotřeby energie, Ekologie výroby

## **Annotation**

The subject of diploma work is to establish energy balance of the plant Tyco Electronics EC Trutnov s.r.o., hereafter referred to as TEET. Analysis of the current state of production lines and their energy consumption through all production halls. Thesis is also focused on technical state of production lines. Next step is to compare energy consumption through production halls and individual lines. Establish proposals to reduce the energy consumption of production lines, running costs and maintenance costs. Last step is to make economic report of individual proposals for reduction of energy consumption and to compare the states before and after these proposals. Overall assessment of the ecology of production and possible impacts on the environment.

## **Key Words**

Energy audit, Energy balance of plant, Cost saving measure, Reduce energy consumption, Ecology of production

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem: „Efektivnost užití energie na výrobních linkách závodu Tyco Electronics EC Trutnov“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Michala Moravce a uvedl v seznamu použité literatury všechny použité literární a odborné zdroje.

Nemám námitky proti půjčování, zveřejnění a dalšímu využití práce, pokud s tím bude souhlasit ČVUT a firma Tyco Electronics EC Trutnov s.r.o..

V Praze dne.....

Bc. Marek Mach.....

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu práce Ing. Michalu Moravcovi za podporu a mnoho cenných rad při vedení této diplomové práce.

## OBSAH

1. Úvod .....	1
1.1 Charakteristika společnosti TEET .....	1
1.2 Závod TEET Trutnov Pořící .....	2
2. Energetická bilance a další aspekty výroby .....	4
2.1 Celkový energetický stav závodu .....	5
2.2 Ekologie závodu TEET .....	7
3. Základní procesy výroby .....	9
3.1 Extruze .....	9
3.2 Beam .....	9
3.3 Expanze .....	9
3.4 Finalizace .....	10
3.5 Ostatní výroba .....	10
4. Rozdělení hlavní spotřeby elektřiny ve výrobě .....	11
4.1 Rozdělení spotřeby elektrické energie na extruzních linkách .....	12
4.2 Rozdělení spotřeby elektrické energie na Beamech .....	21
4.3 Rozdělení spotřeby elektrické energie na expanzních linkách .....	29
4.4 Rozdělení spotřeby elektrické energie na finalizaci .....	36
5. Rozdělení vedlejší spotřeby elektřiny ve výrobě .....	38
5.1 Rozdělení spotřeby elektrické energie kompresorů .....	38
5.2 Rozdělení spotřeby elektrické energie vzduchotechniky .....	40
5.3 Rozdělení spotřeby elektrické energie osvětlení .....	42
5.4 Rozdělení spotřeby elektrické energie zbylé výroby .....	44
6. Zhodnocení současného stavu závodu .....	46
6.1 Hodnocení spotřeby elektrické energie na halách .....	46
6.2 Hodnocení spotřeby elektrické energie podle druhu výroby .....	46
6.3 Hodnocení efektivnosti výroby .....	47
6.4 Hodnocení ekologie výroby .....	48

7. Hodnocení ekonomické efektivity projektů .....	50
8. Návrh úsporných opatření .....	52
8.1 Projekt balancování výroby mezi linkami .....	52
8.2 Výměna extruzních motorů .....	55
8.3 Propojení kompresoroven mezi halami .....	63
8.4 Projekt nového osvětlení skrze haly .....	70
8.5 Projekt centrálního chlazení expanzních linek .....	74
8.6 Re-granulace neshodného materiálu .....	78
9. Zhodnocení úsporných opatření .....	84
10. Celkové zhodnocení energetického hospodářství .....	87
11. Zhodnocení a závěr .....	90
Seznam použité literatury .....	92
Seznam použitých symbolů .....	95
Seznam tabulek .....	96
Seznam obrázků .....	97
Seznam grafů .....	98





### 1. ÚVOD

Diplomová práce se zabývá zevrubnou analýzou energetického hospodářství závodu firmy Tyco Electronics EC Trutnov s.r.o. dále jen TEET a je rozdělena do čtyř stěžejních částí.

První část je zaměřena na zjištění majoritních spotřeb energie závodu, hal, linek a jejich součástí a na výpočet a popsání jednotlivých procesů výroby společně s jejich energetickou náročností. Součástí této fáze je vytvoření srovnávacích kritérií pro hodnocení efektivnosti výroby z hlediska spotřeby elektrické energie.

Ve druhé části bude vyhodnocena energetická bilance závodu TEET, dále pak hodnocení energetické spotřeby jednotlivých hal a druhů výroby, jakož i celková efektivnost hospodaření s energií. Zohledněn bude i dopad výroby na ekologii závodu a jeho okolí.

Obsahem třetí části bude návrh úsporných opatření pro snížení spotřeby energie včetně zhodnocení časové a ekonomické náročnosti těchto opatření. Vypočteny budou základní ekonomické ukazatele jako je NPV - Net Present Value (čistá současná hodnota), IRR - Internal Rate of Return (vnitřní výnosové procento) a další. Rovněž bude posouzena časová a ekonomická náročnost navržených opatření, jakož i externality, které tato opatření doprovázejí a také jejich ekologie.

Ve čtvrté závěrečné části bude zjištěn celkový dopad úsporných opatření na ekonomiku a energetickou bilanci závodu. Vyhodnocen bude celkový přínos auditu z hlediska ekonomiky hospodaření s jednotlivými formami energie v závodě. Diskutovány budou i další možnosti využití současně nevyužívaných forem energie.[4, 5]

#### 1.1 Charakteristika společnosti TEET

TEET je součástí mezinárodní společnosti TE Connectivity Ltd. se sídlem v Pensylvánii v Americe. Od roku 2007 je zapsána na New Yorkské burze cenných papírů a také vedena v indexu S&P 500. TEET se zabývá především výrobou elektrických a elektronických součástí, ale také složitějších komponentů a komplexních systémů. Mezi zákazníky patří mnohé subjekty z odvětví energetiky, automobilového průmyslu, elektroniky, letectví a kosmonautiky, vojenství, atd.[1] Zastoupení v České republice má skupina TE Connectivity od roku 1999, kdy předchůdce společnosti TE odkoupila divizi EC od společnosti Siemens a tím získala výrobní závod v Trutnově s širokým sortimentem relé.

Společnost TE Connectivity je zastoupena v celém světě přes Ameriku, Asii a celou Evropu. Tržní kapitalizace společnosti dosáhla téměř 19 miliard dolarů. Ukazatel EBITDA dosáhl ve fiskálním roce 2012 částky 2,4 miliardy dolarů. Z čehož čistý zisk pro akcionáře činil 1,2 miliardy dolarů. Tato hodnota odpovídala téměř 6% výnosu z investice, respektive zisku 3 dolarů na akcii s cenou 52 dolarů. Celosvětově firma zaměstnává přes 80 000 lidí v přibližně 100 výrobních závodech a řadí se tak mezi velké světové společnosti.[1]

U nás v České republice má společnost zastoupení v podobě závodu v Kuřimi, závodu v Brně a již zmíněného závodu v Trutnově, kde zaměstnává celkem kolem 3 200 lidí. V Kuřimi je také jeden z hlavních distribučních skladů společnosti pro region Evropa a Blízký východ. Co se týče obrátů těchto firem, tak jsou již několik let stabilní a pohybují se celkem na hranici 7 mld. Kč s čistým ziskem přesahujícím 250 milionů Kč.[2]

### **1.2 Závod TEET Trutnov Poříčí**

V České republice je zastoupeno několik divizí společnosti TE Connectivity. Jednou z hlavních je i výrobní divize Industrial. Závod v Trutnově Poříčí tvoří 6 výrobních hal s celkovou plochou přesahující 12 000m<sup>2</sup>. Hlavním výrobním artiklem pro tento závod je výroba tepelně smrštitelných hadiček (tub). Dále je zde přidružená výroba solárních kabelů pro elektrárny, výroba průmyslových konektorů, pak také výroba označovacích prvků pro elektrické kabely, atp.[3] Na Obrázku 1 je letecký snímek závodu Poříčí s vyznačením jednotlivých hal. V halách A a B se nachází první z procesů výroby a tím je extruze. Hala D v popředí obrázku představuje železobetonové bunkry, kde jsou v nadstavbách uloženy lineární urychlovače, které tvoří návazný proces zpracování materiálu. Posledním výrobním procesem je expanze. Situována je v halách C1, C2, E a F. Konečně v hale F je také menší sklad výstupního produktu, který je připravený pro následný export.



Obrázek 1: Letecký snímek závodu TEET Poříčí

### 2. ENERGETICKÁ BILANCE A DALŠÍ ASPEKTY VÝROBY

Společnost TEET si stejně, jako i jiné velké společnosti, stanovila za cíl snižovat svou ekologickou stopu. Na základě toho si určila za cíl snížit emise CO<sub>2</sub> od roku 2012 do roku 2015 o 10%. Při snižování této uhlíkové stopy hraje svou roli i spotřeba elektrické energie. Jelikož celková elektrická spotřeba závodu v Trutnově Poříčí dosahuje  $W_c = 825\text{MWh}$ , což při ceně  $c_e = 2,5\text{Kč za } 1\text{kWh}^1$ , odpovídá platbě 2 100 000Kč měsíčně, je snižování výdajů za elektřinu velice efektivním nástrojem k celkovému snížení provozních nákladů a samozřejmě i celkové ekologické stopy závodu.[9]

Druhou ze vstupních forem energie je teplo ve formě horké vody, která je přiváděna z nedaleké elektrárny Poříčí a je použita pro centrální vytápění objektu. Průměrná měsíční spotřeba tepla se pohybuje kolem 164GJ. Cena za teplo účtovaná na patě objektu je pro topnou sezónu 2013/2014 stanovena na  $c_t = 481\text{Kč/GJ}$ . Měsíční platba poté odpovídá 78 900Kč.<sup>2</sup>

Třetí formou vstupující energie je zemní plyn. Ten se používá výhradně k vytápění pece pro tvrzení laku hliníkových odlitků konektorů výroby a jeho spotřeba činí 817m<sup>3</sup>/měsíc. Cena zemního plynu je stanovena pro rok 2013/2014 na hodnotě  $c_p = 50\text{Kč/m}^3$ .<sup>3</sup> Platba za dodávky plynu je pak v průměru rovna 40 890Kč/měsíc.

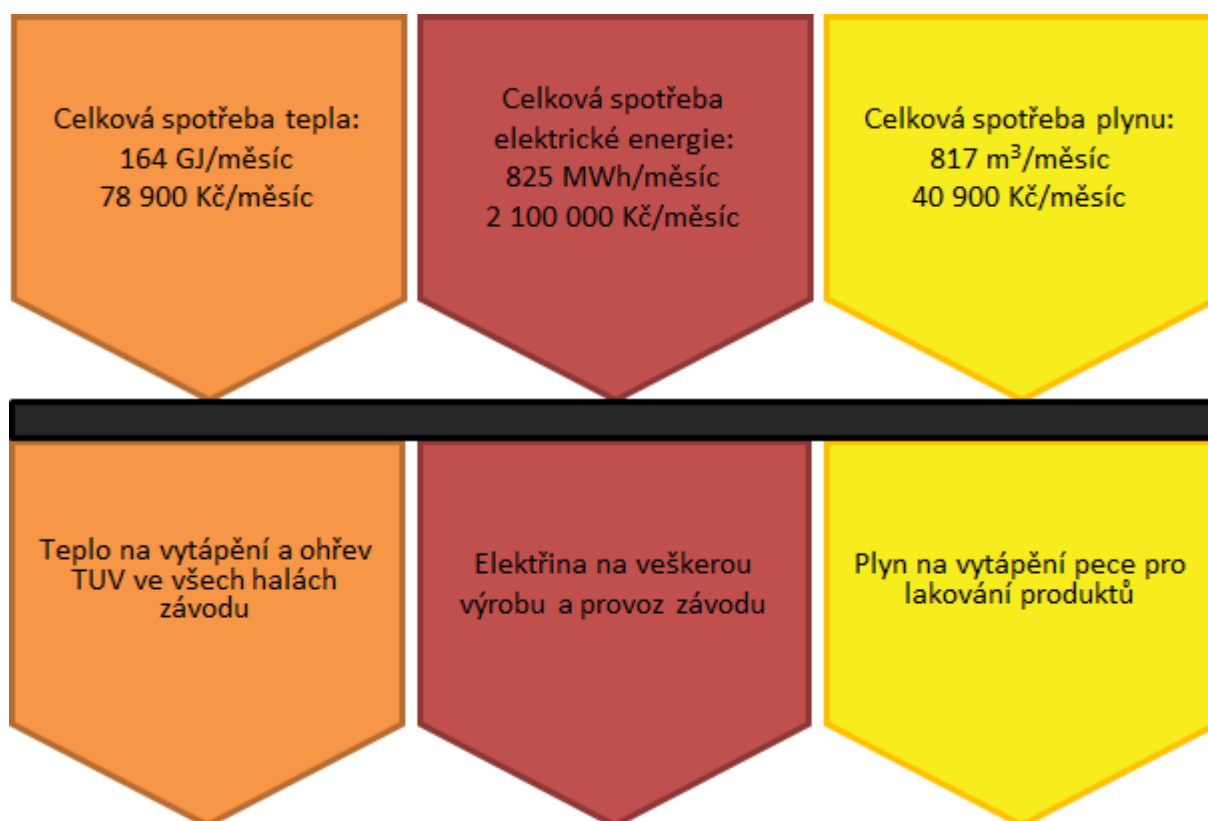
Dalším aspektem výroby je snižování ekologických dopadů, například v podobě rekuperace odpadního tepla, či re-granulace produktů, které nevyhovují specifikacím. Na následujícím grafu je zobrazení všech vstupujících forem energie a jejich využití skrze závod.

---

<sup>1</sup> Průměrná cena elektrické energie za rok 2013 dle doložených faktur je 2,49Kč/kWh

<sup>2</sup> Cena za jednotku je spočtena na základě doložených faktur za rok 2013/2014

<sup>3</sup> Cena za jednotku je spočtena na základě průměrné spotřeby plynu a průměrných měsíčních plateb za jeho odběr



Graf 1: Sankeyuv diagram vstupujících forem energie a jejich využití v závodě TEET

## 2.1 Celkový energetický stav závodu

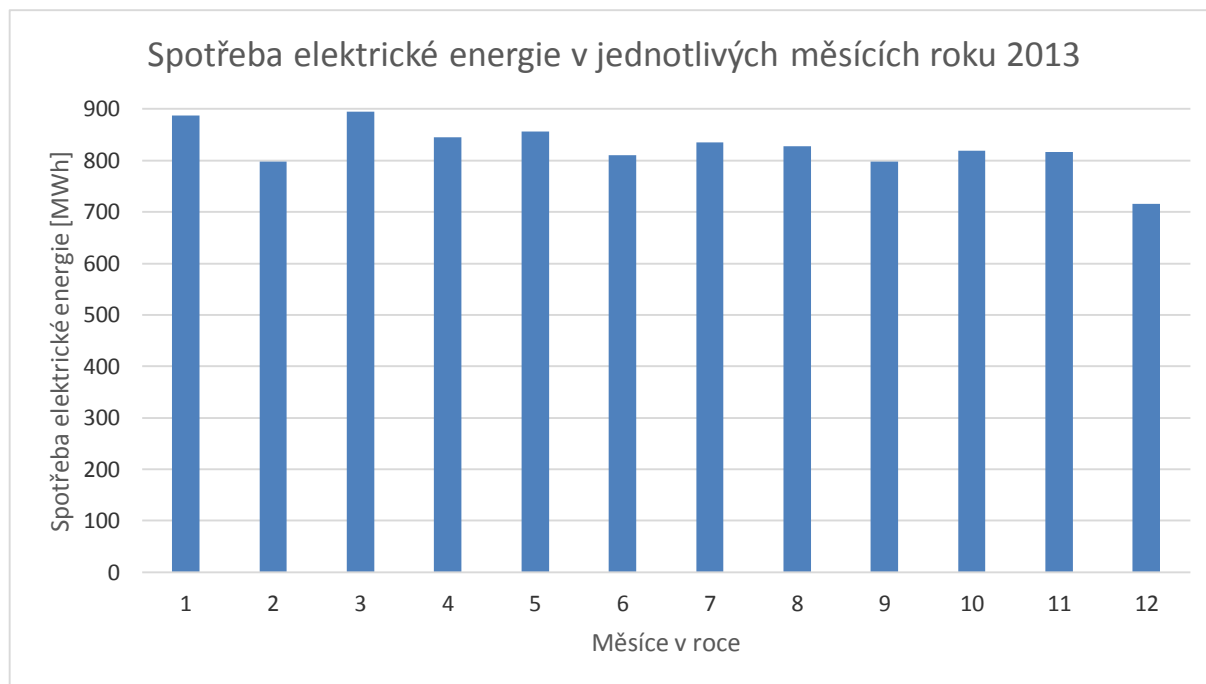
Jak již bylo řečeno v předchozí kapitole, celková měsíční spotřeba elektrické energie se pohybuje kolem 825MWh. Spotřeba v jednotlivých měsících za rok 2013 je v Tabulce 1, společně s vypočteným ročním průměrem. Dále pak spotřeba po jednotlivých halách ve stejném roce je uvedena v Tabulce 2 spolu s relativními četnostmi vyjádřenými v procentech ri [%].

Tabulka 1: Spotřeba elektřiny v jednotlivých měsících za rok 2013

Měsíc	Celková spotřeba elektřiny [MWh]
Leden	887,3
Únor	797,4
Březen	895,1
Duben	845,8
Květen	856,6
Červen	809,8
Červenec	835,1
Srpen	827,9
Září	798,4
Ríjen	818,7
Listopad	816,5
Prosinec	716,3
Průměr	825,4

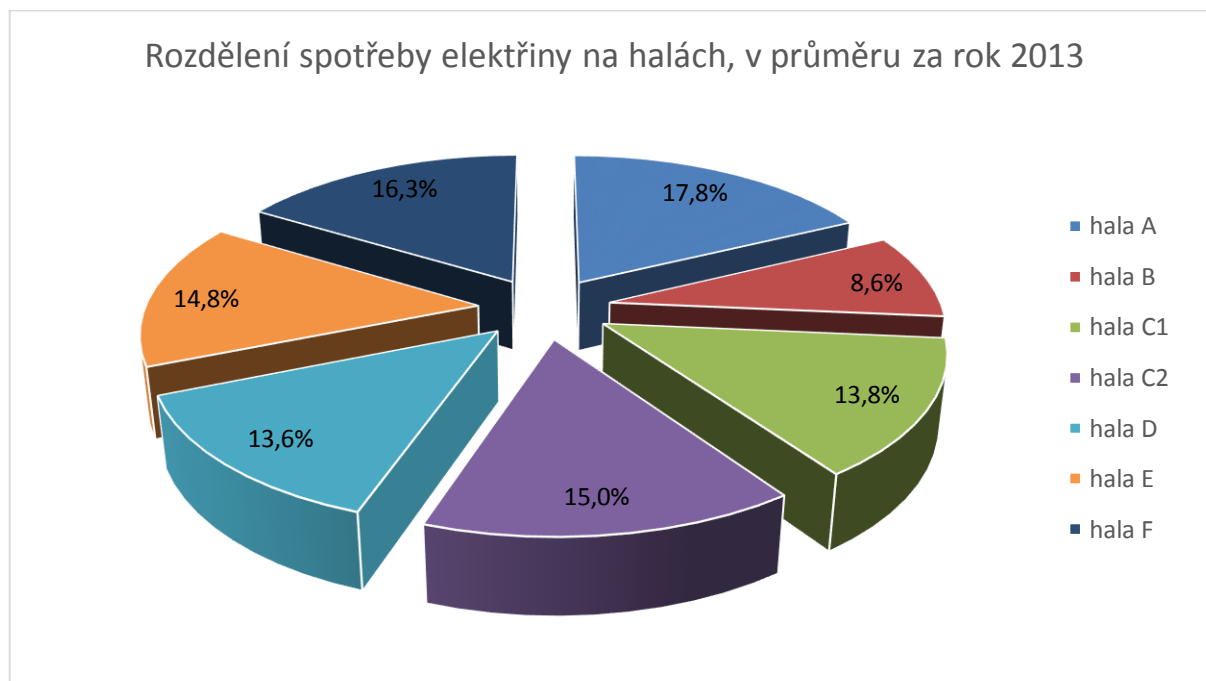
Tabulka 2: Spotřeba po jednotlivých halách

Hala	Spotřeba [MWh]	ri [%]
A	146,9	17,8
B	71,1	8,6
C1	114,2	13,8
C2	124,1	15,0
D	112,2	13,6
E	122,3	14,8
F	134,7	16,3
Celkem	825,4	100,0



Graf 2: Rozdělení spotřeby elektrické energie v závislosti na měsíci v roce 2013

Z grafu je vidět, že spotřeba elektrické energie není v průběhu roku stejná nebo v určitém smyslu systematická. Spotřeba je závislá na aktuálních spotřebách linek, které jsou řízeny vnitřním plánováním. Díky tomu jsou vidět drobné odchylky spotřeb, především kvůli různorodosti výroby a zákaznické poptávce v daných měsících. V prosinci se pak také projevuje dopad celozávodní dovolené, přes vánoční svátky.



Graf 3: Rozdělení spotřeby elektrické energie na jednotlivých halách v průměru za rok 2013

Závod má dva přívody silové elektřiny a s tím spojená i místa pro odečet celkové spotřeby elektrické energie. Důvodem je existence tří 1 600kVA transformátorů, které se stavěly v průběhu budování jednotlivých výrobních hal. Vedle toho další dílčí elektroměry slouží pro zjištění spotřeb některých linek, ale častěji celých výrobních úseků napájených z přípojnicových kabelů. Odečty, měření a vyhodnocování spotřeby se provádí každý měsíc a následně zpracovává ve formě hlášení o stavu hospodaření s elektrickou energií. V současnosti jde o základní měřiče spotřeby bez možnosti automatického sběru dat. Z toho důvodu jsou odečty prováděny pouze na povinné měsíční bázi a nelze vytvářet relevantní denní, či týdenní diagramy zatížení.

### **2.2 Ekologie závodu TEET**

Významným aspektem závodu TEET je i ekologie. Odpadní produkty, hlavně ve formě tub (hadiček), které neodpovídají specifikacím, jsou generovány v celé hloubce výroby. Druhým nedostatkem je značné množství odpadního tepla, které není v současnou chvíli dostatečně využíváno. V neposlední řadě jde o výkonné lineární urychlovače (Beamy), které patří k významným zdrojům ionizujícího záření a svými výkony jde o jedno z největších zařízení v ČR. Součástí výrobního procesu je také chlazení produktů vodou, při kterém je chladicí voda kontaminována oleji z expandérů. Ke snížení spotřeby vody z vodovodního řádu byly nedávno zhotoveny podzemní vrty a k chladicímu procesu je z velké části využívána právě tato voda.[12]

#### **2.2.1 Znečištění ve formě plastových trubiček**

Jedním z negativních aspektů výroby je produkce neshodného materiálu skrze všechny výrobní procesy. Celkové množství plastového odpadu je rovno zhruba 1,3t odpadu za den. V současnou chvíli se zavádí takzvaný proces re-granulace materiálu, kde při výrobě neshodného produktu dojde k jeho zpětnému rozemletí a využití. Tento proces je však limitován výrobními parametry, protože od fáze výroby, kdy je materiál vystaven proudu elektronů z urychlovačů (obeamován), se změní jeho chemické a fyzikální vlastnosti a proces re-granulace a následného znovuvyužití již není možný. Celková měsíční produkce tub je rovna 10 240km. Z této části je však shodného materiálu vyrobeno pouze 87%, respektive 8 900km. Měsíční odpad tedy tvoří produkce 1 340km materiálu, který převážně není možné využít ke znovuzpracování.<sup>1</sup> [14]

---

<sup>1</sup> Data o množství produkce jsou brána z interních záznamů firmy a dále z průměrných měsíčních hodnot

### 2.2.2 Odpadní teplo

Dalším z potenciálů při výrobě je odpadní teplo, které není adekvátním způsobem využíváno. Problém je citelný především v letních měsících, kdy přebytek tepla jak z výroby, tak venkovního, není možné využít k jiným účelům. V současnosti zavedená forma rekuperace odpadního tepla je ohřev TUV pomocí výměníku, na jehož primární stranu vstupuje chladicí olej z kompresorů na stlačený vzduch. S ohledem na celkový profil výroby jde o zanedbatelné využití. Další velké zdroje tepla, které vznikají při chlazení lineárních urychlovačů, ohřevech olejových lázní produktů a naopak chlazení jednotlivých výrobních linek, ale také třeba odpadní teplo z klimatizací, nejsou nijak sekundárně využívány.

### 2.2.3 Ionizující záření

V závodě TEET jsou v současnou chvíli nainstalovány 2 lineární urychlovače (Beamly EB1 a EB2). Jedná se o výkonné beta zářiče, tedy zdroje toku elektronů. Souhrnný výkon paprsků dosahuje 135kW. V prostorách urychlovačů platí omezený pohyb zaměstnanců. Trvalí operátoři tohoto pracoviště jsou povinni nosit Gaiigrův počítač, pro neustálé monitorování, zaznamenání a hodnocení velikosti dávek záření. Pokud jde o bezpečnost, jsou urychlovače uloženy v železobetonových bunkrech, které zamezují prostupu záření. Urychlovače jsou jištěny bezpečnostními okruhy, které zajistí spolehlivé vypnutí v případě nebezpečí nebo neoprávněného vniknutí. V případě vystavení obsluhujícího personálu záření, vyvstává riziko nemoci z ozáření, či jiných zdravotních problémů souvisejících s touto nemocí. Protože se nejedná o trvalý druh beta záření, tak v případě, že je urychlovač vypnutý, nevzniká zde žádné zdravotní riziko.

### 2.2.4 Znečištění vody

V závodě TEET nejde jen o samotné znečištění vody, ale také její velkou spotřebu. Kvůli dostatečnému zajištění jsou zde 3 hloubkové vrty pro její získávání a zbytek je doplňován z vodovodního řádu. Co se týká nároků na její kvalitu, je zapotřebí čistá pitná voda. Z toho důvodu je nezbytné vodu z vrtu nejprve vyčistit přes pískové filtry a následně provést další technologické úpravy. V procesu výroby je touto vodou chlazen vlastní výrobek (umělohmotná tuba), často zahřátý nad 100°C. Jelikož se voda při tomto procesu kontaminuje jak příměsí umělé hmoty, tak v dalších částech výroby i horkými oleji, není možná cirkulace v uzavřeném okruhu. Z toho důvodu určitá část chladiwa (vody) odtéká kontinuálně do kanalizace.



### 3. ZÁKLADNÍ PROCESY VÝROBY

Většina výroby je v současnou chvíli automatická, ale i tak je pro každý proces vyčleněn jeden operátor, který jednak zavádí materiál, jednak sleduje chod všech součástí linky a kontroluje kvalitu výrobku. Nejméně efektivní je poslední z procesů - finalizace. Po zpracování na linkách jsou další nezbytné úpravy prováděny především ručně.

#### 3.1 Extruze

První z procesů výroby tepelně smrštitelných tub je proces extruze neboli v překladu vytlačování. Vstupním materiálem je granulát různých druhů polyetylenu. Granulát je před samotným zpracováním vložen do horkovzdušných pecí, kde je dokonale vysušen, aby se zbavil vody, která by v procesu výroby znehodnocovala výsledný produkt. V dalším kroku je granulát nasáván pomocí vývěvy z pecí a potrubím přiváděn k extruzním linkám. Zde se materiál dostane do šnekového lisu, který granulát slisuje a zároveň tímto zahřeje na požadovanou teplotu. Výstupním produktem je polotovár, nekonečná hadička nebo jiná tuba různých profilů. Aby za extruderem nedocházelo k deformacím měkké hadičky, je do ní vháněn vzduch pod definovaným tlakem. Poté nastává proces zachlazení v chladicí vaně, kde cirkuluje voda o teplotě kolem 10°C. Následně je tuba odváděna takzvaným odtahem a stáčená na připravené kovové nebo plastové cívky pro další průběh výroby.

#### 3.2 Beam

Druhým krokem při výrobě je takzvané obeamování materiálu. Plastová hadička je zavedena do bunkru, kde prochází proudem elektronů z lineárního urychlovače. Ten je předem nastaven tak, aby dávka ozáření odpovídala druhu materiálu a byla stejná v celém jeho průřezu a délce. Proces slouží k vytvoření takzvaných cross-link vazeb, tedy mezi-atomárních vazeb, které způsobí, že si materiál po extruzi zapamatuje svůj tvar. Vedle toho, že si hadička pamatuje své rozměry, získá díky ozáření další výhodné vlastnosti. Odolnost vůči ohni, žáru, chemickým látkám a v neposlední řadě stálost při vystavení extrémním povětrnostním podmínkám. Z beamu je materiál odváděn opět ve formě natočených cívek.

#### 3.3 Expanze

Po ozáření tuby pokračuje proces výroby fází expanze. Jak název napovídá, jde o nafouknutí profilu tuby na větší rozměr. Proces probíhá v několika krocích, kde prvním je zavedení trubičky do expandéru. Expandér je velká tlaková nádoba, kterou protéká olej o vysoké teplotě od 100 do 180°C. V expandéru a v tubě je udržován stejně vysoký tlak, pomocí

automatiky. Tuba je při tomto procesu zahřáta na požadovanou teplotu, aby se dala snadněji nafouknout. V dalším kroku na výstupu z expandéru na tubu nepůsobí tlak expanzní nádoby, ale pouze tlak uvnitř hadičky. Ta je tímto rozdílem tlaků roztažena na daný rozměr limitovaný velikostí expanzního nástroje a následně rychle schlazena, aby se její rozměr zafixoval na požadované hodnotě. V posledních krocích nastává proces úplného zachlazení v chladicích vanách a následného měření parametrů produktu. Poté je již materiál odtahován a stáčen na centry (velké kovové válce).

### **3.4 Finalizace**

Na závěr je třeba tuby na centrech (jednotky až desítky kilometrů) upravit do potřebných délek, které poté odcházejí k zákazníkovi. Vlastní finalizace produktů spočívá ve stáčení materiálu dle zákaznických specifikací na menší cívky o délkách stovek nebo i jednotek metrů, až po sekání do předem připravených krabic na malé části v délkách jednotek až desítek centimetrů. Poté jsou výrobky baleny a převáženy do skladů.

### **3.5 Ostatní výroba**

Kromě tepelně smrštitelných hadiček jako hlavního produktu výroby, jsou v závodě TEET ještě výroby další. První z nich, výroba průmyslových konektorů zvaná (HTS) obstarává obrábění, vrtání a lakování jejich hliníkových krytů. Následuje výroba solárních kabelů zvaná (Solar) pro propojování panelů solárních elektráren. Poslední je výroba (Markers), což je výroba, respektive extruze PVC popisovačů a označovačů pro elektrické kabely.

Vedle jednotlivých výrob jsou v areálu i sklady vstupního a výstupního materiálu. Dále pak několik kanceláří a technických místností. A v neposlední řadě nástrojárna, kde se vyrábějí a upravují komponenty linek.

#### 4. ROZDĚLENÍ HLAVNÍ SPOTŘEBY ELEKTŘINY VE VÝROBĚ

Velkých spotřebičů elektrické energie je v závodě mnoho. Mezi ty nejvýznamnější patří zejména motory pohánějící extruzní linky, lineární urychlovače na beamu, ohřívání oleje na expanzních linkách, chlazení materiálu prakticky skrze všechny výrobní procesy a další.

V následující tabulce jsou hodnoty spotřeby jednotlivých druhů výrob vypočtené z průměrných hodnot měsíčních spotřeb za rok 2013. Je patrné, že největší spotřebu elektrické energie mají linky expanze a extruze. Mezi zástupce vedlejší spotřeby patří kompresory na stlačený vzduch, který se používá na všech linkách. Nezanedbatelná je i spotřeba vzduchotechniky a osvětlení celého závodu, kdežto ostatní spotřeby jsou podružné.

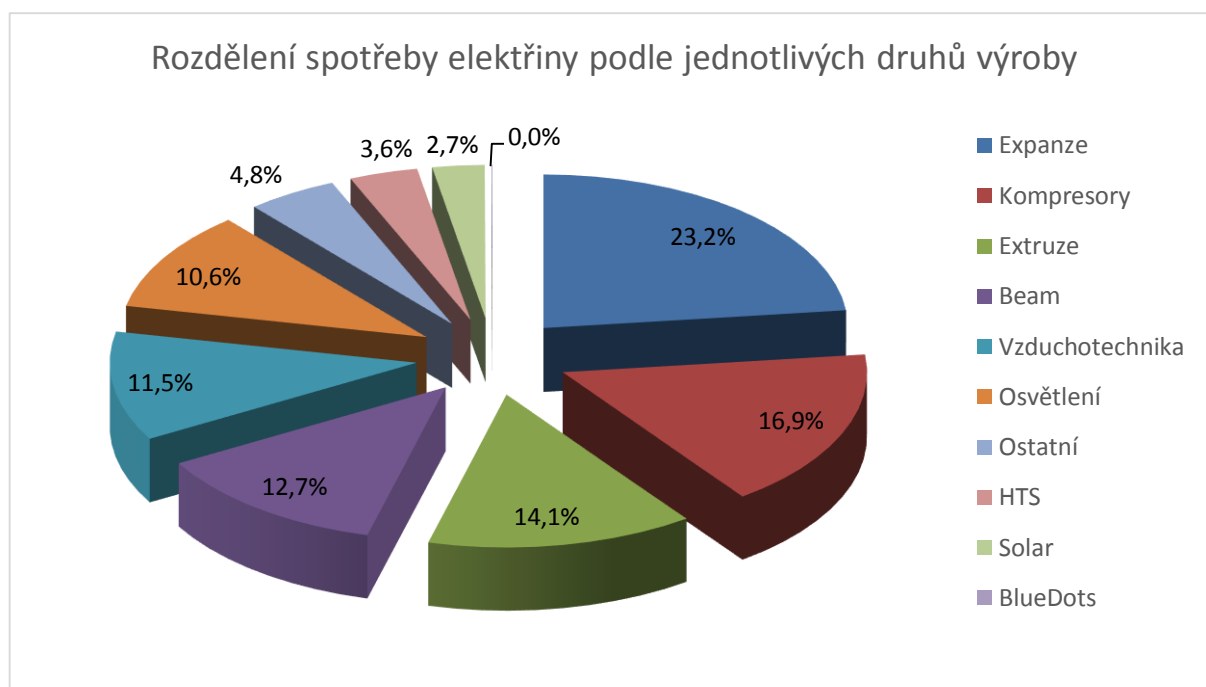
*Tabulka 3: Hodnoty průměrné spotřeby elektrické energie skrze výrobní procesy*

Spotřeba výroby	MWh <sup>1</sup>	ri [%]
Expanze	191,1	23,2
Kompresory	139,3	16,9
Extruze	116,0	14,1
Beam	104,5	12,7
Vzduchotechnika	94,8	11,5
Osvětlení	87,2	10,6
Ostatní	39,4	4,8
HTS	29,8	3,6
Solar	22,6	2,8
Blue Dots	0,4	0,1
Celkem	825,4	100,0

V Grafu 4, je zobrazeno pareto spotřeb elektrické energie dle jednotlivých výrob, přepočteno podle průměrných hodnot spotřeb za jednotlivé měsíce roku 2013. Pod položkou Ostatní jsou zahrnuty skladové prostory, osvětlení chodníků, spotřeba kanceláří a stravovacích prostor.

---

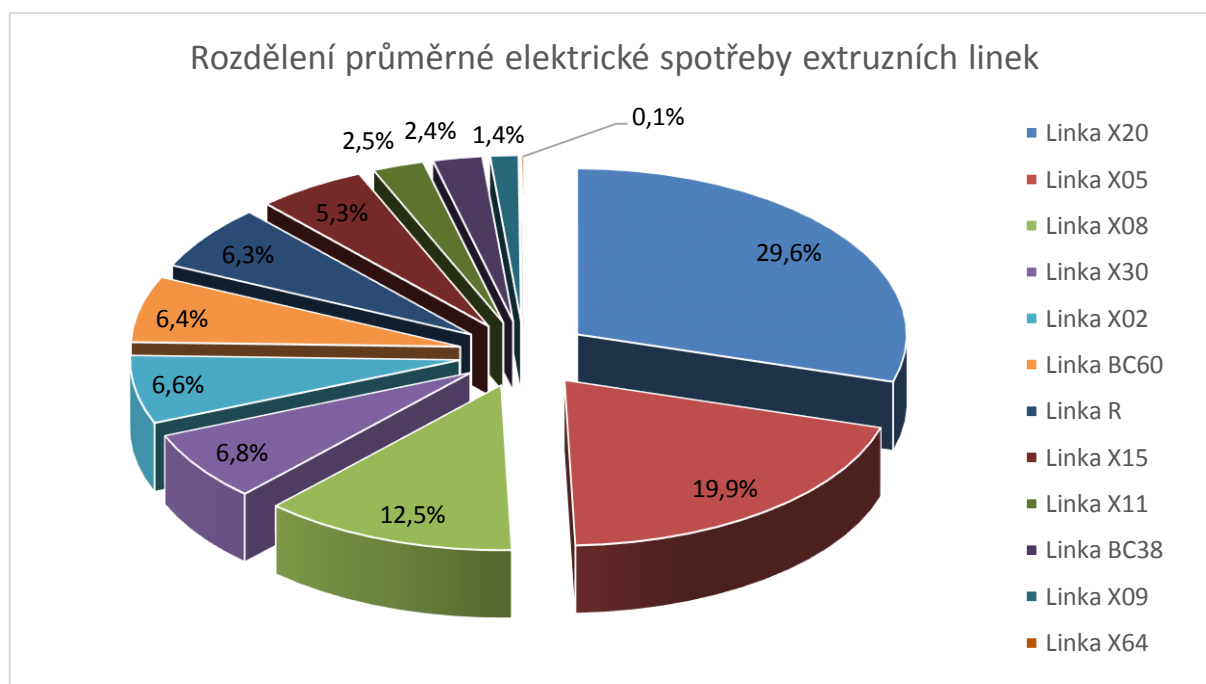
<sup>1</sup> Pokud není určeno jinak, jedná se o měsíční údaje



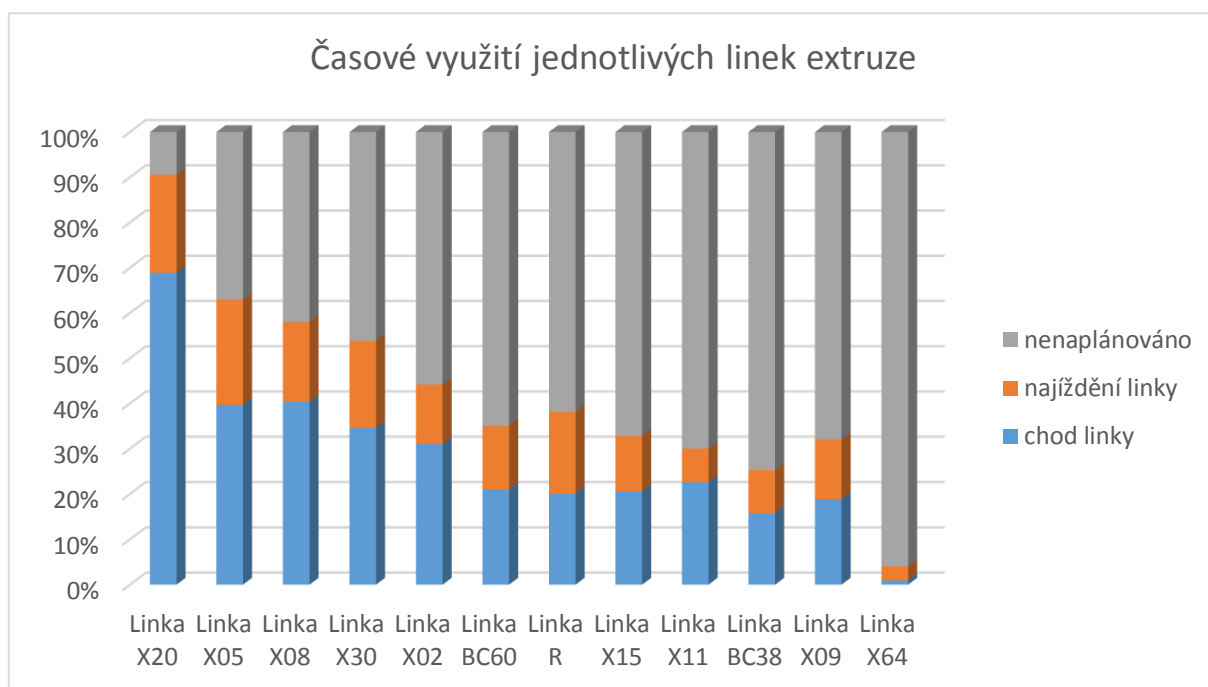
Graf 4: Rozdělení spotřeby elektrické energie podle jednotlivých druhů výroby

#### 4.1 Rozdělení spotřeby elektrické energie na extruzních linkách

Extruzní výrobu tvoří 12 výrobních linek, které se liší svoji velikostí a také využitím. Spotřeba těchto linek je v průměru 14% z celkové spotřeby, což představuje 116MWh měsíčně. V následujících grafech jsou vidět právě jednotlivé spotřeby linek a jejich časové využití.



Graf 5: Rozdělení průměrné spotřeby elektrické energie mezi extruzními linkami



Graf 6: Časové využití jednotlivých linek extruze<sup>1</sup>

Celková produkce materiálu ze všech linek extruze je rovna 10 240km/měsíc. Výroba shodného materiálu je poté rovna 9 386km/měsíčně, respektive se zde vyrobí 8,3% neshodného produktu. Toto množství odpovídá 854km odpadního materiálu.

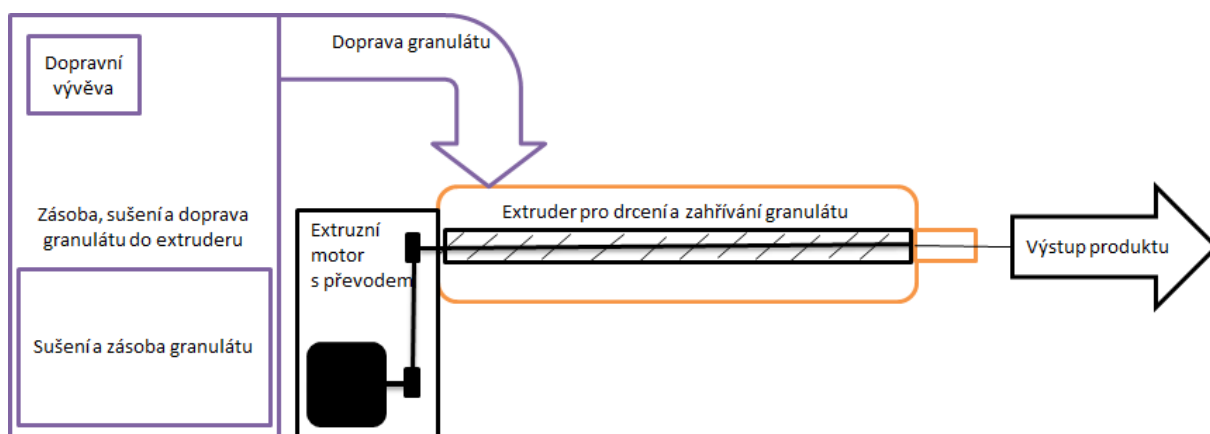
#### 4.1.1 Náskres a rozbor linky

Tabulka 4: Rozdělení průměrné měsíční spotřeby elektrické energie na lince extruze

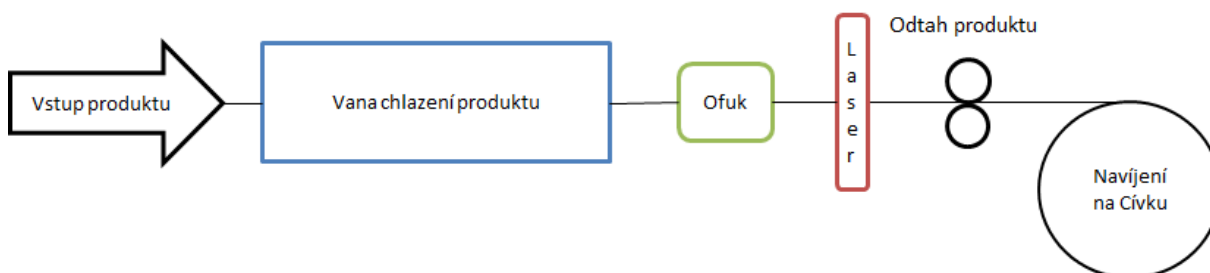
Zařízení na lince	Spotřeba [kWh]	ri [%]
Motory extruderu	71 828	61,9
Sušení granulátu	10 617	9,1
Vana chlazení	9 586	8,3
Ohřev hlavy extrud.	6 876	5,9
Navíjení produktu	3 907	3,4
Měření parametrů	3 527	3,0
Chladicí jednotky	3 313	2,9
Vývěva	3 237	2,8
Odtah produktu	2 526	2,2
Vzduchotechnika	514	0,4
Ostatní	162	0,1
<b>Celkem</b>	<b>116 091</b>	<b>100,0</b>

<sup>1</sup> Časové využití linek je bráno z interních záznamů firmy o produkci

Každá výrobní linka se skládá z jednotlivých částí. Mezi hlavní části chronologicky podle postupu výroby patří *sušení granulátu* společně s dopravní *vývěvou*. Dále pak hnací *motor extruderu*, který pohání šnekové ústrojí a rozemílá granulát. Další částí je *extruzní hlava*, zahříváná na nastavenou teplotu, která tvaruje výsledný produkt. Poté je tuba zchlazena ve *vaně*, kde je studená voda o teplotě kolem 10°C a cirkuluje pomocí čerpadel přes *chladicí jednotku*. Po zchlazení materiálu se kontinuálně *laserově měří* jeho parametry a to vnější průměr (outside diameter "OD"). Po změření jeho vlastností je produkt takzvaně *odtažen* pomocí válců s pohonem a je *navíjen* na cívky. Na lince také figuruje *vzduchotechnika* a to jako centrální odsávání prostoru nebo místní odsávání technologie. Nedílnou součástí je ofukování materiálu z důvodu odstranění chladicí vody před měřením OD a navíjením. Na každé lince je také spousta automatických a řídicích prvků pro kontrolu a monitorování procesu výroby. Na následujících Obrázcích 2 a 3 je znázorněna výroba produktu na extruzní lince.



Obrázek 2: Proces extruzní výroby



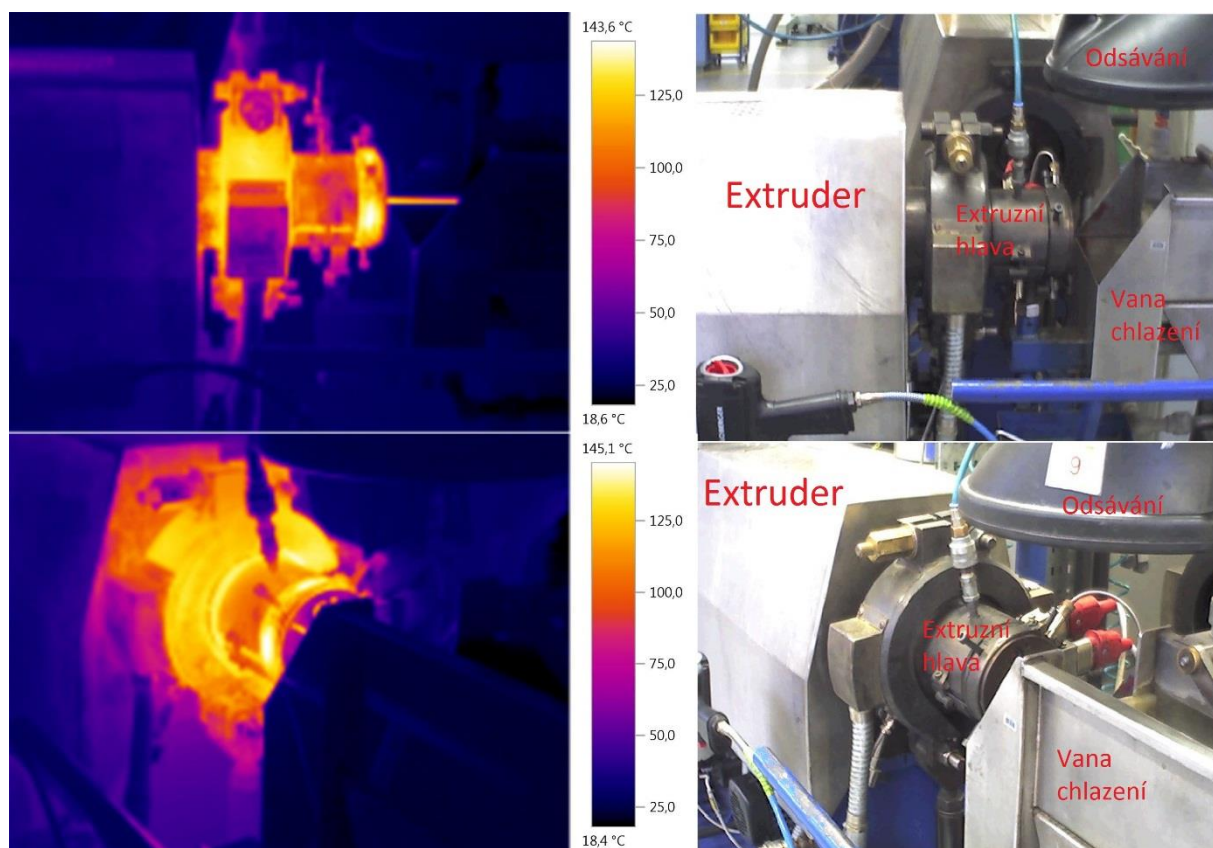
Obrázek 3: Proces extruzní výroby pokračování



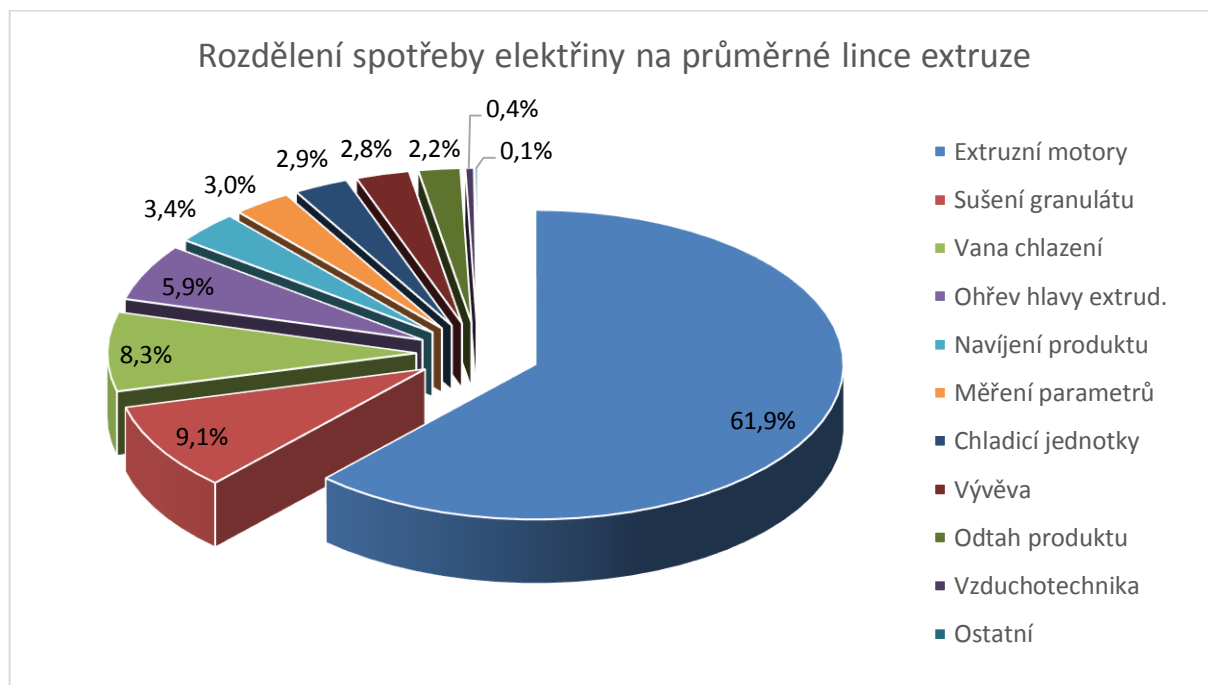
Obrázek 4: Foto extruzní výroby

Fotografie na Obrázku 4 přibližuje proces extruzní výroby. Vlevo nahoře je zásobník společně s vývěvou nasávající granulát, ten pokračuje do střední části, kde se nachází extruder poháněný extruzním motorem přes převodovku vlevo. Z hlavy extruderu za ochranným krytem je materiál vytlačován v podobě tuby a pokračuje dále do chladicí vany. Mimo obrázek je tuba dále osušována a dříve, než je navinuta na cívku, jsou měřeny její parametry laserovým, popřípadě ultrazvukovým přístrojem.

Obrázek 5 znázorňuje tepelný profil extruzní výroby. Termo kamera ukázala, že nejvyšší teplota je na samém konci vytlačování materiálu tj., *extruzní hlavě*, kde dosahuje 150°C. Samotná teplota extruderu (šnekového ústrojí) není díky zakrytování zvláště vysoká, takže nepřesahuje 50°C. Snímek byl pořízen za účelem představy, jak extruzní výroba (extruzní hlavy) ovlivňuje teplotu výrobních hal. Z uvedeného vyplývá, že především v letních měsících, musí být teplota na halách upravována pomocí klimatizace. [16]



Obrázek 5: Tepelný snímek extruzní výroby

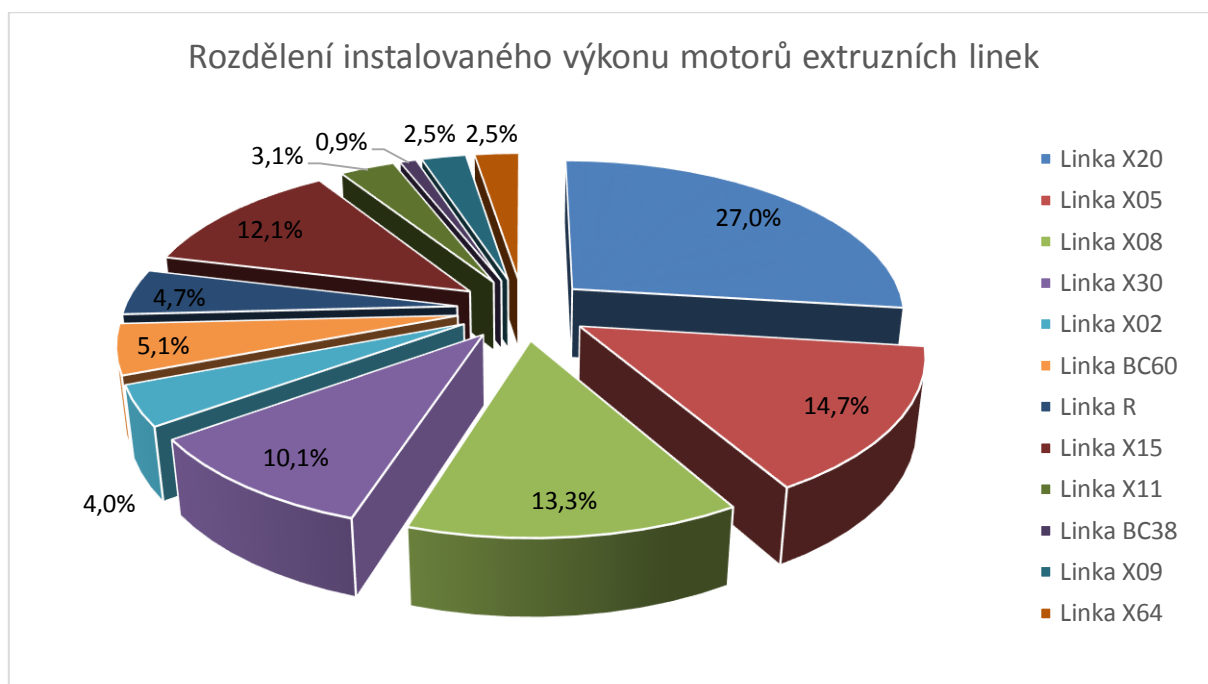


Graf 7: Rozdělení spotřeby elektrické energie na průměrné extruzní lince

Hlavním spotřebičem elektrické energie na extruzních linkách podle uvedeného grafu je jejich motor, který pohání šnekové ústrojí, které lisuje a zahřívá vstupní materiál.



Procentuální rozdělení instalovaného výkonu motorů jednotlivých linek znázorňuje Graf 8. Uvedená data korelují s Grafem 5, který zobrazuje rozdělení spotřeby na jednotlivých linkách. Celkový instalovaný výkon extruzních motorů dosahuje téměř 600kW.



Graf 8: Rozdělení instalovaného výkonu extruzních motorů

#### 4.1.2 Hodnocení efektivity linek

Pro srovnání spotřeby a efektivity linek je třeba zavést hodnotící kritéria. V tomto případě byla zavedena 2 hlavní kritéria a to měrné náklady na výrobu 1km produktu  $n_{1km}$  (vyjádřené jako náklady na spotřebovanou elektrickou energii na 1km) a měrné náklady  $n_{1hm}$  a průměrné náklady  $n_{1hp}$  na spotřebovanou elektřinu za 1h provozu všech extruzních linek.

##### 4.1.2.1 Kritérium měrných nákladů na spotřebovanou elektřinu vztážené na výrobu 1km produktu

Měrné náklady na výrobu 1km produktu jsou závislé na několika aspektech. Především na vstupním materiálu, který může být na linkách rozdílný, dále pak na rychlosti výroby, velikosti výstupního produktu a samozřejmě na typu linky. Pro výpočet tohoto kritéria je zapotřebí znát celkovou spotřebu elektrické energie jednotlivých linek  $W_e$  [kWh], dále celkovou produkci materiálu na lince  $M_c$  [km] a cenu elektrické energie  $c_e$  [Kč/kWh]. Pro

výpočet použiji vzorec, kde celkovou spotřebu elektrické energie vydělím celkovou produkcí materiálu a vynásobím cenou elektrické energie.<sup>1</sup> Výsledek je znázorněn v Grafu 9.

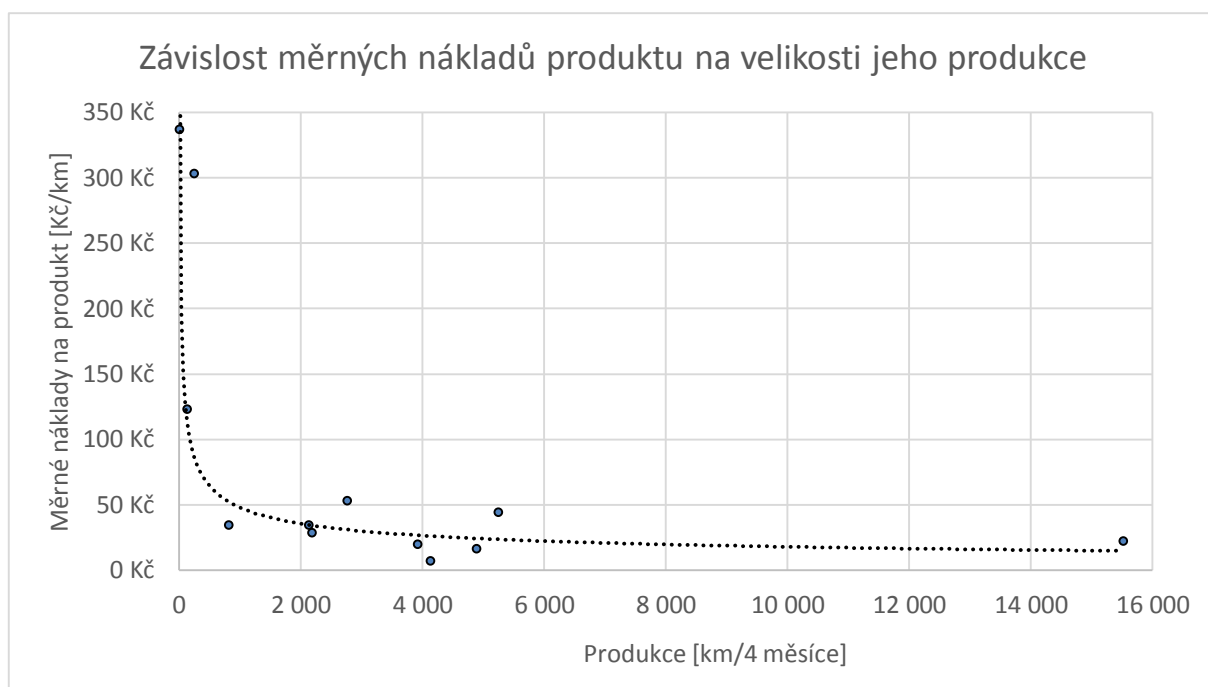
$$n_{1km} = \frac{W_e}{M_c} * c_e \text{ [Kč/km]} \quad (1)$$



Graf 9: Měrné náklady výroby 1km produktu na jednotlivých linkách extruze

Je zřejmé, že největší měrné náklady na výrobu jsou na linkách X09, X64 a BC60. Vůbec nejnákladnější produkce je na lince X64, kde hlavním důvodem je výroba velkého portfolia specifických produktů v malém množství. Linka je za stejný čas schopná vyrobit oproti ostatním jen menší produkci, což je odvislé od nízké extruzní rychlosti. Vedle toho linka patří mezi nevytížené, časové využití je pouze 3%. Obdobný problém vysokých nákladů produkce je i u druhých jmenovaných linek, které stejně tak nejsou vytížené, protože produkují specifické výrobky. Závislost měrných nákladů 1km produktu na produkci znázorňuje Graf 10. Ze závislosti je vidět, že se zvyšující se produkcí materiálu, klesají měrné náklady na výrobu. U velmi nízké produkce (linka X64) lze pozorovat i více jak 5X vyšší měrné náklady, než u průměrné produkce materiálu.

<sup>1</sup> Data o produkci jsou brána z interních záznamů firmy



Graf 10: Závislost měrných nákladů produktu na velikosti jeho produkce [km/4měsíce]

#### 4.1.2.2 Kritérium nákladů na 1h provozu linek

Náklady na spotřebovanou elektrickou energii linky za 1h provozu jsem rozdělil na měrné a průměrné. Výpočet je v prvním případě odvislý od časového využití linek a ve druhém případě jde o prostou průměrnou hodnotu. Pro výpočet tohoto kritéria je třeba znát celkovou spotřebovanou elektřinu jednotlivých linek  $W_e$  [kWh] a celkový možný čas chodu linek v daném období, respektive jejich časové využití  $s_t$  [%]. Pro první výpočet platí, že měrné náklady na 1h provozu linek  $n_{1hm}$  jsou rovny celkové spotřebě elektrické energie na lince, dělené celkovým počtem hodin, kdy je linka v provozu  $t_r$  [h]. Celkový počet hodin je roven součtu času, kdy linka najíždí a kdy vyrábí shodný produkt.

$$n_{1hm} = \frac{W_e}{t_r} * c_e \text{ [Kč/h]} \quad (2)$$



Graf 11: Měrné náklady na 1h provozu linek extruze

Na rozdíl od kritéria měrných nákladů na 1km produktu je patrné, že měrné náklady na 1h provozu linek se řídí instalovaným výkonem, respektive spotřebou linky. Mezi zástupce nejnákladnějších linek, a v tomto případě i největších, patří X20, X05 a X08. Tyto linky vyrábějí tuby větších rozměrů, popřípadě tuby dvouvrstvé. Zde je vidět jistá paralela s Grafem 8, znázorňujícím rozložení instalovaného výkonu motorů linek. Naopak mezi nejméně nákladné linky patří X64, X09 a X11, které vyrábějí tuby menších rozměrů a obvykle je u nich nižší rychlost vytlačování materiálu. Pro výpočet průměrných nákladů na 1h provozu linek platí, že celkovou spotřebovanou energií  $W_e$  vydělím celkovým možným časem provozu za dané období. Respektive současné hodnoty  $n_{1hm}$  jsou vynásobeny časovým využitím linek  $s_t$  [%].

$$n_{1hp} = n_{1hm} * s_t = \frac{W_e}{t_r} * c_e * s_t \text{ [Kč/h]} \quad (3)$$



Graf 12: Průměrné náklady na 1h provozu linek extruze

Z grafu je zřejmé, že průměrné náklady na provoz linek se řídí především jejich časovým využitím. Nejvyužívanější linka je X20, která má ve všech ohledech největší spotřebu elektrické energie a tudíž i nejvyšší náklady.

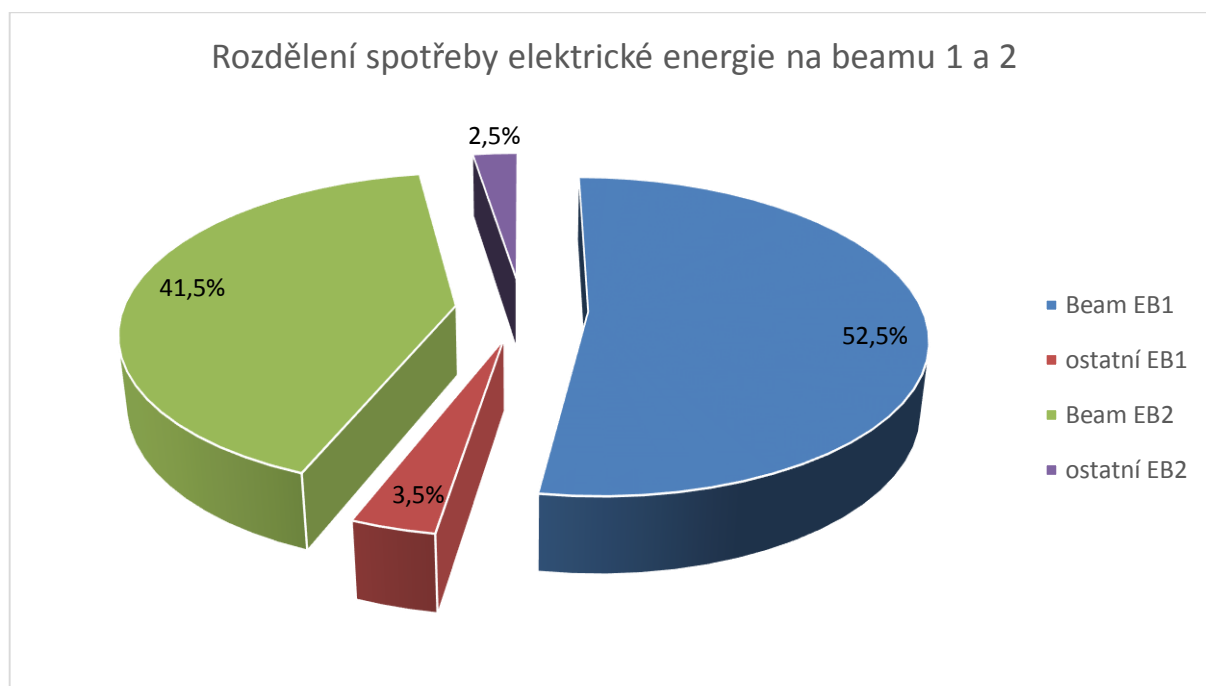
#### 4.1.3 Shrnutí

Pomocí prvního kritéria je vidět, že zde jsou linky, u kterých jsou měrné náklady na výrobu produktu velice vysoké. Avšak z hlediska spotřeby a následné úspory nákladů za elektřinu jsou takové linky nevýznamné. Pomocí tohoto kritéria mohou být stanoveny orientační měrné náklady produkce. Průměrné měrné náklady na výrobu 1km produktu jsou poté 86Kč. Z hlediska hodnocení linek, je pro potřeby této práce určující jejich spotřeba a měrné náklady na 1h provozu. Průměrné náklady na 1h provozu všech linek extruze jsou rovny 409Kč. Největším konzumentem elektřiny je linka X20 a to především její 2 extruzní motory, každý o výkonu 80kW. Pro úsporná opatření s nejvyšší účinností na snižování spotřeby by bylo vhodné uvažovat právě o této lince. Na druhou stranu jsou zde instalovány poměrně nové a účinné stejnosměrné motory, tudíž by investice do výměny nepřinesla kýžený efekt. Dalšími z velkých konzumentů jsou linky X05 a X08.

## 4.2 Rozdělení spotřeby elektrické energie na Beamech

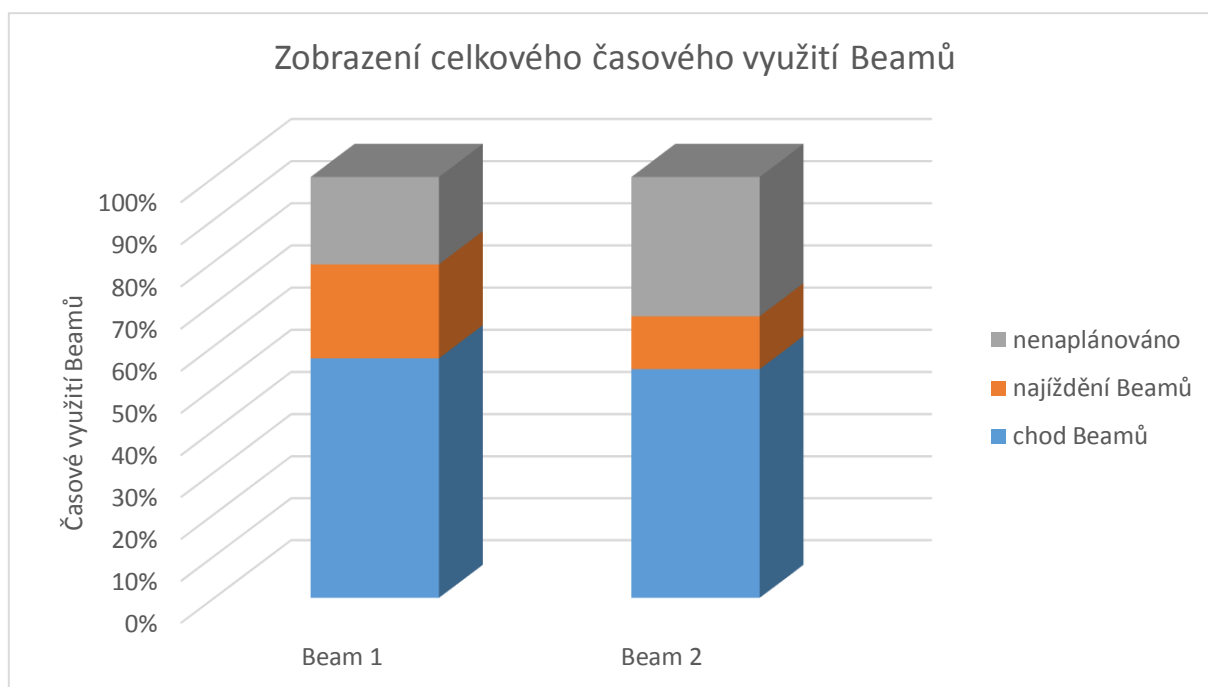
Druhým z procesů výroby je beamování (ozařování) materiálu. Spotřeba beamů se pohybuje v průměru kolem 13% z celkové spotřeby závodu, což představuje 105MWh měsíčně.

Závod Poříčí disponuje 2 beamy s maximálními výkony paprsků (beam EB1) 60kW a (beam EB2) 75kW. Při maximálním souhrnném příkonu 250kW. V následujících grafech je vidět spotřeba beamů a jejich časové využití.



Graf 13: Rozdělení spotřeby elektrické energie mezi beamy 1 a 2

Majoritní spotřebu beamů tvoří jejich urychlovače (Beam EB1 a Beam EB2). Ostatní spotřeba je tvořena chlazením beamů a produktu, odvíjením a jeho navíjením, dále pak příslušnou řídicí elektronikou.

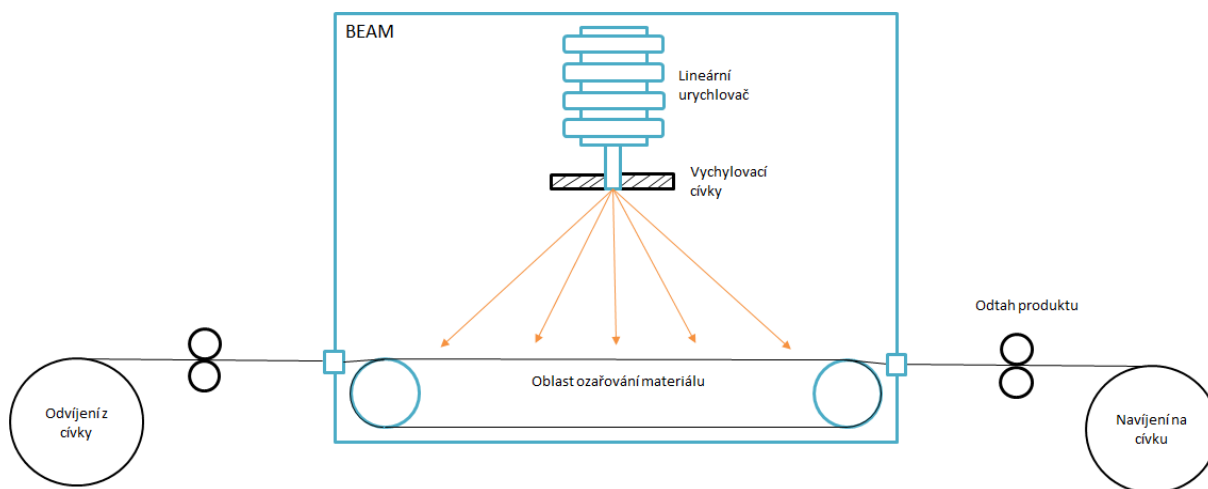


Graf 14: Zobrazení časového využití beamů

Celková produkce materiálu na beamech je 9 386km produktu měsíčně. Z tohoto množství se vyrobí 0,3% neshodného výrobku, tedy 26km. Výroba shodného produktu na Beamu je poté 9 360km/měsíc. Důvodem nízké produkce neshodného materiálu je fakt, že na beamu nedochází ke zdlouhavému najíždění materiálu, ani k jeho znehodnocování.

#### 4.2.1 Nákres a rozbor beamů

Beam 1 a 2 se liší pouze stářím, beam 2 je novější, a také se liší mechanickým nastavením transportu materiálu. Součástí beamu EB2 je dvojitý naviják a odviják materiálu, čímž dochází k efektivnější výměně cívek. Beam jako zařízení je poměrně jednoduché, kde se na začátku transformuje napětí na -1 500 000V a je přivedeno na nejvyšší elektrodu lineárního urychlovače. Postupně jsou zde další elektrody směřující níže k zemi a každá z nich má o 30 000V nižší záporné napětí, než předešlá, dokud se nedostane na nulový potenciál země. Celé zařízení se dá představit jako velká elektronka. Nad elektrodami je generátor elektronů (žhavení), poté jsou tyto částice vtaženy do elektrického pole, které je postupně urychluje. Za urychlovačem částic jsou vychylovací cívky, které z úzkého svazku vytvoří obdélníkové pole působící na procházející materiál stejnou intenzitou. Materiál je zaveden do bunkru a zde je omotán ve formě několika návinů podle specifikace produktu. Po obeamování je tuba odtažena a zpět navijena na cívky.



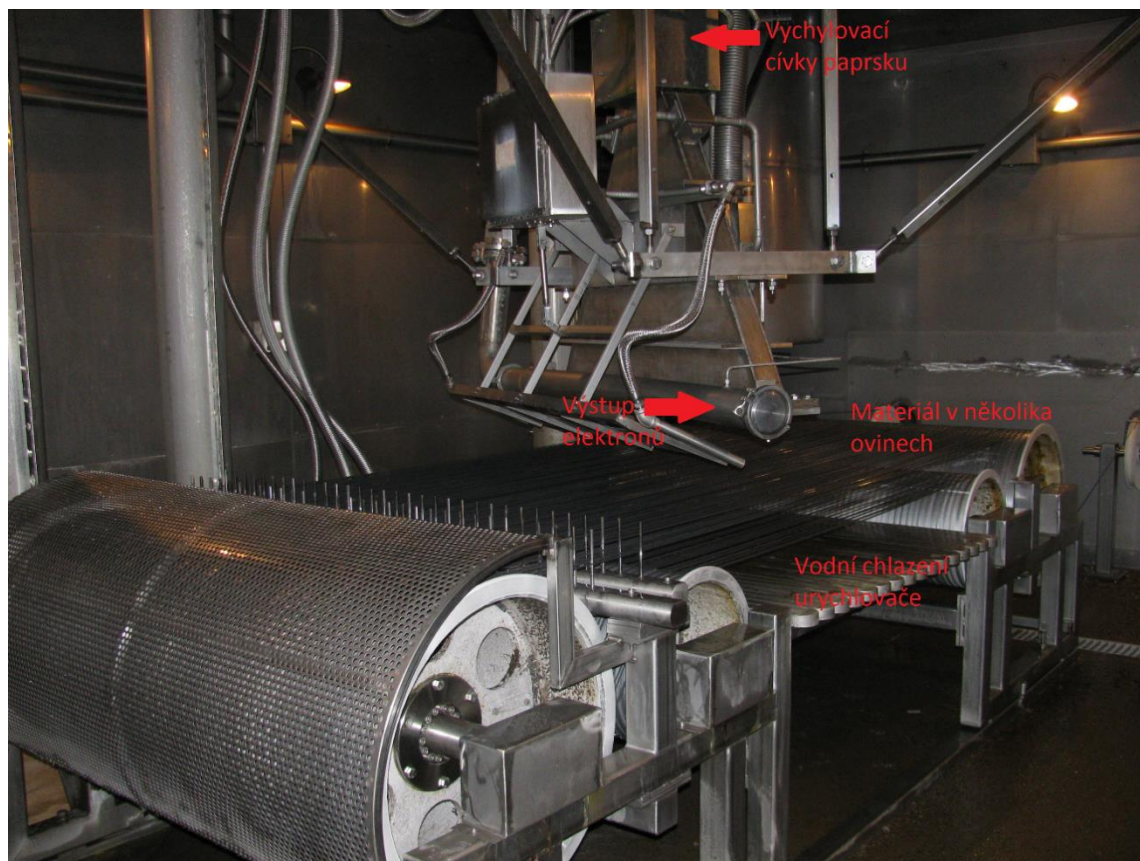
Obrázek 6: Proces výroby na beamu

Na Obrázcích 7-9 je pohled na vnitřek lineárního urychlovače v bunkru. Na Obrázku 7 je lineární urychlovač v ochranném pouzdře, které je napuštěno inertním plynem vytvářejícím silné dielektrikum ( $\text{SF}_6$ ) a tvoří tak ochrannou atmosféru. V dolní části je trubice výstupu z urychlovače, kterou proudí elektrony do spodní části bunkru. Na Fotkách 8 a 9 lze vidět spodní část bunkru, kde se zavádí produkt. Jsou zde vychylovací cívkou, které z úzkého paprsku tvoří široký, s nižší intenzitou, ale větším záběrem plochy. Pod materiálem jsou stočeny trubky, které slouží jako zem pro elektrony a je zde zmařena jejich zbytková energie po průchodu materiálem.





Obrázek 7: Vnitřní pohled na lineární urychlovač v ochranném pouzdře



Obrázek 8: Oblast ozařování materiálu elektronovým paprskem



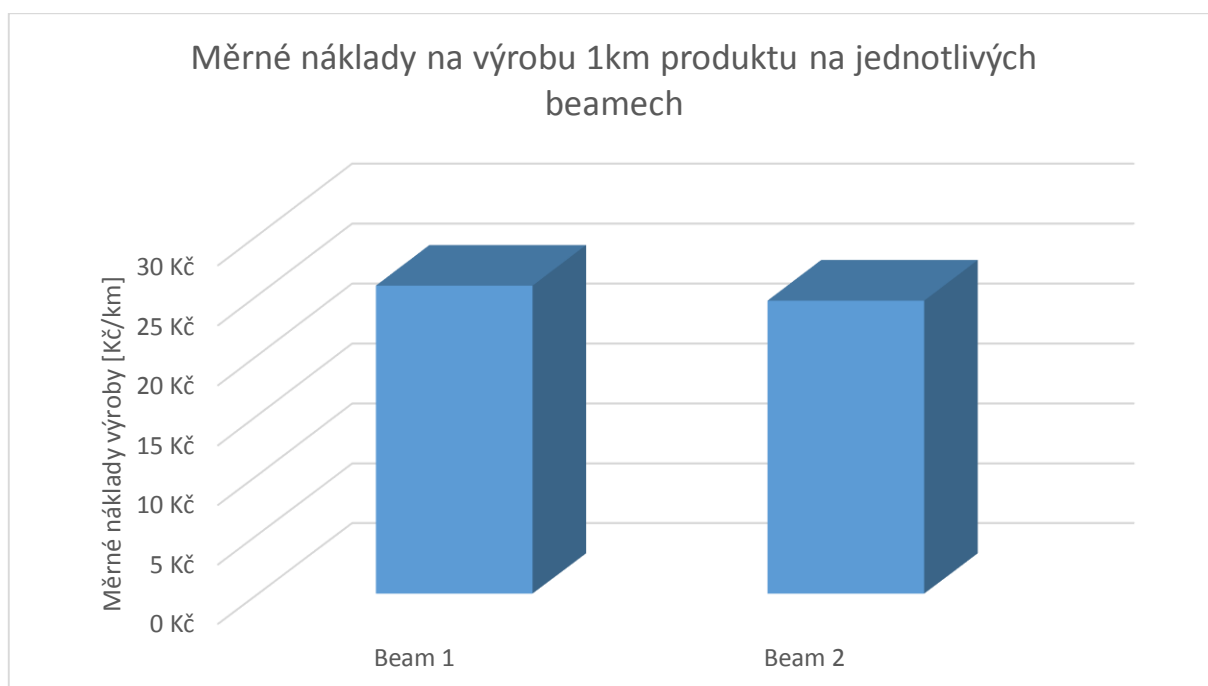
Obrázek 9: Materiál v několika ovinech pod výstupem ozařování

#### 4.2.2 Hodnocení efektivity beamů

Jako srovnávací kritérium budu opět brát měrné náklady na výrobu 1km produktu a měrné a průměrné náklady na 1h provozu jednotlivých beamů a jejich součástí.

##### 4.2.2.1 Kritérium měrných nákladů na spotřebovanou elektřinu vztážené na výrobu 1km produktu

V tomto prvním kritériu vypočtu měrné náklady na výrobu 1km produktu pomocí podílu celkové spotřeby elektrické energie a celkového počtu vyrobených kilometrů.

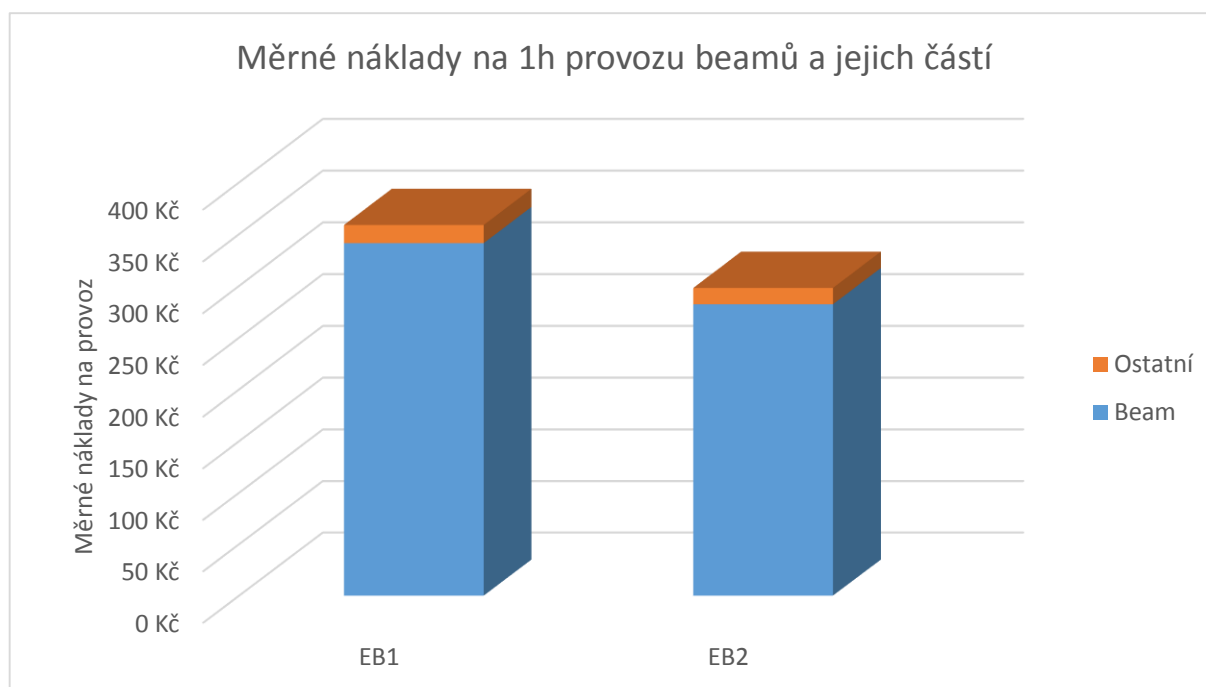


Graf 15: Měrné náklady na výrobu 1km produktu na beamu 1 a 2

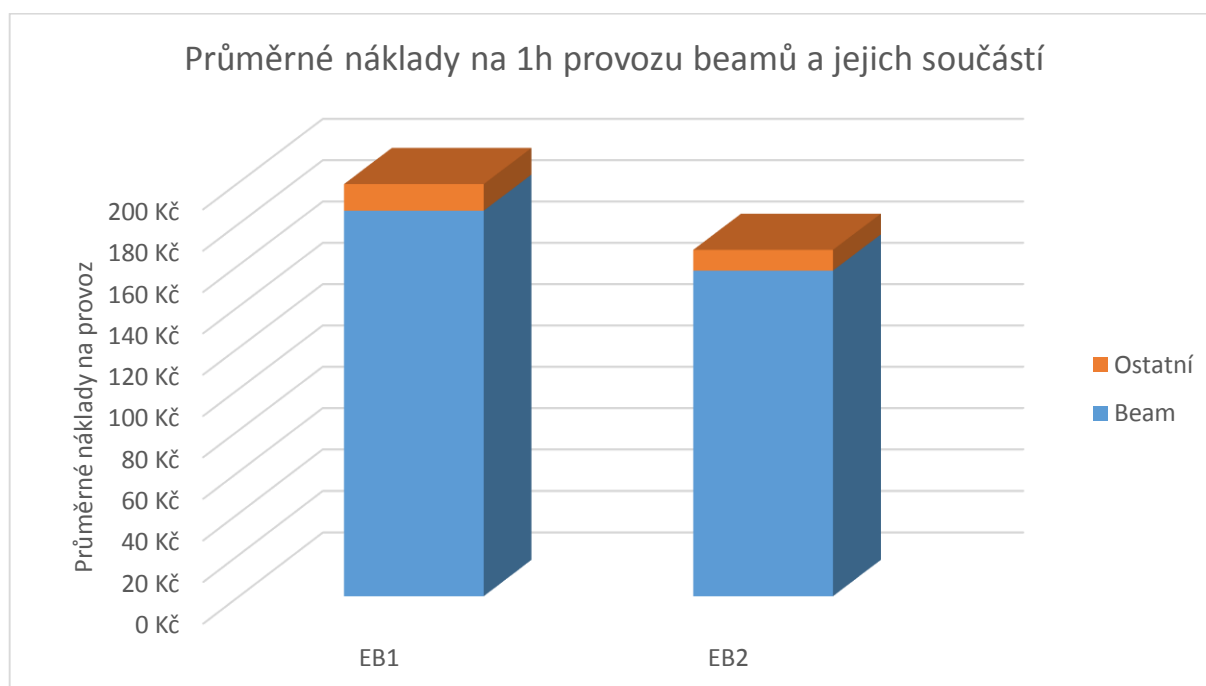
Z grafu lze vyčíst, že měrné náklady na výrobu 1km produktu jsou na obou beamech prakticky totožná a to 25Kč/km. Ačkoliv je instalovaný výkon beamů poměrně vysoký, jsou tyto náklady na produkci nízké z důvodu toho, že beamy produkují materiál vysokou rychlostí a netrpí přílišným zdlouhavým najížděním chodu, jako jiné části výroby.

##### 4.2.2.2 Kritérium nákladů na 1h provozu beamů

Pro výpočet druhého z kritérií použiji stejný vzorec jako v případě extruzních linek. V tomto případě je již citelný pokles měrných nákladů na provoz na beamu 2, který má vyšší účinnost, než beam 1. Na druhém grafu jsou pak znázorněny průměrné náklady na spotřebu elektřiny za 1h provozu.



Graf 16: Měrné náklady na 1h provozu beamů a jejich součástí



Graf 17: Průměrné náklady na 1h provozu beamů a jejich součástí

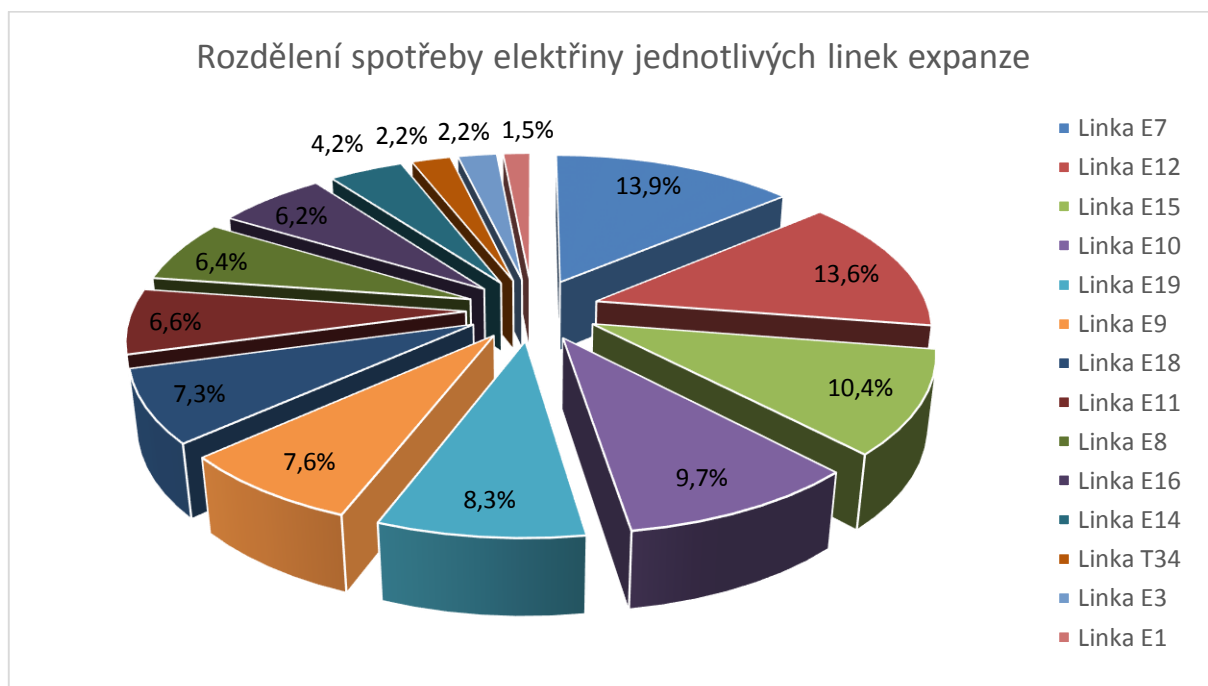
#### 4.2.3 Shrnutí

Na základě prvního kritéria je vidět, že měrné náklady na produkci materiálu po obeamování jsou v průměru rovny 25Kč/km. Tyto náklady jsou oproti extruzním linkám nízké z důvodu vysoké a rychlé produkce materiálu. Naopak u druhého kritéria je patrné, že měrné náklady na 1h provozu jsou vysoké z důvodu vysokého instalovaného výkonu. Průměrné

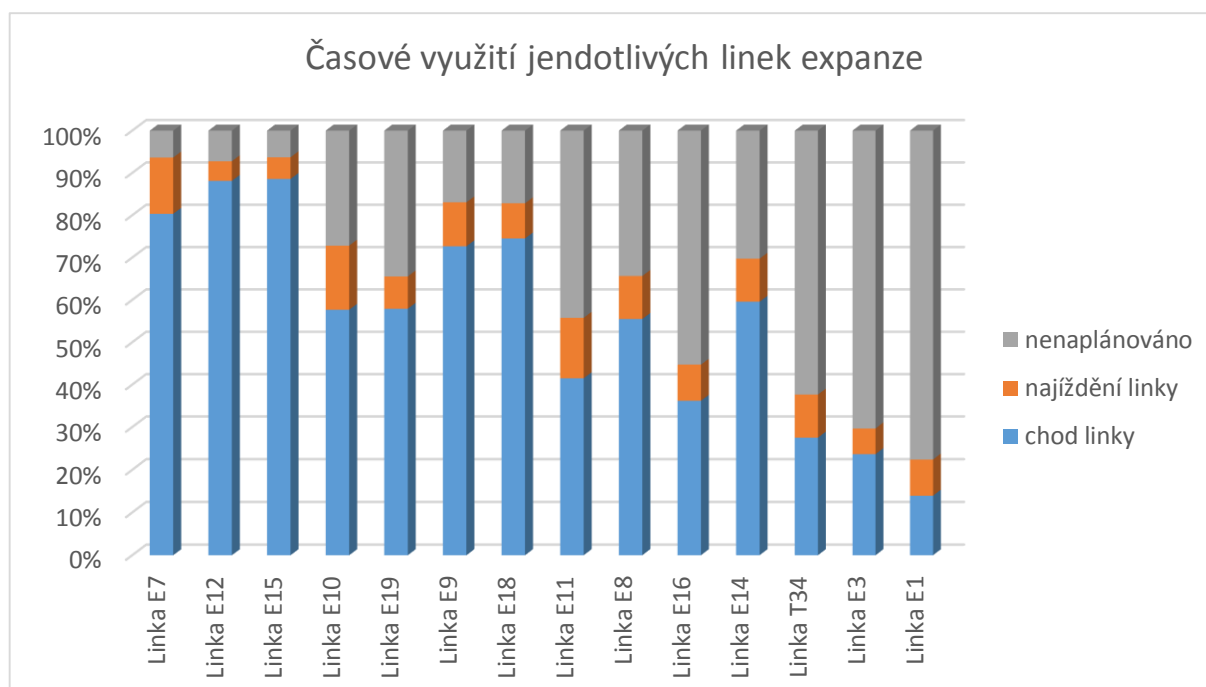
náklady na 1h provozu z pohledu spotřeby elektrické energie na beamech jsou poté rovny 366Kč. Co se týče budoucích úsporných opatření, tak jedním z hlavních je možnost využití chladicí vody, která je v současnou chvíli přiváděna do chladicí věže a její energie tak není využita.

### 4.3 Rozdělení spotřeby elektrické energie na expanzních linkách

Třetím z procesů výroby je expanze materiálu. Spotřeba elektrické energie expanzních linek se pohybuje v průměru kolem 191MWh měsíčně, což odpovídá 23% z celkové spotřeby závodu. Expanzní výrobu tvoří celkem 14 linek a stejně jako u extruze se liší svoji velikostí a využitím. K expanzním linkám je ještě připočtena spotřeba čerpadel, čističek vody a následného centrálního chlazení, které zásobují právě tyto linky, ale jistým podílem i ostatní části výroby.



Graf 18: Rozdělení spotřeby elektrické energie expanzních linek



Graf 19: Časové využití linek expanze

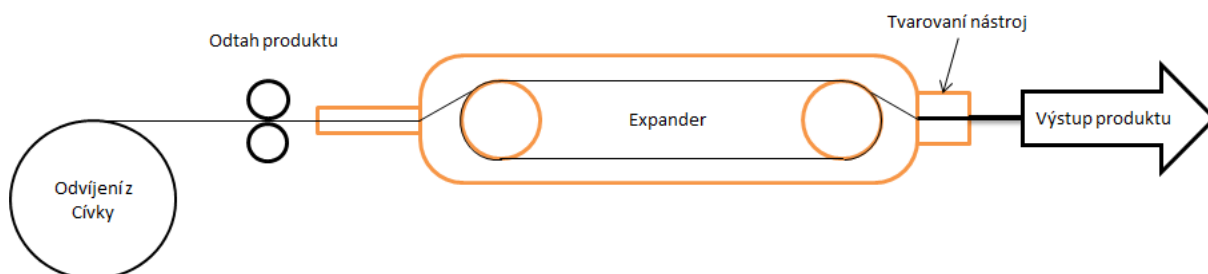
Celková produkce materiálu na linkách je rovna 9 360km/měsíc. Z této hodnoty je zde neshodná výroba a ta činí 3,5%, respektive 360km produktu. Výroba shodného produktu je poté rovna 9 000km/měsíc.

#### 4.3.1 Nákres a rozbor linky

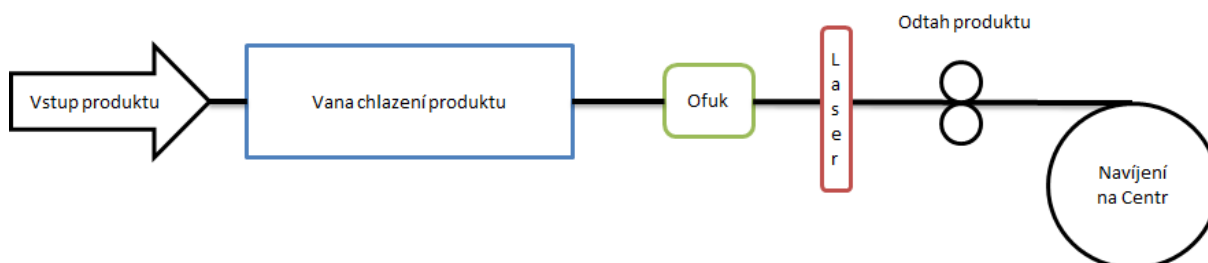
Každá výrobní linka expanze se skládá z následujících částí chronologicky podle výroby. Na začátku je *odvíjení materiálu* a ten je poté zaveden do *expanzního tanku*. Expandér je velká tlaková nádoba, ve které je udržován tlak na předepsanou mez a protéká jím horký olej o teplotách nad 100°C. Materiál je zahřátý na danou teplotu, aby změkkl a mohl pokračovat přes tvarovač ven z expandéru. Na výstupu je okolní tlak daleko nižší, než uvnitř a trubička je na výstupu automaticky dofukována. Tento rozdíl tlaků způsobí její nafouknutí na příslušnou velikost, limitovanou velikostí expanzního nástroje či tvarovače. Poté je trubička zchlazena v *chladičí vaně*, aby se zafixoval její rozměr, a prochází pod *laserovým*, popřípadě ještě ultrazvukovým *měřením* průměru a tloušťky. Následně je trubička *odtažena* pomocí válců a je namotávána na připravené *centry*.

Tabulka 5: Rozdělení průměrné měsíční spotřeby elektrické energie na lince expanze

Rozdělení spotřeby podle součástí linky:	Spotřeba [kWh]	ri [%]
Olejevá kotelna	56 515	29,6
Chladicí jednotka vodní	44 331	23,2
Motory expandéru	29 083	15,2
Navíječ, odvíječ, odtah, pohony	26 807	14,0
Vana chlazení produktu	26 761	14,0
Senzory, potisk, UV, ostatní	4 865	2,5
Chladicí jednotka olejová	2 769	1,4
Celkem:	191 130	100,0



Obrázek 10: Proces expanzní výroby



Obrázek 11: Proces expanzní výroby pokračování

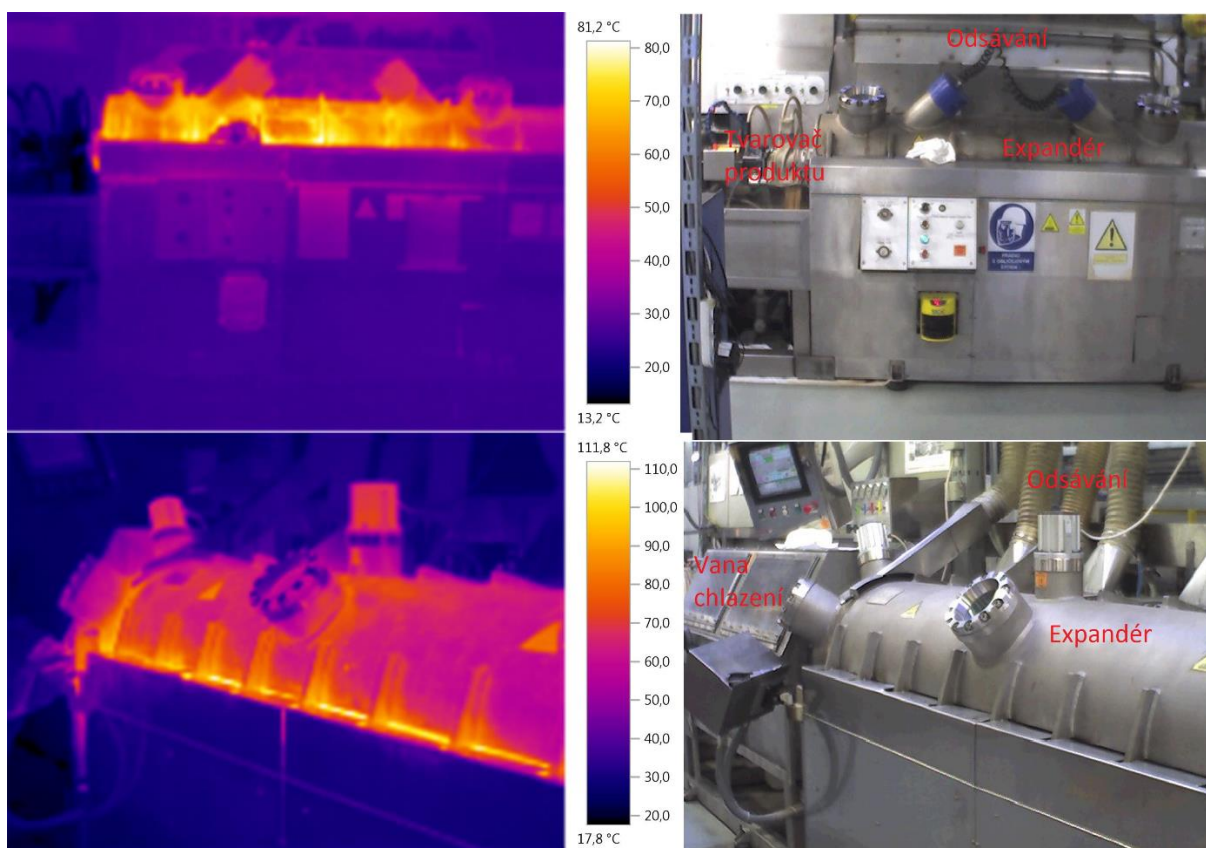


Obrázek 12: Foto expanzní výroby

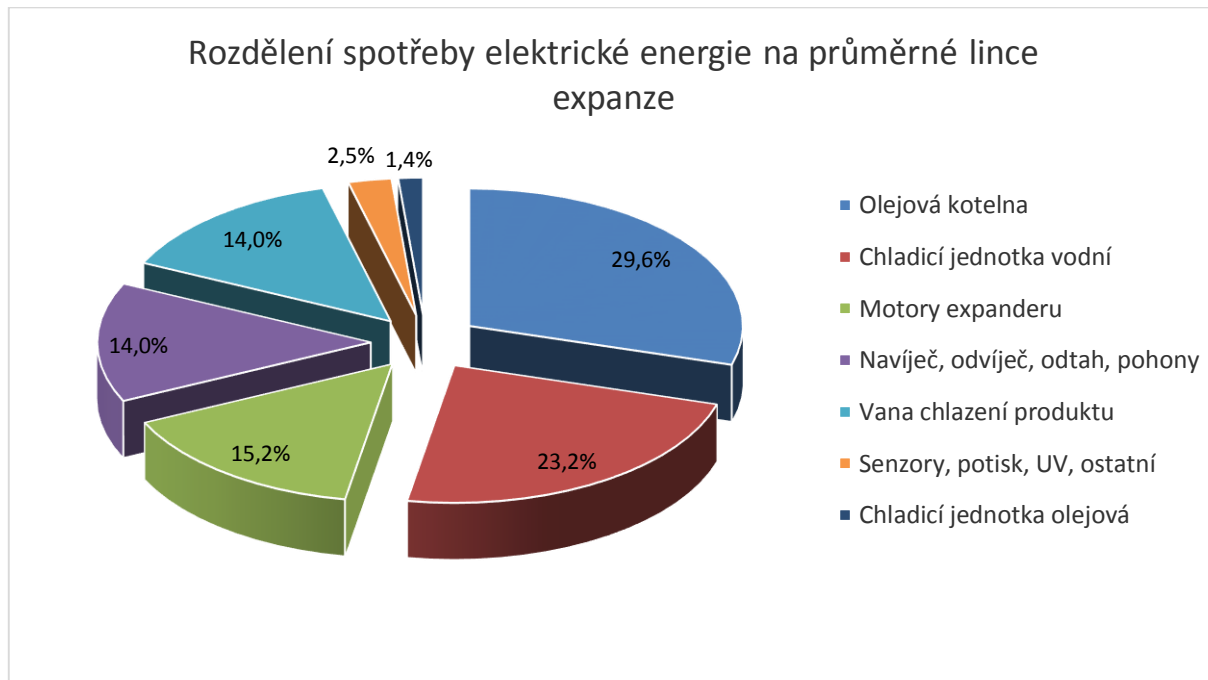
Obrázek 12 zobrazuje expanzní výrobu. Na začátku je zaveden produkt do tanku, kde je ohříván na požadovanou teplotu, aby změkkl. Na výstupu z expandéru působí na tubu tlak uvnitř ní a tím je tuba nafouknuta na požadovaný rozměr limitovaný expanzním nástrojem.

Na následujícím Obrázku 13 je zobrazen tepelný profil expanzní výroby. Povrchové teploty dosahují u určitých expandérů hodnot nad 100°C. V průměru dosahují povrchové teploty hodnot 60 – 70°C. Na výstupu z expandéru je již produkt chlazen tvarovacím nástrojem o teplotách nepřesahujících 15°C. Obdobně jako v případě extruzní výroby, byl tento snímek pořízen termo-kamerou, za účelem představy, jak tento proces ovlivňuje teplotu na výrobních halách.[17]





Obrázek 13: Tepelný snímek expanzní výroby



Graf 20: Rozdělení spotřeby elektrické energie na průměrné lince expanze

Hodnoty v Grafu 20 ukazují, že největším spotřebitelem energie na expanzní lince je olejová kotelna, která ohřívá a udržuje olej na teplotě mezi 100-180°C dle produktu.

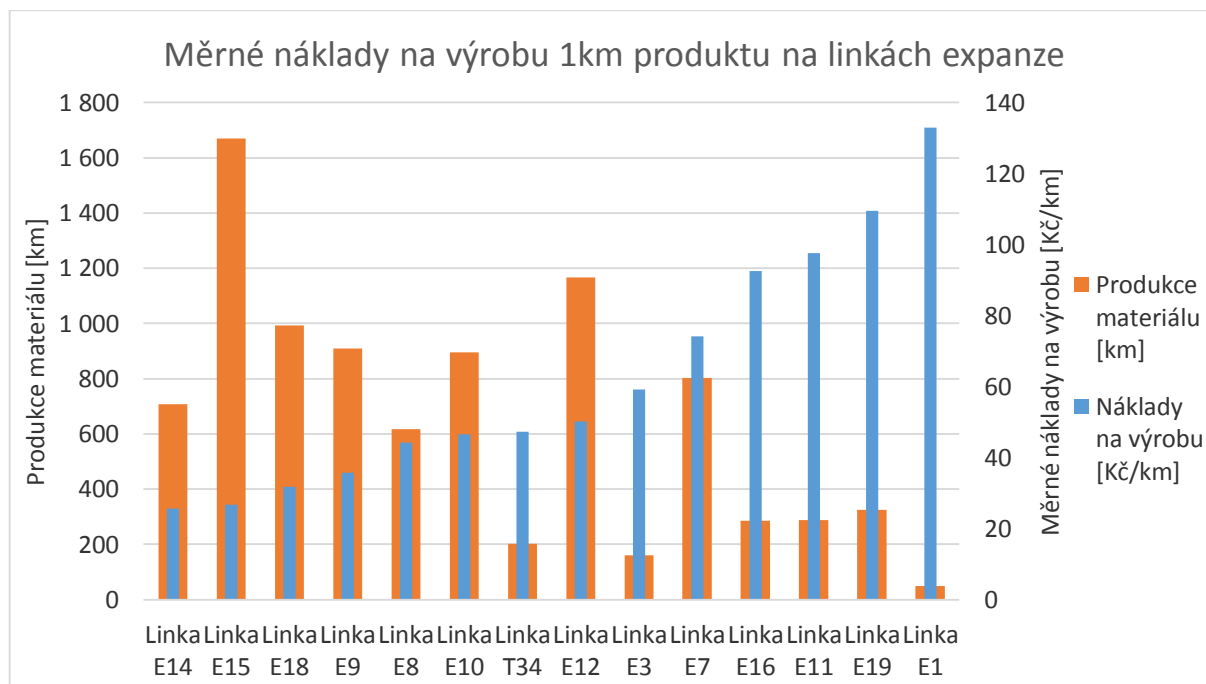
Nastavenou teplotu je třeba v expandéru zachovat s odchylkou v řádu jednotek stupňů. Pro zabezpečení této nízké odchylky je olejová kotelná vybavena vysoko-průtokovými čerpadly, která zajišťují průtok oleje v takové míře, aby docházelo k jeho ochlazení jen velice málo. Ve spotřebě olejové kotelny jsou tedy spotřeby těchto čerpadel započítány a tvoří její vysokou část. Druhým největším spotřebičem na lince je chlazení produktu, ve kterém je započítáno samotné chlazení a oběhová čerpadla vody.

### 4.3.2 Hodnocení efektivnosti linek

Pro srovnání zde budou použita kritéria, jako v předchozích případech, tedy kritérium měrných nákladů na 1km produktu a měrných a průměrných nákladů na 1h práce linek.

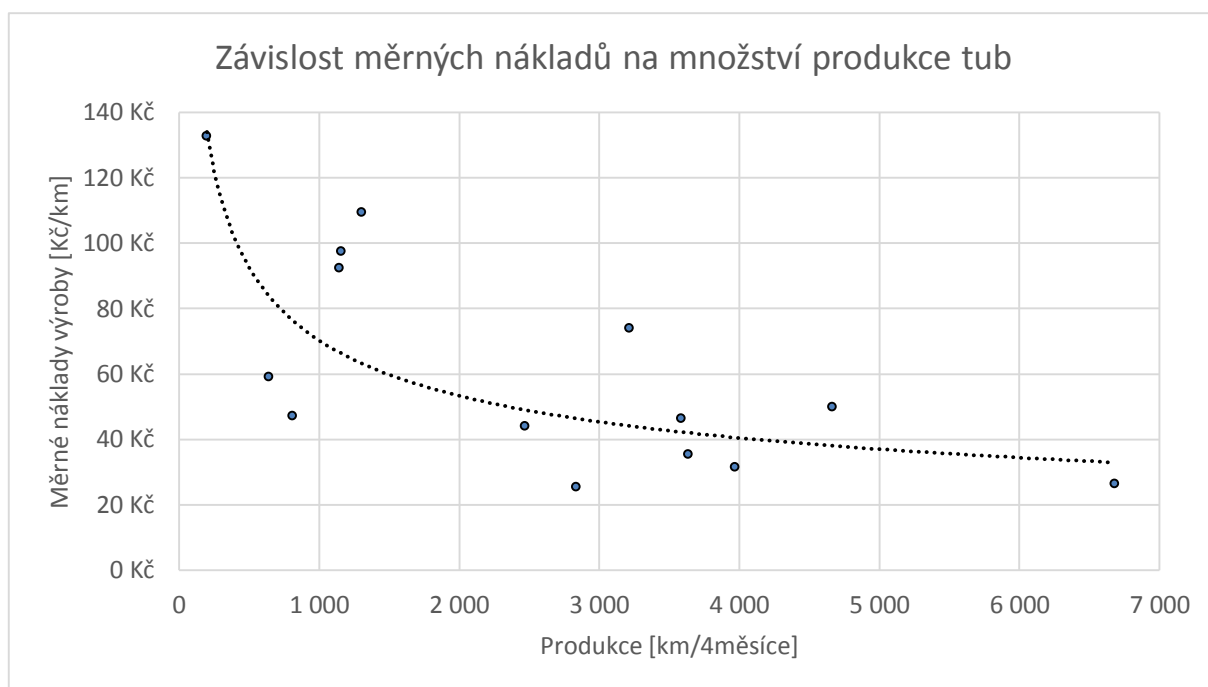
#### 4.3.2.1 Kritérium měrných nákladů na spotřebovanou elektřinu vztažené na výrobu 1km produktu

V tomto kritériu budou opět vypočteny měrné náklady na výrobu 1km produktu pomocí podílu celkové spotřeby elektrické energie a celkového počtu vyrobených kilometrů.



Graf 21: Měrné náklady na výrobu 1km produktu na linkách expanze

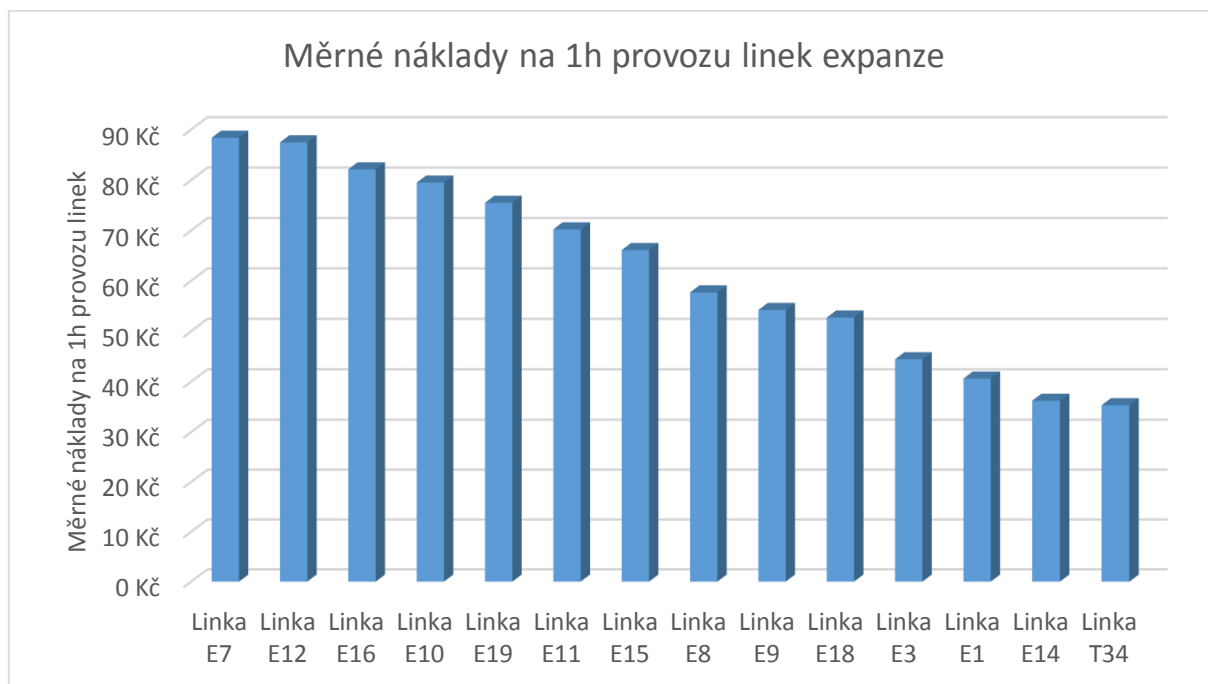
Z grafu je patrné, že nejnákladnější tuby jsou produkovány z linek E1 a E19. Avšak tyto náklady jsou značně nižší, než u linek extruze především proto, že nejnižší časové využití je 20% oproti 3% u extruzní linky X64. Linka E1 má vysoké náklady produkce z důvodu toho, že expanduje specifický a robustní materiál nízkou rychlostí. Dále byla z těchto dat vytvořena závislost měrných nákladů (vyjádřena jako spotřeba elektrické energie) na množství produkce.



Graf 22: Závislost měrných nákladů na množství produkce tub [km/4měsíce]

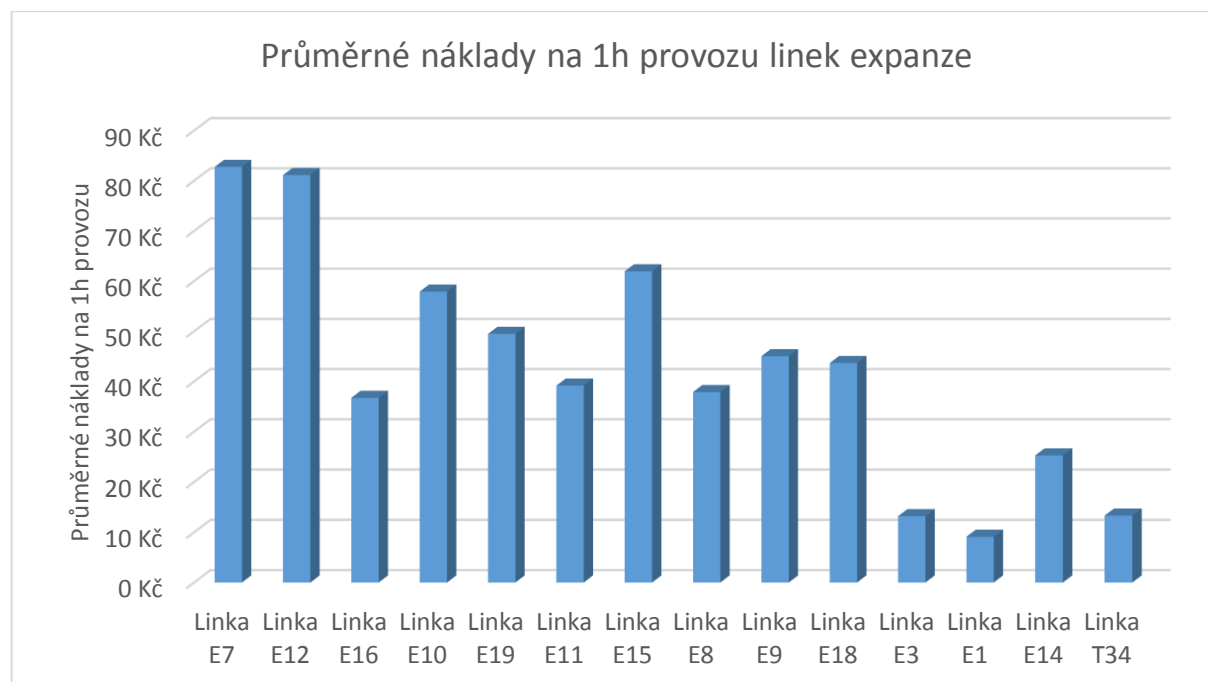
#### 4.3.2.2 Kritérium nákladů na 1h provozu linek

Pro toto kritérium platí stejné vzorce jako v předchozích případech. Na následujících grafech jsou vidět měrné a průměrné náklady na 1h provozu expanzních linek, vyjádřené ve spotřebě elektrické energie.



Graf 23: Měrné náklady na 1h provozu expanzních linek

Nejnákladnější linky, co se týče spotřeby elektřiny, jsou E7 a E12. Naopak nejméně nákladné linky a v tomto případě i nejmenší jsou E14 a T34.



Graf 24: Průměrné náklady na 1h provozu expanzních linek

V Grafu 24 je zobrazen součin časového využití a měrných nákladů na 1h provozu linek. Co se spotřeby elektrické energie týče, tak nejmenší linky jsou E1 a E3, které nejsou příliš využívány. Naopak mezi hodně využívané, a instalovaným výkonem velké linky jsou zařazeny E7 a E12. V případě návrhu úsporných opatření bude největší efektivita právě na těchto velkých expandérech a především jejich olejových kotelnách, oběhových čerpadlech a chladicích vanách.

### 4.3.3 Shrnutí

Z prvního kritéria bylo vypočteno, že průměr měrných nákladů za elektřinu na výrobu 1km produktu je 62Kč. Při pohledu na druhé hledisko, které je pro hodnocení směrodatnější, je zřejmé, že mezi zástupce nejnákladnějších linek, co se týká spotřeby, patří linky E7 a E12. Celkové průměrné náklady na 1h práce expanzních linek jsou rovny 597Kč.

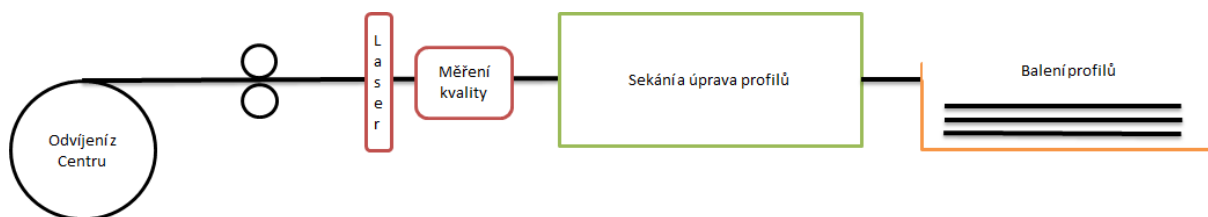
## 4.4 Rozdělení spotřeby elektrické energie na finalizaci

Finalizace je z hlediska spotřeby energie minoritním konzumentem. Je zde však zapotřebí velké množství lidské síly, pro potřebná měření, zjišťování kvality, balení a odvoz vyrobeného materiálu. Celková produkce materiálu je v případě finalizace rovna 9 000km. Při

této poslední fázi výroby je vytríděn zbytek neshodných produktů a tato část je rovna 100km, tedy 1%. Čistá celková produkce materiálu je rovna v průměru 8 900km/měsíc.

### 4.4.1 Nákres a rozbor linky

Finalizační linky jsou vlastně jednoduchá zařízení pro měření parametrů vstupujících tub a následné zpracování do formy sekaných kusů nebo natočení na papírové cívky podle zákaznických specifikací. Mezi hlavní části těchto linek patří odvíjení z centru, detekce UV nástřiku značícího nekvalitní produkt z předchozích procesů a následné sekání produktu nebo jeho stáčení a balení. Jednotlivé procesy jsou zobrazeny na následujícím obrázku.



Obrázek 14: Proces finalizace výsledného produktu

### 4.4.2 Hodnocení efektivity linek

Z hlediska celkové spotřeby a následné efektivity na finalizaci, jsou tyto linky minoritní, oproti ostatní výrobě. Celková spotřeba těchto linek je do 1MWh, což představuje z celkové spotřeby závodu méně než 0,1%. Jak již bylo řečeno v předchozích kapitolách, tak je tento proces výroby nejvíce nákladný z pohledu lidských zdrojů. Z hlediska úsporných opatření nemá cenu tyto linky hodnotit a jejich spotřeba z celkové spotřeby závodu je zahrnuta pod položkou ostatní.

### 5. ROZDĚLENÍ VEDLEJŠÍ SPOTŘEBY ELEKTŘINY VE VÝROBĚ

Rozdělením vedlejší spotřeby elektrické energie ve výrobě se myslí ta část, která není přímo součástí výrobního procesu, ale bez které se tento proces neobejde. Jde tedy o kompresory, vzduchotechniku, osvětlení hal a ostatní spotřebu, která tvoří dohromady druhých 50% z celkové spotřeby elektrické energie závodu.

#### 5.1 Rozdělení spotřeby elektrické energie kompresorů

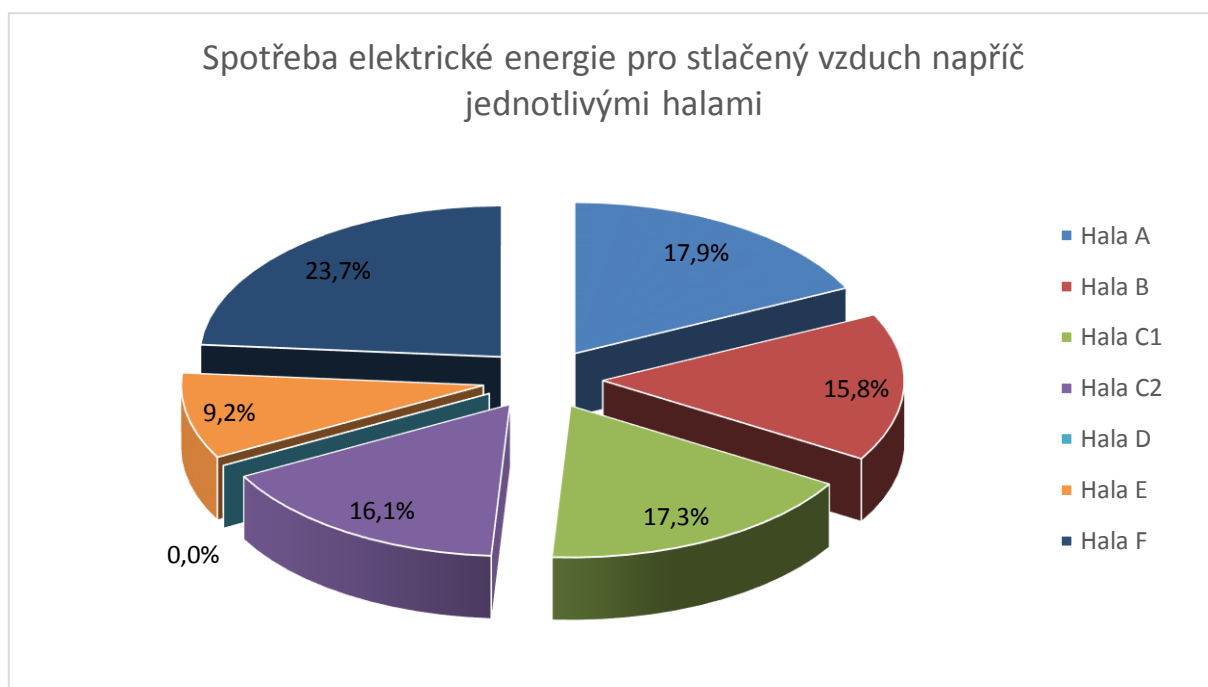
V současnosti tvoří celková spotřeba elektrické energie kompresorů 139MWh měsíčně, což odpovídá 16,8% celkové spotřeby závodu. Závod má celkem 3 kompresorové místnosti, které se budovaly postupně se stavbou jednotlivých hal, s celkovým počtem 8 kompresorů, lišících se svými výkony. Instalovaný výkon kompresorů je 91m<sup>3</sup> vzduchu za minutu s celkovým příkonem 530kW. Současná celková spotřeba vzduchu není ve skutečnosti tak vysoká a dosahuje pouze 34m<sup>3</sup> vzduchu za minutu. Tato hodnota odpovídá produkci 3 kompresorů a celkovému příkonu 191kW. Ostatní kompresory slouží pouze jako záloha a jsou buď vypnuté nebo ve stand-by režimu, či se střídají, aby měly najety stejné provozní hodiny.

##### 5.1.1 Spotřeba kompresoroven

Jak již bylo řečeno, závod TEET má celkem 3 kompresorové místnosti, které zásobují jednotlivé haly. První z nich je na hale A a jsou zde 3 kompresory. Hlavní má výkon 7m<sup>3</sup> vzduchu za minutu s příkonem 39kW. Ostatní dva jsou pouze záložní. Všechny kompresory jsou vybaveny vysoušeči vzduchu. Tato zařízení nemají zvláště vysoké spotřeby relativně k příkonům kompresorů. Jedná se maximálně o desítky kilowat.

Druhá kompresorová místnost se nachází na hale C a jsou zde 3 kompresory. Výkon jednoho kompresoru je 16m<sup>3</sup> vzduchu za minutu s příkonem 90kW. Ve výsledku je v provozu vždy jen jeden ze tří kompresorů a střídají se u nich provozní hodiny. Celkový příkon této kompresorovny poté činí 65kW s celkovým výkonem 12m<sup>3</sup> vzduchu za minutu.

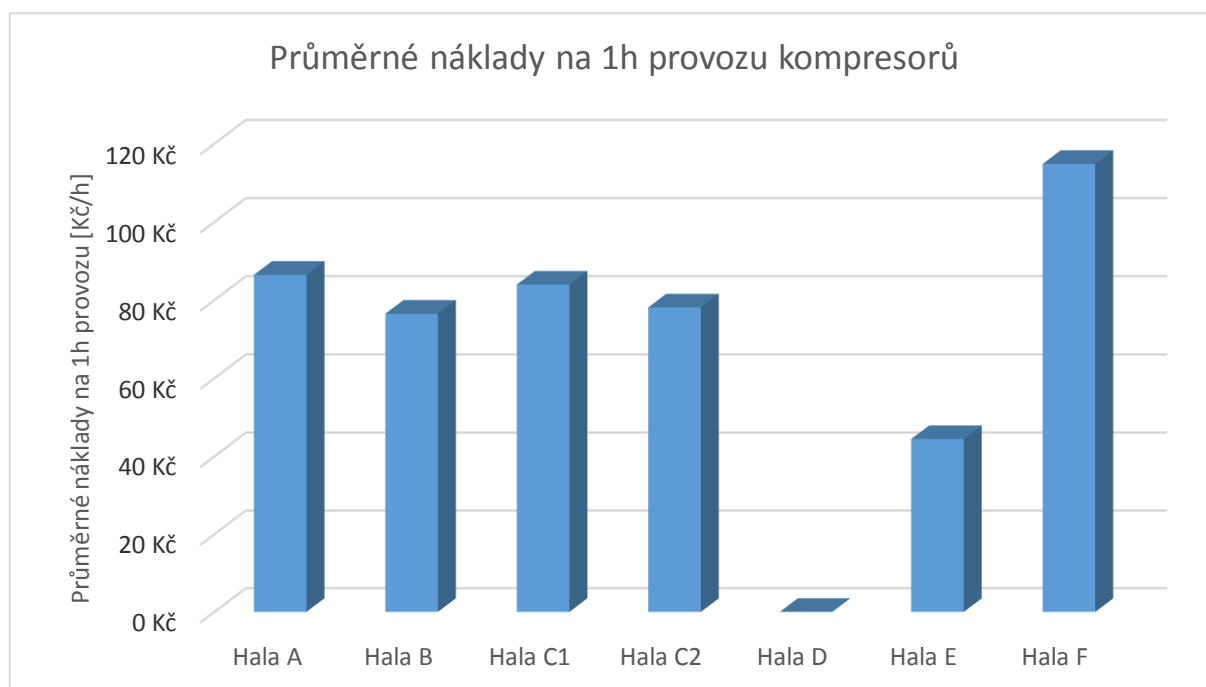
Poslední kompresorová místnost se nachází na hale E a jsou v ní celkem 2 kompresory, kde jeden z nich je neřízený a pracuje se stálým výkonem a druhý z nich je proměnný a dokáže regulovat svůj výkon a tím i spotřebu energie. Souhrnný výkon obou kompresorů je 32m<sup>3</sup> vzduchu za minutu s příkonem 180kW. V současnosti je v provozu pouze kompresor s proměnným výkonem. Celkový výkon kompresorovny je tedy roven 15m<sup>3</sup> vzduchu za minutu s příkonem 87kW.



Graf 25: Spotřeba elektrické energie pro stlačený vzduch napříč výrobními halami

### 5.1.2 Kritérium průměrných nákladů na 1h provozu kompresorů

Z výpočtů tohoto kritéria je vidět, že průměrné náklady na 1h provozu kompresorů na jednotlivých halách jsou rovny 70Kč. Nejvyšší náklady na stlačený vzduch jsou na hale F, která je zásobována z kompresorovny na hale E. U kompresorů není možné zjistit jejich časové využití, a tudíž lze zobrazit pouze kritérium průměrných nákladů na 1h jejich provozu tak, jak je na následujícím grafu.



Graf 26: Průměrné náklady na 1h provozu kompresorů

Z výsledků je patrné, že celkové průměrné náklady na 1h provozu kompresorů jsou rovny 484Kč. U stlačeného vzduchu je velký potenciál, co se týče úsporných opatření. V tomto případě především v možnosti rekuperace jejich chladicího oleje, či optimalizace tlakové soustavy.

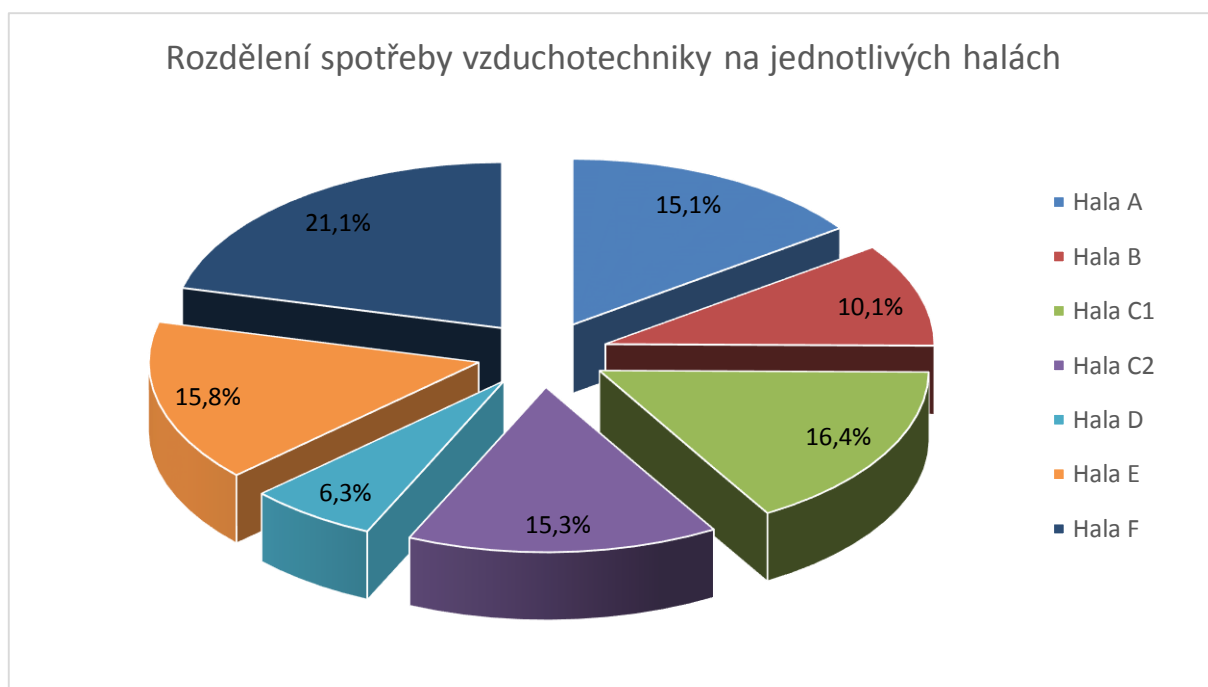
## 5.2 Rozdělení spotřeby elektrické energie vzduchotechniky

Celková spotřeba vzduchotechniky, kterou se myslí klimatizace, odsávání vzduchu na halách a jeho samotná úprava spotřebovává 11,5% z celkové spotřeby, což odpovídá 94 MWh měsíčně. Nejvyšší podíl této spotřeby tvoří především úprava vzduchu a to jeho chlazení v letních měsících a naopak vlhčení v zimních měsících.

### 5.2.1 Spotřeba vzduchotechniky

Co se týká rozdělení spotřeby elektrické energie vzduchotechniky, tak se velice liší s různými halami. Tato chyba vzniká především tím, že samotná spotřeba je měřena pouze na hlavních odběrných místech a nelze tak přesně detekovat, zda například chladný vzduch z klimatizace je určen pro halu C1 nebo již pro halu C2. Na následujícím grafu je zobrazeno nejpravděpodobnější rozdělení spotřeby s ohledem na velikosti jednotlivých hal a profil výroby.



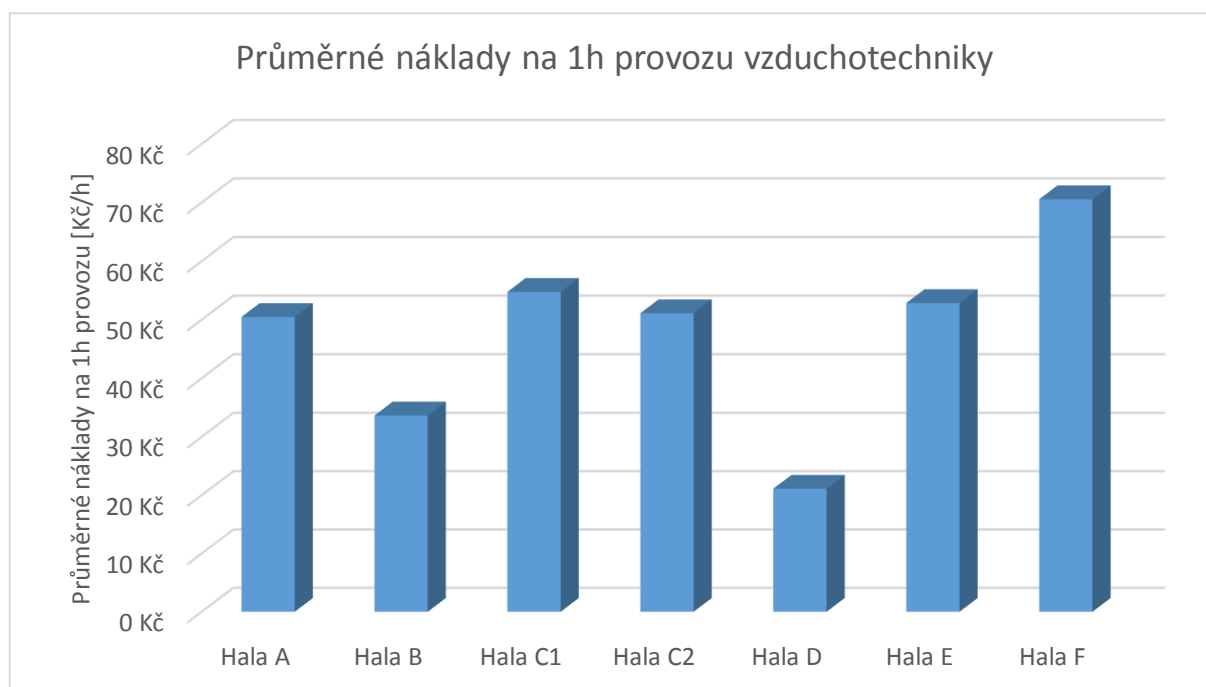


Graf 27: Rozdělení spotřeby elektrické energie vzduchotechniky na jednotlivých halách

Spotřeba elektrické energie vzduchotechniky se také liší v průběhu roku. V zimních měsících bývá vyšší a to z důvodu úpravy vzduchu pomocí jeho vlhčení. Poměrně vysoká spotřeba je i v letních měsících, kdy běží v kancelářích a některých halách klimatizace. Nejnižších hodnot dosahuje spotřeba na jaře a na podzim, kdy je v chodu pouze odsávání jednotlivých linek a přívody a odvody vzduchu na halách.

### 5.2.2 Kritérium průměrných nákladů na 1h provozu vzduchotechniky

Při použití tohoto kritéria budu opět počítat pouze s průměrnými hodnotami, jelikož detekování časového využití není možné. Průměrné náklady na 1h provozu vzduchotechniky na jednotlivých halách jsou poté 48Kč. Nejvyšší spotřeba je zřetelná na hale C, kde je největší počet expanzních linek a také je tato hala největší a právě nejnáročnější na odsávání a úpravu vzduchu. Na následujícím grafu je zobrazeno rozdělení spotřeby vzduchotechniky, kde jsou celkové průměrné náklady na 1h provozu rovny 335Kč. Z pohledu úsporných opatření zde vidím potenciál v odbourání zahřívání hal distribuovanými chladícími jednotkami jednotlivých linek, kde je toto teplo následně eliminováno pomocí klimatizace. V tomto případě jde tedy o posílení centrální jednotky chlazení vody a zrušení distribuovaných jednotek na jednotlivých linkách.



Graf 28: Průměrné náklady na 1h provozu vzduchotechniky

### 5.3 Rozdělení spotřeby elektrické energie osvětlení

Celková spotřeba elektřiny za osvětlení celého závodu TEET je v současnou chvíli 87MWh, což činí 10,6% z celkové spotřeby měsíčně. V současnou chvíli jsou haly osvětleny nejčastěji pomocí úsporných T8 fluorescenčních zářivek s příkonem 45W, respektive jsou uloženy vždy po 2 v samostatných držácích s příkonem 100W.<sup>1</sup> Jelikož je na halách nepřetržitý provoz, je třeba mít světlo i v noci a to zajišťuje celkový počet 3000 zářivek s instalovaným výkonem 135kW.

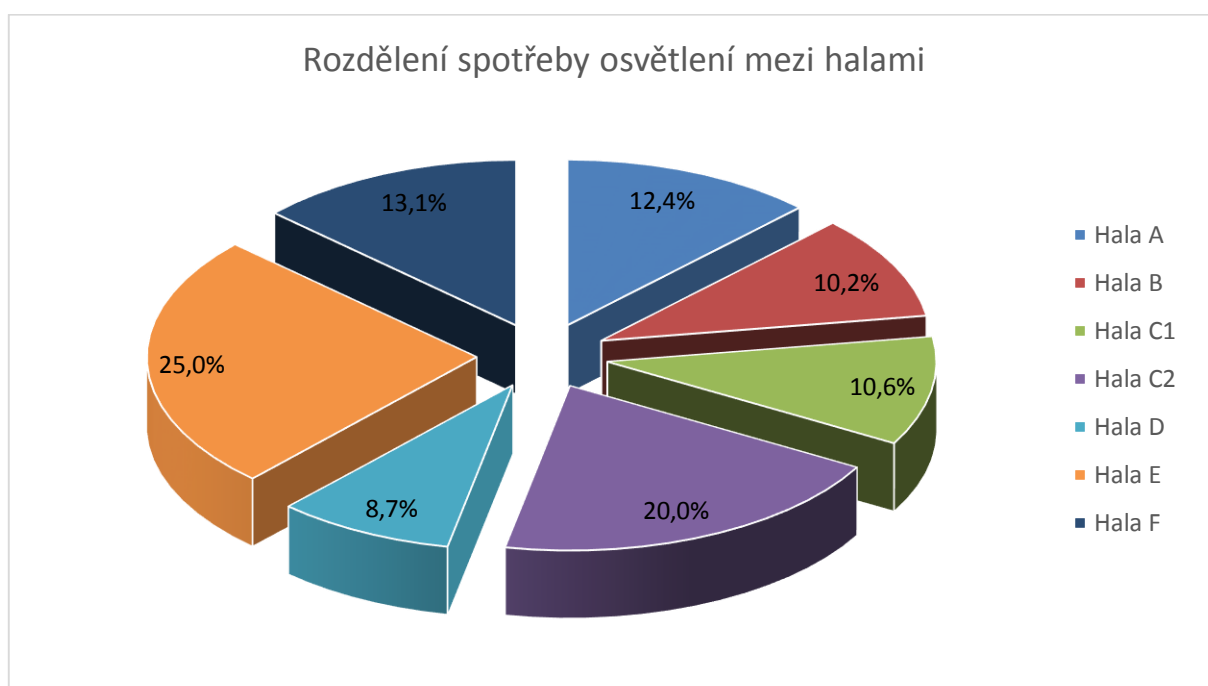
#### 5.3.1 Spotřeba osvětlení

Přes den je zde zavedeno automatické řízení osvětlení, kdy jsou vypínány jednotlivé úseky podle toho, zda je na hale dostatek světla. S tímto řízením je poté v provozu přes den 860 zářivek. Celkem tedy spotřeba odpovídá nepřetržitému provozu 860 zářivek a průměrnému provozu 20h denně 2140 zářivek.

<sup>1</sup> Jde o spotřebu 2 zářivek a startéru a tlumivky, které mají spotřebu dalších 10W

Tabulka 6: Současný stav osvětlení celého závodu

	současný stav		Celkem
Příkon jedné trubice [W]	45	45	
Počet trubic [ks]	2 140	860	3 000
Instalovaný výkon [kW]	96	39	135
Životnost osvětlení [h]	15 000	15 000	
Doba svícení [h/den]	20	24	
Měsíční doba svícení [h]	608	730	
Cena za kWh [Kč]	2,5	2,5	2,5
Měsíční spotřeba [kWh]	58 589	28 254	86 843
Měsíční platba [Kč]	146 472	70 635	217 108
Cena za 1 trubici [Kč]	60	60 <sup>1</sup>	



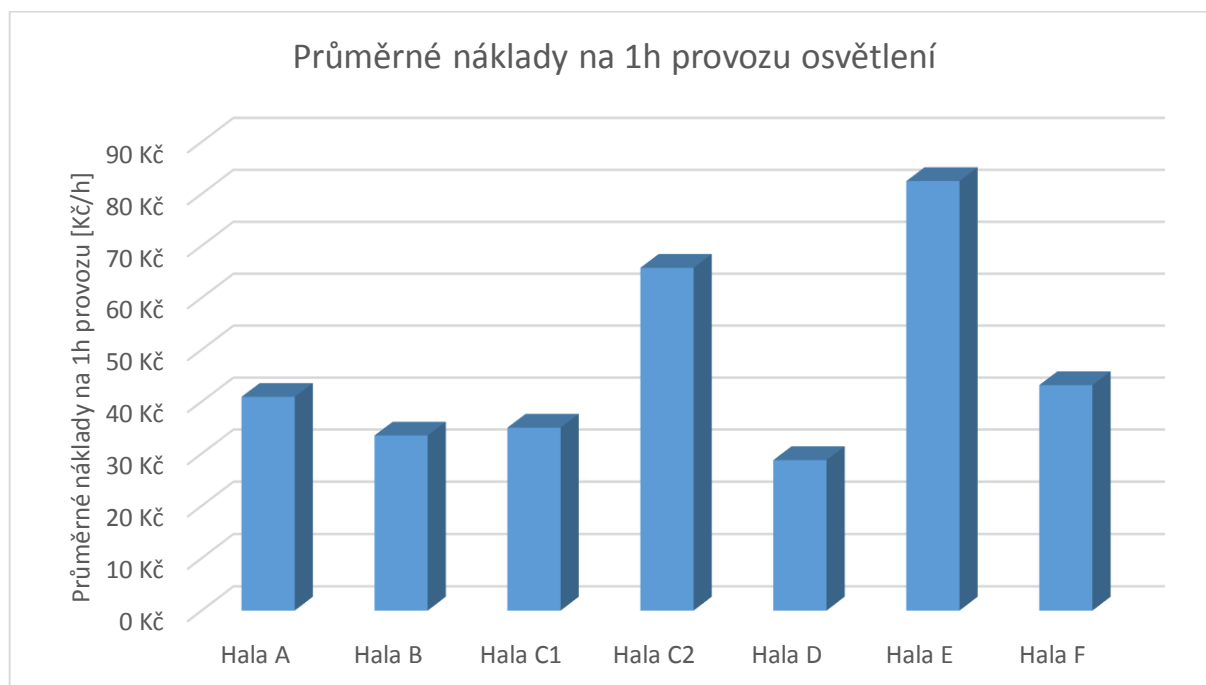
Graf 29: Rozdělení spotřeby elektrické energie za osvětlení mezi jednotlivými halami

Průměrná spotřeba je závislá na měsíci v roce, kdy v zimě je méně světla a je potřeba více svítit a naopak v létě tato spotřeba klesá. Současný koncept automatického řízení osvětlení, kde se vypínají celé úseky, není úplně nejvhodnější. Často právě v letních měsících způsobuje, že se na hale svítí, přesto že by nemuselo.

<sup>1</sup> Cena za 1 fluorescenční trubici je brána z průměru cen v různých e-shopech

### 5.3.2 Kritérium průměrných nákladů na 1h provozu osvětlení

Průměrné náklady na 1h provozu osvětlení na hale jsou 47Kč. Z grafu je patrné, že největší spotřeba (nejvyšší náklady) za osvětlení je na hale E, kde je specializovaná výroba, která je především ruční a je zapotřebí více světla.



Graf 30: Průměrné náklady na 1h provozu osvětlení

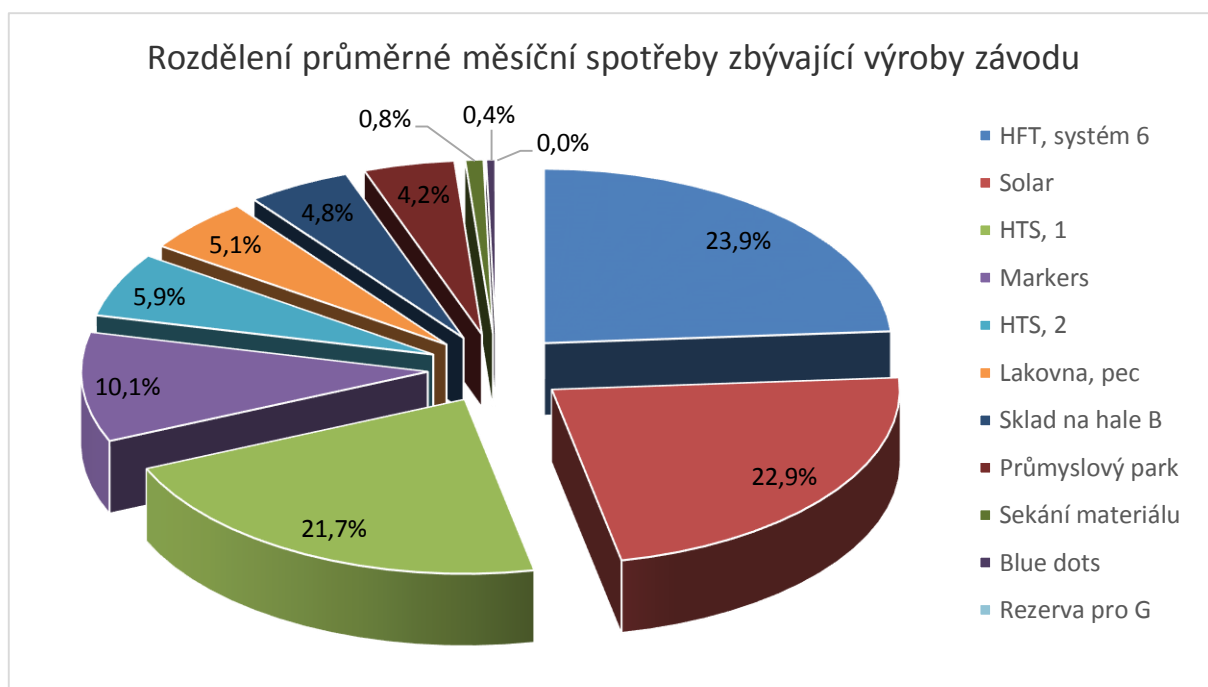
Celkové průměrné náklady na 1h provozu veškerého osvětlení jsou rovny 330Kč. U osvětlení je také potenciál ke snižování spotřeby, a to především při pozvolné výměně za LED osvětlení. Jako druhý bod bych viděl lepší nastavení automatického osvětlení, které by dokázalo vypínat nejen úseky, ale i menší segmenty nebo samotná jednotlivá světla.

## 5.4 Rozdělení spotřeby elektrické energie zbylé výroby

Rozdělením zbylé spotřeby je myšlena vedlejší výroba a to HTS, lakovna, sklady, průmyslový park, část finalizační výroby, Blue Dots pracoviště, HFT výroba, Solar výroba a Markers výroba. Celkem tyto jednotlivé dílčí výroby spotřebovávají 93MWh elektrické energie měsíčně, což odpovídá 11% ze spotřeby závodu.

### 5.4.1 Spotřeba zbylé výroby

Na následujícím grafu je znázorněno rozdělení zbývající spotřeby závodu. Největší spotřebu pak tvoří pracoviště HTS, výroba Solar, výroba HFT a také výroba Marekrs. Celková spotřeba těchto výroby však oproti ostatním není nijak vysoká a z hlediska úsporných opatření s nimi nebudu v této práci počítat.



Graf 31: Rozdělení průměrné měsíční spotřeby elektrické energie zbývající výroby

#### 5.4.2 Kritérium průměrných nákladů na 1h provozu zbylé výroby

Celkové průměrné náklady na 1h provozu těchto výrob jsou 347Kč. V tomto případě lze vypočítat opět jen průměrné náklady provozu, jelikož zjištění jednotlivých časových využití linek a provozů není reálně možné.



Graf 32: Průměrné náklady na 1h provozu ostatní výroby

### 6. ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU ZÁVODU

Celkové zhodnocení stavu závodu budu brát z hlediska energetického, z hlediska efektivnosti výroby a ekologie. Při celkovém energetickém hodnocení jsem se zaměřil především na spotřebu elektrické energie. Celková měsíční spotřeba elektřiny činí v průměru 825MWh. Celková průměrná měsíční platba za elektřinu je poté 2 100 000Kč. Dalšími ze vstupních forem energií jsou zemní plyn a horká voda. Celková průměrná měsíční platba za tyto další formy energie činí 119 800Kč.

Z hlediska ekonomiky jsem se soustředil na měrné náklady na výrobu 1km produktu a měrné a průměrné náklady na 1h provozu, vypočtené na základě spotřeby elektrické energie, a jak již bylo řečeno, také z hlediska množství produkce na jednotlivých linkách.

V poslední fázi jsem se zabýval ekologickými aspekty výroby a to především znečištěním, které je produkováno ve formě neshodných tub, ale i například kontaminací oleje v odpadní vodě, či dosud nevyužitým odpadním teplem.

#### 6.1 Hodnocení spotřeby elektrické energie na halách

Největší spotřeba elektrické energie je na hale A (17,8%) a na hale F (16,3%). Tyto vysoké hodnoty odpovídají profilu dané výroby. Na hale A je proces extruze a také výroba HTS včetně lakovny s pecí a kompresorovou místností. Na hale F jsou umístěny největší linky procesu expanze, výroba Markers a také sklady a export výstupního materiálu.

#### 6.2 Hodnocení spotřeby elektrické energie podle druhu výroby

Hlavní část spotřeby tvoří proces expanze. Tyto linky mají největší spotřebu z důvodu jejich technického profilu a také je těchto linek v závodě početně nejvíce. Spotřeba expanzních linek je 191MWh měsíčně, což odpovídá 23% z celkové spotřeby závodu. Největší linky expanze jsou poté E7 a E12 s průměrnou měsíční spotřebou 52,6MWh, respektive 6,4% z celkové spotřeby závodu. Hlavní část spotřeby na lince expanze tvoří především jejich kotelny (ohřev oleje) a oběhová čerpadla a to ve výši 30% z celkové spotřeby těchto linek.

Druhou největší část spotřeby tvoří kompresory. Jejich celková spotřeba je 139MWh, tedy 16,8% z celkové spotřeby závodu. Kompresory mají vysokou spotřebu z důvodu jejich nepřetržitého provozu a nutného zajištění přesné jakosti tlakového vzduchu pro všechny části výroby.

### 6.3 Hodnocení efektivnosti výroby

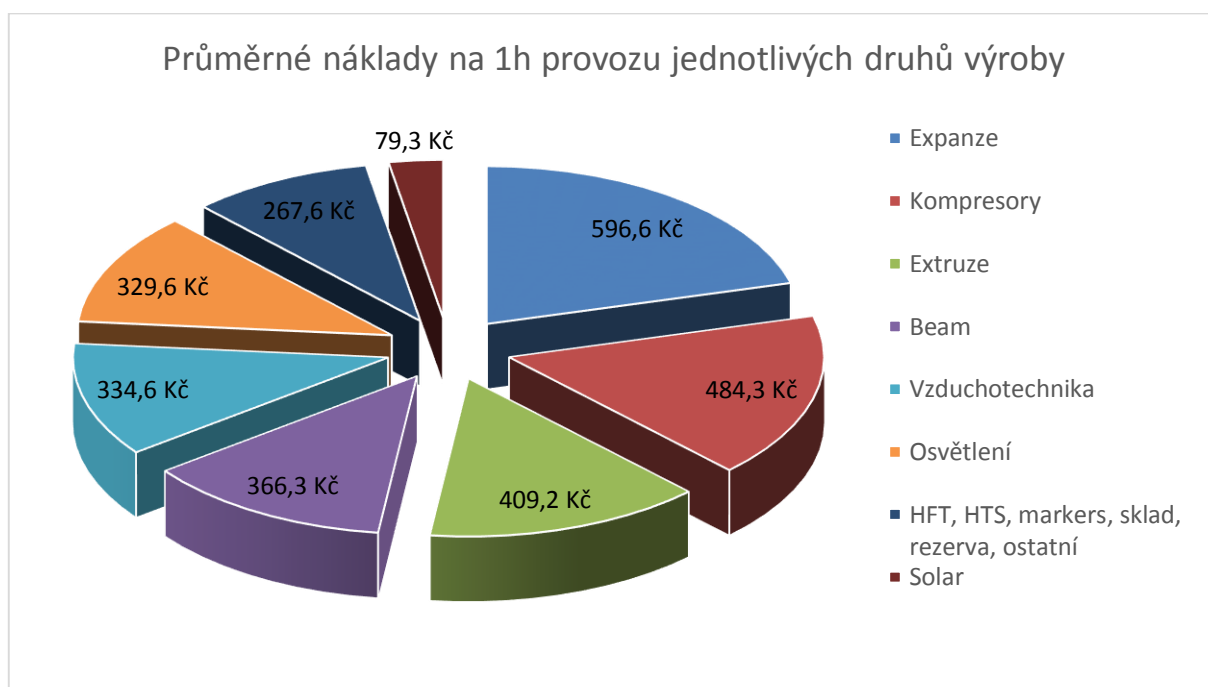
V případě hodnocení efektivnosti výroby byla zavedena 2 hlavní hodnotící kritéria a to měrné náklady na výrobu 1km produktu a druhým kritériem jsou měrné a průměrné náklady na 1h provozu jednotlivých výrobních linek.

#### 6.3.1 Kritérium měrných nákladů na výrobu 1km produktu

Měrné náklady na výrobu 1km produktu jsou závislé především na vstupním materiálu, který je na každé lince jiný, dále pak na rychlosti výroby, velikosti výstupního produktu, či složitosti jeho profilu a samozřejmě na druhu a velikosti linky. Toto kritérium při hodnocení hodně odlišných linek není příliš vhodné, hlavně z důvodu rozdílnosti a specifikace linky a jejich profilů. Tímto způsobem se dají srovnávat pouze velikostně podobné linky. Díky tomuto kritériu byly sestaveny grafy závislosti měrných nákladů produktu na jeho průměrné produkci.

#### 6.3.2 Kritérium měrných a průměrných nákladů na 1h provozu

Druhé hodnotící kritérium dává do souvislosti měrné a průměrné náklady na 1h provozu jednotlivých druhů výroby. Díky tomuto kritériu jsem zjistil celkové průměrné náklady na 1h provozu celého závodu TEET. Tato hodnota je poté v průměru 2 867Kč/h.



Graf 33: Průměrné náklady na 1h provozu jednotlivých druhů výroby

Nejnákladnější linky z pohledu tohoto kritéria jsou u extruzní výroby a to linka X20 s náklady 120Kč/h provozu. Druhá část výroby je beam a to EB1, kde jsou náklady 1h provozu

rovny 180Kč. A poslední částí výroby je expanze, u které jsou nejvyšší náklady u linky E7 ve výši 82Kč/h provozu.

Při pohledu na rozdělení vedlejší spotřeby, tak největší část elektrické energie na výrobu stlačeného vzduchu je spotřebována na hale F s průměrnými náklady ve výši 123Kč/h provozu. Vzduchotechnika má největší objem spotřeby elektřiny na hale F s náklady 71Kč/h a nejvíce nákladné osvětlení je na hale E ve výši 80Kč/h provozu.

### **6.4 Hodnocení ekologie výroby**

Jak již bylo řečeno v úvodu, tak hlavními druhy znečištění v závodě TEET je nedostatečné využívání odpadního tepla skrze celou výrobu. Dále pak znečištění ve formě neshodných produktů, které vznikají samotnou výrobní technologií. Také jsou zde výkonné beamy, které produkují ionizující záření. V neposlední řadě znečištění vody od horkých olejů z expandérů, které se do ní dostávají při výrobě, a následně voda odtéká do kanalizace.[13]

#### **6.4.1 Odpadní teplo**

Velkým problémem výroby je nevyužití potenciálu odpadního tepla. Toto teplo je generováno jak ve formě teplého vzduchu, tak ve formě horké vody, či oleje. Současně je rekuperace tepla zavedena v kompresorovně, kde je chladicí olej při stlačování vzduchu přiváděn do výměníku a ten je používán jako zdroj TUV pro sociální zařízení závodu. Jedním z hlavních zdrojů tepla jsou tedy kompresorovny, kde je horký olej rekuperován pouze v jednom z případů.

Dalším z velkých zdrojů tepla jsou distribuované chladiče oběhové chladicí vody na jednotlivých linkách jak expanze, tak extruze. Teplo ve formě teplého vzduchu je v současné době vypouštěno do prostoru hal a není žádným způsobem využíváno.

Výkonným zdrojem tepla jsou i samotné lineární urychlovače, které produkují velké množství chladicí vody. Tato voda má však své limity a to, že vstupní voda musí mít teplotu do 10°C a hlavně pak výstupní voda má maximální teplotu 31°C. Díky nízkému potenciálu se chladicí voda v takovém případě nedá dost dobře využívat pro ohřevy TUV. V současné chvíli je využívána pro předehřívání vzduchu vstupujícího do bunkrů s urychlovači. V letních obdobích je voda následně chlazená ve skrápěcích chladicích věžích.

#### **6.4.2 Odpad při výrobě**

Vysoké znečištění produkuje samotná výroba. Skrze všechny její procesy jsou produkovány neshodné výrobky, které v mnohých případech nejdou zpětně využít. Produkce



výstupního materiálu se měsíčně rovná 8 900km. Avšak celková produkce je 10 240km měsíčně. Odpad tedy tvoří 13% z celkové produkce materiálu. To odpovídá 1 340km odpadu měsíčně. Denně pak odpad tvoří 44km produktu a tato hodnota je v přepočtu něco kolem 1,2t neshodného materiálu.

### 6.4.3 Znečištění Beamy

Beamy jsou silní producenti  $\beta$  záření. Jde tedy o proud nabitých elektronů. Jak již bylo řečeno v kapitole 3.2, tak beamy produkují záření o souhrnném výkonu až 135kW. Samotné  $\beta$  záření není bezprostředně nebezpečné, ale pokud narazí na měkkou překážku, jako je například lidská kůže, tak je elektron zachycen a atom se dostane do tzv. excitovaného stavu. V tomto stavu nedokáže setrvat dlouho a při přechodu do základního stavu je z atomu vyražen foton. Záření fotonů neboli elektromagnetické záření je již klasifikováno jako  $\gamma$ . Tento druh záření je pro lidské zdraví nebezpečný z důvodu možného způsobení nemoci z ozáření, či dalších nepříjemných fyziologických účinků.

Díky tomu, že beam jako zařízení pracuje s velmi vysokými napětími, řádově miliony voltů, je v bunkrech přítomen nebezpečný ozon. Beamy se ozonu zbavují pomocí cirkulace vzduchu. Do bunkru je nasáván venkovní vzduch, který je přehříván odpadní chladicí vodou, aby hlavně v zimních obdobích nedocházelo k zamrznání okruhů. Naopak na vrcholu bunkru je vzduchotechnika, která odsává nebezpečný vzduch s ozonem.

### 6.4.4 Znečištění chladicí vody

V neposlední řadě tkví problémem výroby ve znečištění chladicí vody. V případě extruzního procesu není kontaminace vody výrazná a jedná se pouze o znečištění umělohmotnými látkami ve formě částic rozpuštěných ve vodě.

Pokud vezmeme expanzní proces, je znečištění vody daleko rozsáhlejší. Na výstupu z expandéru je materiál chlazen vodou a díky přetlakování samotné expanzní nádoby se do této vody uvolňuje i nemalé množství oleje (nejčastěji glycerinu). V malých množstvích glycerin podporuje výrobu řas a sinic v čistících stanicích, avšak pokud dojde k vyšším únikům, dochází k rozsáhlejšímu poškození vody a je třeba ji daleko obtížněji čistit.

## 7. HODNOCENÍ EKONOMICKÉ EFEKTIVNOSTI PROJEKTŮ

Dalším z kroků diplomové práce je navržení jednotlivých úsporných opatření na hlavní, ale i vedlejší spotřebiče energie zahrnující celý výrobní proces. Úsporná opatření budou hodnocena na základě ekonomických ukazatelů a to čisté současné hodnoty NPV, vnitřního výnosového procenta IRR, prosté doby návratnosti investic  $T_r$ , či diskontované doby návratnosti investice  $T_{rd}$  nebo pomocí zobrazení jednotlivých toků hotovosti neboli CF, či DCF. Nakonec budou zhodnoceny varianty jednotlivých projektů a zjištěn celkový ekonomický, ale i energetický a ekologický dopad na výrobu.

V první řadě je třeba vypočítat popřípadě určit očekávanou výnosovou míru, např. podle modelu **CAPM**, díky vztahu:

$$E(r_i) = r_f + \beta(E(r_m) - r_f) \quad [-] \quad (4)$$

$E(r_i)$  je poté očekávaná výnosová míra,  $r_f$  je bezriziková výnosová míra, kde se za směrodatné berou například výnosy státních pokladničních poukázek. Následně pak  $\beta$  koeficient, který vyjadřuje systematické riziko daného aktiva, a nakonec  $E(r_m)$ , který představuje očekávanou výnosovou míru trhu, například roční průměr tržního indexu. [18]

Kritérium čisté současné hodnoty neboli **NPV**. Tato hodnota je finanční veličinou, která vyjadřuje celkovou současnou diskontovanou hodnotu všech peněžních toků souvisejících s investičním projektem. Dále zdůrazňuje nejen výši peněžních příjmů a výdajů, ale i jejich časové rozložení během určité doby.

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad NPV = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t} + INV \quad [Kč] \quad (5)$$

$CF_t$  poté znamená tok hotovosti v jednotlivých letech projektu,  $r$  je diskontní nebo úroková míra, **INV** je počáteční investice do projektu a  $t$  je čas, po který projekt sledujeme a vyhodnocujeme.

Kritérium vnitřního výnosového procenta neboli **IRR**. Tato hodnota odpovídá úrokové míře, při níž se současná hodnota peněžních příjmů z investice rovná kapitálovým výdajům. Investice se poté považuje za výhodnou, jestliže IRR představuje vyšší úrok, než je požadovaná minimální výnosnost investice. IRR má však svá omezení a to taková, že znaménko souhrnných peněžních toků se může změnit za dobu  $t$  pouze jednou. Dalším z omezení tohoto ukazatele je, že jeho hodnotu můžeme uměle nastavit do požadované výše při financování projektu cizím

kapitálem. Tento směr však firma TEET neprosazuje a investice hradí nejčastěji ze svého volného kapitálu.

$$0 = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t} \quad (6)$$

$CF_t$  opět znamená tok hotovosti v jednotlivých letech projektu,  $IRR$  je poté vnitřní výnosové procento a  $t$  je doba, po kterou projekt hodnotíme.

Kritérium prosté doby návratnosti investice  $T_r$  a diskontované doby návratnosti investice  $T_{rd}$ . Jde o dobu neboli počet měsíců, či let, za kterou peněžní příjmy z investice vyrovnají počáteční kapitálový výdaj na investici. V případě tohoto kritéria počítám s hotovostními toky nebo s diskontovanými hotovostními toky, podle vzorců 7 a 9.

$$T_r = \frac{INV}{CF} \quad T_r = \frac{INV}{CF_{souč.stav} - CF_{nový.stav}} [měsíce, roky] \quad (7)$$

$$T_{rd} = \frac{INV}{DCF} \quad DCF = \frac{CF_t}{(1 + r)^t} [měsíce, roky]$$

$$T_{rd}: \sum_{t=0}^{T_{rd}} DCF_{souč.stav,t} \geq \sum_{t=0}^{T_{rd}} DCF_{nový.stav,t} \quad (8)$$

$INV$  jsou náklady na investici neboli investiční výdaje.  $CF$  je hotovostní tok,  $DCF$  je diskontovaný hotovostní tok.  $CF_t$  je tok hotovosti v jednotlivých letech hodnocení,  $r$  je diskontní sazba a  $t$  je doba hodnocení projektu.

Stanovení očekávané výnosové míry (diskontní sazby) podléhá výpočtu na základě modelu CAMP, ale lze také spočítat pomocí stanovení stejné hodnoty, jako dosahuje průměrný ukazatel ROE (rentabilita vlastního kapitálu) za posledních  $x$  let. Další z možností stanovení diskontní sazby je součet rizikové premie banky, úroku na spořicímu účtu a průměrné míry inflace. Diskontní sazba firmy TEET pro rok 2014 byla stanovena na hodnotě  $r = 10,5\%$ . Výpočet této hodnoty je založen na burzovních hodnotách, interních záznamech firmy a interních propočtech rentability kapitálu.[6]

## 8. NÁVRH ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ

Jednotlivá úsporná opatření jsou rozdělena do tří základních skupin a to nízko nákladová opatření, středně nákladová opatření a vysoko nákladová opatření. Do první kategorie byla zařazena především ta úsporná opatření, která nevyžadují vstupní investice nebo je jejich hodnota relativně nízká, tedy v řádu jednotek tisíců Kč. Do druhé kategorie byla zařazena středně nákladná opatření, tedy s cenou od jednotek tisíců po sta tisíce Kč nebo ta opatření, která ve své podstatě nejsou příliš časově a prostorově náročná. V poslední kategorii jsou pak investičně nejnákladnější kritéria a to s cenou od stovek tisíců Kč a výše a také ta kritéria, která jsou časově a prostorově náročná.[11]

### 8.1 Projekt balancování výroby mezi linkami

V tomto nízko nákladovém opatření balancování výroby se zaměřím na přesunutí výroby produktu z jedné linky na jinou při porovnání účinnosti výroby mezi těmito linkami a tím pádem i na celkovou optimalizaci produkce.

#### 8.1.1 Současný stav

Při přesouvání výroby budu uvažovat linky X05/12 a X30, mezi kterými budu přesouvat výrobní kapacity. Průměrná měsíční spotřeba elektřiny linky X05/12 je 23MWh s časovým využitím 63% a průměrná měsíční spotřeba elektřiny linky X30 je 8MWh s časovým využitím 54%. Výrobní materiál, který se bude přesunovat, je kompatibilní na obou linkách a jde o poměrně robustní tubu. V případě výměny budu uvažovat pouze tyto 2 linky a tento specifický produkt, jelikož jiné materiály mají náročnější specifikace výroby a nejdou jednoduše přesouvat mezi dalšími linkami.

Tabulka 7: Současný stav výroby a spotřeby na linkách X05/12 a X30

Současný stav výroby a spotřeby na jednotlivých linkách			
	Linka X05/12	Linka X30	Celkem
Najíždění + Chod linky [hodin/měsíc]	460	393	853
Chod linky [hodin/měsíc]	290	252	542
Najíždění linky [hodin/měsíc]	170	141	311
Spotřeba elektřiny [kWh/měsíc]	23 412	8 058	31 469
Cena spotřebované elektřiny	58 529 Kč	20 144 Kč	78 673 Kč
Rychlost linky [m/min]	120	103	
Časové využití linky	63%	54%	
Hodinová cena provozu	128 Kč	52 Kč	180 Kč

### 8.1.2 Parametry přesunutí výroby

Průměrná doba výroby materiálu, který bude přesouván z linky X05/12 na linku X30, je 72 hodin měsíčně. Samozřejmě, že tato doba je pouze na lince X05/12. Na lince X30 bude průměrná doba výroby již rovna 84 hodinám, respektive je zde zapotřebí zahrnout rychlosti obou linek  $v_{X05/12}$  a  $v_{X30}$  a dobu výroby materiálu při dané rychlosti  $t_{X05/12}$  a  $t_{X30}$  na jednotlivých linkách. Poté platí následující vzorec:

$$t_{X30} = \frac{v_{X05/12} * t_{X05/12}}{v_{X30}} [h] \quad (9)$$

Přesunutí výroby je poté charakterizováno v následující tabulce, kde jsou již zobrazeny jednotlivé doby najíždění a chodu linek a jejich spotřeby elektřiny.

Tabulka 8: Nový stav po přesunutí výroby z linky X05/12 na linku X30

Stav po přesunutí výroby materiálu z linky X05/12 na linku X30			
	Linka X05/12	Linka X30	Celkem
Najíždění + Chod linky [hodin/měsíc]	387	478	865
Chod linky [hodin/měsíc]	227	324	551
Najíždění linky [hodin/měsíc]	160	154	314
Spotřeba elektřiny [kWh/měsíc]	19 706	9 794	29 500
Cena spotřebované elektřiny	49 264 Kč	24 486 Kč	73 749 Kč
Rychlost linky [m/min]	120	103	
Časové využití linky	53%	65%	
Hodinová cena provozu	128 Kč	52 Kč	180 Kč

Z výstupních dat je zřejmé, že úspora elektřiny při přesunutí produkce materiálu z jedné linky na druhou je rovna zhruba 5 000Kč měsíčně. Na druhou stranu je zde nárůst délky výroby z původních 72h na 84h měsíčně. Tento fakt není velkým problémem hlavně z důvodu toho, že linka X30 je moderní nová plně automatická linka a proto lze v takovém případě čas operátora využít i pro další činnosti.

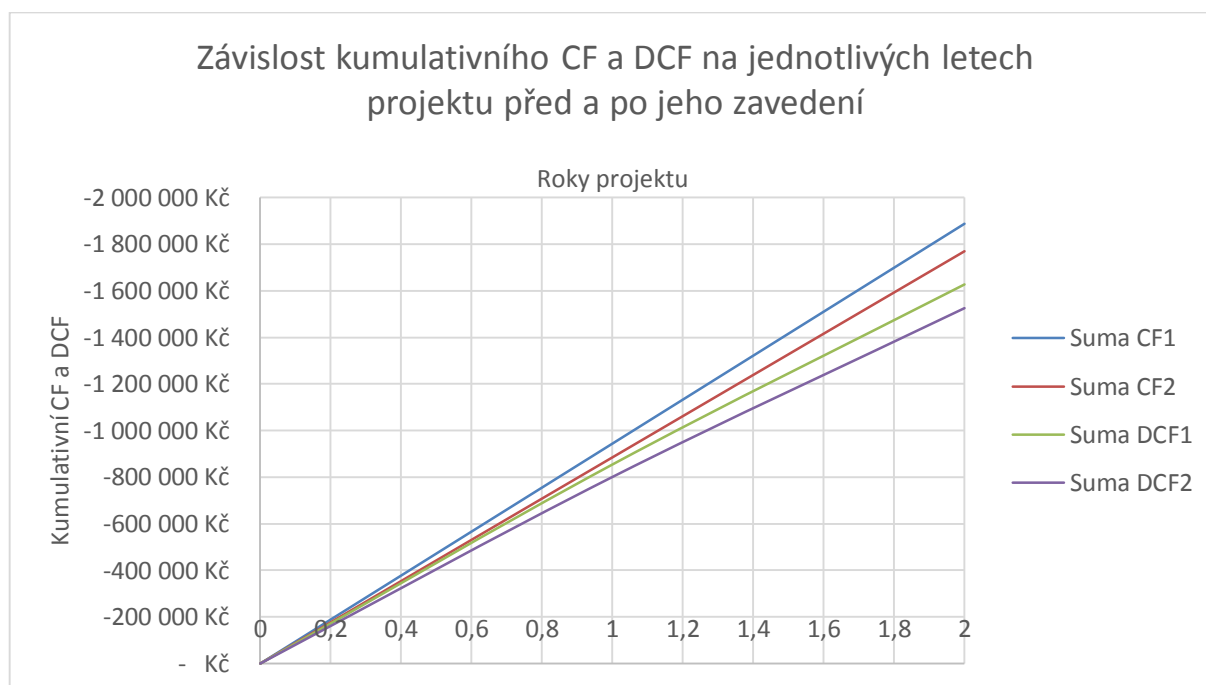
### 8.1.3 Ekonomické zhodnocení projektu

Z pohledu ekonomického je doba hodnocení projektu stanovena na 2 roky, jako nejzazší ekonomický výhled do budoucna. Vypočtené hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce, kde je samozřejmě patrné, že po uskutečnění opatření se sníží záporný CF za elektřinu a tím pádem jsou generovány úspory. Citlivostní analýza na vstupní data vyhotovena nebude, jelikož i při nejhorších podmínkách tento projekt generuje úsporu. NPV je spočteno podle vzorce (5).

$$NPV_{\text{souč.stav}} = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t} - INV = \sum_{t=1}^2 \frac{12 * -78\,673}{(1+0,105)^t} - 0 = -1\,627\,540\text{Kč}$$

Tabulka 9: Ekonomické ukazatele projektu balancování výroby

	Současný stav	Nový stav
Měsíční CF	- 78 673 Kč	- 73 749 Kč
Diskont	10,50%	10,50%
Investice	- Kč	- Kč
Doba hodnocení [měsíce]	24	24
NPV	-1 627 540 Kč	-1 525 690 Kč
Tr [roky]	x	0
Trd [roky]	x	0



Graf 34: Závislost kumulativního CF a DCF na jednotlivých letech projektu balancování výroby

### 8.1.4 Celkové zhodnocení

Tento projekt je v závodě TEET zaváděn a je podrobován testování především z pohledu kvality výstupního materiálu. Z hlediska energie byla čísla vypočtena poměrně přesně, protože výsledné hodnoty spotřeb ukazují na úsporu elektřiny kolem 4 500 Kč/měsíc. Odchylna je způsobena jinak nastavenými provozními podmínkami na nové lince. Pokud jde o celkové zhodnocení, tak je projekt jasným přínosem jak z pohledu ekonomického, tak i výtížení operátorů není tak vysoké vzhledem k automatizaci linky a díky tomu je zde nižší

produkce neshodného materiálu. V případě, že je vstupní investice nulová, nelze vyjádřit vnitřní výnosové procento takového projektu. Pokud jde o externí faktory, které ovlivňují toto úsporné opatření, pak je to především zaučení operátora na automatické lince X30 pro přesouvání produktu, zajištění stejné kvality tohoto výstupního produktu, jako na předchozí lince X05/12, či logistika a skladování vstupního i výstupního materiálu na lince X30, která se nachází v jiné hale, nežli předchozí linka X05/12.

### 8.2 Výměna extruzních motorů

Projekt výměny extruzních motorů se svými cenami řadí do vysoko nákladových opatření, ale vzhledem k rychlosti instalace a jednoduché výměně je časově daleko jednodušší, než například výměna chladicích systémů linek a proto je zařazen do druhé kategorie, tedy středně nákladové. Výměna se týká 3 nejstarších motorů na linkách X05/12, X02 a X11.[7]

#### 8.2.1 Současný stav

V současném stavu je na lince X05/12 nainstalován extruzní stejnosměrný motor SCOTT BS2613 s výkonem 56kW a rokem výroby 1975, následně pak na lince X05 je stejnosměrný motor DIRECT BRUSH s výkonem 33,5kW a rokem výroby 1970 a v poslední řadě jde o linku X11, kde je stejnosměrný motor FLEXI-TORQ s výkonem 18,6kW a rokem výroby 1977. Vzhledem k vysokým nákladům na opravu a údržbu stejnosměrných motorů je počítáno s jejich nahrazením za střídavé asynchronní motory s vyšší třídou účinnosti. Při této výměně zde vzniká problém s počátečním momentem motoru, jelikož stejnosměrné motory mají vysoký záběrný moment na začátku otáček, kdežto střídavé motory mají vysoké momenty až ve chvíli, kdy se rozjedou. Tento problém byl kompenzován výběrem vyšší výkonové třídy a to alespoň o 30% oproti stejnosměrným motorům, které zde jsou v současnou chvíli nainstalovány a také pomocí vhodné motorové převodovky. Zobrazení současného stavu motorů a jejich parametrů je uvedeno v následující tabulce.[8]

Tabulka 10: Současný stav motorů na linkách

Současný stav motorů			
Linka:	X05/12	X02	X11
Jméno motoru:	SCOTT BS2613	DIRECT BRUSH	FLEXI-TORQ
Jmenovitý výkon [kW]	56	30	18,6
Jmenovité napětí [V]	415	460	500
Jmenovitý proud [A]	153	73	42
Průměrný příkon motoru [kW]	26,6	13,3	6,0
Otáčky motoru [ot/min]	1 500	1 500	1 450
Účinnost motoru	87,5%	89,3%	88,5%
Časové využití linek	54,4%	40,3%	28,2%
Roční náklady na údržbu	8 640 Kč	8 280 Kč	8 040 Kč

## 8.2.2 Parametry nových motorů

Jak již bylo řečeno, tak jsou nové motory vybírány s ohledem na dostatečný výkon, spolehlivost a také úspory elektřiny. Jednotlivé parametry nových motorů jsou uvedeny v následující tabulce. Všechny 3 zvolené motory jsou od firmy Siemens.<sup>1</sup>

Tabulka 11: Parametry nových motorů

Nové extruzní motory Siemens			
Linka:	X05/12	X02	X11
Jméno motoru:	1LE1501-2DB03	1LE1501-2BB23	1LE1501-2AB53
Jmenovitý výkon [kW]	75	45	30
Jmenovité napětí [V]	400	400	400
Jmenovitý proud [A]	133	80	56
Průměrný příkon motoru [kW]	21,9	12,2	6,0
Účinnost motoru	94,0%	93,8%	92,8%
Navýšení výkonu motoru na	133,9%	150%	161,3%

Z tabulky je patrné, že ačkoliv jsou nové motory výkonově silnější, jejich příkon je při stejném výkonu na hřídeli nižší. Průměrný příkon motoru byl spočítán podle potřebného výkonu na hřídeli a přepočten přes  $\cos \varphi$  a účinnost motoru podle výpočtů uvedených v příloze v souborech Excelu.

## 8.2.3 Ekonomické zhodnocení projektu

Při hodnocení projektu beru v úvahu nejen energetickou stránku, tedy spotřebu, ale i náklady na údržbu současných motorů a samozřejmě ekologii celé výměny. V současné chvíli jsou nainstalovány na linkách stejnosměrné motory s cizím buzením, které již neodpovídají nynějším nárokům výroby. Při jejich nahrazování je třeba do nákladů započítat nejen cenu nových motorů, ale i cenu frekvenčních měničů, které tyto motory budou řídit. Jednotlivé ceny jsou uvedeny v následující tabulce. Následně pak výpočty ročních  $CF_{s,s}$  a  $CF_{n,s}$  pro současný a nový stav, kde  $CF$  je rovno průměrnému příkonu  $P_a$ , době provozu za rok, ceně elektrické energie  $c_e$ , časovému využití linek  $s_t$  a ročním nákladům na údržbu  $N_{rú}$ . Výpočty jsou uvedeny pod Tabulkou 12.

<sup>1</sup> Parametry současných i nových motorů jsou brány z jejich štítkových a katalogových hodnot



Tabulka 12: Ceny jednotlivých komponentů při výměně extruzních motorů<sup>1</sup>

Ceny jednotlivých komponent			
Linka:	X05/12	X02	X11
Cena nového motoru:	83 306 Kč	51 079 Kč	35 694 Kč
Teplotní ochrana motoru:	9 818 Kč	9 818 Kč	9 818 Kč
Ventilátor motoru:	3 100 Kč	2 871 Kč	2 871 Kč
Čidlo otáček motoru:	11 960 Kč	11 960 Kč	11 960 Kč
Frekvenční měnič:	109 567 Kč	59 000 Kč	48 900 Kč
Celková cena opatření:	217 751 Kč	134 728 Kč	109 243 Kč

$$CF_{s.s} = P_{a1} * 24 * 365 * c_e * s_t + N_{rú} = 26,6 * 24 * 365 * 2,5 * 0,544 + 8640$$

$$= 324 774 \text{ Kč}$$

$$CF_{n.s} = P_{a2} * 24 * 365 * c_e * s_t + N_{rú} = 21,9 * 24 * 365 * 2,5 * 0,544 = 260 595 \text{ Kč}$$

$$T_r = \frac{INV}{CF_{s.s} - CF_{n.s}} = \frac{217 751}{324 774 - 260 595} = \frac{217 751}{64 179} = 3,39 \text{ roku}$$

$$DCF_t = \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad DCF_1 = \frac{324 774}{(1+0,105)^1} = 293 913 \text{ Kč}$$

$$T_{rd}: \sum_{t=0}^T DCF_{s.s} \geq \sum_{t=0}^T DCF_{n.s} \rightarrow 1 215 584 \geq 1 193 122 \rightarrow T_{rd} = 4,5 \text{ roku}$$

$$0 = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} \rightarrow 0 = \sum_{t=0}^T \frac{CF_{n.s,t} - CF_{s.s,t}}{(1+IRR)^t} \rightarrow 0 = \sum_{t=0}^T \frac{-260 595 + 324 774}{(1+IRR)^t} \rightarrow$$

$$IRR = 27\%$$

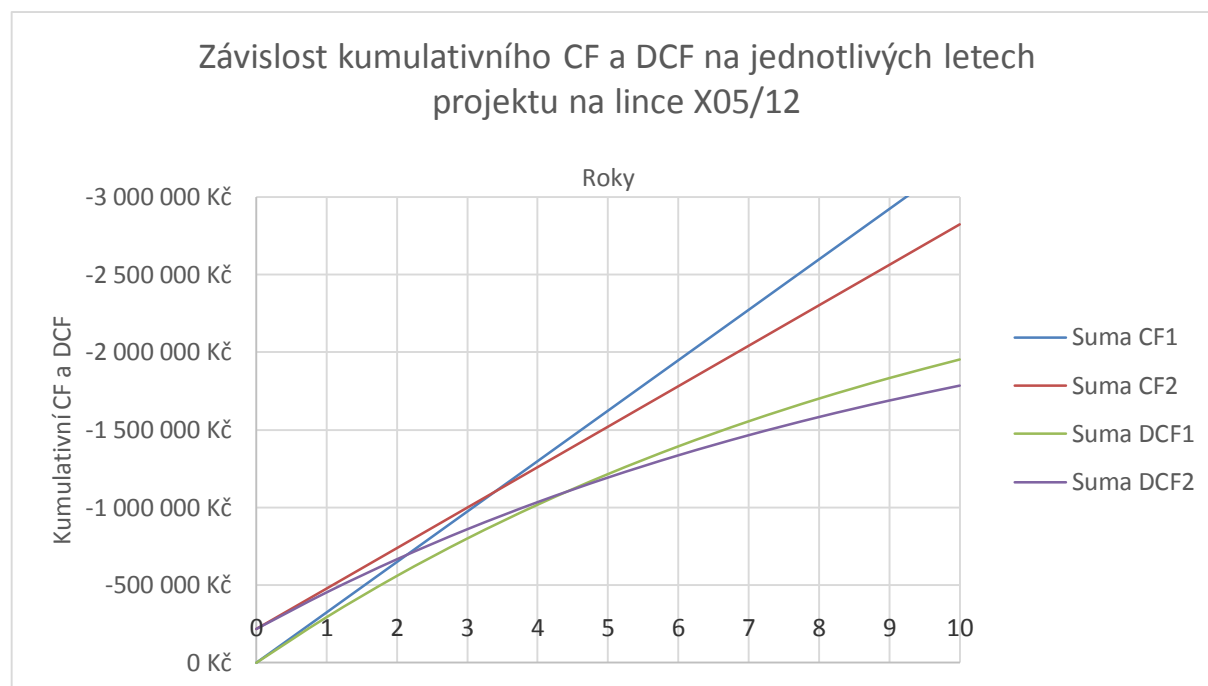
Tabulka 13: Ekonomické ukazatele výměny extruzního motoru na lince X05/12

Linka X05/12		
	Současný stav	Nový stav
Měsíční CF	- 324 774 Kč	- 260 595 Kč
Diskontní sazba	10,50%	10,50%
Investice	- Kč	- 217 751 Kč
Doba hodnocení [roky]	10	10
NPV	- 1 953 444 Kč	- 1 785 173 Kč
IRR	x	27%
Tr [roky]	x	3,4
Trd [roky]	x	4,5

<sup>1</sup> Informace o cenách jsou brány z katalogu firmy Siemens

## NÁVRH ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ

Z ekonomických dat je vidět, že první výměna, tedy motor na lince X05/12 se vyplatí, NPV po zavedení opatření je nižší záporné, nežli před ním. Investice do úsporného opatření se vrátí za 3,5 roku a po započítání diskontu za 4,5 roku. Závislost kumulativního CF a DCF je zobrazena na následujícím grafu. IRR tohoto projektu je poté rovno 27%. Jednotlivé hodnoty IRR jsou také viditelné v grafech citlivostní analýzy pro závislost NPV na diskontní sazbě.

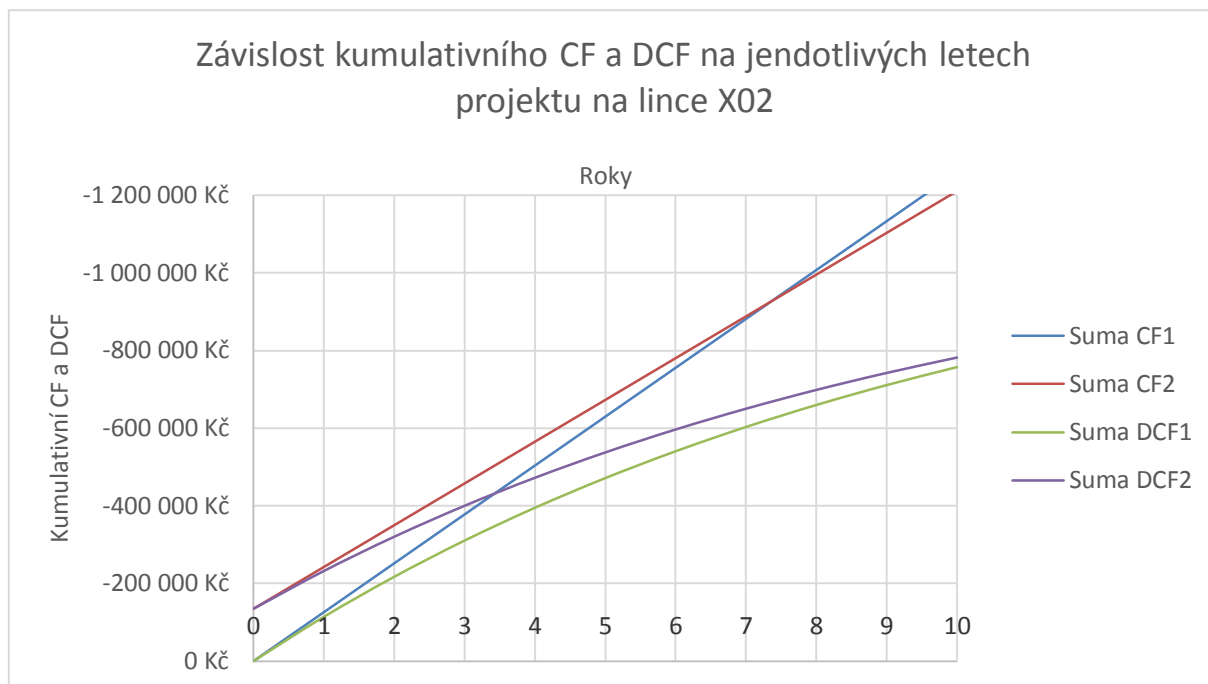


Graf 35: Závislost kumulativního CF a DCF na jednotlivých letech projektu na lince X05/12

Druhé opatření na lince X02 se z pohledu investice nevyplatí. Pokud budu uvažovat budoucí hodnotu peněz za stejnou jako je nyní, tak se investice vrátí za 7,5 roku. Diskontovaná doba návratnosti investice je poté 15 let. Graf kumulativního CF a DCF je zobrazen pod tabulkou dat. IRR je rovno hodnotě 6%.

Tabulka 14: Ekonomické ukazatele výměny extruzního motoru na lince X02

Linka X02		
	Současný stav	Nový stav
Měsíční CF	- 125 898 Kč	- 107 588 Kč
Diskontní sazba	10,50%	10,50%
Investice	- Kč	- 134 728 Kč
Doba hodnocení [roky]	10	10
NPV	- 757 248 Kč	- 781 845 Kč
IRR	x	6%
Tr [roky]	x	7,5
Trd [roky]	x	15

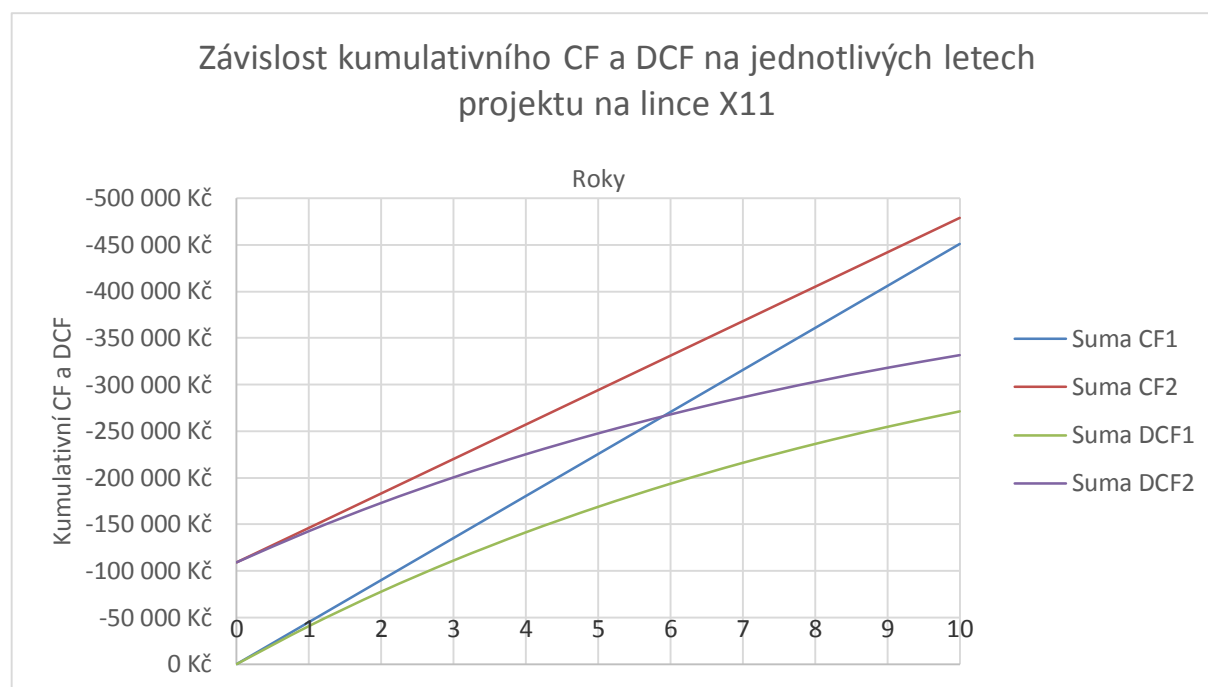


Graf 36: Závislost kumulativního CF a DCF na jednotlivých letech projektu na lince X02

V případě poslední výměny extruzního motoru na lince X11, se tento projekt z ekonomického hlediska nevyplatí. Prosta doba návratnosti investice je 13,5 roku. Diskontovanou dobu návratnosti nelze vyjádřit. Vnitřní výnosové procento je záporné a činí -5%. Graf kumulativního CF a DCF je opět pod tabulkou s daty.

Tabulka 15: Ekonomické ukazatele výměny extruzního motoru na lince X11

Linka X11		
	Současný stav	Nový stav
Měsíční CF	- 45 095 Kč	- 36 968 Kč
Diskontní sazba	10,50%	10,50%
Investice	- Kč	- 109 243 Kč
Doba hodnocení [roky]	10	10
NPV	- 271 235 Kč	- 331 598 Kč
IRR	x	-5%
Tr [roky]	x	13,5
Trd [roky]	x	x



Graf 37: Závislost kumulativního CF a DCF na jednotlivých letech projektu na lince X11

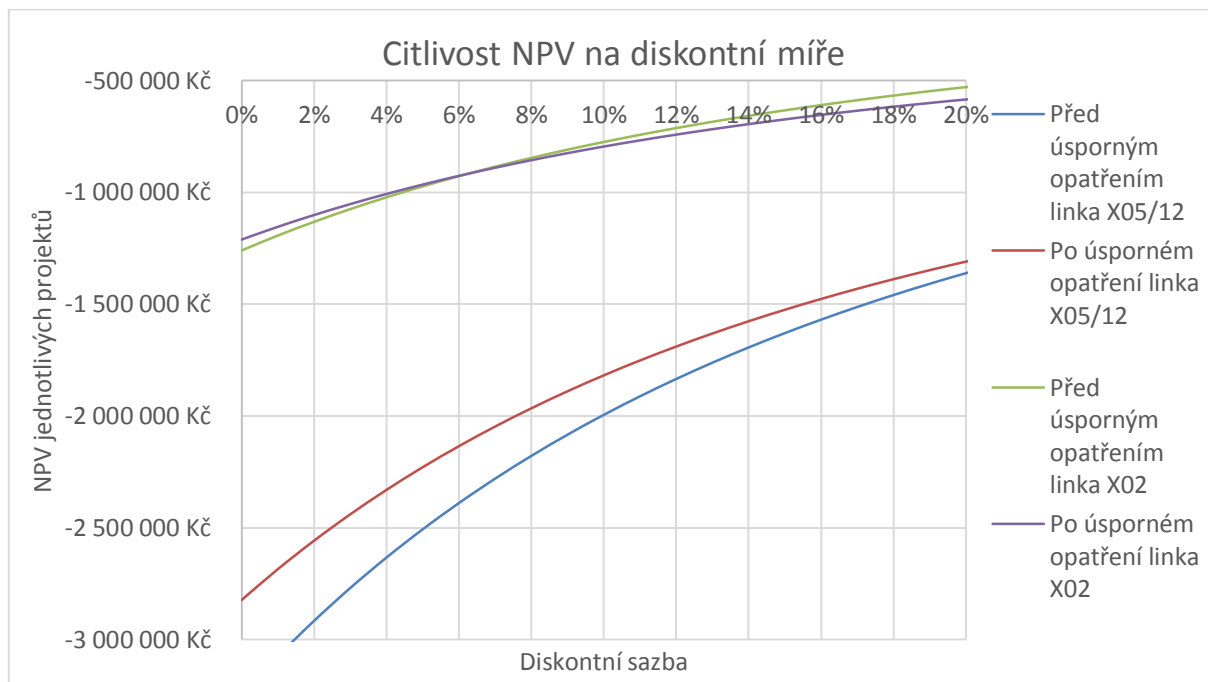
Z dílčích výsledků je vidět, že by celková úspora elektrické energie díky výměně extruzních motorů byla rovna 2,2MWh měsíčně, což odpovídá 0,27% z celkové spotřeby a platbě 5 470Kč. K této hodnotě je zapotřebí připočítat měsíční platbu za údržbu starých motorů, která je celkově rovna 2 080Kč.

U druhého a třetího opatření není NPV příznivé pro jejich zavedení. Avšak jsou zde další aspekty, které je třeba brát v potaz a není úplně jednoduché je vyjádřit, natož spočítat jejich působení. Díky tomu, že současné motory jsou již poměrně staré, je zde daleko vyšší riziko jejich selhání a právě kvůli jejich stáří jsou cena nových komponent nebo celé nahrazení motoru velice drahé. Dalším z problémů vyčíslení je, že pokud motor nejede, tak nejede ani linka a tudíž stojí výroba. Tyto aspekty se v takovém případě vyjadřují jako Cost Avoidance, tedy vyhnutí se budoucím nákladům. Pokud do jednotlivých projektů tyto náklady započtu, tak se již vyplatí do nich investovat i s tím, že jejich NPV jsou horší, než ta současná. Výpočet těchto nákladů je spjat s vysokými odchylkami vstupních dat a tudíž ho není možné jednoduchým způsobem vyjádřit. Obecně pokud linka stojí, přichází v průměru firma o deseti až sta tisíce korun za hodinu.<sup>1</sup> Při porovnání s cenou tohoto opatření je to poměrně vysoká částka a je tedy lepší jít směrem zabezpečení výroby pomocí nových motorů, nežli doufat v bezpečnou činnost současných již starých.

<sup>1</sup> Hodnoty jsou odhadnuty na základě cen vstupního materiálu a průměrné produkce linek

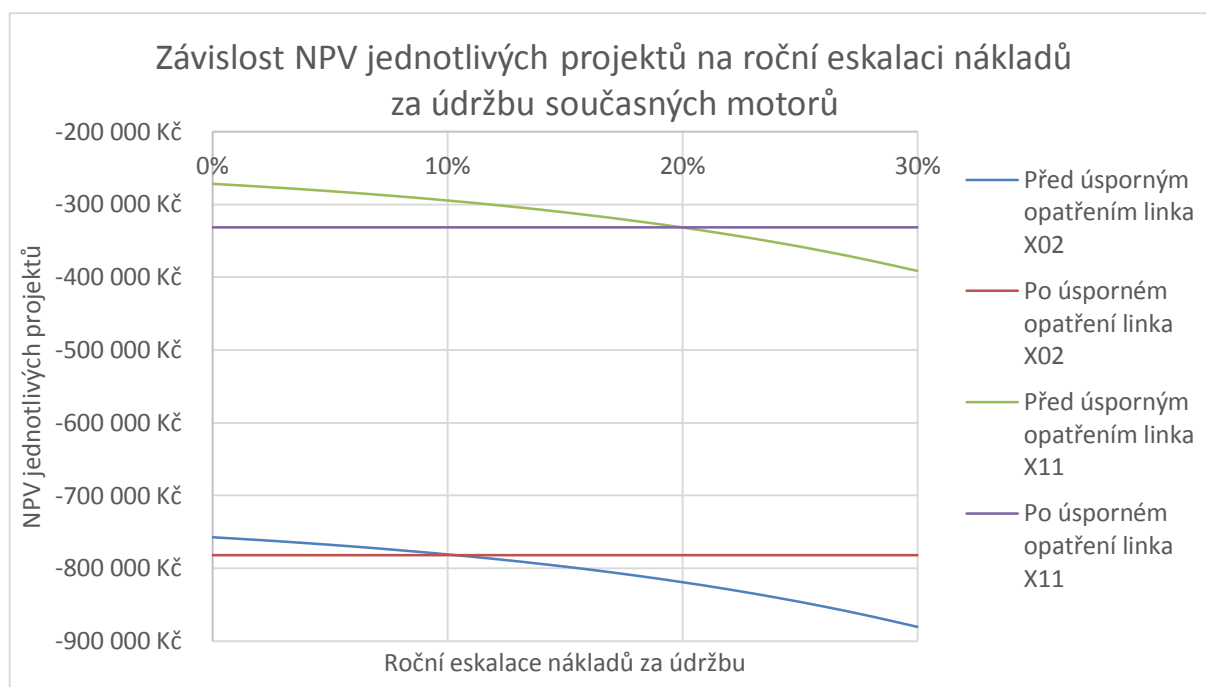
## 8.2.4 Citlivostní analýza dat

Citlivostní analýza byla vytvořena na závislost NPV na diskontní sazbě pro první 2 kritéria, tedy pro výměnu motoru na lince X05/12 a X02. Následně byla vytvořena druhá citlivostní analýza a to na závislost NPV na různých nákladech na opravu a údržbu současných motorů. Každý rok je zde předpoklad eskalace nákladů na opravu současných motorů o určité stejné procento, kvůli jejich procesu stárnutí. Tato citlivostní analýza byla vytvořena pro druhé a třetí úsporné opatření, tedy linky X02 a X11.



Graf 38: Zobrazení citlivosti NPV na diskontní sazbě

Z grafu lze vyčíst, že výměna motoru na lince X05/12 se vyplatí až po diskontní sazbou na hranici 30%. U druhé výměny na lince X02 se vyplatí do hodnoty diskontu rovné 6%.



Graf 39: Závislostí NPV na meziroční eskalaci nákladů za údržbu současných motorů

Z hodnot je vidět, že pokud by cena za opravy a údržbu motoru na lince X02 eskalovala každým rokem o 11%, bylo by NPV před i po zavedení úsporného opatření stejné. Tato hranice je vidět i na lince X11 a to na hodnotě eskalace rovné 20%. Samozřejmě, že pravděpodobnost každoroční eskalace nákladů o 20% není příliš reálná. V takto definovaných podmínkách si troufám stanovit, že eskalace nákladů bude každoročně okolo 5%. V takovém případě je patrné, že projekt na lince X02 se velice blíží hodnotě, kdy NPV před i po zavedení projektu budou stejná. Citlivostní analýza byla vytvořena pomocí funkcí Excelu a tato funkce byla využita i pro všechny ostatní citlivostní analýzy.

### 8.2.5 Celkové zhodnocení

V současnou chvíli se v závodě TEET pozvolna přechází od stejnosměrných extruzních motorů ke střídavým asynchronním, které mají mnohdy nižší pořizovací ceny, snadné řízení a prakticky nulové náklady na údržbu. Vzhledem k propočtům a zohlednění faktoru Cost Avoidance se všechna 3 úsporná opatření vyplatí. Pokud vezmu v potaz ekologii výměny, tak se díky střídavým motorům nebudou dostávat do prostoru hal prachové, nejčastěji uhlíkové, částice, které by mohli znamenat nejen potenciální snižování kvality ovzduší, ale i produktů. Externality, které ovlivňují toto opatření, jsou například jiná velikost nových motorů, ke kterým musí být namontovány převodovky a nemusejí se tak v určitých případech vejít do extruzních linek, či samotné časové využití těchto linek, které přímo úměrně ovlivňuje výslednou hodnotu NPV a tudíž celkovou ekonomickou bilanci projektu.

### 8.3 Propojení kompresoroven mezi halami

Aktuálně jsou v závodě TEET 3 kompresorové místnosti, přičemž první z nich na hale A je oddělena od ostatních a zásobuje pouze extruzní výrobu na halách A a B. Druhá kompresorovna je na hale C a je propojena se třetí na hale E. Tyto kompresorovny poté zásobují zbylé haly. V tomto projektu se zabývám propojením tlakové soustavy mezi všemi halami a nahrazením kompresorovny na hale A pomocí kompresorů na hale C a E s možností využití odpadního tepla. Projekt je zařazen do kategorie nízko-nákladových opatření.[19]

#### 8.3.1 Současný stav

Celková průměrná spotřeba kompresorů skrze všechny haly činí 139MWh, což odpovídá měsíční platbě 348 200Kč, respektive 16,8% z celkové spotřeby. Kompresorovna na hale A má instalovaný výkon 730m<sup>3</sup> vzduchu za hodinu. Kompresorovna na hale C má poté výkon 2 900m<sup>3</sup>/hod a na hale E je instalovaný výkon 1 800m<sup>3</sup>/hod. Kompresory na hale C jako jediné v současnou chvíli využívají rekuperaci odpadního tepla, které vzniká při stlačování vzduchu, a díky němu ohřívají teplou užitkovou vodu pro sociální zařízení závodu. Jednotlivé hodnoty výkonů a příkonů kompresorů a ostatních zařízení pro výrobu stlačeného vzduchu jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 16: Současný stav kompresorové techniky na halách<sup>1</sup>

Současný stav:					
Hala	Typ zařízení	Množství vzduchu [m <sup>3</sup> /hod]	Elektrický nominální příkon [kW]	Reálný příkon [kW]	Měsíční spotřeba [MWh]
Hala A, B	MATTEI AC 37L	408	37,0	33,3	24,3
	MATTEI ERC 1015 L	162	15,0	1,5	1,1
		162	15,0	1,5	1,1
	sušička:	600	10	1,6	1,2
Celkem		732	77	37,9	27,7
Hala C1, C2	MATTEI AC 4090 H	960	90,0	81,0	59,1
		960	90,0	x	x
		960	90,0	x	x
	sušičky:	1 100	15	2,1	1,5
		1 100	15	x	x
		1 100	15	x	x
Celkem		2 880	315	83,1	60,7
Hala E, F	MATTEI AC 90 H	845	90,0	0,0	0,0
	MATTEI OPTIMA 90	500 – 1 000	90,0	65,7	48,0
	sušička:	1 400	20	4,3	3,1
Celkem		1 800	200	70,0	51,1
Celkem za všechna zařízení		5 412	592	191,0	139,4

Z tabulky je vidět, že kompresorovna na hale C má v současnou chvíli nízké časové využití a v provozu je vždy jen jeden kompresor ze 3 instalovaných. To představuje problém s ohledem na fakt, že pouze v této kompresorovně je zavedena rekuperace odpadního tepla. Také na hale E je vidět podobný trend, tedy že kompresor s proměnným výkonem není plně vytížen a druhý slouží pouze jako záložní.

### 8.3.2 Parametry propojení tlakových rozvodů

Jak již bylo řečeno na začátku tohoto opatření, tak projekt počítá s propojením tlakových rozvodů mezi halami (A, B) a (C, D, E, F). Následně pak se zrušením kompresorovny na hale A a možným odprodejem těchto kompresorů. Namísto zrušené kompresorovny se uvedou do provozu stávající kompresory na hale C, které využívají rekuperaci tepla. Produkce tepla z kompresorů je poměrně značná, v současnosti je v provozu vždy jeden ze tří kompresorů MATTEI AC 4090H, který při maximálním příkonu 90kW produkuje 55kW tepelné energie,

<sup>1</sup> Data v tabulce jsou brána z katalogu výrobce firmy MATTEI, spotřeby vycházejí z energetického auditu



## NÁVRH ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ

respektive 0,2GJ tepla za hodinu.<sup>1</sup> V nynějším stavu je produkce tepla rovna 40kW, tedy 0,14GJ.

Tepelná energie je rekuperována ve formě horké vody a je uložena v zásobníku s objemem 2m<sup>3</sup>. Tato voda je používána pro sociální zařízení závodu a jedná se o pitnou vodu. V případě rozšíření je třeba přidat druhý zásobník s objemem 2m<sup>3</sup>, který bude použit jako zdroj teplé vody pro topnou soustavu závodu. Současná cena horké vody na patě objektu účtována elektrárnou Poříčí je pro období 2013/2014 stanovena na 480Kč/GJ. Průměrná roční spotřeba tepla v závodu je rovna 1 968GJ.

Tabulka 17: Stav před a po zavedení úsporného opatření

		Současný stav	Nový stav
Spotřeba elektřiny:	[MWh/měsíc]	139,4	138,7
Měsíční platba za elektřinu:		348 575 Kč	346 750 Kč
Výroba tepla (teplá voda):	[GJ/měsíc]	105,5	105,5
Výroba tepla (vytápění objektu):	[GJ/měsíc]	-	59,4
Spotřeba tepla:	[GJ/měsíc]	164,0	104,6
Měsíční platba za teplo:		78 873 Kč	50 305 Kč
Investice do propojení tlakového vzduchu mezi halami:		- Kč	90 000 Kč
Investice na akumulární nádrž pro otopnou soustavu:		- Kč	42 900 Kč
Investice do propojení otopné soustavy s kompresory:		- Kč	25 000 Kč
Předpoklad odprodeje současných kompresorů z haly A:		- Kč	30 000 Kč

Z tabulky je zřejmé, že propojením tlakové soustavy mezi halami a zapojením kompresoru s rekuperací na hale E bude ušetřeno jen minimum elektrické energie. Naopak díky výrobě tepla z kompresoru bude měsíční úspora energie činit 59,4GJ. Toto teplo by bylo jinak nutné nakupovat od elektrárny Poříčí.

Úloha není úplně jednoduchá, protože doteď jsem pracoval s předpokladem, že všechno teplo vyprodukované kompresorem bude spotřebováno. Realita je však jiná a především v letním období je zbytečné teplo používat na otopnou soustavu a je lepší jej využít pro ohřev vody pro sociální zařízení. Pokud tedy budu brát v potaz pouze půlroční délku topné sezóny, což je doba, ve které bude nakoupena veškerá tepelná energie, tak se změní spotřeba tepla podle následující tabulky.

<sup>1</sup> Data o tepelném výkonu v závislosti na příkonu kompresoru jsou brána ze záznamů firmy MATTEI

Tabulka 18: Upravená data o spotřebě tepla a následné platbě

		Současný stav	Nový stav
Výroba tepla (vytápění objektu):	[GJ/měsíc]	-	59,4
Spotřeba tepla v otopné sezóně:	[GJ/měsíc]	328,0	268,6
Měsíční platba za teplo v otopné sezóně:		157 745 Kč	129 178 Kč

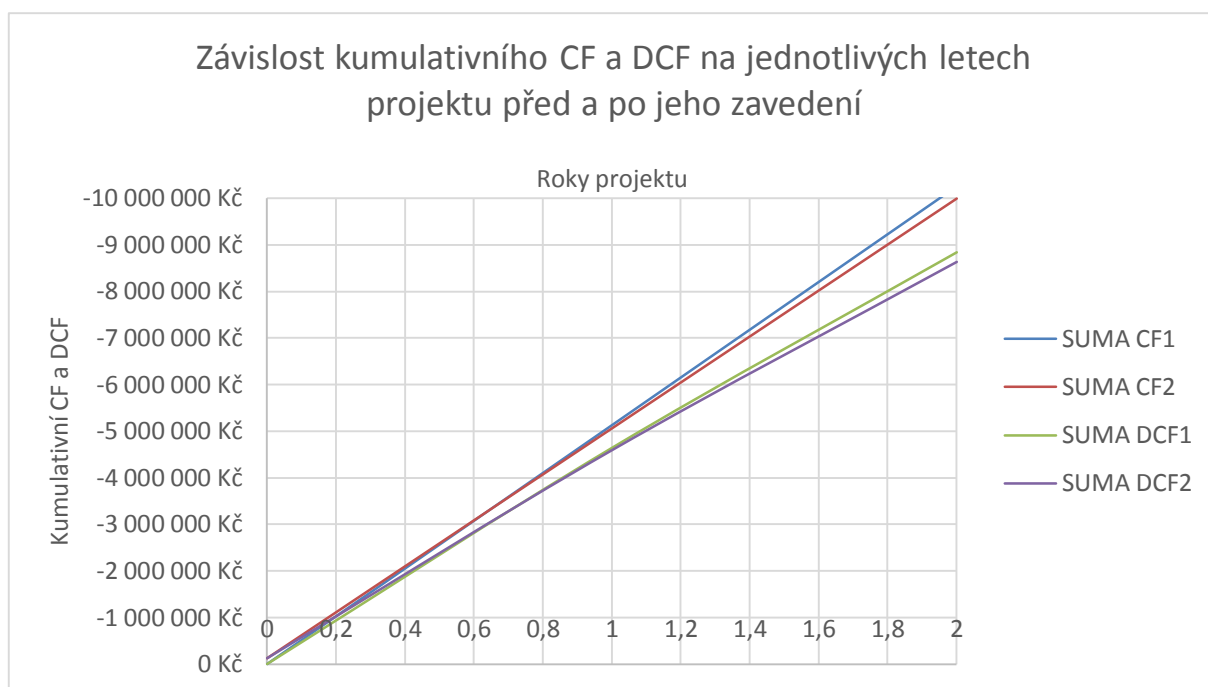
### 8.3.3 Ekonomické zhodnocení projektu

Doba hodnocení projektu byla stanovena na 2 roky, jako nejzazší ekonomický výhled do budoucna. Měsíční CF poté odpovídá součtu plateb za elektrickou energii pro pohon kompresorů a za teplo dodávané od elektrárny Poříčí. Z ekonomického pohledu je projekt dobrý také pro údržbu, která díky tomuto zásahu bude muset kontrolovat pouze dvě kompresorovny, namísto tří. Ekonomická kritéria a jednotlivé hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 19: Parametry a vypočtené hodnoty projektu

	Současný stav	Nový stav
Měsíční CF	- 427 448 Kč	- 411 339 Kč
Diskontní sazba	10,5%	10,5%
Investice	- Kč	- 127 900 Kč
Doba hodnocení [měsíce]	24	24
NPV	- 8 842 836 Kč	- 8 637 489 Kč
IRR	x	120%
Tr [měsíce]	x	8
Trd [měsíce]	x	9

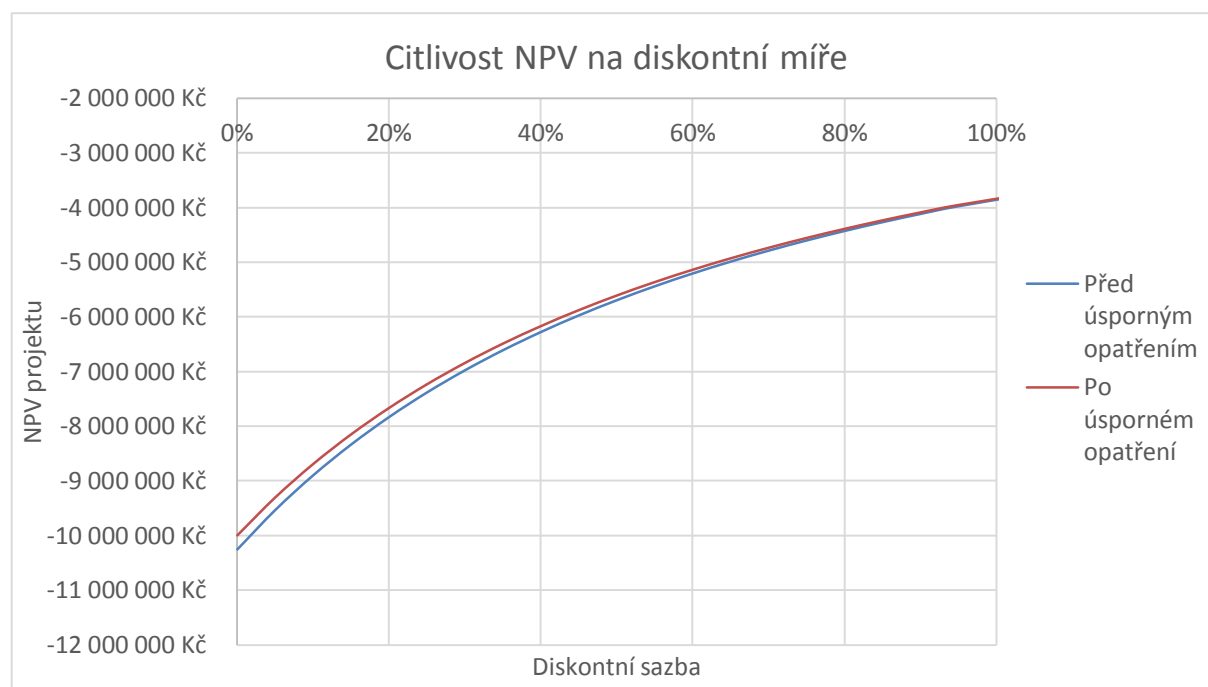
Z hodnot v Tabulce 19 vyplývá, že úsporné opatření se vyplatí a hodnota NPV je při jeho zavedení nižší záporná, nežli před ním. Prostá doba návratnosti této investice je rovna 8 měsícům a diskontovaná doba návratnosti 9 měsícům. Vnitřní výnosové procento projektu je 120%. Kromě finanční úspory je největším přínosem právě ono propojení hal, díky kterému se sjednotí celý systém tlakového vzduchu. V kompresorovnách na hale C a E jsou také novější kompresory, než na hale A, a tím pádem je zde předpoklad jejich nižší poruchovosti.



Graf 40: Závislost kumulativního CF a DCF na jednotlivých letech projektu

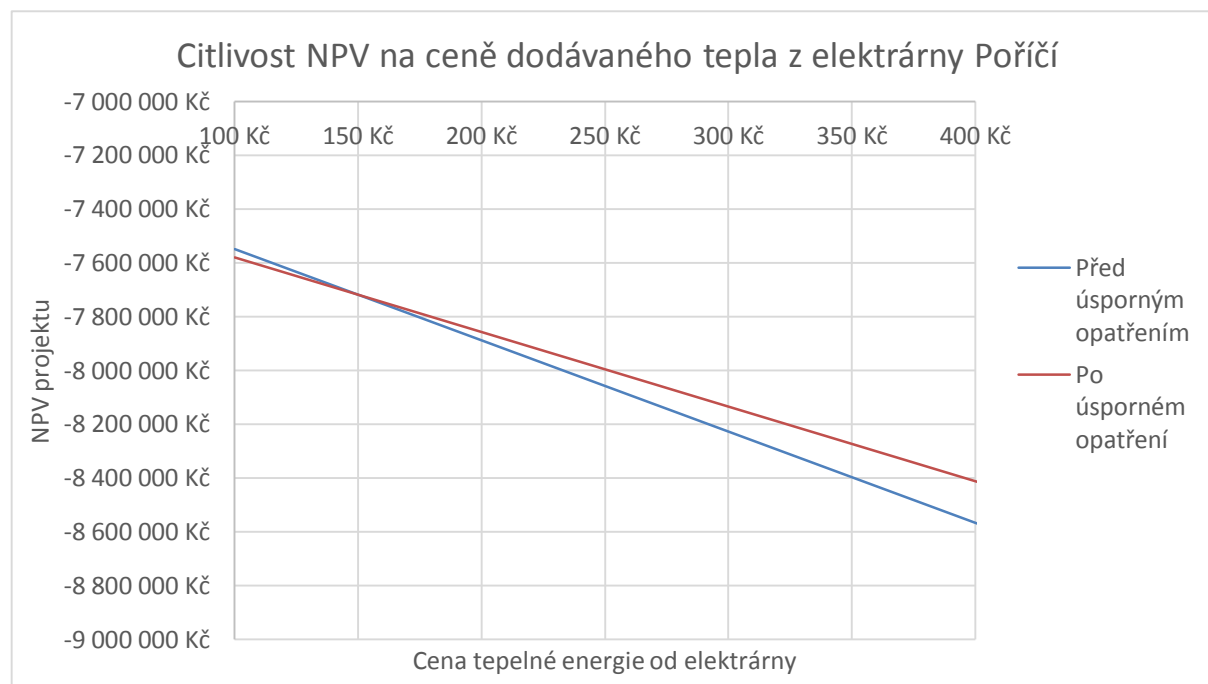
### 8.3.4 Citlivostní analýza dat

V této úloze je poměrně velké množství vstupujících proměnných a volitelných parametrů, na které jsou ekonomické výpočty náchylné. Citlivostní analýza byla vytvořena nejen pro závislost NPV na diskontní sazbě, ale byla věnována pozornost i různé ceně tepelné energie a rozdílné ceně prodeje nevyužitelných kompresorů z haly A.



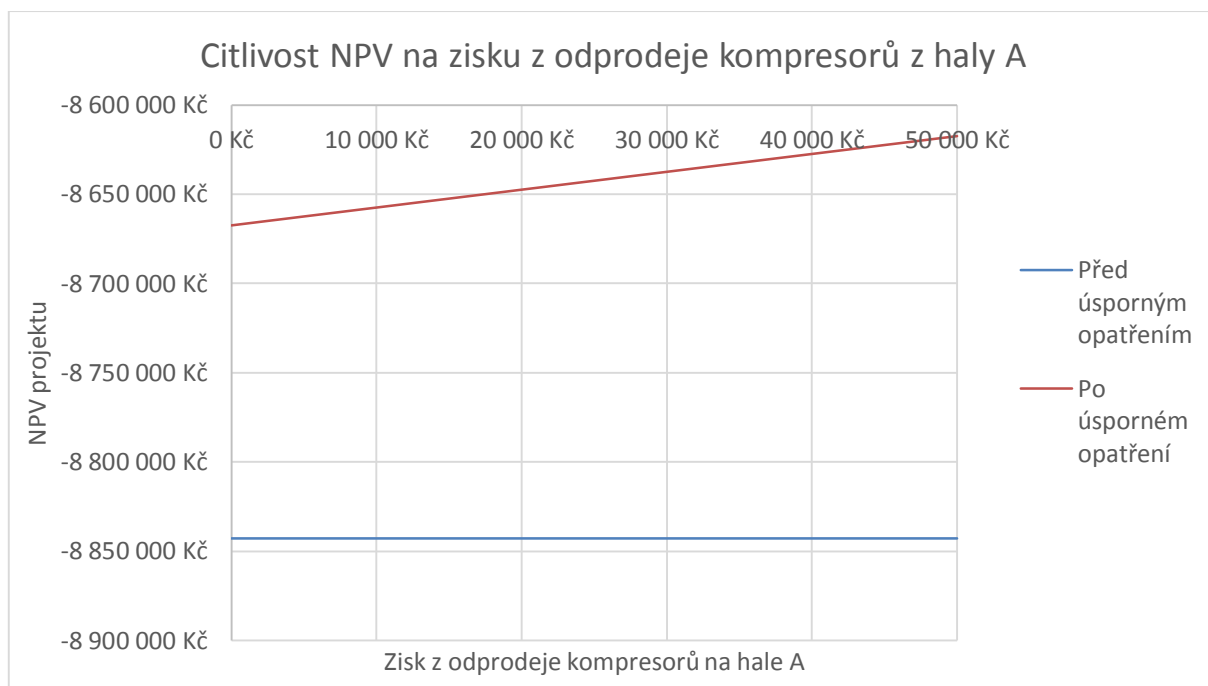
Graf 41: Citlivost NPV na diskontní sazbě

Z výsledků je patrné, že se projekt vyplatí ve velkém rozsahu hodnot diskontní sazby. Rovnost NPV před a po zavedení tohoto projektu je na hodnotě diskontu rovné 120%, tato hodnota též odpovídá vnitřnímu výnosovému procentu IRR. V následujícím grafu je vidět závislost NPV na ceně tepelné energie od dodavatele, tedy elektrárny Poříčí.



Graf 42: Citlivost NPV na ceně tepla dodávaného z elektrárny Poříčí

Výsledky naznačují, že při nízké ceně tepla do 150Kč/GJ by se tento projekt nevyplatil. Vzhledem k tomu, že průměrná cena tepla skrze Českou republiku je hodně nad touto hranicí, cena tepelné energie na patě objektu od elektrárny Poříčí pro období 2013/2014 je 480Kč/GJ, projekt se v takovémto případě vyplatí. Díky tomuto faktu nebudu dále uvažovat eskalace cen tepelné energie, které na celkovém zhodnocení projektu nemají vliv. V posledním grafu je zobrazena závislost NPV na různých cenách odprodeje kompresorů z haly A.



Graf 43: Citlivost NPV na zisku z odprodeje kompresorů na hale A

Výsledky ukazují, že se projekt vyplatí i v případě, pokud se nepodaří odprodat kompresory z haly A.

### 8.3.5 Celkové zhodnocení

Propojení soustavy tlakového vzduchu je v současnou chvíli perspektivním opatřením hlavně z důvodu snížení nákladů na údržbu, sjednocením tlaku v soustavě skrze celou výrobu a také rekuperací odpadního, jinak nevyužívaného, tepla. Úsporné opatření je efektivní nejvíce v zimních měsících, kdy je nedostatek tepla, v létě je naopak tepla nadbytek, a proto bude účinnost opatření v tomto období spíše nulová, či záporná. Pokud se na projekt podívám z hlediska ekologie, vidím zde značné úspory ve formě využití odpadního tepla. Úsporné opatření přináší snížení možného znečištění ve formě maziv a různých olejů, se kterými tyto stroje pracují. Co se týká externalit projektu, pak zde nejsou zahrnuty faktory jako je snížení

celkového počtu kompresorů, díky jejich odprodeji, které způsobí snížení zálohového stavu v případě jejich výpadku.

### 8.4 Projekt nového osvětlení skrze haly

Ačkoliv to není ihned patrné, projekt nového osvětlení, respektive výměna za účinnější, je finančně poměrně náročný a je zařazen do vysoko nákladového opatření. Celkově se totiž jedná o všechny haly, jak již bylo řečeno v úvodu, s rozlohou 12 000 m<sup>2</sup>, které mají značné množství svítidel a tudíž i velkou spotřebu.

#### 8.4.1 Současný stav

Celková spotřeba elektřiny za osvětlení je v průměru 87MWh měsíčně, což odpovídá 10,6% z celkové spotřeby závodu. Je zde v provozu projekt automatického osvětlení, avšak není v provozu na všech halách. Zobrazení současného stavu je již popsáno v kapitole 5.3.

#### 8.4.2 Parametry výměny osvětlení

Při výměně budu uvažovat pouze tu část osvětlení, která je v provozu 24h denně, jedná se o 860 zářivek z celkového počtu 3 000ks. Tyto světelné zdroje mají měsíční spotřebu 28MWh a v tomto případě budu uvažovat jejich výměnu za úspornější LED osvětlení. Jednotlivé parametry jak starého, tak nového osvětlení jsou znázorněny v následující tabulce.

Tabulka 20: Parametry jednotlivých trubíc<sup>1</sup>

Parametry výměny trubíc		
	Stará trubice	Nová trubice
Cena	60 Kč	500 Kč
Počet [ks]	860	860
Cena celkem	51 600 Kč	430 000 Kč
Životnost [h]	15 000	50 000
Příkon [W]	45	20

Poté, co jsou známy jednotlivé parametry nového osvětlení, vypočítám celkovou energetickou a především finanční úsporu tohoto opatření. Vypočtené hodnoty spotřeb a finančních toků jsou zobrazeny v Tabulce 21. Z těchto hodnot je vidět, že měsíční úspora energie, při zavedení LED osvětlení, je ve výši 15,7MWh, respektive 39 200Kč. Celkové snížení instalovaného výkonu je rovno 22kW.

---

<sup>1</sup> Parametry trubíc jsou brány z internetových e-shopů, kde byl vybrán cenově dostupný produkt s ohledem na intenzitu, barvu a světelný tok nového osvětlení

Tabulka 21: Zobrazení stavu osvětlení před a po zavedení úsporného opatření

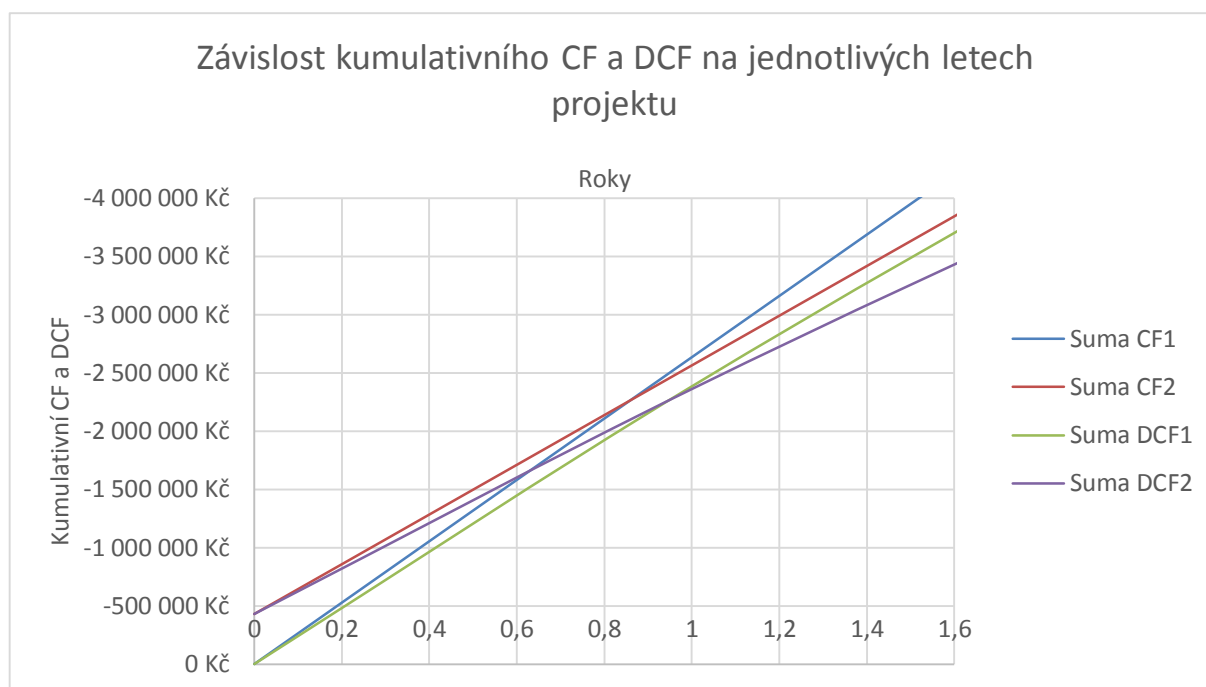
Parametry	Současný stav		Celkem	Nový stav		Celkem	Úspora
Příkon jedné trubice [W]	45	45		45	20		
Počet trubíc [ks]	2 140	860	3 000	2 140	860	3 000	
Instalovaný výkon [kW]	96	39	135	96	17	114	-22
Životnost osvětlení [h]	15 000	15 000		15 000	50 000		
Denní doba svícení [h]	20	24		20	24		
Měsíční doba svícení [h]	608	730		608	730		
Měsíční spotřeba [kWh]	58 589	28 254	86 843	58 589	12 557	71 146	-15 697
Měsíční platba [Kč]	146 472	70 635	217 108	146 472	31 393	177 866	-39 242
Cena za 1 trubici [Kč]	60	60		60	500		

### 8.4.3 Ekonomické zhodnocení projektu

Ekonomické parametry pro hodnocení projektu a vypočtená hodnotící kritéria jsou uvedeny v následující tabulce. Doba hodnocení projektu je stanovena jako doba životnosti LED trubíc, tedy 68 měsíců. K hodnotě CF je zapotřebí každý 21. měsíc připočítat hodnotu nákupu nových trubíc, respektive 860 světél po 60Kč/kus, z důvodu kratší životnosti současného osvětlení.

Tabulka 22: Parametry a vypočtené hodnoty projektu

	Současný stav	Nový stav
Měsíční CF	- 217 108 Kč	- 177 866 Kč
Diskontní sazba	10,50%	10,50%
Investice	- Kč	- 430 000 Kč
Životnost zářiče [h]	15 000	50 000
Doba hodnocení [měsíce]	68	68
NPV	- 10 813 077 Kč	- 9 200 358 Kč
IRR	x	114%
Tr [měsíce]	x	11
Trd [měsíce]	x	12



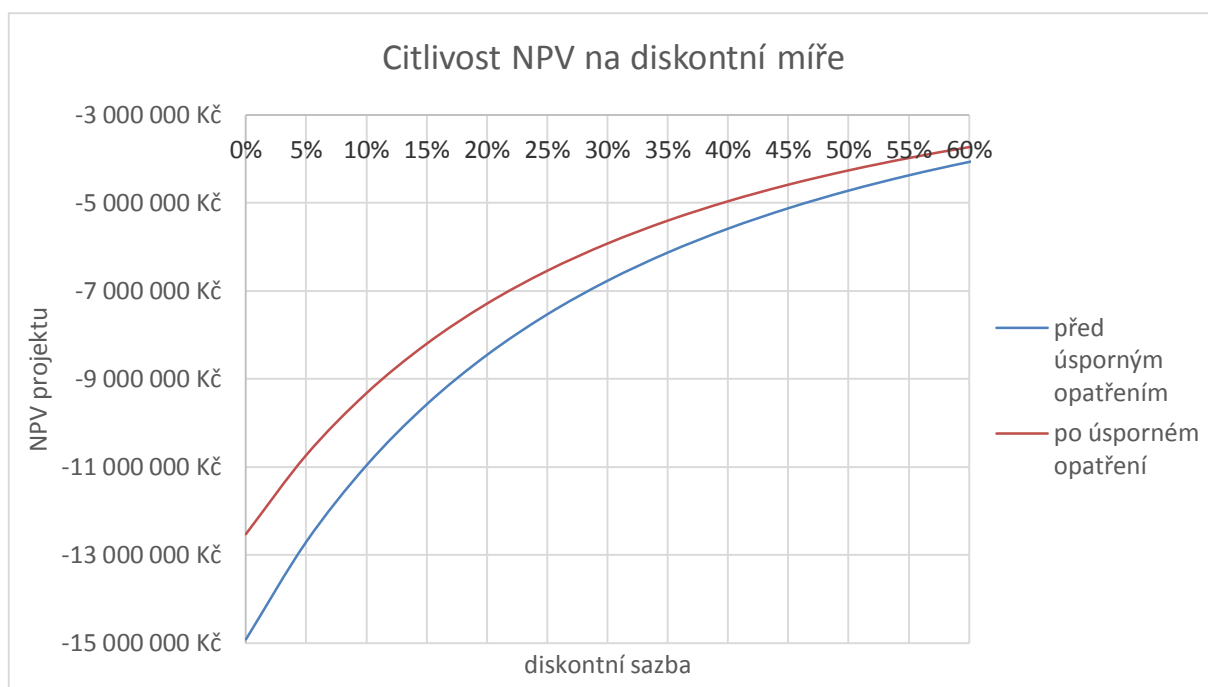
Graf 44: Závislost kumulativního CF a DCF na jednotlivých měsících projektu

Z Tabulky 22 a následně z Grafu 44 je vidět, že výměna osvětlení skrze jednotlivé haly generuje energetické úspory, v tomto případě jde o úsporu 1,9% z celkové spotřeby závodu. Co se týká finančního hodnocení projektu, tak při současném stavu má vyšší záporné NPV, než při jeho zavedení. Prostá doba návratnosti investice odpovídá 11 měsícům, diskontovaná doba návratnosti je poté 12 měsíců. Vnitřní výnosové procento je rovno 114%. Při hodnocení projektu z hlediska ekologie, se tento projekt vyplatí. Nové LED osvětlení na rozdíl od klasických zářivkových trubec nepodléhá speciálnímu způsobu nakládání. Klasické zářivky obsahují nebezpečné látky a platí pro ně speciální zacházení, třeba i to, že se nesmí skladovat ve větším počtu. Co se týká LED zářivek, tak jde o standartní elektroodpad.

#### 8.4.4 Citlivostní analýza dat

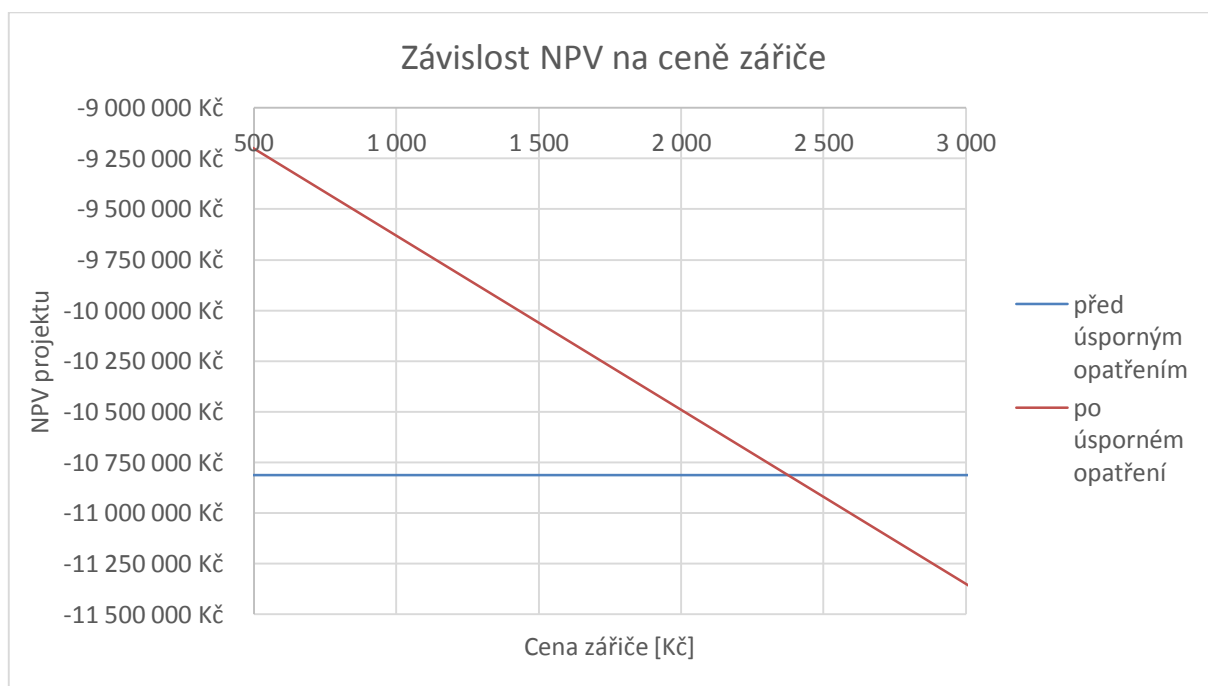
Citlivostní analýza byla vytvořena pro závislost NPV před úsporným opatřením a po jeho zavedení na hodnotě diskontní sazby. Z tohoto grafu je patrné, že zde není žádný průsečík, tudíž až k hranici diskontní sazby (IRR) 114% se tento projekt stále ještě vyplatí.





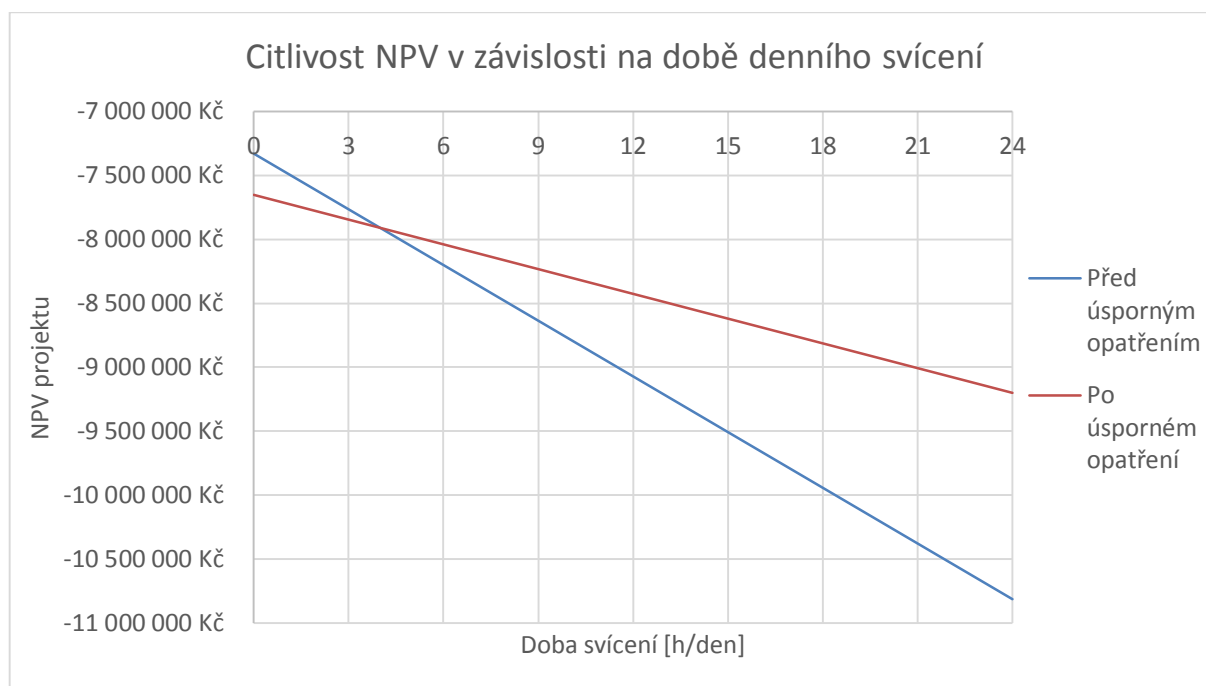
Graf 45: Závislost NPV na diskontní míře

Druhá citlivostní analýza dává do souvislosti NPV a cenu za trubici. Z následujícího grafu je vidět, že projekt výměny osvětlení se vyplatí až po hranici ceny nového zářiče rovné 2 350Kč. V této chvíli je diskutabilní, zda by se projekt mohl vyšplhat až na tuto hranici, ale vzhledem k cenám na internetových obchodech je rozptyl poměrně velký a to od 500Kč až po 3 000Kč za jednu trubici a není tedy problém, se k této hranici dostat.



Graf 46: Závislost NPV na ceně nového zářiče

Poslední citlivostní analýza byla vytvořena pro závislost NPV na době denního svícení. Z hodnot je zřejmé, že se projekt vyplatí i v případě, kdyby jak současné, tak nové osvětlení, bylo v provozu pouze 4 hodiny denně.



Graf 47: Citlivost NPV v závislosti na době denního svícení

### 8.4.5 Celkové zhodnocení

Toto úsporné opatření je v současnosti zaváděno. Projekt je v tuto chvíli aplikován postupným vyměňováním nefunkčních zářivek za LED zářivky. V tomto případě jde o středně nákladové opatření, kde se každý měsíc v průměru vymění 41 zářivek v průběhu konce jejich životnosti. Celkem jde tedy o 21 měsíců (15 000h životnosti starých), kdy se vymění všech 860 zářivek za nové. Jak již bylo zmíněno, tak je projekt výhodný i z hlediska ekologie, kdy se vymění fluorescenční zářivky s obsahem rtuti a dalších nebezpečných látek, za LED zářivky, které tyto látky neobsahují. Projekt sebou nese i externalitu, mezi které patří například rozdílný světelný tok, či barva a intenzita nového osvětlení. Tento fakt je částečně kompenzován postupnou výměnou, aby lidé pracující v halách vnímali změnu co možná nejméně.

### 8.5 Projekt centrálního chlazení expanzních linek

V tomto projektu je řešeno zrušení distribuovaných chladicích systémů na jednotlivých linkách skrze celou výrobu expanze a jejich nahrazení za centrální chladicí systém. Je počítáno nejen s úsporou z hlediska elektřiny, ale i možného tepla a to především ve formě teplého vzduchu, který je vypouštěn do prostoru hal. To je velkým problémem hlavně v letních

měsících, kdy jsou tyto haly zahřívány nejen z venku, ale i zevnitř. Pokud jde o zimní období, tak budou haly díky tomuto opatření naopak spotřebovávat více tepla pro dostatečné vyhřívání, avšak nebude to tak markantní, jelikož zde jsou i samotné expandéry a olejové kotelny, které ho ve značné míře také produkují. Jinak řečeno, v případě zrušení distribuovaných chladičů zde nebude zvláště významný nedostatek tepla v zimním období. Tento projekt je zařazen do vysoko nákladových opatření.

### **8.5.1 Současný stav**

Celková spotřeba elektřiny za distribuované chlazení expanzních linek na hale C, E a F je v průměru 41MWh měsíčně, což odpovídá 5% z celkové spotřeby závodu. Nyní je v provozu na hale C celkem 9 distribuovaných chladičů o souhrnném chladicím výkonu 160kW, dále pak 1 chladič na hale E o výkonu 20kW a 2 distribuované a 1 centrální chladič na hale F o souhrnném výkonu 120kW. Celkový výkon chladicí soustavy na těchto halách je poté 300kW. Souhrnný průměrný příkon těchto chladičů je 57kW. Je zde vidět nepoměr mezi chladicím výkonem a dodaným příkonem. Ten je způsoben tím, že chladicí výkony jsou udávány v nominální hodnotě jednotlivých chladičů, kdežto dodávaný příkon je skutečný průměrný příkon jednotlivých zařízení. Jednotlivé chladiče po nachlazení oběhové vody již pouze udržují její teplotu. Tento proces vytěžuje chladič maximálně na 30% svého jmenovitého výkonu a s tímto jde ruku v ruce i spotřeba elektřiny.

### **8.5.2 Parametry jednotlivých chladičů linek**

Pro výměnu budu uvažovat náhradu centrálního 80kW a dvou 20kW chladičů na hale F společně s 20kW na hale E, celkem (140kW), za nový centrální 180kW. A ve druhém kroku bude následovat výměna všech devíti distribuovaných chladičů na hale C za centrální 200kW, který je v současnou chvíli ve skladu a není používán. Parametry jednotlivých chladičů jsou v následující tabulce.

Tabulka 23: Parametry současných a plánovaných chladicích jednotek

Parametry současných a plánovaných chladicích jednotek					
Druh chladiče	15kW	20kW	80kW	180kW	200kW
Cena nového kusu	215 000 Kč	274 000 Kč	719 000 Kč	1 350 000 Kč	- Kč
Současný počet [ks]	4	8	1	0	0
Nový počet [ks]	0	0	0	1	1
Cena investice	0 Kč	0 Kč	0 Kč	1 350 000 Kč	0 Kč
Chladicí výkon [kW]	15	20	80	180	200
Celkový výkon [kW]	60	160	80	180	200
Průměrný příkon [kW]	2,9	4,0	13,1	26,0	32,3
Celkový příkon [kW]	11,5	32,2	13,1	26,0	32,3

### 8.5.3 Ekonomické zhodnocení projektu

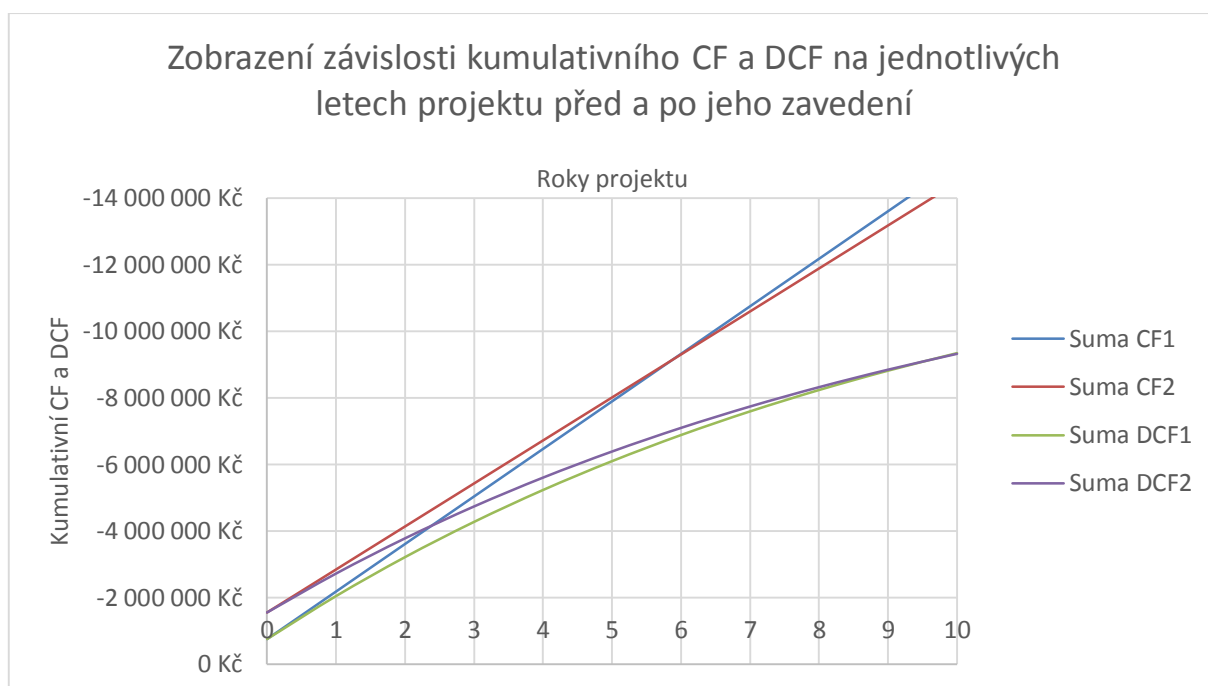
Doba hodnocení projektu je stanovena jako délka odpisování zařízení, tedy 10 let. Roční CF odpovídá nejen energetické spotřebě, ale i pravidelným údržbám výparníků a platbám při havarijních stavech nejčastěji oběhových čerpadel. Roční průměrná platba za údržbu dle doložených dokladů je rovna 189 400Kč a roční platba za elektřinu je poté 1 239 300Kč. Pokud by firma chtěla zachovat současný stav, je třeba vložit investici do chladicí soustavy ve výši 750 000Kč, aby byl zajištěn její dostatečný rozvoj.<sup>1</sup> Při zavedení úsporného opatření je cena nového centrálního 180kW chladiče rovna 1 350 000Kč. Dále se musí započítat náklady na nové rozvody a finální umístění chladiče ve výši 200 000Kč a pravidelné prohlídky a údržbu ve výši 15 000Kč ročně. Z finančního, ale i časového hlediska se díky nahrazení distribuovaných chladičů značně uleví údržbě, která v takovém případě bude provádět kontroly a opravy pouze u jednoho zařízení, namísto devíti.

Tabulka 24: Zobrazení ekonomických dat před a po zavedení úsporného opatření

	Současný stav	Nový stav
Roční CF	- 1 428 700 Kč	- 1 292 284 Kč
Diskontní sazba	10,5%	10,5%
Roční opravy	- 189 400 Kč	- 15 000 Kč
Investice do zařízení	- 600 000 Kč	- 1 350 000 Kč
Náklady na umístění	- 150 000 Kč	- 200 000 Kč
Doba hodnocení [roky]	10	10
NPV	- 9 343 306 Kč	- 9 322 797 Kč
IRR	x	11%
Tr [roky]	x	6
Trd [roky]	x	10

<sup>1</sup> Cena rozvoje vychází z návrhu, který byl firmě předložen od současného dodavatele chladičů

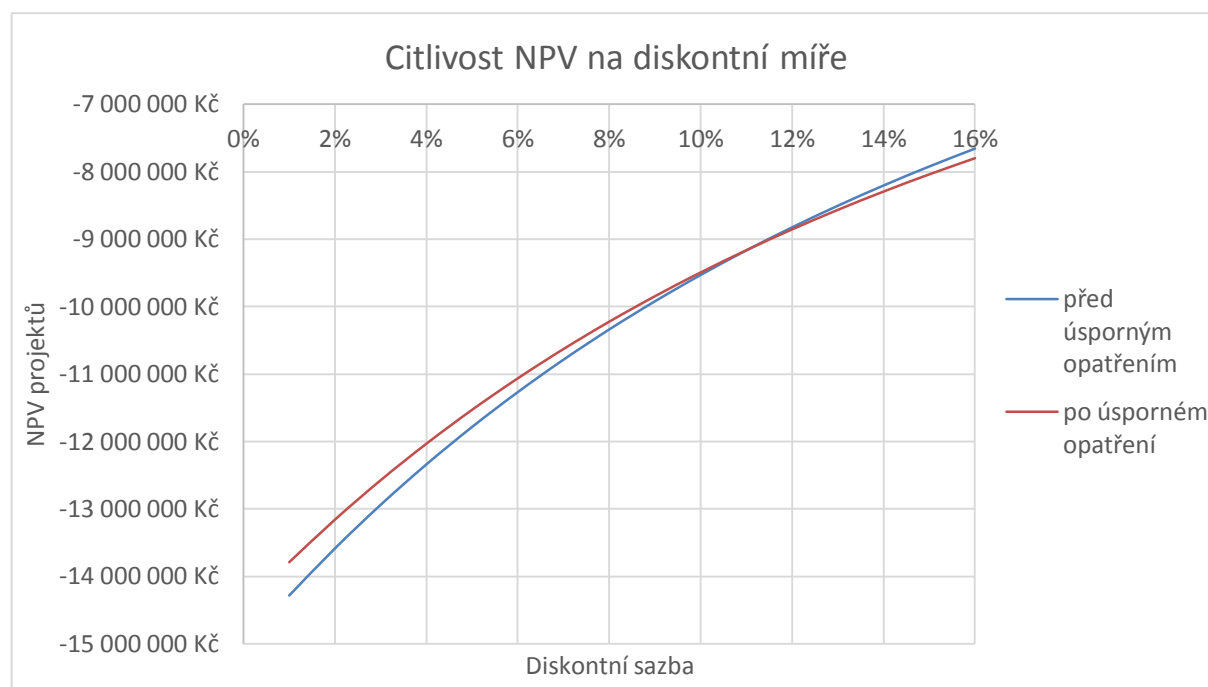
Z výsledků je zřejmé, že se projekt centrálního chlazení vyplatí. Prostá doba návratnosti je 6 let a diskontovaná doba návratnosti je 10 let, tedy na hranici životnosti projektu. Vnitřní výnosové procento je těsně nad hranicí diskontní sazby a to na hodnotě 11%. Údaje, které zde nejsou zahrnuty, jsou snížení tepelného dopadu distribuovaných chladičů v letních a zimních měsících, kde dojde k celkovému snížení teploty na hale. Zobrazení vývoje CF je uvedeno v následujícím grafu.



Graf 48: Zobrazení závislosti kumulativního CF a DCF na jednotlivých letech projektu

### 8.5.4 Citlivostní analýza dat

Citlivostní analýza byla vytvořena pro NPV v závislosti na diskontní sazbě. Z následujícího grafu je pak patrné, že křivky se protnou na hranici 11%, kde se po tuto hodnotu projekt ještě vyplatí, naopak od této hodnoty výše je již projekt neperspektivní.



Graf 49: Citlivostní analýza NPV v závislosti na diskontní sazbě

### 8.5.5 Celkové zhodnocení

V současnou chvíli je schválena finanční investice na tento projekt a postupně se doladují poslední detaily nákupu a umístění nových centrálních chladičů. Společně s tím se uvažuje o využití odpadního tepla z chladičů jako předehřev vstupujícího vzduchu do hal. V halách se navíc uvolní značné místo díky odstranění distribuovaných chladičů. Celkově se tento projekt vyplatí nejen z ekonomického hlediska, ale i z ekologického, jelikož jsou distribuované chladiče potenciálními znečišťovateli vzduchu díky oběhovému plynu. Tento plyn je zařazen jako skleníkový plyn a musí být každoročně kontrolovány jeho hodnoty a vykazováno, že zde nedochází k možným únikům do atmosféry. Po zavedení tohoto úsporného opatření budou nové chladiče umístěny do samostatných budov a tím pádem zde bude i nižší riziko úniku nebezpečného plynu do okolí. Co se týká externalit tohoto projektu, tak se zde díky zrušení distribuovaných chladičů zvyšuje riziko, že pokud selže centrální chladič, nebude možné vyrábět na žádné lince.

### 8.6 Re-granulace neshodného materiálu

Vzhledem k faktu, že produkce neshodného materiálu skrze celou výrobu je poměrně vysoká, je zde dobrý předpoklad, že projekt na re-granulaci bude mít významné uplatnění při snižování nákladů na výrobu. Toto úsporné opatření je zařazeno do vysoko nákladového.

## 8.6.1 Současný stav

Samotný proces re-granulace má své limity. Materiál lze například re-granulovat pouze před obeamováním. To znamená, že neshodné produkty po obeamování a hlavně po expanzi a finalizaci nelze tímto způsobem zpětně zužitkovat. Dále také tuby, které mají dvojitou stěnu z různých materiálů, nelze re-granulovat, jelikož není možné tímto procesem oddělit jednotlivé vrstvy od sebe. Produkce materiálu skrze extruzní linky, na kterých je možné zavést proces re-granulace, jsou uvedeny v následující tabulce.<sup>1</sup>

Tabulka 25: Zobrazení produkce materiálu na jednotlivých linkách extruze, (měsíční údaje)

Linka:	X02	X08	X09	X11	X30	X64	BC38	BC60	XR
Celková produkce materiálu [km]:	1 055	734	45	1 107	1 390	3	223	74	641
Produkce shodného materiálu [km]:	995	701	33	1 049	1 239	1	207	63	542
Produkce neshodného materiálu [km]:	60	34	12	59	151	2	16	10	99
Produkce neshodného materiálu [t]	0,70	2,73	0,14	0,68	1,75	0,02	0,75	0,24	2,31

Tabulka 25 vypovídá, že celková produkce neshodného materiálu, který je možné re-granulovat je rovna 443km/měsíc. Na extruzních linkách X05, X15 a X20 není možné zavést proces re-granulace právě z důvodu toho, že linky vyrábějí materiál s dvojitou stěnou. Jednotlivé hodnoty kilometrů sice odpovídají produkci materiálu, ale každá tuba má jiné rozměry a tudíž i materiálovou náročnost výroby.<sup>2</sup> Hlavní zástupce produkce největších tub a tudíž i největší spotřeby vstupního granulátu je linka X08 s měsíční hodnotou odpadu 2,7 tuny. Proces re-granulace proto budu uvažovat pouze na tuto linku, jelikož zařízení je koncipováno jako komponentní k určité lince. Produkce neshodného materiálu na lince X08 je rovna 34km/měsíc, což odpovídá 7,7% z celkové produkce neshodného materiálu, který je možné re-granulovat. Pokud beru v úvahu hmotu tuby, pak linka produkuje 30% neshodného materiálu vzhledem k celkové produkci linek, na nichž je možné zavést tento proces.

Posledním z limitů re-granulace je její samotný princip. Na každé lince jsou produkovány tuby nejen o rozdílných rozměrech, ale i o různých vstupních granulátech. Tak, jak je popsáno v další kapitole, re-granulátor uchovává granulát v zásobnících a není tedy

<sup>1</sup> Informace o produkci materiálu jsou brány z interních záznamů firmy

<sup>2</sup> Materiálová náročnost byla zjištěna z výpočtu průměrného objemu průtoku materiálu jednotlivými linkami

možné bez vyčistění všech jeho částí jednoduše přejíždět mezi rozdílnými produkty. Pro proces re-granulace byl vybrán produkt, který se na lince vyrábí nejvíce a tudíž je z něj největší množství odpadu. Z průměrných měsíčních dat bylo zjištěno, že nejčastěji produkován materiál na lince X08 zaujímá 42% z celkové produkce této linky, to odpovídá 14km, respektive 1,2t odpadu měsíčně.

### 8.6.2 Parametry procesu

Jak již bylo řečeno, tak proces re-granulace spočívá v rozemletí neshodného produktu na malé části, které jsou opět zpětně zpracovatelné. Samotný re-granulátor je rozdělen na 2 hlavní části. První z nich je sekačka produktu s dopravníkem, která seká materiál na menší kusy a předává jej re-granulátoru. Druhou částí je pak samotný re-granulátor, který obsahuje motor pohánějící nožové ústrojí a z malých nasekaných kusů vytváří granulát vstupního materiálu. Z re-granulátoru je materiál odváděn do zásobníku a odtud přes vývěvu zpět na vstup extruzní linky. Co se týká samotné spotřeby tohoto zařízení, tak je pouze ve formě elektřiny na pohon motorů sekačky, dopravníku, re-granulátoru a vývěvy o souhrnném příkonu 12kW.<sup>1</sup> Zařízení samozřejmě nebude v provozu 24h denně, ale pouze po určitou dobu nutnou pro re-granulaci materiálu. V tuto chvíli je časové využití linky 55% a materiál se na lince jede ze 42% času. Celkově tedy jde o 5,4h provozu denně. Průměrný měsíční příkon zařízení bude roven 2MWh a to odpovídá platbě 5000Kč.

K celkovému stanovení rozhodnutí, zda je projekt výhodný nebo nikoliv, je dále zapotřebí znát ceny jednotlivých vstupních granulátů. V průměru za vstupní materiál na lince X08 platí firma 8 250 000Kč měsíčně. Pokud budu brát v úvahu nejvíce produkován materiál, pak za jeho vstupní granulát platí firma v průměru 3 700 000Kč za měsíc. To odpovídá ceně 130Kč/kg vstupního materiálu.<sup>2</sup> Ekonomické zhodnocení projektu

Doba hodnocení tohoto projektu byla stanovena na 10 let, což je doba odpisu zařízení. Roční hodnota CF před opatřením je rovna platbě za svoz odpadu a průměrné ceně vstupního granulátu. CF po zavedení tohoto opatření je rovno svozu odpadu sníženého o neshodný produkt, který je re-granulován, snížení ceny za vstupní granulát a platbě za provoz samotného re-granulátoru. Jednotlivé údaje jsou zobrazeny v následující tabulce.

---

<sup>1</sup> Informace brány ze štítkových hodnot jednotlivých zařízení tvořících re-granulační linku

<sup>2</sup> Ceny granulátů a odpovídající platby jsou brány z interních záznamů firmy



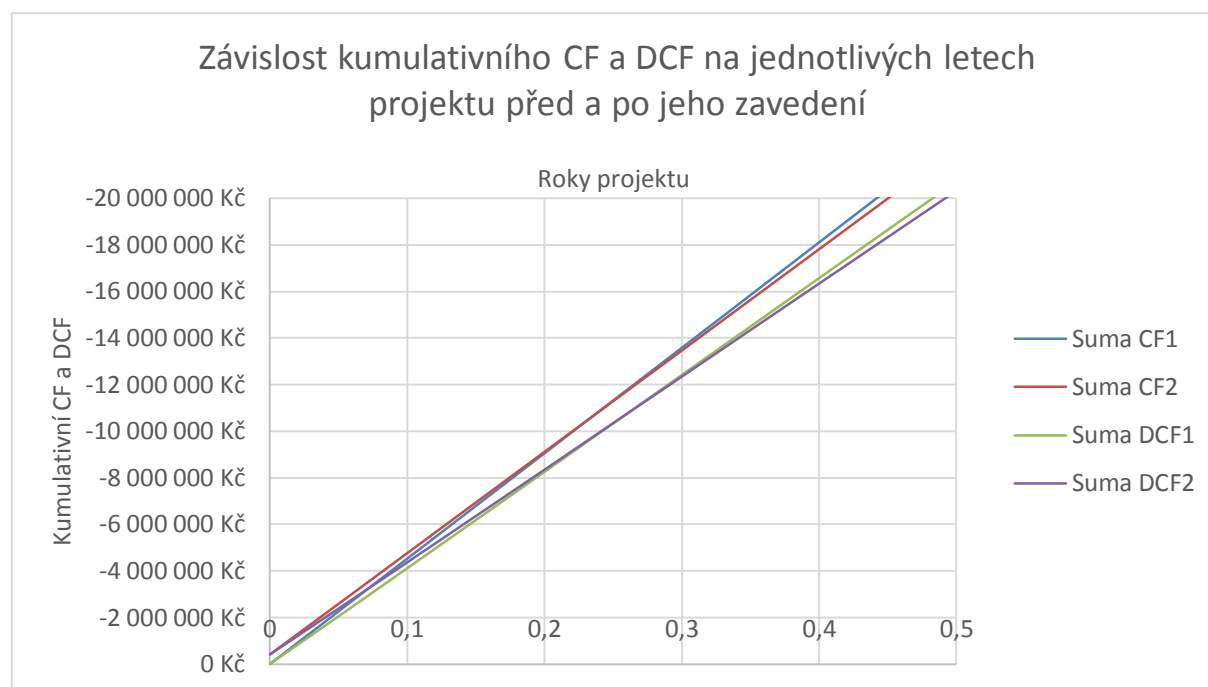
Tabulka 26: Zobrazení současného a nového stavu po zavedení projektu

	Současný stav	Nový stav	Jednotka
Celkové množství odpadu skrze výrobu:	40,0	38,8	t/měsíc
Odpad z linky X08:	2,73	1,58	t/měsíc
Odpad z nejvíce vyráběného produktu:	1,15	-	t/měsíc
Cena za svoz odpadu:	1 630	1 630	Kč/t
Měsíční platba za svoz odpadu:	65 200 Kč	63 320 Kč	
Cena vstupního granulátu na lince X08:	8 242 347	8 092 902	Kč/měsíc
Cena granulátu za nejvíce vyráběný produkt:	3 697 098	3 547 602	Kč/měsíc
Investice do re-granulačního zařízení:	-	400 728 Kč	
Měsíční platba za provoz re-granulační jednotky:	-	4 928 Kč	

Roční hodnoty CF před a po zavedení tohoto opatření jsou zobrazeny v následující tabulce. Z jednotlivých výsledků vychází, že roční úspora v CF je rovna téměř 1 800 000 Kč. Při diskontní sazbě 10,5% je NPV po zavedení projektu nižší záporné, než před ním. Prosta doba návratnosti je rovna 3 měsícům a diskontovaná doba návratnosti je poté 4 měsíce. Vnitřní výnosové procento je rovno 440%.

Tabulka 27: Zobrazení ekonomických dat před a po zavedení úsporného opatření

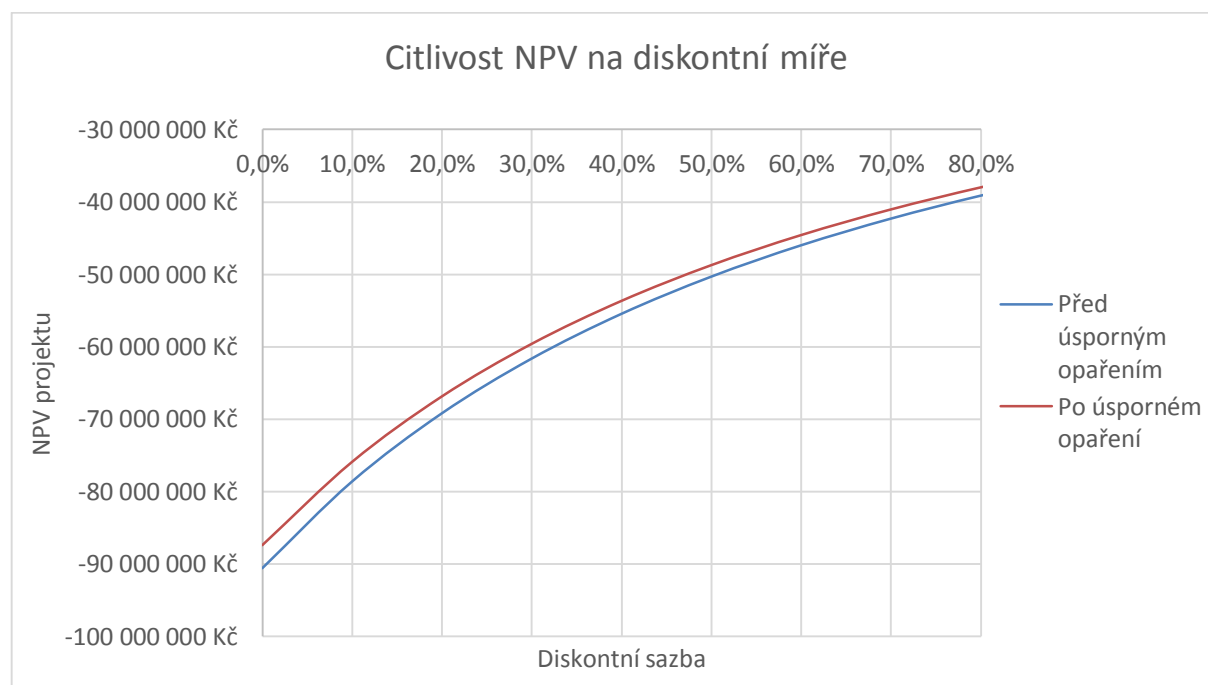
	Současný stav	Nový stav
Roční CF	- 45 268 475 Kč	- 43 506 212 Kč
Diskontní sazba	10,5%	10,5%
Investice do zařízení:	- Kč	- 400 728 Kč
Doba hodnocení [roky]	10	10
NPV	- 272 279 589 Kč	- 262 080 705 Kč
IRR	x	440%
Tr [měsíce]	x	3
Trd [měsíce]	x	4



Graf 50: Závislost kumulativního CF a DCF na jednotlivých letech projektu

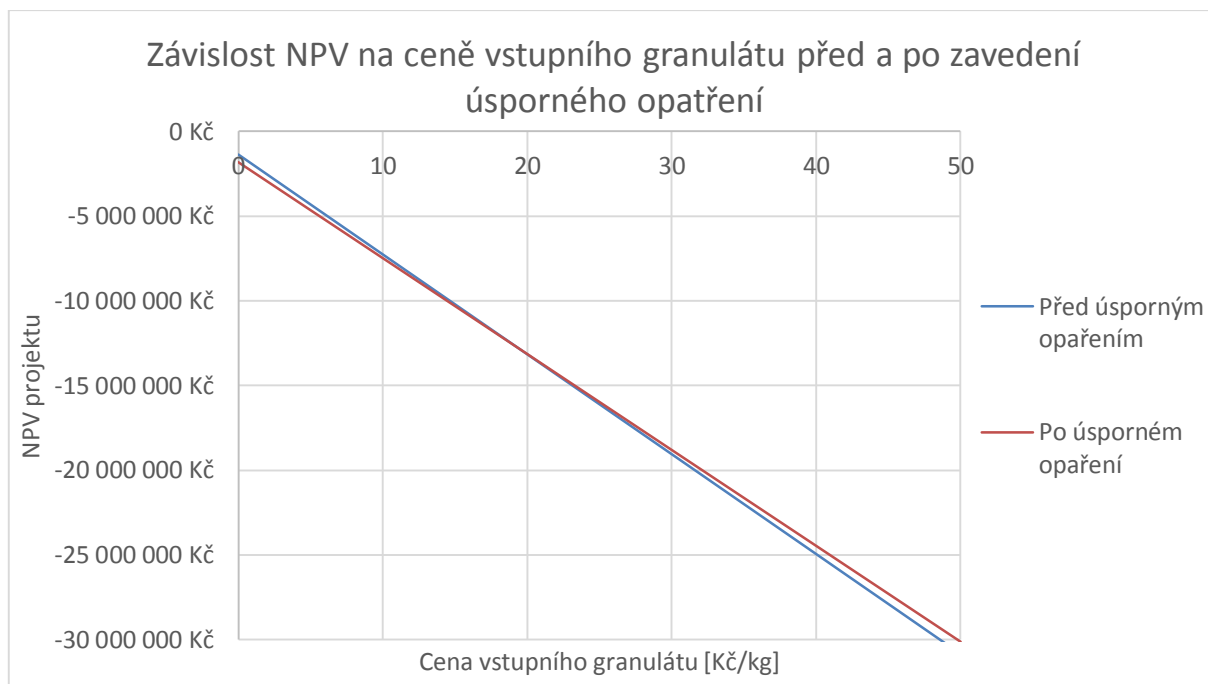
### 8.6.3 Citlivostní analýza dat

Citlivostní analýza byla vytvořena pro závislost NPV na diskontní míře a dále pak pro závislost NPV na různé ceně vstupního granulátu, který ušetříme díky re-granulaci.



Graf 51: Citlivostní analýza NPV v závislosti na diskontní sazbě

Z prvních výsledků této analýzy je vidět, že úsporné opatření se vyplatí prakticky ihned. Díky tomu na tomto grafu není pozorovatelný průsečík NPV před a po zavedení úsporného opatření. K jejich protnutí dojde až na hodnotě diskontní sazby rovné 440%. Velice obdobně vycházejí výsledky i u druhého grafu citlivostní analýzy NPV v závislosti na ceně vstupního granulátu. Z těchto hodnot je patrné, že aby se projekt ještě vyplatil, musí být cena granulátu rovna minimálně 20Kč/kg. Této hodnoty není problém dosáhnout, vzhledem k současné ceně granulátu 130Kč/kg.



Graf 52: Závislost NPV na ceně vstupního granulátu

### 8.6.4 Celkové zhodnocení

V současnosti se tento projekt rozebíhá a jednotlivé komponenty jsou usazovány na příslušnou linku. Z finančních dat stojí za připomenutí fakt, že se projekt vyplatí velice záhy a to již po půl roce od jeho nasazení. Na druhou stranu má úsporné opatření i negativní externality, jako je problém možnosti kontaminace re-granulovaného materiálu chladicí vodou což zapříčiní možné snížení kvality. To znamená, že při dohledávání různých vad materiálu musí brát firma v úvahu, že výsledná tuba je produkována z originálního granulátu a z re-granulační jednotky. Jak z hlediska ekonomického, tak z hlediska ekologického projekt generuje značné úspory a po jeho plném zavedení bych se zaměřil na zjištění skutečných úspor a popřípadě další rozšíření re-granulačních jednotek skrze extruzní výrobu, kde je možné tento proces zařadit.

## 9. ZHODNOCENÍ ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ

Celkové hodnocení úsporných opatření bude provedeno na základě dílčích výsledků. Hodnoty těchto dílčích výsledků jako CF, velikost investice, popřípadě spotřeba energie jsou vždy spjaty právě s jednotlivými projekty. Například hodnoty spotřeb energie se mohou pro jednotlivé projekty prolínat mezi sebou. V následující tabulce je uveden celkový ekonomický a především energetický přínos těchto projektů.

Tabulka 28: Vypočtené parametry jednotlivých úsporných opatření

Projekt		Stav	Roční CF	Investice	Spotřeba energie [kWh/měsíc]	Spotřeba tepla [GJ/měsíc]
8.1	Balancování výroby mezi linkami	Současný	- 944 070 Kč	- Kč	31 469	-
		Nový	- 884 991 Kč	- Kč	29 500	-
		Rozdíl	59 079 Kč	- Kč	- 1 969	-
8.2	Výměna extruzních motorů	Současný	- 495 767 Kč	- Kč	15 694	-
		Nový	- 405 151 Kč	- 461 722 Kč	13 505	-
		Rozdíl	90 616 Kč	- 461 722 Kč	- 2 189	-
8.3	Propojení kompresoroven mezi halami	Současný	- 5 129 370 Kč	- Kč	139 430	164
		Nový	- 4 936 067 Kč	- 127 900 Kč	138 700	105
		Rozdíl	193 303 Kč	- 127 900 Kč	- 730	- 59
8.4	Nové osvětlení skrze haly	Současný	- 2 605 290 Kč	- Kč	86 843	-
		Nový	- 2 134 389 Kč	- 430 000 Kč	71 146	-
		Rozdíl	470 902 Kč	- 430 000 Kč	- 15 697	-
8.5	Centrální chlazení linek	Současný	- 1 428 700 Kč	- 750 000 Kč	41 310	-
		Nový	- 1 292 284 Kč	- 1 550 000 Kč	41 245	-
		Rozdíl	136 416 Kč	- 800 000 Kč	- 65	-
8.6	Re-granulace neshodného materiálu	Současný	- 45 268 475 Kč	- Kč	-	-
		Nový	- 43 506 212 Kč	- 400 728 Kč	1 971	-
		Rozdíl	1 762 263 Kč	- 400 728 Kč	1 971	-
Celkem		Současný	- 55 871 673 Kč	- 750 000 Kč	314 746	164
		Nový	- 53 159 094 Kč	- 2 970 350 Kč	296 067	105
		Rozdíl	2 712 578 Kč	- 2 220 350 Kč	- 18 679	- 59

Z výsledků je vidět, že roční rozdíl v CF před a po zavedení všech úsporných opatření je roven hodnotě 2 700 000Kč. Tato hodnota odpovídá měsíčnímu snížení výdajů o 226 000Kč. Celková výše investice do všech úsporných opatření je téměř 3 000 000Kč. Celková úspora elektřiny je poté 18,7kWh/měsíc, respektive 46 700Kč/měsíc. Z celkové spotřeby závodu se

jedná o snížení spotřeby elektřiny o 2,3%. Celková úspora tepla je 59GJ/měsíc, respektive 28 300Kč/měsíc. Z celkové spotřeby závodu se jedná o snížení spotřeby tepla o 36%.

Jako nejlepší úsporné opatření z hlediska financí bych vyhodnotil re-granulaci neshodného materiálu, tedy úsporné opatření č. 8.6. Přínos tohoto opatření tkví především ve snížení množství produkovaného odpadu, tudíž je zde kladný ekologický dopad. Na druhou stranu se díky zavedení tohoto projektu zvýší spotřeba elektrické energie o téměř 2 MWh za měsíc, kvůli provozu samotné re-granulační jednotky. Především díky vysokým cenám vstupních granulátů (stovky Kč/kg), bych nadále uvažoval o rozšíření re-granulace na ostatní linky, na kterých lze tento proces zavést. Celkově by se jednalo o 9,3 tun neshodného materiálu měsíčně, který je v současné chvíli likvidován. Podle průměrné ceny vstupního granulátu by šlo o finanční úsporu rovnou minimálně 930 000Kč/měsíc. Opět je zde i druhá strana, kterou je navýšení spotřeby elektrické energie za re-granulační jednotky.

Z druhé strany, pokud nebudu brát v úvahu beznákladové opatření 8.1, se jako nejméně ekonomicky výhodné úsporné opatření jeví výměna extruzních motorů, tedy úsporné opatření 8.2. Roční úspora ve financích činí pouze 90 000Kč, což je vzhledem k výši investice, která dosahuje bezmála 500 000Kč, poměrně málo. Stejně jako v předešlém případě, je i zde druhá strana mince, kterou je snížení spotřeby elektrické energie, ale co více, snížení rizika selhání současných motorů. Kvůli jejich stáří, by byla případná oprava nebo výměna za stejný typ značně nákladnou a zdlouhavou záležitostí. Díky tomuto úspornému opatření je dobře vidět, že výměny elektromotorů se vyplatí až tehdy, pokud mají vyšší časové využití provozu.

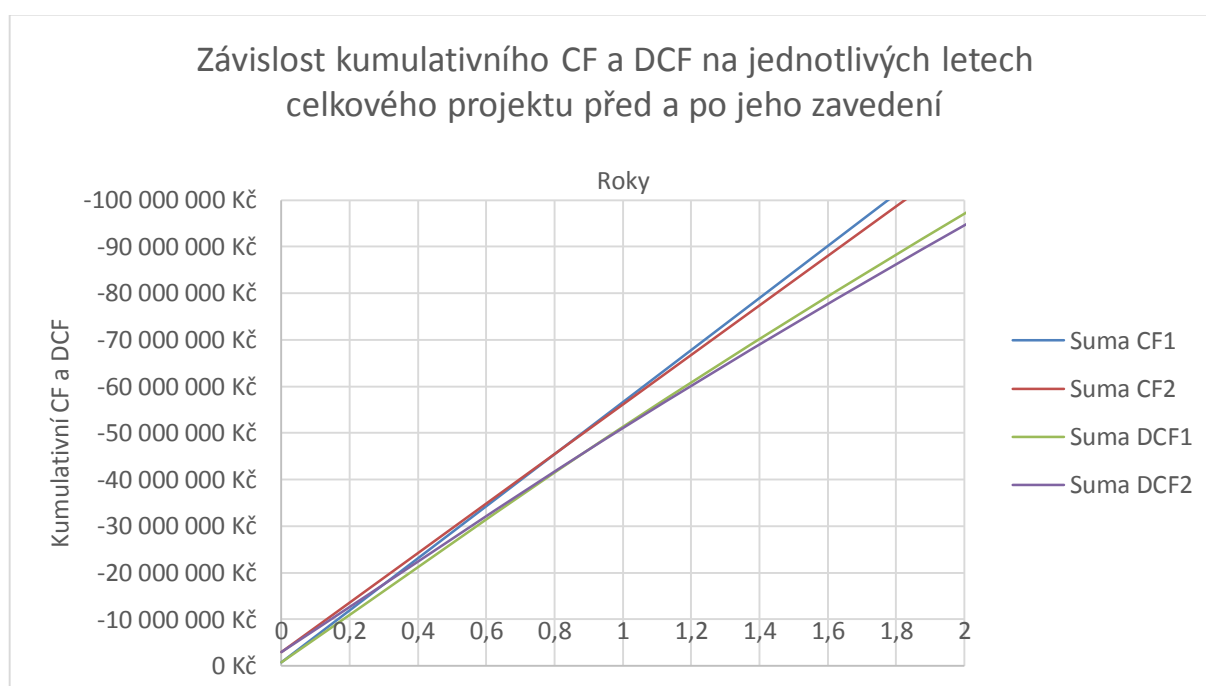
Jedněmi z posledních faktorů úsporných opatření jsou i externality, které často ovlivňují samotné výsledky ekonomických předpokladů a propočtů. Pro každé úsporné opatření jsou uvedeny různé externality v jejich kapitolách, avšak jsou zde i například společná rizika, která platí pro všechny, jako je různá cena energií, která se mění v průběhu zavádění projektů a jejich doby životnosti, nebo například finanční situace firmy při plánování a uvádění projektů do provozu.

V následující tabulce je zobrazen celkový stav, před a potom, co by byla zavedena všechna úsporná opatření s dobou hodnocení celkového projektu 2 roky, jako nejzazší ekonomický výhled do budoucna.[15]

## ZHODNOCENÍ ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ

Tabulka 29: Zobrazení ekonomických dat před a po zavedení celkového projektu

	Současný stav	Nový stav
Roční CF	- 55 871 673 Kč	- 53 159 094 Kč
Diskont	10,5%	10,5%
Celková investice	750 000 Kč	2 970 350 Kč
Doba hodnocení [roky]	2	2
NPV	- 97 070 609 Kč	- 94 614 578 Kč
IRR	x	87%
Tr [měsíce]	x	9,8
Trd [měsíce]	x	10,9

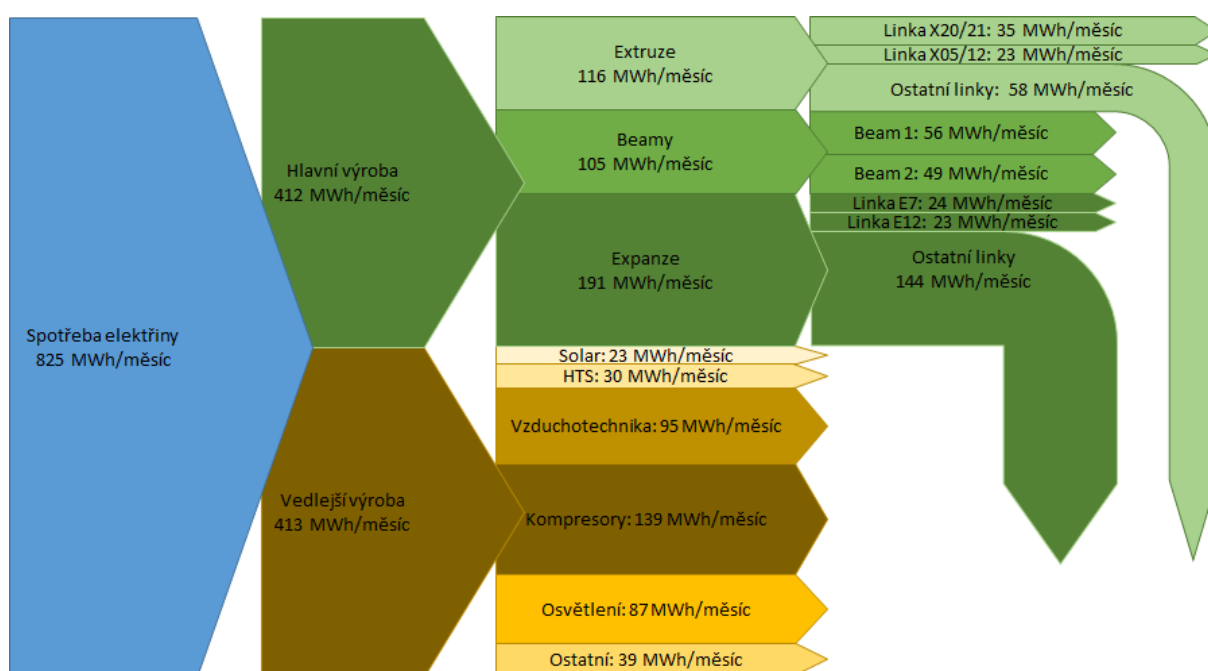


Graf 53: Závislost kumulativního CF a DCF na jednotlivých letech celkového projektu

Z Tabulky 29 a následně z Grafu 53 je patrné, že pokud by byla zavedena všechna úsporná opatření najednou, bude návratnost takovéto investice 9,8 měsíce, respektive u diskontovaných hodnot jde poté o dobu 10,9 měsíce. Vnitřní výnosové procento tohoto celkového projektu je rovno 87%.

## 10. CELKOVÉ ZHODNOCENÍ ENERGETICKÉHO HOSPODÁŘSTVÍ

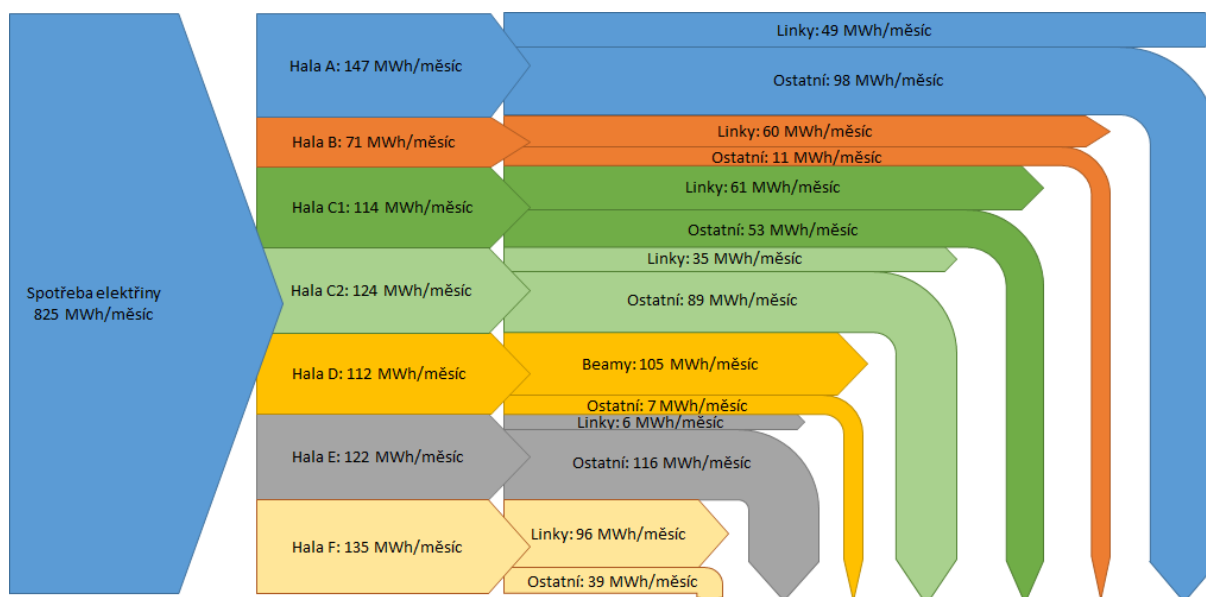
Celková spotřeba elektrické energie v závodě TEET dosahuje měsíčně průměrné hodnoty 825 MWh. To při ceně 2,5 Kč/kWh dává měsíční platbu 2 100 000 Kč. Pokud jde o další ze vstupních forem energií, tak za teplo a plyn souhrnně platíme 120 000 Kč měsíčně. Za energie to tedy dělá měsíčně 2 220 000 Kč. Z první části diplomové práce bylo zjištěno, že nejvíce nákladnou fází výroby je proces expanze materiálu společně s provozem kompresoroven. Tyto dvě části tvoří 40,1% z celkové spotřeby elektrické energie. Na následujícím obrázku je Sankey diagram, který zobrazuje rozdělení toků elektrické energie skrze jednotlivé druhy hlavní a vedlejší výroby.



Obrázek 15: Sankey diagram spotřeby elektrické energie skrze výrobní procesy

Z Obrázku 15 lze vyčíst, že spotřeba elektrické energie na hlavní výrobu (extruze, beam, expanze) je téměř rovna vedlejší výrobě (Solar, HTS, vzduchotechnika, kompresory, osvětlení, ostatní). Největší spotřebu elektrické energie tvoří linky X20/21 a X05/12, jakožto zástupci extruze. Ostatní linky tvoří zbylých 50% této celkové extruzní spotřeby. V případě expanze zde nejsou takové rozdíly, co se týká velikosti spotřeby jednotlivých linek. Největší linky expanze, tedy E7 a E12, tvoří 25% z celkové expanzní spotřeby.

Rozdělení spotřeby elektrické energie podle hal je na následujícím obrázku. Součet spotřeby linek poté tvoří hlavní výrobu a součet spotřeby ostatní tvoří vedlejší výrobu.



Obrázek 16: Sankeyuv diagram spotřeby elektrické energie skrze výrobní haly

Z tohoto obrázku je patrné že na hale A tvoří extruzní linky pouze 33% z její celkové spotřeby. Dalších 67% tvoří ostatní spotřeba. V této ostatní spotřebě se nejvíce promítají kompresory, respektive kompresorovna, která je právě na této hale. Dále pak výroba HTS, vzduchotechnika a osvětlení.

Na hale B tvoří spotřeba extruzních linek 85% z celkové spotřeby této haly. Ostatní spotřebu tvoří lakovna, sklad vstupního materiálu, kanceláře a samozřejmě i jako v předchozím případě, osvětlení a vzduchotechnika.

Na hale C1 tvoří spotřeba expanzích linek 54% z celkové spotřeby na této hale. Ostatní spotřebu tvoří finalizace materiálu BlueDots, finalizace po expanzích, osvětlení a vzduchotechnika.

Na hale C2 tvoří spotřeba expanzích linek 28% z celkové spotřeby na této hale. Ostatní spotřebu tvoří výroba solárních kabelů Solar, kancelářské prostory a hlavně kompresory, respektive kompresorová místnost na této hale, a dále pak osvětlení a vzduchotechnika.

Na hale D tvoří beamy spotřebu 94% z celkové spotřeby na této hale. Ostatní spotřebu tvoří osvětlení a vzduchotechnika.

V předposlední hale E tvoří spotřeba expanzích linek pouze 5% z celkové spotřeby této haly. Ostatní spotřebu tvoří kancelářské prostory, skladovací prostory, výroba HFT a finalizace materiálu. Dále je zde umístěna 3. kompresorová místnost a jako v předchozích případech zde figuruje svou měrou i osvětlení a vzduchotechnika.



V poslední hale F tvoří spotřeba expanzních linek 71% z její celkové spotřeby. Ostatní spotřebu tvoří finalizace po expanzi, výroba Markers a sklad výstupního materiálu. Dále pak také osvětlení, vzduchotechnika a podzemní nádrže s chladicí vodou společně s jejím čištěním.

### 11. ZHODNOCENÍ A ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo zjistit a vyhodnotit současný stav energetického hospodářství závodu firmy TEET, který se nachází v Trutnově Poříčí. Dále pak navrhnout úsporná opatření, dotýkající se hlavních spotřebičů elektrické energie, společně s jejich ekonomickým a ekologickým hodnocením. V závěrečné fázi také zhodnotit celkový dopad těchto úsporných opatření na snížení spotřeby jednotlivých forem energií, ekologii a celkovou bilanci firmy.

V první části práce byly detekovány hlavní spotřebiče energie. Mezi ty největší patří především kompresory, dále pak extruzní a expanzní linky výroby a samozřejmě i lineární urychlovače, tedy beamy. Souhrnná spotřeba těchto 4 výrob tvoří 67% z celkové spotřeby závodu. Díky tomuto primárnímu rozboru energetického hospodářství byly dále detekovány i jednotlivé spotřebiče na různých linkách. Mezi zástupce největších spotřeb na linkách patří zejména distribuované ohřívače a chladiče a dále pak motory pro pohon. Na beamech tvoří největší spotřebu samotné lineární urychlovače. Co se týká vedlejší spotřeby, tak je tvořena především kompresory, osvětlením a vzduchotechnikou.

Na návrh vedoucího diplomové práce nebyla úsporná opatření zaměřena čistě na největší spotřebiče energie, ale i na ekologii výroby (viz. kapitola 8.6), dále pak na efektivnější využívání linek (8.1), snižování budoucích výdajů (8.2), či šetření času údržby (8.5). Jednotlivá úsporná opatření byla navrhována postupně, podle aktuálních potřeb výroby a jednotlivých výrobních procesů. Jejich celkové zhodnocení je uvedeno v kapitole 9. Mezi nezařazená úsporná opatření bych rád zmínil projekt izolace expandérů, který byl ve firmě testován, ale jeho výsledky nebyly příznivé pro zavedení. Dále pak projekt snížení tlaku na výstupu kompresorů, díky kterému by se snížila spotřeba elektrické energie a to prakticky přímo úměrně právě s klesajícím tlakem [19]. V poslední řadě pak projekt využití doposud nerecuperovaného nízko potenciálového odpadního tepla z lineárních urychlovačů.

Jednotlivá úsporná opatření byla hodnocena především z ekonomického hlediska pomocí ukazatele čisté současné hodnoty a vnitřního výnosového procenta. Výpočty těchto ukazatelů mají i svá omezení, neboť nezapočítávají případné externality projektu. V určitých případech pak může dojít k jejich zamítnutí, ačkoliv jsou ve skutečnosti přínosem. Tento fakt se projevil v úsporném opatření 8.2, kde se samotná výměna extruzních motorů z pohledu NPV

nevyplatila, ale po započtení externalit, v tomto případě Cost Avoidance, byl projekt přijat, jako kladný.

Celkový dopad úsporných opatření, pokud by byla všechna přijata, je snížení spotřeby elektrické energie o 2,3%, dále snížení spotřeby tepla o 36% a snížení produkce odpadu ve formě umělé hmoty o 3% oproti současnému stavu.

Úsporná opatření a celkově snižování spotřeb všech forem energií jsou pro společnost TEET jedním z hlavních cílů. V současnosti jsou méně nákladná opatření zaváděna tak, jak je popsáno v jednotlivých kapitolách. Společně s plánovaným rozvojem jednotlivých linek a celkově výrobního závodu je plánováno i zavedení více nákladných opatření z této práce.

Závěrem bych chtěl konstatovat, že současný energetický stav závodu TEET je na poměrně vysoké úrovni i přesto, že zde jsou jisté dílčí nedostatky, jako například ne plně vyhovující systém automatického osvětlení, či neustálý provoz výrobních linek i v případě, že nevyrábí produkt.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Detail akcie TE Connectivity. PATRIA. PATRIA AKCIE. *Patria* [online]. Praha, 2014 [cit. 2013-06-22]. Dostupné z: <http://www.patria.cz/akcie/TEL/te-connectivity/hospodareni.html>
- [2] Tyco Electronics: Úvod. TEET. TYCO ELECTRONICS. *TE Connectivity* [online]. Trutnov, 2014 [cit. 2013-07-05]. Dostupné z: <http://www.tycoelectronics-trutnov.cz/cz/uvod.html>
- [3] Tyco Electronics: Tubing. TEET. TYCO ELECTRONICS. *TE Connectivity* [online]. Trutnov, Poříčí, 2014 [cit. 2013-07-05]. Dostupné z: <http://www.tycoelectronics-trutnov.cz/cz/vyrobni-divize/industrial/tubing.html>
- [4] FLEITER, Tobias, Edelgard GRUBER, Wolfgang EICHHAMMER a Ernst WORRELL. The German energy audit program for firms—a cost-effective way to improve energy efficiency?. *Springer Science+Business Media* [online]. 2012, roč. 5, č. 4, listopad 2012 [cit. 2013-08-17]. Dostupné z: <http://80.link.springer.com.dialog.cvut.cz/article/10.1007/s12053-012-9157-7>
- [5] ABDELAZIZ, R SAIDUR a S MEKHILEF. A review on energy saving strategies in industrial sector. *Renewable & Sustainable Energy Reviews* [online]. 2011, roč. 15, č. 1 [cit. 2013-08-17]. DOI: 10.1016/j.rser.2010.09.003. Dostupné z: <http://80.web.a.ebscohost.com.dialog.cvut.cz/ehost/detail?sid=4acbf673-8c94-43d7-bacb-f004c8edadbc%40sessionmgr4001&vid=1&hid=4212&bdata=Jmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1saXZlInNjb3BIPXNpdGU%3d#db=a9h&AN=55059615>
- [6] ALGORITMY.NET. *Algoritmy, příručka vývojáře* [online]. Praha, 2008 [cit. 2013-08-17]. Dostupné z: <http://www.algoritmy.net/>
- [7] ED, Francesco Parasiliti; Paolo Bertoldi. *Energy efficiency in motor driven systems: [Third EEMODS Conference ... held in Treviso, Italy, September 18 - 20 2002]* [online]. Berlin [u.a.]: Springer, 2003 [cit. 2013-08-19]. ISBN 978-354-0006-664. Dostupné z: <http://80.link.springer.com.dialog.cvut.cz/book/10.1007/978-3-642-55475-9>
- [8] EDITED BY FRANCESCO PARASILITI, Paolo Bertoldi. *Energy Efficiency in Motor Driven Systems* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2003 [cit. 2013-09-16]. ISBN 978-364-2554-759. Dostupné z: [http://80.link.springer.com.dialog.cvut.cz/chapter/10.1007/978-3-642-55475-9\\_2](http://80.link.springer.com.dialog.cvut.cz/chapter/10.1007/978-3-642-55475-9_2)

- [9] IDOWU, Samuel O. *Encyclopedia of corporate social responsibility* [online]. 2013, 4 volumes [cit. 2013-09-16]. ISBN 978-3-642-28036-8. Dostupné z: [http://80.link.springer.com.dialog.cvut.cz/referenceworkentry/10.1007/978-3-642-28036-8\\_100651](http://80.link.springer.com.dialog.cvut.cz/referenceworkentry/10.1007/978-3-642-28036-8_100651)
- [10] NASSIF, Nabil. Ebscohost, energy auditing. *Impact of air filters on energy consumption in typical HVAC system* [online]. 2012, c010 [cit. 2013-10-15]. Dostupné z: <http://80.web.a.ebscohost.com.dialog.cvut.cz/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=8&sid=eb34747e-8352-49ef-ae4-43362501bfcf%40sessionmgr4003&hid=4112>
- [11] FLEITER, Tobias, Joachim SCHLEICH a Ployplearn RAVIVANPONG. Science-direct. *Adoption of energy-efficiency measures in SMEs—An empirical analysis based on energy audit data from Germany* [online]. 2013, vol. 51 [cit. 2013-10-27]. Dostupné z: <http://80.www.sciencedirect.com.dialog.cvut.cz/science/article/pii/S0301421512008166>
- [12] App.knovel. *Facility operations: Ecology* [online]. 2010, 2-1 [cit. 2013-11-06]. Dostupné z: [https://app.knovel.com/web/view/swf/show.v/rcid:kpFMHE0002/cid:kt00AAFPC3/viewerType:pdf/root\\_slug:facility-management-handbook/url\\_slug:energy-management?cid=kt00AAFPC3&q=energy%20audit%20lights&b-q=energy%20audit%20lights&b-subscription=TRUE&b-group](https://app.knovel.com/web/view/swf/show.v/rcid:kpFMHE0002/cid:kt00AAFPC3/viewerType:pdf/root_slug:facility-management-handbook/url_slug:energy-management?cid=kt00AAFPC3&q=energy%20audit%20lights&b-q=energy%20audit%20lights&b-subscription=TRUE&b-group)
- [13] BHATTACHARYA, S. C. The energy-cum-environment audit: Concept, approach and advantages. *The Environmentalist* [online]. 1992, issue 3, s. 187-189 [cit. 2013-12-16]. DOI: 10.1007/BF01267602. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/BF01267602>
- [14] SIDDIQUE, Rafat. *Waste materials and by-products in plastic* [online]. Online-Ausg. Berlin: Springer, 2008 [cit. 2014-01-05]. ISBN 978-354-0742-944. Dostupné z: [http://80.link.springer.com.dialog.cvut.cz/chapter/10.1007/978-3-540-74294-4\\_3](http://80.link.springer.com.dialog.cvut.cz/chapter/10.1007/978-3-540-74294-4_3)
- [15] DALL'O', Giuliano. *Green energy audit of buildings a guide for a sustainable energy audit of buildings* [online]. London: Springer, 2013 [cit. 2014-01-08]. ISBN 978-144-7150-640. Dostupné z: [http://80.link.springer.com.dialog.cvut.cz/chapter/10.1007/978-1-4471-5064-0\\_6](http://80.link.springer.com.dialog.cvut.cz/chapter/10.1007/978-1-4471-5064-0_6)

- [16] VAVILOV, V. P. A pessimistic view of the energy auditing of building structures with the use of infrared thermography. *Russian Journal of Nondestructive Testing: A pessimistic view of the energy auditing of building structures with the use of infrared thermography* [online]. 2010, issue 12, s. 906-910 [cit. 2014-02-21]. DOI: 10.1134/S1061830910120065. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1134/S1061830910120065>
- [17] KATUNSKÝ, Dušan, Azra KORJENIC a Martin LOPUSNIAK. Building and environment. *Analysis of thermal energy demand and saving in industrial buildings: A case study* [online]. 2013, vol. 67 [cit. 2014-03-27]. Dostupné z: <http://80.www.sciencedirect.com/dialog.cvut.cz/science/article/pii/S0360132313001595>
- [18] DAMODARAN, Aswath. Damodaran online. *S&P Capital IQ, Bloomberg and the Fed (US companies): Betas by sector* [online]. 2014, leden 2014 [cit. 2014-04-04]. Dostupné z: <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>
- [19] *Metodika měření a vyhodnocování energetických charakteristik pístových kompresorů: Lamelové kompresory*. Ostrava, 2012. Dostupné z: <http://www1.vsb.cz/ke/czech/Methodiky/Methodika-pist-kompr-12.pdf>. Metodika výuky. Vysoká škola Báňská. Vedoucí práce Doc. Ing. Kamil Kolarčík, CSc.

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

Symbol	Jednotka	Popis symbolu
$CF_{n,s}$	[Kč]	Cash Flow nový stav určuje tok hotovosti pro nové období
$CF_{s,s}$	[Kč]	Cash Flow současný stav určuje tok hotovosti pro současné období
$CF_t$	[Kč]	Cash Flow určuje tok hotovosti pro dané období
$DCF_t$	[Kč]	Diskontovaný Cash Flow určuje diskontované peněžní toky pro dané období
$E(r_i)$	[%]	Očekávaná výnosová míra
$E(r_m)$	[%]	Očekávaná výnosová míra trhu, se kterou budu počítat
INV	[Kč]	Výše vstupní investice
IRR	[%]	Vnitřní výnosové procento projektu
$W_c$	[kWh, kWh/měsíc]	Celková spotřeba elektřiny
$W_e$	[kWh, kWh/měsíc]	Celková spotřeba elektřiny na jednotlivých linkách
NPV	[Kč]	Čistá současná hodnota projektu
$N_{rú}$	[Kč/rok]	Roční náklady na údržbu
$n_{1hm}$	[Kč/h]	Měrné náklady na 1h provozu
$n_{1hp}$	[Kč/h]	Průměrné náklady na 1h provozu
$n_{1km}$	[Kč/km]	Měrné náklady na výrobu 1km produktu
$P_{a(1,2)}$	[kW]	Průměrný příkon motoru před a po zavedení úsporného opatření
$c_e$	[Kč/kWh]	Cena elektrické energie
$c_p$	[Kč/m <sup>3</sup> ]	Cena plynu
$c_t$	[Kč/GJ]	Cena tepla
$M_c$	[km, km/měsíc]	Celková produkce materiálu za sledované období
$r$	[%]	Diskontní sazba
$r_f$	[%]	Bezriziková výnosová míra, (státní pokladniční poukázky)
$s_t$	[%]	Časové využití linek
$t_r$	[h]	Celkový počet hodin, kdy je linka v provozu (najíždění + provoz)
$T_r$	[měsíce, roky]	Prostá doba návratnosti investice
$T_{rd}$	[měsíce, roky]	Diskontovaná doba návratnosti investice
$v_x$	[m/s, km/h]	Rychlost extruzní linky
$\beta$	[-]	Symetrické riziko daného aktiva

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1: Spotřeba elektřiny v jednotlivých měsících za rok 2013 .....	5
Tabulka 2: Spotřeba po jednotlivých halách.....	5
Tabulka 3: Hodnoty průměrné spotřeby elektrické energie skrze výrobní procesy .....	11
Tabulka 4: Rozdělení průměrné měsíční spotřeby elektrické energie na lince extruze .....	13
Tabulka 5: Rozdělení průměrné měsíční spotřeby elektrické energie na lince expanze .....	31
Tabulka 6: Současný stav osvětlení celého závodu.....	43
Tabulka 7: Současný stav výroby a spotřeby na linkách X05/12 a X30 .....	52
Tabulka 8: Nový stav po přesunutí výroby z linky X05/12 na linku X30.....	53
Tabulka 9: Ekonomické ukazatele projektu balancování výroby .....	54
Tabulka 10: Současný stav motorů na linkách.....	55
Tabulka 11: Parametry nových motorů .....	56
Tabulka 12: Ceny jednotlivých komponentů při výměně extruzních motorů .....	57
Tabulka 13: Ekonomické ukazatele výměny extruzního motoru na lince X05/12 .....	57
Tabulka 14: Ekonomické ukazatele výměny extruzního motoru na lince X02 .....	58
Tabulka 15: Ekonomické ukazatele výměny extruzního motoru na lince X11 .....	59
Tabulka 16: Současný stav kompresorové techniky na halách.....	64
Tabulka 17: Stav před a po zavedení úsporného opatření .....	65
Tabulka 18: Upravená data o spotřebě tepla a následné platbě .....	66
Tabulka 19: Parametry a vypočtené hodnoty projektu.....	66
Tabulka 20: Parametry jednotlivých trubic.....	70
Tabulka 21: Zobrazení stavu osvětlení před a po zavedení úsporného opatření.....	71
Tabulka 22: Parametry a vypočtené hodnoty projektu.....	71
Tabulka 23: Parametry současných a plánovaných chladicích jednotek.....	76
Tabulka 24: Zobrazení ekonomických dat před a po zavedení úsporného opatření .....	76
Tabulka 25: Zobrazení produkce materiálu na jednotlivých linkách extruze, (měsíční údaje) 79	
Tabulka 26: Zobrazení současného a nového stavu po zavedení projektu .....	81
Tabulka 27: Zobrazení ekonomických dat před a po zavedení úsporného opatření .....	81
Tabulka 28: Vypočtené parametry jednotlivých úsporných opatření.....	84
Tabulka 29: Zobrazení ekonomických dat před a po zavedení celkového projektu .....	86



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Letecký snímek závodu TEET Poříčí.....	3
Obrázek 2: Proces extruzní výroby .....	14
Obrázek 3: Proces extruzní výroby pokračování .....	14
Obrázek 4: Foto extruzní výroby .....	15
Obrázek 5: Tepelný snímek extruzní výroby .....	16
Obrázek 6: Proces výroby na beamu .....	24
Obrázek 7: Vnitřní pohled na lineární urychlovač v ochranném pouzdře.....	25
Obrázek 8: Oblast ozařování materiálu elektronovým paprskem.....	26
Obrázek 9: Materiál v několika ovinech pod výstupem ozařování.....	26
Obrázek 10: Proces expanzní výroby.....	31
Obrázek 11: Proces expanzní výroby pokračování .....	31
Obrázek 12: Foto expanzní výroby .....	32
Obrázek 13: Tepelný snímek expanzní výroby .....	33
Obrázek 14: Proces finalizace výsledného produktu .....	37
Obrázek 15: Sankeyuv diagram spotřeby elektrické energie skrze výrobní procesy.....	87
Obrázek 16: Sankeyuv diagram spotřeby elektrické energie skrze výrobní haly .....	88

**SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1: Sankeyuv diagram vstupujících forem energie a jejich využití v závodě TEET .....	5
Graf 2: Rozdělení spotřeby elektrické energie v závislosti na měsíci v roce 2013.....	6
Graf 3: Rozdělení spotřeby elektrické energie na jednotlivých halách v průměru za rok 2013	6
Graf 4: Rozdělení spotřeby elektrické energie podle jednotlivých druhů výroby .....	12
Graf 5: Rozdělení průměrné spotřeby elektrické energie mezi extruzními linkami .....	12
Graf 6: Časové využití jednotlivých linek extruze .....	13
Graf 7: Rozdělení spotřeby elektrické energie na průměrné extruzní lince.....	16
Graf 8: Rozdělení instalovaného výkonu extruzních motorů .....	17
Graf 9: Měrné náklady výroby 1km produktu na jednotlivých linkách extruze .....	18
Graf 10: Závislost měrných nákladů produktu na velikosti jeho produkce [km/4měsíce].....	19
Graf 11: Měrné náklady na 1h provozu linek extruze .....	20
Graf 12: Průměrné náklady na 1h provozu linek extruze .....	21
Graf 13: Rozdělení spotřeby elektrické energie mezi beamy 1 a 2 .....	22
Graf 14: Zobrazení časového využití beamů .....	23
Graf 15: Měrné náklady na výrobu 1km produktu na beamu 1 a 2.....	27
Graf 16: Měrné náklady na 1h provozu beamů a jejich součástí .....	28
Graf 17: Průměrné náklady na 1h provozu beamů a jejich součástí .....	28
Graf 18: Rozdělení spotřeby elektrické energie expanzních linek .....	29
Graf 19: Časové využití linek expanze .....	30
Graf 20: Rozdělení spotřeby elektrické energie na průměrné lince expanze.....	33
Graf 21: Měrné náklady na výrobu 1km produktu na linkách expanze .....	34
Graf 22: Závislost měrných nákladů na množství produkce tub [km/4měsíce].....	35
Graf 23: Měrné náklady na 1h provozu expanzních linek .....	35
Graf 24: Průměrné náklady na 1h provozu expanzních linek .....	36
Graf 25: Spotřeba elektrické energie pro stlačený vzduch napříč výrobními halami .....	39
Graf 26: Průměrné náklady na 1h provozu kompresorů.....	40
Graf 27: Rozdělení spotřeby elektrické energie vzduchotechniky na jednotlivých halách ....	41
Graf 28: Průměrné náklady na 1h provozu vzduchotechniky .....	42
Graf 29: Rozdělení spotřeby elektrické energie za osvětlení mezi jednotlivými halami .....	43
Graf 30: Průměrné náklady na 1h provozu osvětlení .....	44
Graf 31: Rozdělení průměrné měsíční spotřeby elektrické energie zbývající výroby .....	45
Graf 32: Průměrné náklady na 1h provozu ostatní výroby .....	45

Graf 33: Průměrné náklady na 1h provozu jednotlivých druhů výroby .....	47
Graf 34: Závislost kumulativního CF a DCF na jednotlivých letech projektu balancování výroby .....	54
Graf 35: Závislost kumulativního CF a DCF na jednotlivých letech projektu na lince X05/12 .....	58
Graf 36: Závislost kumulativního CF a DCF na jednotlivých letech projektu na lince X02 ..	59
Graf 37: Závislost kumulativního CF a DCF na jednotlivých letech projektu na lince X11 ..	60
Graf 38: Zobrazení citlivosti NPV na diskontní sazbě .....	61
Graf 39: Závislosti NPV na meziroční eskalaci nákladů za údržbu současných motorů .....	62
Graf 40: Závislost kumulativního CF a DCF na jednotlivých letech projektu .....	67
Graf 41: Citlivost NPV na diskontní sazbě .....	68
Graf 42: Citlivost NPV na ceně tepla dodávaného z elektrárny Poříčí .....	68
Graf 43: Citlivost NPV na zisku z odprodeje kompresorů na hale A .....	69
Graf 44: Závislost kumulativního CF a DCF na jednotlivých měsících projektu .....	72
Graf 45: Závislost NPV na diskontní míře .....	73
Graf 46: Závislost NPV na ceně nového zářiče .....	73
Graf 47: Citlivost NPV v závislosti na době denního svícení .....	74
Graf 48: Zobrazení závislosti kumulativního CF a DCF na jednotlivých letech projektu .....	77
Graf 49: Citlivostní analýza NPV v závislosti na diskontní sazbě .....	78
Graf 50: Závislost kumulativního CF a DCF na jednotlivých letech projektu .....	82
Graf 51: Citlivostní analýza NPV v závislosti na diskontní sazbě .....	82
Graf 52: Závislost NPV na ceně vstupního granulátu .....	83
Graf 53: Závislost kumulativního CF a DCF na jednotlivých letech celkového projektu .....	86