

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Bakalářská práce

Vícekriteriální porovnání pracovní úrazovosti

Pavel Kolinský

© 2014 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
Katedra systémového inženýrství
Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Kolinský Pavel

Podnikání a administrativa Hradec Králové

Název práce

Vícekritériální porovnání pracovní úrazovosti

Anglický název

Multiple Criteria Evaluation of Work Injuries

Cíle práce

Hlavním cílem práce je porovnání počtu pracovních úrazů v průmyslové výrobě v jednotlivých krajích s následným doporučení, které oblasti průmyslu je třeba věnovat zvýšenou pozornost.

Metodika

- Nastudování literatury
- Výběr vhodné metody
- Sběr dat z jednotlivých oblastí o pracovních úrazech
- Zpracování vlastní analýzy
- Zpracování výsledků a celkové zhodnocení

Harmonogram zpracování

06/2013 Zadání bakalářské práce
08/2013 Studium odborné literatury
09/2013 Sběr dat
11/2013 Zpracování analýzy
12/2013 Zhodnocení výsledků a dokončení návrhu bakalářské práce
01/2014 Editace bakalářské práce
03/2014 Odevzdání bakalářské práce

Rozsah textové části

30 - 40 stran

Klíčová slova

Rozhodování, vícekriteriální model, varianta, preference, pracovní úraz

Doporučené zdroje informací

ŠUBRT, Tomáš a kol., Ekonomicko-matematické metody, Aleš Čeněk, Plzeň, 2011, ISBN – 978-80-7380-345-2
FOTR, Jiří a kol., Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje, Ekopress, Praha, 2006, ISBN 80-86929-15-9
KOLČAVOVÁ, A. Kvantitativní metody v rozhodování. Zlín : UTB, 2006. ISBN 80-7318-037-5
FIALA, Petr. Modely a metody rozhodování. 2. přeprac. vyd. V Praze: Oeconomica, 2008, 292 s. ISBN 978-80-245-1345-4 (BROT).

Vedoucí práce

Dömeová Ludmila, doc. Ing., CSc.

Termín odevzdání

březen 2014



doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry



prof. Ing. Jan Hron, DrSc., dr. h. c.

Děkan fakulty

V Praze dne 9.10.2013

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vícekritériální porovnání pracovní úrazovosti" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 26.11.2014

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Ludmile Dömeové, CSc., za odborné vedení, za čas věnovaný konzultacím a za veškeré cenné připomínky v rámci zpracování této bakalářské práce.

Vícekriteriální porovnání pracovní úrazovosti

Multiple Criteria Evaluation of Work Injuries

Souhrn

Tato bakalářská práce je zaměřena na demonstraci použití metod vícekriteriální analýzy v praxi. Jsou zde porovnávány počty pracovních úrazů, ke kterým došlo v jednotlivých krajích a jednotlivých průmyslových odvětvích ve sledovaném období.

Práce je rozdělena do tří částí:

První část se věnuje literární rešerši a objasnění principů vícekriteriální analýzy, stanovení preferencí a metod používaných při řešení tohoto typu úloh.

Druhá část objasňuje problematiku pracovních úrazů, sledování vývoje počtu pracovních úrazů, seznamuje s činností a rozdělení kompetencí na jednotlivé kontrolní orgány v oblasti BOZP.

V třetí části jsou aplikovány metody vícekriteriálního rozhodování, konkrétně je zvolena metoda váženého součtu, k porovnání počtu pracovních úrazů v jednotlivých průmyslových odvětvích a určení rizikových průmyslových oblastí.

Pro zpracování příkladu byla použita data za kalendářní rok 2012 ze závěrečných zpráv Státního úřadu inspekce práce, Státního báňského úřadu a statistické údaje Českého statistického úřadu.

Klíčová slova: rozhodování, vícekriteriální model, varianta, preference, pracovní úraz

Summary

This bachelor thesis aims at demonstrating the methods of multiple criteria analysis in the practice. It compares numbers of work injuries registered in individual regions and individual industry branches within the chosen time period.

The thesis consists of three parts as follows:

The first part deals with the identification of sources, and with elucidating multiple criteria analysis, stipulating preferences and methods to be used when solving this kind of tasks.

The second part clears up problems connected with work injuries. When describing the development of numbers of work injuries, it makes the reader acquainted with activities and divided competences of individual bodies entrusted with the labor security checking.

The third part applies the methods of the multiple criteria decision making. Specifically, the method of weighed sum has been chosen to compare numbers of work injuries registered in individual industry branches as well as to identify the high risk industrial spheres.

For elaborating the example presented the data from the 2012 final reports of the State Work Inspection Authority (Státní úřad inspekce práce), State Authority for Mines (Státní báňský úřad) as well as the statistical data of the Czech Office of Statistics (Český statistický úřad) have been used.

Keywords: desicion, multicriteria model, variant, preference, accident et work

1	Úvod.....	7
2	Cíl práce a metodika práce.....	8
2.1	Cíle práce.....	8
2.2	Metodika práce.....	8
3	Literární rešerše.....	10
3.1	Vícekritériální analýza.....	10
3.2	Typy informace.....	10
a)	žádné informace o preferenci kritérií.....	10
b)	nominální informace o preferencích kritérií.....	11
c)	ordinální informace.....	11
d)	kardinální informace.....	11
3.3	Klasifikace úloh vícekritériálního rozhodování.....	12
3.4	Klasifikace úloh vícekritériální analýzy rozhodování.....	12
3.5	Model vícekritériálního hodnocení variant.....	13
4	Varianta.....	16
4.1	Dominovaná varianta.....	16
4.2	Nedominovaná varianta.....	16
4.3	Ideální varianta.....	16
4.4	Bazální varianta.....	17
4.5	Kompromisní varianta.....	17
5	Grafické znázornění variant.....	18
5.1	Hvězdicové zobrazení.....	18
5.2	Polygonální zobrazení.....	18
6	Metody stanovení vah kritérií.....	20
6.1	Stanovení vah kritérií bez informace o preferenci kritérií.....	20
6.2	Entropická metoda.....	20
6.3	Stanovení vah kritérií z ordinální informace o preferencích kritérií.....	21
6.4	Metoda pořadí.....	21
6.5	Metoda Fullerova trojúhelníku.....	21
6.6	Stanovení vah kardinální informace o preferencích kritérií.....	22
6.6.1	Bodovací metoda.....	22
6.6.2	Saatyho metoda.....	23
6.7	Metoda váženého součtu.....	24
7	Vlastní vypracování.....	26
7.1	Vlastní problematika.....	26
7.2	Podpora péče o BOZP.....	26
7.3	Vývoj pracovní úrazovosti.....	27
7.4	Popis systému kontrol BOZP.....	29
7.4.1	Popis nedostatku současného stavu.....	30
7.4.2	Identifikace problému a návrh řešení.....	30
7.4.3	Analýza vstupních dat.....	30
8	Praktická část.....	32
8.1	Prvky rozhodovacího procesu.....	32

8.2	Varianty.....	32
8.3	Kritéria	33
9	Praktická aplikace metody váženého součtu.....	35
9.1	Stanovení vah kritérií	35
9.2	Stanovení ideální a bazální hodnoty	38
9.3	Vytvoření normalizované matice	38
9.4	Výpočet funkce užitku	39
9.5	Seřazení užiteků variant.....	40
10	Závěr	42
11	Zkratky	43
12	Seznam literatury	44
13	Přílohy.....	46
13.1	Příloha č.1: Tabulka č. 12: Výchozí tabulka pro analýzu (jednotlivá kritéria včetně četností).....	1
13.2	Příloha č.2 : Tabulka č.2.1: Vývoj inflace, HDP, Počtu pracovních úrazů, Průměrná doba pracovní neschopnosti.....	1
13.3	Příloha č.3: Tabulka č. 5.1: Počet zaměstnanců v jednotlivých průmyslových oborech v krajích.....	2
13.4	Příloha č.4: Tabulka č.5.2 : Počet pracovních úrazů v jednotlivých průmyslových oborech v krajích.....	3

Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Schéma Fullerova trojúhelníku

Tabulka č. 2: Vývoj inflace, HDP, Počtu pracovních úrazů, Průměrná doba pracovní neschopnosti

Tabulka č. 3: Seznam variant určených pro hodnocení

Tabulka č. 4: Seznam kritérií určených pro hodnocení

Tabulka č. 5: Stanovení váhy kritérií

Tabulka č. 6: Výchozí kriteriální matice

Tabulka č. 7: Kriteriální matice v maximalizační podobě.

Tabulka č. 8: Ideální a bazální hodnota

Tabulka č. 9: Normalizovaná kriteriální matice

Tabulka č.10: Přehled vypočtených funkcí užítku

Tabulka č.11 : Seřazení variant podle míry užítku

Tabulka č. 12: Výchozí tabulka pro analýzu (jednotlivá kritéria včetně četností)

Tabulka č. 2.1: Vývoj inflace, HDO, Počtu pracovních úrazů, Průměrná doba pracovní neschopnosti

Tabulka č. 5.1: Počet zaměstnanců v jednotlivých průmyslových oborech v krajích

Tabulka č. 5.1: Počet úrazů v jednotlivých průmyslových oborech v krajích

Seznam grafů

Graf č.1: Nedominovaná varianta

Graf č.2: Dominovaná varianta

Graf č.3: Vývoj pracovní úrazovosti v porovnání s vývojem HDP a inflace

Graf č.4: Vývoj doby léčení v porovnání s vývojem HDP a inflace

Graf č.5: Procentní zastoupení vektoru vah kritérií

1 Úvod

S modele vícekriteriálního rozhodování se setkáváme v běžném životě každý den. Tímto způsobem řešíme například jednoduché nákupy třeba zubní pasty, kde volíme jednotlivá kritéria, jako jsou cena, vzhled, účinnost, případně chuť. Dále tímto způsobem můžeme rozhodnout o nákupu spotřební elektroniky, či osobního auta.

V oblasti pracovní můžeme tímto způsobem rozhodnout o výběru zaměstnanců, nákupu výrobního zařízení nebo nákupu akcií na burze.

Z uvedených příkladů je patrné, že pomocí metod vícekriteriálního rozhodování vybíráme jednu z možných alternativ výběru. Cílem je podle zvolené váhy kritérií vybrat tu nejvhodnější variantu. Touto metodou můžeme vzájemně posuzovat jednak numerické hodnoty, ale i kritéria posuzované pouze slovně.

Zvolení více kritérií při rozhodování přináší do řešení obtíže, které plynou ze vzájemné kontroverznosti kritérií. Smyslem rozhodovacích modelů je nalezení optimální varianty podle všech zvolených kritérií a vyloučení neefektivních variant.

V průmyslových odvětvích dochází k mnoha pracovním úrazům. Každý úraz přináší nemalé ztráty jednak po ekonomické stránce, ale především po stránce lidské. Mnohdy si nese pracovník důsledky postižení po zbytek svého života a někdy zaplatí i cenu nejvyšší. Včasná prevence a předcházení pracovním úrazům by mělo být nejdůležitějším cílem kontrolních orgánů v oblasti BOZP.

2 Cíl práce a metodika práce

2.1 Cíle práce

Hlavním cílem této bakalářské práce je určit pomocí vícekriteriální analýzy variant nejproblémovější kraj z hlediska počtu a závažnosti pracovních úrazů v průmyslových oborech, ke kterým došlo v roce 2012 v České republice. Výsledkem analýzy bude doporučení pro SUIP Opava ve kterém kraji je nutné zvýšit kontrolní činnost s důrazem na BOZP.

Níže je uveden teoretický popis metody analytického hierarchického procesu a metody váženého součtu a dále je aplikovaný vlastní výpočet, který má sloužit jako ucelený návod řešení i jiných obdobných problémů vícekriteriální analýzy variant. Dále v této práci má být prokázána odbornost autora v oblasti analýzy a rozhodovacích modelů obecně.

2.2 Metodika práce

V úvodní části bakalářské práce je vypracována teoretická část obsahující všechny důležité pojmy z oblasti vícekriteriálního rozhodování a podrobný popis metody analytického hierarchického procesu a metody váženého součtu. Východiska teoretické části jsou použita pro zpracování vlastní analýzy v části praktické. Při zpracování teoretické části bylo použito podkladů z odborné literatury a ze skript.

V další části práce je popis činnosti Státního úřadu inspekce práce, Státního báňského úřadu a ozbrojených složek České republiky, jsou zde popsány vzájemné kompetence a rozdělení činností. Je zde popsána důležitost určení problematických průmyslových oblastí z hlediska pracovních úrazů. Podstatným zdrojem informací pro tuto část byla Zpráva o činnosti Státního úřadu Inspekce práce za rok 2012, Zpráva o činnosti Státního báňského úřadu, statistiky zpracované ČSU a déle osobní konzultace na OPI.

V praktické části bakalářské práce jsou nejprve popsána kritéria, podle kterých jsou posuzovány počty pracovních úrazů v jednotlivých krajích. V závěru praktické části

je demonstrován vlastní výpočet, jehož výsledkem je doporučení, kterým krajům mají kontrolní orgány BOZP ve své činnosti věnovat zvýšenou pozornost.

3 Literární rešerše

3.1 Vícekriteriální analýza

Vícekriteriální rozhodování je proces, ve kterém je potřebné zvolit jediné rozhodnutí z několika možných alternativ. Cílem je vybrat variantu, která je nejlepší podle zvolených kritérií a je tedy nejvýhodnější.[3]

Rozhodování představuje dynamický vědomý proces výběru jedné z možných alternativ, kterou lze dosáhnout požadovaného cíle. Rozhodování je vyvrcholením duševních pochodů, které vedou k závěru nebo rozhodnutí [4].

Vícekriteriálnost je podstatným rysem každého rozhodování. Úloha vícekriteriálního rozhodování (ÚVR) je rozhodovací úloha, v níž se důsledky rozhodnutí posuzují podle více kritérií. Podle způsobu zadání množiny přípustných variant se rozlišuje úloha na:

- a) vícekriteriálního hodnocení variant, kdy je množina přípustných variant formě konečného seznamu variant;
- b) vícekriteriální optimalizace, kdy je množina variant vymezena podmínkami, které rozhodovací alternativy musí splňovat, aby byly přípustné.

Rozhodovací proces je multidisciplinární problém. Metody jeho řešení jsou závislé na jeho věcné a procedurální stránce. Uplatňují se zde postupy z teorie řízení, sociálně – psychologických teorií, teorie z oblasti rozhodování a teorie kvantitativní, využívají se matematické rozhodovací modely [4].

3.2 Typy informace

Pro řešení úloh můžeme mít k dispozici čtyři typy informací, které nám určují vzájemný vztah mezi kritérii a variantami

a) žádné informace o preferenci kritérií

informace o kritériích neexistuje, samozřejmě se předpokládá, že kritériální matice určená podle základních hodnot je známá. Řešitel v tomto případě neumí rozhodnout, jak jsou jednotlivá kritéria důležitá. Je možné v tomto případě přiřadit všem kritériím stejnou váhu, vypočtenou ze vztahu $j = 1, 2, \dots, n$, kde n je počet kritérií. Kdyby nedošlo

k přiřazení informací o preferencích, nebylo by možné řešit úlohu, neboť by nebylo možné určit lepší nebo horší variantu.

b) nominální informace o preferencích kritérií

Je to informace přípustná pouze pro preference mezi sebou. Vyjadřuje aspirační úroveň mezi sebou, aniž by udávala, která jsou důležitější, pouze uvádí požadavek, čeho má být dosaženo.

Nominální informace rozdělí varianty na dvě skupiny: na varianty které nastavené kritériální hodnoty nesplňují, o kterých říkáme, že jsou neakceptovatelné (neefektivní) a na varianty které splňují požadované kritériální hodnoty – akceptovatelné (efektivní).

Jsou-li nastavené aspirační úrovně těsně, může nastat situace, že kategorii akceptovatelných variant nám zůstane jediná varianta. V tomto případě ji označujeme jako kompromisní. V případě, že při těsném nastavení aspiračních hodnot nám nezůstane ve výběru žádná varianta, potom je nutné uvolnit některé úrovně aspiračních kritérií.

Tuto metodu aspiračních úrovní používáme především pro zmenšení počtu variant před výpočtem využívající kardinální informace [6].

c) ordinální informace

Tento typ informace vyjadřuje uspořádání (pořadí) kritérií podle důležitosti či uspořádání variant podle toho, jak jsou hodnoceny kritériem [5].

d) kardinální informace

Tento typ informace má kvalitativní i kvantitativní charakter a vyjadřuje, o kolik nebo jak moc je jedno hodnocení lepší než druhé. V případě preference kritérií se jedná o váhy, v případě hodnocení variant podle kritéria o konkrétní číselné vyjádření tohoto hodnocení, které nezáleží na množině variant. Metody vícekritériálního hodnocení variant převážně vyžadují kardinální informaci, jsou důležité metody, které umožňují slovní vyjádření takto kvantifikovat [5].

Nejvyužívanější metoda je bodovací, která přidělí bodové hodnocení podle důležitosti kritérií a Saatyho metoda kvantitativního párového porovnání, odvozuje váhové hodnoty z informace o odhadu poměru vah, který určí hodnotitel.

Metod, které požadují pro zadání kardinální informace o kritériích v podobě vah a o variantách v podobě kriteriální matice se základními hodnotami, je celá řada. V této oblasti používáme tři přístupy k vyhodnocení variant, a to podle:

- maximalizace užitku
- minimalizace vzdálenosti od ideální varianty
- preferenční relace

Maximalizace užitku požaduje možnost vyčíslení užitku, který by každá z variant přinesla při realizaci. Vyčíslení je v rozmezí od 0 do 1. Pro stanovení celkového užitku, který přinese realizace dané varianty, je nutné stanovit pro každé kritérium hodnocení podle dílčí funkce užitku, kterou se nahradí primární hodnocení varianty. Konečný užitek je pak vypočten seskupením dílčích hodnot. Nejčastěji se při tomto řešení úloh používá metoda váženého součtu[6].

3.3 Klasifikace úloh vícekriteriálního rozhodování

Důležitým hlediskem při vícekriteriálním rozhodování je charakter množiny variant nebo řešení. Podle způsobu zadání rozlišujeme dvě skupiny modelů. Modely vícekriteriálního hodnocení variant (VHV) jsou zadány pomocí konečného seznamu variant. Pokud je však množina variant s prvky vyjádřena pouze pomocí omezovacích podmínek a hodnocení variant je určeno jednotlivými kriteriálními funkcemi jedná se o modely vícekriteriální optimalizace. Možné varianty řešení musí jednotlivé vymezení podmínky splňovat, aby byly přípustné

3.4 Klasifikace úloh vícekriteriální analýzy rozhodování

Klasifikace úloh vícekriteriální analýzy variant provádíme hlavně podle dvou primárních hledisek:

podle cíle řešené úlohy

podle informace, s jakou řešená úloha pracuje.

Podle cíle řešené úlohy vícekriteriální analýzy variant dělíme na tři základní sféry úloh.

- Úlohy, u kterých je cílem výběr jedné varianty, která je označena jako kompromisní:

V této úloze je nutné vybrat z množiny možných variant, tu která je podle daných kritérií vyhodnocena jako nejlepší. Tato varianta vychází při hodnocení jednotlivých kritérií jako relativně nejlepší, výsledek je do značné míry závislý na metodě, jakou pro hodnocení zvolíme.

Při tomto typu úloh můžeme použít například metodu váženého součtu, TOPSIS nebo ORESTES a další. Nevhodné jsou metody, které rozdělují varianty do identifikačních tříd.

- Úlohy, ve kterých je třeba stanovit pořadí:

Při této metodě stanovíme pořadí od nejlepší varianty k nejhorší možnosti řešení. V těchto úlohách postupujeme obdobně jako v předchozím řešení. Vybereme nejvhodnější variantu, tu pro následující výběr vyřadíme a pokračujeme v hodnocení dalších variant. Takto nám vznikne pořadí možných variant řešení.

- Úlohy, při kterých rozdělujeme množiny variant na efektivní a méně efektivní:

V tomto případě nejde o to stanovit pořadí jednotlivých variant, ale uspořádat varianty na „dobré“ nebo „špatné“. Hodnotitel musí zvážit, kterou skupinu variant zahrne do pozitivního hodnocení a jaká množina dostane negativní hodnocení. Při hodnocení se musí zvolit aspirační hodnota kritérií a v případě, že varianta tuto hodnotu nesplňuje, zda je možné nahradit některým jiným kritériem, ve kterém jsou hodnoty nadprůměrné.

3.5 Model vícekriteriálního hodnocení variant

Teorie a model vícekriteriálního hodnocení variant se zabývá problémem, jak vybrat jednu nebo více variant z množiny přípustných řešení a navrhnout je k realizaci. Analytik by měl postupovat ve výběru řešení maximálně objektivně, k tomu slouží různé postupy analýzy variant. Neustrannosti lze docílit tím, že se oddělí zadavatel od řešitel. Ale i tento postup má svoje nevýhody, jako je třeba neúplné seznámení řešitele s detaily úlohy, které se nedají při modelování zachytit. A tak je možné, že navrhne variantu

objektivně nejlepší, ale prakticky by přinesla pro zadavatele největší nebo větší užitek varianta jiná, která se ale umístila na nižším pořadí. Varianty musí být vybrány tak, aby byly dosažitelné a byly vhodným řešením problému. Varianty jsou pak hodnoceny podle kritérií. Kritéria jsou velmi důležitá. Musí být nezávislá, měla by pokrývat všechna hlediska problému a nesmí jich být příliš mnoho, aby se problém nestal nepřehledným [4].

Pro úspěšné řešení ÚVR je nutné zajistit několik základních vstupních podmínek:

- a) vstupní seznam kritérií, které nepřímou formulují cíl. Rozhodovatel zvolí měřítko, podle kterých bude jednotlivé varianty posuzovat.
- b) Množina variant, z nichž vybíráme nejvhodnější. Varianta (alternativa) rozhodování je různý způsob jednání rozhodovatele, vedoucí k řešení.
- c) Forma rozhodnutí podle cíle vícekritériálního rozhodování. Cíl je určený budoucí stav systému [4].

Máme-li hodnocení variant podle kritérií kvalifikováno, můžeme údaje uspořádat do kritériální matice Y , kde prvek y_{ij} vyjadřuje hodnocení i -té varianty podle j -tého kritéria. V matici $Y = (y_{ij})$ sloupce (f_1, f_2, \dots, f_n) odpovídají kritériím a řádky (a_1, a_2, \dots, a_m) hodnoceným variantám [6].

$$Y = \begin{matrix} & f_1 & f_2 & \dots & f_n \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_m \end{matrix} & \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{m1} & y_{m2} & \dots & y_{mn} \end{pmatrix} \end{matrix}$$

Alternativy rozhodnutí – varianta $a_i, i=1, \dots, m$ – možná rozhodnutí, dle kritéria $f_j=1, \dots, n$ – jednotlivá kritéria, podle nichž jsou varianty hodnoceny. Kritériální hodnoty $v_{ij}, i=1, \dots, m, j=1, \dots, n$ – ohodnocení či preference variací podle jednotlivých kritérií.

Preference kritérií $f_j, j=1, \dots, n$ – informace o důležitosti jednotlivých kritérií, které jsou zvoleny pro rozhodování [5].

4 Varianta

Varianta je jedna možných alternativ, které se nabízí při řešení problému. Varianta předmětem vlastního rozhodovacího procesu, je realizovatelná a není logickým nesmyslem.

4.1 Dominovaná varianta

Předpokládáme všechna kritéria maximalizační. Varianta a_i dominuje variantu a_j , pokud platí $(y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{ik}) \geq (y_{j1}, y_{j2}, \dots, y_{jk})$ a existuje alespoň jedno kritérium f_l , že $y_{il} > y_{jl}$. To znamená, že dominující varianta je hodnocena lépe podle všech vah kritérií než varianta dominovaná. V praxi jsou případy, že nelze dominující a dominovanou variantu určit [6].

4.2 Nedominovaná varianta

Nedominovanou variantu (efektivní) označujeme množinu všech variant, pro které neplatí následující vztah. Varianta a_i dominuje variantu a_j , pokud platí $(y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{ik}) \geq (y_{j1}, y_{j2}, \dots, y_{jk})$ a existuje alespoň jedno kritérium f_l , že $y_{il} > y_{jl}$ [4].

Je to variant, která není dominována žádnou jinou variantou. Nazýváme ji také paretoovskou variantou.

4.3 Ideální varianta

Ideální řešení (varianta) je hypotetické nebo reálné řešení, reprezentované ve všech kritériích současně nejlepšími možnými hodnotami. Je to varianta H s ohodnocením (h_1, \dots, h_k) .

Ideální varianta nelze v praxi předpokládat. Kdybychom takovou to variantu měli, stala by se jedinou nedominovanou variantou a byla by optimálním řešením[4].

4.4 Bazální varianta

Bazální řešení (varianta) je hypotetické nebo reálné řešení, reprezentované nejhorším ohodnocením podle všech kritérií. Je to varianta D s ohodnocením (d_1, \dots, d_k) . Je opakem ideální varianty.

4.5 Kompromisní varianta

Kompromisní varianta je nedominovaná varianta doporučená k řešení. Kompromisní varianta (řešení) má od ideální varianty nejmenší odchylku od ideální varianty. Kompromisem může být i zanedbání některých kritérií.

Určení kompromisní varianty záleží na použité metodě řešení, která může být určena již v zadání. Kompromisní varianta musí splňovat podmínku nedominovanosti. Jestliže by byla varianta dominovaná, nelze o ní uvažovat jako o kompromisní. Vždy totiž existuje varianta, která není v žádném kritériu horší než tato varianta a je zároveň nejméně v jednom kritériu lepší než tato varianta [5].

5 Grafické znázornění variant

Grafické znázornění se používá pro snazší pochopení problému. V některých případech pro výběr vhodného řešení je výhodné grafické znázornění vstupních údajů pro jeho jednoduchost.

5.1 Hvězdicové zobrazení

Ke grafickému znázornění použijeme soustavu hvězdicových souřadnic s_n souřadnými poloosami, které odpovídají počtu kritérií. Všechny osy vycházejí z hodnoty S a končí na obvodu jednotkové kružnice se středem S v bodech P_1, \dots, P_n . Sousední osy svírají úhel $\frac{2\pi}{n}$.

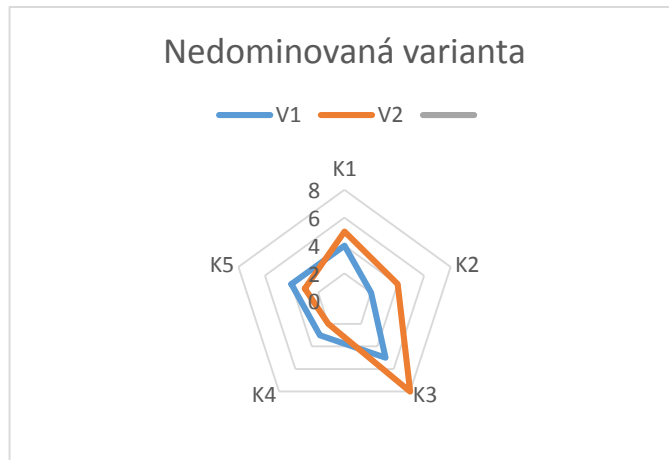
V soustavě hvězdicových souřadnic zrealizujeme variantu $ai \sim (y_{i1}, \dots, y_{in})$ tak, že na j -té ose, $j = 1, \dots, n$ zobrazíme normalizovanou hodnotu r_{ij} j -tého kritéria. Bazální variantě odpovídá bod S .

5.2 Polygonální zobrazení

Konstrukce poloos vychází obdobně jako u hvězdicového zobrazení. Pro sestrojené polygonu propojíme jednotlivé poloosy úsečkami.

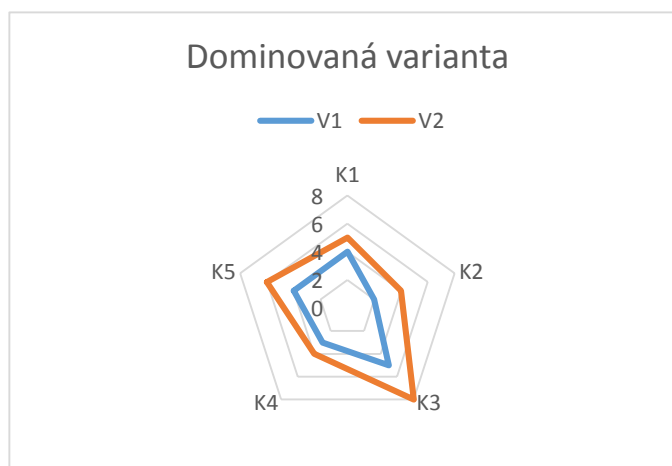
Bazální variantě odpovídá bod S , ideální variantě n -úhelník P_1, \dots, P_n (pravidelný), vepsaný do kružnice $(S, 1)$.

Pokud se polygonální zobrazení dvou řešení prolínají, jsou tyto varianty vzájemně nedominované. Jestliže varianta V_1 dominuje variantu V_2 , je polygon dominující varianty uvnitř polygonu dominované varianty.



Graf č.1: Nedominovaná varianta

Zdroj: vlastní zpracování



Graf č.2: Dominovaná varianta

Zdroj: vlastní zpracování

6 Metody stanovení vah kritérií

Stanovení vah kritérií je základním krokem analýzy modelu vícekritériální analýzy variant. Váha kritéria určuje důležitost, preferenci tohoto kritéria vzhledem k ostatním kritériím. Jeho hodnota je mezi nulou a jedničkou, přičemž součet všech vah kritérií musí být roven jedné [5].

6.1 Stanovení vah kritérií bez informace o preferenci kritérií

Jestliže není známá informace o preferenci mezi jednotlivými kritérii, není-li tato hodnota určena, je nutné jí dopočítat. V tomto případě přiřazujeme všem kritériím stejnou váhu, kterou vypočteme ze vztahu

$$V_{ij} = \frac{1}{n}, j = 1, 2, \dots, n.$$

kde n je počet kritérií. Pokud není vhodné přiřadit všem kritériím stejnou váhu, vypočte se pomocí entropické metody [6].

6.2 Entropická metoda

Jestliže jsou hodnoty všech kritérií stejného rozsahu, není kritérium důležité. Při rozdílných hodnotách variant některého kritéria, tím větší váhu je možno tomuto kritériu přiřadit.

Významnost kritérií je tedy určena ze vztahu

$$p_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sum_{i=1}^m y_{ij}}, i=1, \dots, m, j=1, \dots, n$$

Entropii E_j množiny očekávaných výstupů j -tého kritéria potom vypočteme jako

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij}, \quad \forall j, \text{ kde } k = \frac{1}{\ln m}$$

Hodnota konstanty k zajišťuje, že hodnota E_j se nachází v intervalu mezi nulou a jedničkou.

Entropická metoda tak jak je uvedena předpokládá, že kritériální matice pracuje pouze s kladnými čísly[6].

6.3 Stanovení vah kritérií z ordinální informace o preferencích kritérií

Tato metoda předpokládá, že řešitel vyjádří důležitost jednotlivých kritérií přiřazením pořadových čísel a tím určí, které je důležitější než druhé. Je přípustné označení dvou nebo více kritérií stejným pořadím.

6.4 Metoda pořadí

Metoda pořadí se používá při hodnocení kritérií několika hodnotiteli. Nejdůležitější kritérium je ohodnoceno n body, kde n je počet kritérií, další v pořadí dostane $n - 1$ bod. Poslednímu kritériu je přidělen jeden bod. Při shodě pořadí dostanou kritéria průměrnou hodnotu pořadí. Váhu každého kritéria je dána součtem všech bodů, které získalo a vydělí se celkovým počtem bodů, které byly přiděleny mezi všechna kritéria. Tím je zajištěno, že suma všech vah kritérií je rovna 1.

Je-li j -té kritérium ohodnoceno b_j body, vypočítá se jeho váha na základě vztahu

$$V_j = \frac{b_j}{\sum_{j=1}^n b_j}, j = 1, \dots, n.$$

Tento postup se nazývá normalizace vah kritéria a normalizuje informace o preferenci kritérií [5].

6.5 Metoda Fullerova trojúhelníku

Pokud porovnáваме pouze vztah mezi každou dvojicí hodnocených kritérií, používáme metodu párového porovnání. Pokud hodnotitel ohodnotí kritérium j jako důležitější než l zároveň platí, že kritérium l je považováno za méně významné než kritérium j , stačí provést počet srovnání

$$N = \frac{n(n-1)}{2}$$

kde n je počet porovnávaných kritérií.

Toto porovnávaní se provádí pomocí Fullerova trojúhelníku. Při porovnávaní dvojic prvků označíme, který považujeme za důležitější. Určíme-li počet označených j -tého prvku n_j , pak ohodnocení či váhu tohoto prvku vypočítáme podle vzorce

$$V_j = \frac{n_j}{N}, j = 1, 2, \dots, n.$$

1	1	1	...	1
2	3	4	...	K
	2	2	...	
	3	4	...	
			...	
			k-2	k-2
			k-1	K
				k-1
				K

Tabulka č: 1 Schéma Fullerova trojúhelníku

Nevýhodou při tomto postupu je, že hodnota váhy nejméně použitého kritéria je rovna nule [5].

6.6 Stanovení vah kardinální informace o preferencích kritérií

Při stanovení vah kritérií z kardinální informace předpokládá, že hodnotitel určí pořadí důležitosti kritérií a zároveň poměr důležitosti mezi všemi dvojicemi kritérií.

6.6.1 Bodovací metoda

Při této metodě ohodnotíme důležitost vah určitý počtem bodů. Při hodnocení je přípustné použít i desetinná čísla. Stupnice bodování může být vyjádřena i graficky, kde na úsečce jsou zakresleny pozice jednotlivých kritérií. Zvyšující se vzdálenost od počátku úsečky označuje i vyšší preferenci kritéria.

Hodnoty váhového vektoru se vypočítají ze vztahu

$$V_j = \frac{b_j}{\sum_{j=1}^n b_j}, j = 1, 2, \dots, n.$$

Pro správné stanovení vah kritérií je nejprve vhodné provést jejich odhad a následně provést korekci hodnot.

6.6.2 Saatyho metoda

Rozhoduje-li o váze kritérií jen jeden hodnotitel, je tato metoda nejvhodnější. Jedná se o metodu číselného porovnání kritérií. Pro ohodnocení párových porovnání kritérií je využito 9-ti bodové stupnice. Lze využít i mezistupně:

- 1 – rovnocenná kritéria *i* a *j*
- 3 – slabě preferované kritérium *i* před *j*
- 5 – silně preferované kritérium *i* před *j*
- 7 – velmi silně preferované kritérium *i* před *j*
- 9 – absolutně preferované kritérium *i* před *j*

Hodnotitel porovnává vzájemně každou dvojici kritérií a velikost preferencí *i*-tého kritéria vzhledem k *j*-tému kritériu a zapíše do Saatyho matice $S = (s_{ij})$:

$$S = \begin{pmatrix} 1 & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ 1/s_{12} & 1 & \dots & s_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/s_{1k} & 1/s_{12} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Prvky této matice nejsou dokonale konzistentní, proto je nutné přepočítat index konzistence dle vztahu

$$I_s = \frac{l_{max} - n}{n-1}$$

Kde l_{max} je největší číslo Saatyho matice a n je počet kritérií. Saatyho matice se považuje za dostatečně konzistentní, je-li $I_s < 0,1$.

Výpočet vah kritérií se nejčastěji provádí pomocí normalizovaného geometrického průměru řádků Saatyho matice tzv. metoda logaritmických nejmenších čtverců. Hodnota b_i jako geometrický průměr řádků Saatyho rovnice

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n s_{ij}}$$

Váhy se pak vypočtou normalizací hodnot b_i

$$V_j = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i}$$

V praxi, kdy je Saatyho matice nekonzistentní dochází velice často. Nekonzistence bývá většinou způsobena chybou při zadávání odhadů poměrů vah [6].

6.7 Metoda váženého součtu

Metoda WSA (Weighted Sum Approach) – váženého součtu, je metodou vícekritériální analýzy, která vyžaduje informaci o poměrné důležitosti kritérií, které se vyjadřují pomocí vektoru vah kritérií $v = (v_1, v_2, \dots, v_n)$ $\sum_{i=1}^k v_i = 1, v_i \geq 0$.

Tato metoda vychází z maximalizace užitku. Podstatou této metody je konstrukce hodnoty užitku, při výběru určité varianty, v intervalu $\langle 0;1 \rangle$. Čím je hodnota určitého kritéria vhodnější, tím je vyšší její užitek. Nejvhodnější (ideální) varianta podle určitého kritéria nabývá hodnoty 1 a nejhorší (bazální) varianta nabývá hodnoty 0. Hodnota užitku jedné varianty se pak hodnotí součtem užiteků všech kritérií. [8].

Metoda váženého součtu je lineárním případem metody funkce užitku. Lineární funkce předpokládá rovnoměrné zvyšování užitku se zlepšením hodnot. Funkce užitku je dána předpisem

$$u_{ij} = \frac{y_{ij} - d_j}{h_j - d_j}$$

h_j je ideální hodnota j -tého kritéria, d_j je bazální hodnota j -tého kritéria. Tato transformace je nazývána standardizací kritériálních hodnot. Pomáhá vylučovat vliv měřítek a škál, pomocí kterých jsou varianty hodnoceny podle kritérií.

Postup řešení vícekriteriálního rozhodování metodou váženého součtu:

1. Nejprve se určí ideální varianta H (h_1, \dots, h_n) a bazální varianta D (d_1, \dots, d_n)
2. Vytvoření standardizované kriteriální rovnice R (r_{ij}), jejíž složky získáme výpočtem

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - d_j}{h_j - d_j}$$

Matice R zobrazuje matici hodnot funkce užitku varianty i podle kritéria j . Prvky matice jsou transformované kriteriální hodnoty, tak ideální varianta odpovídá hodnotě 1 a bazální varianta odpovídá hodnotě 0.

3. Výpočet agregované funkce užitku pro jednotlivé varianty

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^n v_j r_{ij}$$

Varianty lze seřadit sestupně dle pořadí [5].

7 Vlastní vypracování

7.1 Vlastní problematika

V této kapitole bude zmíněno o problematice pracovních úrazů, zajišťování preventivních kontrol a volba kontrolovaných subjektů v rámci jednotlivých průmyslových oborů.

Následně je zvolena metoda váženého součtu, kterou se porovnává pracovní úrazovost v jednotlivých krajích a bude sestaveno pořadí dle rizika vzniku pracovního úrazu v jednotlivých krajích. K řešení problému bude využito metod a postupů výše popsaných v literární rešerši.

7.2 Podpora péče o BOZP

Zajišťování péče o BOZP, ochrana zaměstnanců a ostatních osob, vykonávající pracovní činnosti, stejně jako těch, kteří mohou být touto činností nepříznivě ovlivněni, jsou důležitou součástí politiky státu ve všech vyspělých zemích. Ta je především zaměřena na předcházení pracovních úrazů, nemocem z povolání a ostatních poškození zdraví v důsledku pracovních činností a vytvoření podmínek pro zachování maximální pracovní kapacity pracovní síly v rámci udržitelného rozvoje, co nejvyšší výkonnosti ekonomiky a vysoké úrovně kultury podnikání. Právní a podnikající fyzické osoby musí zajišťovat mnoho povinností vyplývajících z právních předpisů. Povinnost provádět úkoly v prevenci předcházení rizik, předcházení pracovních úrazů, je zakotvena v zákoně č. 262/2006 Sb., Zákoník práce.

Zaměstnavatel je povinen vytvářet podmínky pro bezpečné, nezávadné a zdraví neohrožující pracovní prostředí vhodnou organizací bezpečnosti práce a ochrany zdraví při práci.

Za pracovní úraz se považuje jakékoliv poškození zdraví nebo smrt, které bylo zaměstnanci způsobeno nezávisle na jeho vůli krátkodobým, náhlým a násilným působením vnějších vlivů při plnění pracovních úkolů nebo v přímé souvislosti s nimi. Pracovnímu úrazu se klade na roveň i úraz, který utrpěl zaměstnanec nebo jiná osoba (která se s vědomím podniku zdržuje na jejích pracovištích nebo prostorách, které nejsou

jinak veřejně přístupné) na pracovišti nebo v prostorách podniku při činnosti, která nesouvisí s plněním pracovních úkolů [4].

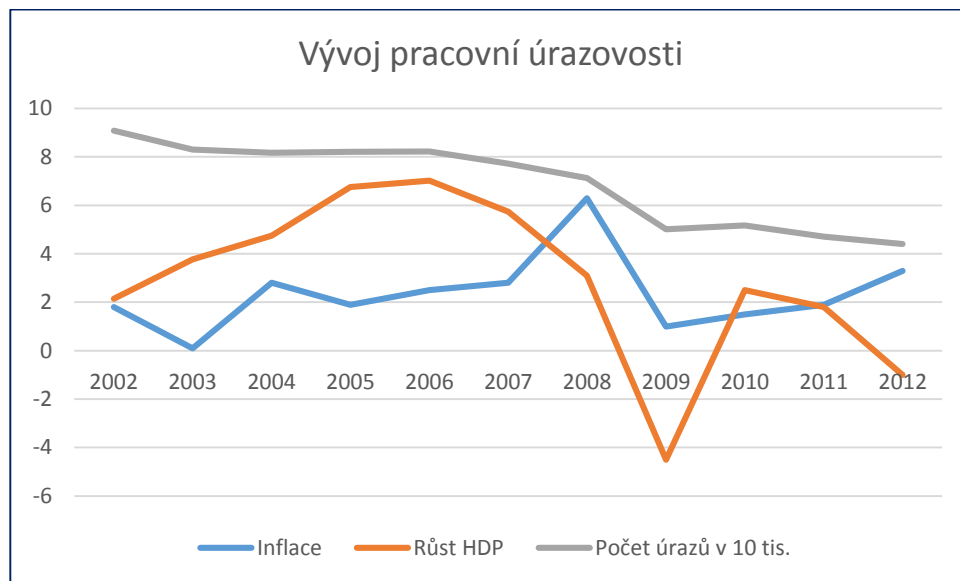
7.3 Vývoj pracovní úrazovosti

Počty pracovních úrazů z dlouhodobého hlediska mají v absolutních číslech stále klesající tendenci. Počet pracovních úrazů v roce 2012 poklesl oproti roku 2011 o 6,4%. Dlouhodobě od roku 2002 do roku 2012 došlo k poklesu o 51,4%. Jak je patrné z grafu č.3 na vývoj pracovní úrazovosti má především vliv vývoj HDP. Vliv inflace na pracovní úrazovosti není patrný. S poklesem křivky vývoje HDP je spojen i výrazný pokles počtu pracovních úrazů.

Rok	2002	2004	2006	2008	2010	2012
Inflace	1,8	2,8	2,5	6,3	1,5	3,3
Růst HDP	2,15	4,74	7,02	3,10	2,50	-1,00
Počet pracovních úrazů	90 867	81 688	82 296	71 281	51 678	40 525
Průměrná doba trvání případu (kalendářní dny)	41,69	43,65	45,77	49,78	52,10	54,03

Tabulka č.2: Vývoj inflace, HDP, Počtu pracovních úrazů, Průměrná doba pracovní neschopnosti

Zdroj: ČSÚ, SÚIP

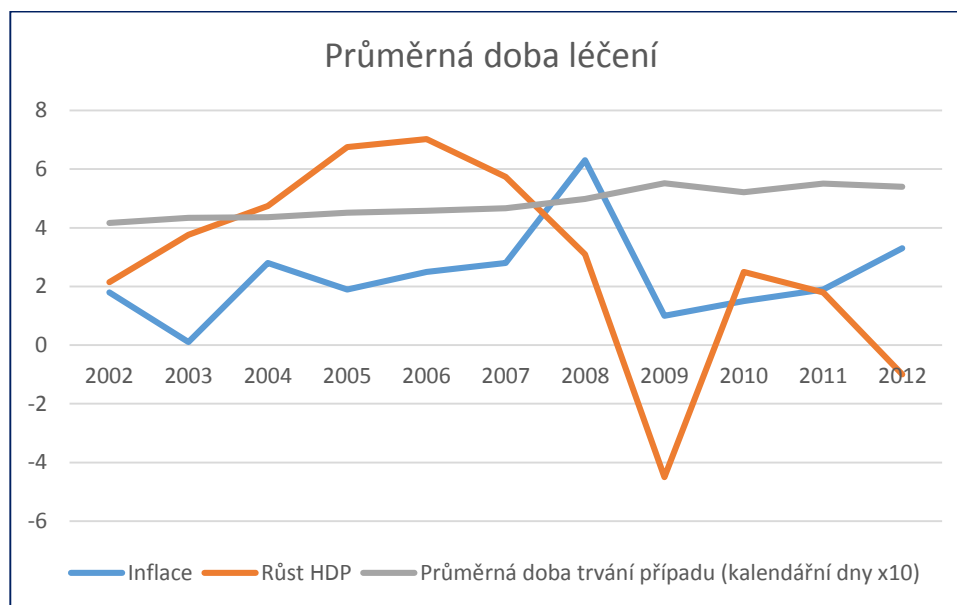


Graf č. 3 Vývoj pracovní úrazovosti v porovnání s vývojem HDP a inflace

Zdroj: ČSÚ, SÚIP

Snižování počtu pracovních úrazů je provázeno protichůdným efektem, kde nám neustále narůstá průměrná doba potřebná k léčení těchto úrazů. V roce 2002 činila průměrná doba potřebná k léčení 41,69 dnů, v roce 2012 to bylo o 29,6% více, tak že celková doba narostla na 54,03 dnů. Vliv inflace či vývoj HDP není patrný na vývoji délky doby léčení.

Přestože dochází ke snižování počtu pracovních úrazů, každý úraz přináší značné ekonomické ztráty a při závažných úrazech jsou i značné morální ztráty, které se nedají vyčíslit.



Graf č. 4 Vývoj doby léčení v porovnání s vývojem HDP a inflace

Zdroj: ČSÚ, SÚIP

7.4 Popis systému kontrol BOZP

Kontrolou bezpečnosti práce je v České republice pověřen ze zákona č. 251/2005Sb. (Zákon o inspekci práce) Státní úřad inspekce práce, který má sídlo v Opavě. Tento úřad se dále organizačně člení do osmi Oblastních inspektorátů práce, každý z nich zastřešuje svojí působností dva kraje, ve kterých provádí dohled nad dodržováním předpisů, kterými jsou upraveny pracovněprávní vztahy a bezpečnost práce. Státní úřad inspekce práce je organizačně zařazen pod Ministerstvo práce.

V oblasti dobývání nerostných surovin je výkonem kontroly dodržování bezpečnostních předpisů pověřena Státní báňský úřad, který je zřízen na základě zákona ČNR č.2/1969 Sb.se sídlem v Praze. Organizačně je zařazen pod Ministerstvo průmyslu. Tento úřad je dále členěn na osm obvodních báňských úřadu pro území krajů.

Samostatně stojí ozbrojené složky Armáda České republiky, Policie České republiky a Celní správa. Tyto organizace se řídí vlastními předpisy a vlastní kontrolní činnost provádí pomocí pověřených inspekčních útvarů.

Převážně většině v průmyslových zařízení provádějí kontroly Oblastní inspektoráty práce. Tyto inspektoráty se vnitřně dělí na oddělení nelegálního zaměstnávání, oddělení pracovních vztahů a oddělení bezpečnosti práce. Oddělení bezpečnost práce se dále dělí na oddělení vyhrazených technických zařízení.

Každý Oblastní inspektorát práce zpracovává každoročně zprávu o své činnosti, které jsou následně sumarizovány do Zprávy o činnosti Státního úřadu inspekce práce. V této zprávě jsou zachyceny počty pracovních úrazů, jejich příčiny, v jakých průmyslových odvětvích se pracovní úrazy staly. Dále tyto zprávy obsahují počty provedených kontrol, šetřených pracovních úrazů a výši a počty udělených sankcí.

Také Státní báňský úřad zpracovává zprávu ze své činnosti, ve které sumarizuje výsledky zpracované z jednotlivých obvodních báňských úřadů.

7.4.1 Popis nedostatku současného stavu

V současné době jsou prováděny kontroly dle ročního programu kontrol. Tento program není rozpracován na specifika jednotlivých krajů. Počty prováděných kontrol jsou plánovány bez ohledu na pracovní úrazovost v daném kraji.

7.4.2 Identifikace problému a návrh řešení

Systém ročního plánu kontrolních orgánů v oblasti BOZP nezohledňuje poměr počtu zaměstnanců pracujících v konkrétním kraji a počtem pracovních úrazů, ke kterým v tomto kraji došlo.

Pro zlepšení preventivního účinku kontrolních orgánů je třeba provést přepočtení počtu úrazů na jednotlivé kraje a podle kritérií určit, ve kterých krajích je největší riziko vzniku pracovního úrazu. Výsledný kraj následně preferovat v programu kontrolních akcí a preventivních činnostech.

7.4.3 Analýza vstupních dat

Z výstupních dat ČSÚ, SÚIP zpracovává data pracovních úrazů podle toho, ve kterém kraji k pracovnímu úrazu došlo. Dále jsou rozděleny dle průmyslových oborů.

Pro zpracování bakalářské práce jsou použity soubory dat za rok 2012.

Pro dosažení přesnějších výsledků musí být použity ještě počty jednotlivých pojištěnců, to znamená kolik zaměstnanců v kraji skutečně zaměstnáno.

Pro výpočty je použit přepočet počtu pojištěnců v daném kraji na počet událostí. Z tohoto přepočtu získáme hodnotu, která nám udává vzájemně porovnatelnou hodnotu.

8 Praktická část

8.1 Prvky rozhodovacího procesu

V současné době je pracovní úrazovost statisticky vyhodnocována ve 20 průmyslových odvětvích ve všech krajích. V každém kraji se určitý obor historicky vyvíjel podle daných geografických podmínek. Od tohoto hlediska se také odvíjejí počty zaměstnanců v jednotlivých průmyslových oborech.

K hodnocení variant je využita metoda váženého součtu. Tato metoda vyžaduje kardinální informace o kritériích a vychází z principu maximalizace užitku. Maximální užitek v této úloze chápeme jako vysoký poměr pracovních úrazů.

8.2 Varianty

Pro zpracování rozhodovacího procesu v úlohách vícekritériálního rozhodování minimálně dvě odlišné varianty, mezi kterými dochází k rozhodovacímu procesu.

V našem případě je variantou každý jednotlivý kraj.

Kritéria	
Hl. město Praha	V1
Středočeský kraj	V2
Jihočeský kraj	V3
Plzeňský kraj	V4
Karlovarský kraj	V5
Ústecký kraj	V6
Liberecký kraj	V7
Královéhradecký kraj	V8
Pardubický kraj	V9
Kraj Vysočina	V10
Jihomoravský kraj	V11
Olomoucký kraj	V12
Zlínský kraj	V13
Moravskoslezský kraj	V14

Tabulka č.3: Seznam variant určených pro hodnocení

Zdroj: vlastní zpracování

8.3 Kritéria

Kritériem pro rozhodovací proces jsou stanoveny: smrtelný pracovní úraz, závažný pracovní úraz, ostatní pracovní úrazy a počet kontrol. budou brány jako maximalizační hledisko. Další kritérium je počet kontrol, které je ve tvaru minimalizačním.

	Kritéria
K1	Smrtelný
K2	Závažný
K3	Ostatní
K4	Počet kontrol

Tabulka č.4: Seznam kritérií určených pro hodnocení

Zdroj: vlastní zpracování

Smrtelný pracovní úraz

Jedná se o nejzávažnější pracovní úraz, který může zaměstnanci nastat. Je to takové poškození zdraví, na jehož následky úrazem postižený zaměstnanec nejpozději do jednoho roku zemřel. S ohledem na stanovení maximálního počtu smrtelných pracovních úrazů jedná se o kritérium maximalizační.

Závažný pracovní úraz

Jedná se o druhou nejzávažnější formu pracovního úrazu. Je to takové postižení zdraví zaměstnance, jehož ošetřování si vyžádalo pobyt v nemocnici delší než 5 kalendářních dnů. Opět k vysokému riziku postižení zdraví zaměstnance se jedná o kritérium maximalizační.

Ostatní pracovní úrazy

Jsou to ostatní pracovní úrazy, na jehož následky je postižený zaměstnanec v dočasné pracovní neschopnosti. I v tomto případě se jedná o zdravotně omezující faktor pracovníka, tedy o maximalizační kritérium.

Počet kontrol BOZP

Jedná se o skutečně provedené kontroly na pracovištích zaměřené na oblast BOZP. V tomto ohledu nás zajímá minimální počet kontrol provedený v daném kraji. Z tohoto hlediska se jedná o minimalizační kritérium.

9 Praktická aplikace metody váženého součtu

Pro praktický výpočet vycházíme z přepočtu, kolik a jaký podíl pracovního úrazu připadá na jednoho zaměstnance – dále je uváděna jako četnost. Pro další zpracování je převedení počtů pracovních úrazů důležité, protože nám tím vznikají vzájemně porovnatelné hodnoty.

9.1 Stanovení vah kritérií

Při sestavování modelu vícekritériální analýzy variant je první krokem stanovení preferenčních vztahů mezi variantami. Důležitým krokem je správné stanovení váhy kritérií s ohledem na očekávaný cíl analýzy. Pro stanovení vah kritérií je nutné určit pořadí jejich důležitosti. Váha kritérií je zde určena za pomoci bodového hodnocení (viz tab. č. 5) a následně převedena do podoby váhového vektoru. Každé kritérium má přiřazeno určitý počet bodů, podle bodovací stupnice od 0 bodů po 10 bodů. Nejdůležitější kritérium je ohodnoceno 10 body, s klesající významností klesá i počet přidělených bodů. U Kritérií K1, K2, K3 jsou v maximalizační podobě, protože cílem analýzy vyhodnocení nejrizikovějšího kraje. Hodnoty váhy kritéria jsou následně normalizovány dle vzorce.

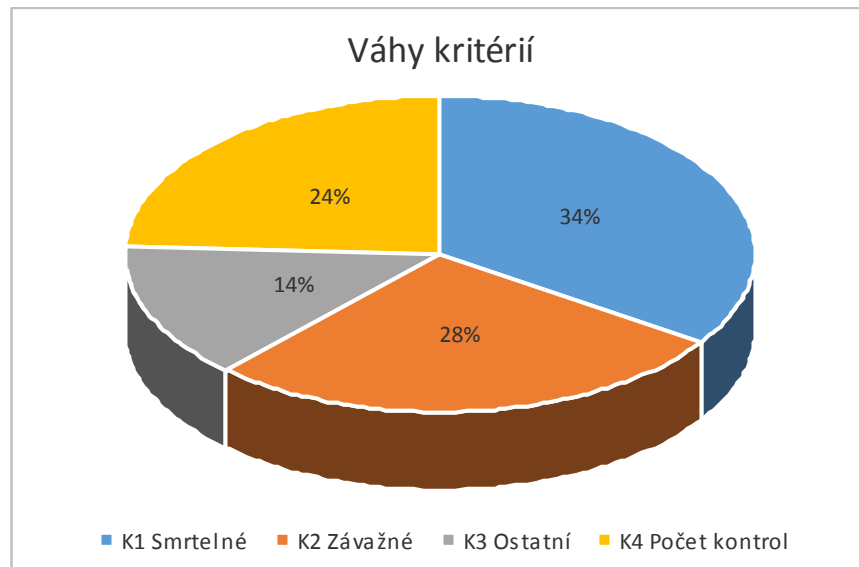
$$V_j = \frac{b_j}{\sum_{j=1}^n b_j}, j = 1, \dots, n.$$

	Body	V
K1	10	0,344828
K2	8	0,275862
K3	4	0,137931
K4	7	0,241379
Σ	29	1

Tabulka č.5 Stanovení váhy kritérií

Zdroj: vlastní zpracování

Procentní rozložení vektoru vah kritérií je znázorněno v grafu č. 5. Jedná se o normalizované vyjádření vah jednotlivých kritérií pro rozhodování. Celkový součet vah je 100%.



Graf č. 5: Procentní zastoupení vektoru vah kritérií

Zdroj: vlastní zpracování

V tabulce č.6 jsou výchozí hodnoty pro zpracování analýzy. Data byla vypočtena jako podíl počtu pracovního úrazu na jednoho zaměstnance z tabulky č. 12. Uvedená data shrnují veškeré údaje o variantách a kritériích potřebná k dalším výpočtům.

	K1	K2	K3	K4
V1	0,62	0,94	0,33	1,40
V2	2,93	3,20	1,04	6,94
V3	4,81	4,24	1,45	6,45
V4	2,74	3,60	1,61	4,95
V5	3,31	4,86	1,45	5,00
V6	3,41	4,47	0,95	3,98
V7	2,70	3,84	1,11	4,57
V8	3,51	3,81	1,25	4,70
V9	3,63	3,74	1,10	4,70
V10	1,68	4,19	1,41	6,40
V11	2,45	3,82	0,85	3,98
V12	2,37	4,26	1,04	2,61
V13	0,92	3,59	1,06	3,98
V14	3,19	4,04	0,82	2,59

Tab.č.6 Výchozí kriteriální matice

Zdroj: vlastní zpracování

V tabulce jsou kritéria K1,K2,K3 v maximalizační podobě a kritérium K4 je v podobě minimalizační.

Proto nejprve převedeme K4 také na maximalizační podobu. Toto provedeme tak, že jednotlivé prvky v kritériu K4 odečteme o maximálního prvku v tomto sloupci. Tímto dostaneme pro každou hodnocenou variantu vzdálenost, o kolik je lepší než nejhorší varianta. Takto přepočtenou kriteriální matici nadále označovat Y s prvky y_{ij} .

	K1	K2	K3	K4
V1	0,62	0,94	0,33	5,54
V2	2,93	3,20	1,04	0,00
V3	4,81	4,24	1,45	0,49
V4	2,74	3,60	1,61	1,99
V5	3,31	4,86	1,45	1,94
V6	3,41	4,47	0,95	2,96
V7	2,70	3,84	1,11	2,37
V8	3,51	3,81	1,25	2,24
V9	3,63	3,74	1,10	2,24
V10	1,68	4,19	1,41	0,54
V11	2,45	3,82	0,85	2,96
V12	2,37	4,26	1,04	4,33
V13	0,92	3,59	1,06	2,96
V14	3,19	4,04	0,82	4,35

Tab.č.7: Kriteriační matice v maximalizační podobě.

Zdroj: vlastní zpracování

9.2 Stanovení ideální a bazální hodnoty

Z tabulky č.7 učíme ideální (nejlepší) variantu a bazální (nejhorší) variantu daného kritéria. Tyto hodnoty jsou v tabulce č.8.

H _j	4,81	4,86	1,61	5,54
D _j	0,62	0,94	0,33	0,00

Tabulka č. 8: Ideální a bazální hodnota

Zdroj: vlastní zpracování

9.3 Vytvoření normalizované matice

Následně vytvoříme normalizovanou kriteriační matici, jejíž hodnoty jsou vypočítány pomocí vzorce:

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - d_j}{h_j - d_j}$$

	K1	K2	K3	K4
V1	0,0000000	0,0000000	0,0000000	1,0000000
V2	0,5503033	0,5757164	0,5531766	0,0000000
V3	1,0000000	0,8420878	0,8800940	0,0885789
V4	0,5050687	0,6799916	1,0000000	0,3597377
V5	0,6427873	1,0000000	0,8741167	0,3492317
V6	0,6657689	0,8998246	0,4899929	0,5334877
V7	0,4951165	0,7404288	0,6140085	0,4276446
V8	0,6897240	0,7326907	0,7241328	0,4033944
V9	0,7192352	0,7139512	0,6003033	0,4044419
V10	0,2516799	0,8298421	0,8493376	0,0971921
V11	0,4364973	0,7346024	0,4063529	0,5343831
V12	0,4164382	0,8469868	0,5542880	0,7816291
V13	0,0708160	0,6758676	0,5710948	0,5349947
V14	0,6124326	0,7901339	0,3809577	0,7848969

Tabulka č.9: Normalizovaná kriteriální matice

Zdroj: vlastní zpracování

9.4 Výpočet funkce užitku

Tabulka znázorňující hodnoty funkce užitku pro jednotlivé varianty, proveden podle vzorce:

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^n v_j r_{ij}$$

	K1	K2	K3	K4	C ₁
V1	0,0000000	0,0000000	0,0000000	1,0000000	0,2413793
V2	0,5503033	0,5757164	0,5531766	0,0000000	0,4248783
V3	1,0000000	0,8420878	0,8800940	0,0885789	0,7199011
V4	0,5050687	0,6799916	1,0000000	0,3597377	0,5865098
V5	0,6427873	1,0000000	0,8741167	0,3492317	0,7023780
V6	0,6657689	0,8998246	0,4899929	0,5334877	0,6741611
V7	0,4951165	0,7404288	0,6140085	0,4276446	0,5629015
V8	0,6897240	0,7326907	0,7241328	0,4033944	0,6372089
V9	0,7192352	0,7139512	0,6003033	0,4044419	0,6253886
V10	0,2516799	0,8298421	0,8493376	0,0971921	0,4563183
V11	0,4364973	0,7346024	0,4063529	0,5343831	0,5382030
V12	0,4164382	0,8469868	0,5542880	0,7816291	0,6423735
V13	0,0708160	0,6758676	0,5710948	0,5349947	0,4187739
V14	0,6124326	0,7901339	0,3809577	0,7848969	0,6711554

Tabulka č.10: Přehled vypočtených funkcí užitku

Zdroj: vlastní zpracování

9.5 Seřazení užitků variant

Z vypočtených hodnot funkcí užitku je sestavena následující tabulka. Zde má nejvyšší hodnotu užitku varianta V3 Jihočeský kraj s mírou užitku $C_1=0,7199011$.

	Varianta	C_1	Pořadí
V3	Jihočeský kraj	0,7199011	1
V5	Karlovarský kraj	0,7023780	2
V6	Ústecký kraj	0,6741611	3
V14	Moravskoslezský kraj	0,6711554	4
V12	Olomoucký kraj	0,6423735	5
V8	Královohradecký kraj	0,6372089	6
V9	Pardubický kraj	0,6253886	7
V4	Plzeňský kraj	0,5865098	8
V7	Liberecký kraj	0,5629015	9
V11	Jihomoravský kraj	0,5382030	10
V10	Kraj Vysočina	0,4563183	11
V2	Středočeský kraj	0,4248783	12
V13	Zlínský kraj	0,4187739	13
V1	Hl.m.Praha	0,2413793	14

Tabulka č.11 : Seřazení variant podle míry užítu

Zdroj: vlastní zpracování

Na základě vypočtených hodnot míry užítu metodou váženého součtu byla vyhodnocena varianta V3 – Jihočeský kraj s mírou užítu $C_1 = 0,7199011$ jako nejvhodnější pro zaměření OIP pro svoji kontrolní a preventivní činnost. V tomto Kraji je vysoké riziko vzniku pracovního úrazu.

Nejméně riziková je varianta V1 Hl.m.Praha s mírou užítu $C_1 = 0,2413793$. V tomto kraji je nejlepší poměr mezi počtem úrazů a počtem provedených kontrol BOZP.

10 Závěr

Tato bakalářská práce je zaměřena na problematiku vícekritériální analýzy variant. Konkrétně podrobně demonstruje použití metody váženého součtu. Metoda je aplikována na problematiku zhodnocení rizik pracovních úrazů v jednotlivých krajích. Při výpočtech bylo postupováno podle daných kroků metody váženého součtu. Nejprve byla stanovena maximalizační kritéria. Následně byly určeny váhy jednotlivých kritérií včetně započtení preferencí jednotlivých kritérií. V dalším postupu byly vypočteny hodnoty funkce užitku pro všechny varianty. Z výsledků hodnot funkce užitku byly sestavena tabulka, ve které jsou seřazeny kraje dle rizikovosti od nejlepší varianty po nejhorsí.

Na základě vypočtených hodnot lze říci, že nejvhodnějším variantou pro kontrolní činnost je V3 – Jihočeský kraj s mírou užitku $C_1 = 0,7199011$. V tomto kraji je vysoké riziko vzniku pracovního úrazu. Tento kraj bude doporučen SUIP a OIP pro zvýšení kontrolní a osvětové činnosti v oblasti BOZP.

Na negativním výsledku pracovní úrazovosti v Jihočeském kraji nemá vliv nízký počet kontrol, těch v roce 2012 proběhlo 1475 (průměr je 1203), ale poměr smrtelných úrazů 11 (průměr je 7) a závažných úrazů 97 (průměr je 101). Tyto počty úrazů se staly na relativně nízký počet pojištěnců 228 714 (průměr je 319 421).

Praha jako varianta V1 s mírou užitku $C_1 = 0,2413793$ je nejméně riziková oblast. Toto postavení má patrně z důvodu složení průmyslových oborů. Zastoupení těžkého průmyslu, strojírenského průmyslu a zemědělství má zde minoritní význam.

Je důležité upozornit, že při výpočtech může hodnotitel ovlivnit kritéria, jejich váhy jinou vlastní preferencí. Pokud by obdobné porovnání prováděl jiný hodnotitel, mohl by zvolit jiné váhy kritérií, případně zvolit jiná kritéria a konečné výsledky by byly jistě odlišné.

11 Zkratky

BOZP - Bezpečnost a ochrana zdraví pracujících.

ČSÚ - Český statistický úřad

OIP - Oblastní inspektorát práce

SBÚ - Státní báňský úřad

SÚIP - Státní úřad inspekce práce

ÚVR - Úloha vícekriteriálního rozhodování

VHV - Vícekriteriálního hodnocení variant

12 Seznam literatury

- [1] Zpráva o činnosti Státního úřadu inspekce práce za rok 2012, SÚIP Opava , květen 2013
- [2] Pracovní úrazovost v České republice v roce 2012, SÚIP Opava, duben 2013
- [3] BROŽOVÁ, Helena, Rozhodovací modely, Praha, ČZU v Praze, 2005.
ISBN 80-213-1390-0
- [4] ZÍSKAL, Jan, Metody optimálního rozhodování, Praha, ČZU v Praze 1997.
ISBN 80-213-0341-7
- [5] ŠUBRT, Tomáš a kolektiv, Ekonomicko – matematické metody, Plzeň, 2011,
ISBN 978-80-7380-345-2
- [6] BROŽOVÁ, H. - HOUŠKA, M. - ŠUBRT, T., Modely pro vícekritériální rozhodování. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2003.
ISBN 80-213-1019-3
- [7] NOVOTNÝ, Karel, Lexikon BOZP, SATES 2008,
- [8] FIALA, P., JABLOSKÝ, J., MAŇAS, M., Vícekritériální rozhodování, VŠE, Praha, 1994 ISBN 80-7079-748-7
- [9] BROŽOVÁ, H. - HOUŠKA, M. Základní metody operační analýzy, ČZU, PEF, Praha, 2008.
ISBN 978-80-213-0951-7
- [10] HUŠEK, R., Maňas, M., Matematické modely v ekonomii, SNL, Praha, 1989
- [11] ČERNÝ, M., Glückaufová, D., Vícekritériální hodnocení v praxi, Praha 1982
- [12] FIALA, Petr, Modely a metody rozhodování 2. přeprac. vyd., V Praze : Oeconomica, 2008, ISBN 80-213-1019-7
- [13] SIMON, H.A. The New Science of Management Decision. Harper & Row, New York, 1960. ISBN-10 0060360003
- [15] KOPKÁNĚ, H., KUBÁLKOVÁ, M. a SYNEK, M. Manažerské výpočty a ekonomická analýza. 1. Vydání. Praha: C. H. Beck, 2009. ISBN 978-80-7400-154-3
- [16] Roční zpráva o činnosti za rok 2013 OIP pro Hl.m.Praha
- [17] Roční zpráva o činnosti za rok 2013 OIP pro Středočeský kraj
- [18] Roční zpráva o činnosti za rok 2013 OIP pro Jihočeský kraj a Vysočinu

[19] Roční zpráva o činnosti za rok 2013 OIP pro Plzeňský a Karlovarský kraj

[20] Roční zpráva o činnosti za rok 2013 OIP pro Ústecký a Liberecký kraj

[21] Roční zpráva o činnosti za rok 2013 OIP pro Královohradecký a Pardubický kraj

[22] Roční zpráva o činnosti za rok 2013 OIP pro Jihomoravský a Zlínský kraj

[23] Roční zpráva o činnosti za rok 2013 OIP pro Moravskoslezský a Olomoucký kraj

13 Přílohy

13.1 Příloha č.1: Tabulka č. 12: Výchozí tabulka pro analýzu (jednotlivá kritéria včetně četností)

Kraj	Počet Počet pojištěnců	Smrtelné úrazy		Závažné úrazy		Ostatní úrazy		Kontroly	
		Počet	Četnost ₁	Počet	Četnost ₂	Počet	Četnost ₃	Počet	Četnost ₄
Hl.m.Praha	1 122 256	7	0,62	105	0,94	3685	0,33	1 569	1,39808
Středočeský kraj	409 951	12	2,93	131	3,20	4246	1,04	2847	6,94473
Jihočeský kraj	228 714	11	4,81	97	4,24	3325	1,45	1475	6,4491
Plzeňský kraj	219 151	6	2,74	79	3,60	3522	1,61	1084	4,94636
Karlovarský kraj	90 517	3	3,31	44	4,86	1309	1,45	453	5,00458
Ústecký kraj	293 213	10	3,41	131	4,47	2 800	0,95	1168	3,98345
Liberecký kraj	148 358	4	2,70	57	3,84	1652	1,11	678	4,57003
Královohradecký kraj	199 387	7	3,51	76	3,81	2501	1,25	938	4,70442
Pardubický kraj	192 610	7	3,63	72	3,74	2111	1,10	905	4,69861
Kraj Vysočina	178 868	3	1,68	75	4,19	2530	1,41	1145	6,40137
Jihomoravský kraj	489 633	12	2,45	187	3,82	4152	0,85	1948	3,97849
Olomoucký kraj	211 251	5	2,37	90	4,26	2191	1,04	551	2,60827
Zlínský kraj	217 353	2	0,92	78	3,59	2301	1,06	864	3,9751
Moravskoslezský kraj	470 627	15	3,19	190	4,04	3838	0,82	1219	2,59016
ČR celkem	4 471 889	104	2,33	1 455	3,25	40525	0,91	16 844	3,76664

- 1) četnost na 100 000 pojištěnců; 2) četnost na 10 000 pojištěnců
 3) četnost na 100 pojištěnců 4) četnost na 1 000 pojištěnců

13.2 Příloha č.2 : Tabulka č.2.1: Vývoj inflace, HDP, Počtu pracovních úrazů, Průměrná doba pracovní neschopnosti

Rok	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Inflace	1,8	0,1	2,8	1,9	2,5	2,8	6,3	1,0	1,5	1,9	3,3
Růst HDP	2,15	3,77	4,74	6,75	7,02	5,74	3,10	-4,50	2,50	1,80	-1,00
Počet pracovních úrazů s pracovní neschopností	90 867	83 019	81 688	82 042	82 296	77 233	71 281	50 173	51 678	47 111	44 108
Průměrná doba trvání případu (kalendářní dny)	41,69	43,36	43,65	45,13	45,77	46,62	49,78	55,16	52,10	55,03	54,03

13.3 Příloha č.3: Tabulka č. 5.1: Počet zaměstnanců v jednotlivých průmyslových oborech v krajích

	HL.m.Praha	Středočeský kraj	Jihočeský kraj	Plzeňský kraj	Karlovarský kraj	Ústecký kraj	Liberecký kraj	Královohradecký kraj	Pardubický kraj	Kraj Vysočina	Jihomoravský kraj	Olomoucký kraj	Zlínský kraj	Moravskoslezský kraj
Zemědělství, lesnictví, rybníkářství	7 012	6 600	6 050	8 112	5 500	10 174	7 700	7 700	9 487	8 524	8 799	9 212	8 387	7 562
Těžba a dobývání	1 627	3 363	2 430	1 779	1 107	2 625	4 340	2 691	2 625	2 647	2 387	2 691	1 649	3 255
Zpracovatelský průmysl	84 768	81 331	67 585	54 984	63 003	71 022	85 913	100 805	63 003	99 659	137 461	60 712	92 786	48 111
Výroba a rozvod elektřiny a jiné energie	2 020	1 646	2 170	2 095	2 095	2 095	1 946	2 395	1 946	1 946	2 020	2 844	2 844	2 395
Zásobování vodou; činnost s odpady	3 575	4 400	3 575	3 987	3 987	4 262	3 987	4 400	4 262	2 887	2 887	3 850	4 400	3 712
Stavebnictví	14 915	24 367	18 903	18 017	18 312	13 143	17 721	18 903	17 869	18 607	23 185	18 460	20 822	18 017
Velko-, maloobchod; opravy mot. vozidel	44 107	42 234	40 362	41 194	41 194	40 362	43 691	39 530	44 107	42 442	45 771	42 650	41 818	46 395
Doprava a skladování	10 316	33 664	19 547	20 633	17 375	19 547	11 402	10 859	20 090	20 090	17 918	21 176	20 633	19 004
Ubytování, stravování a pohostinství	12 051	9 142	12 259	8 519	14 960	8 727	8 727	8 727	8 103	7 896	8 519	8 519	8 727	8 519
Informační a komunikační činnost	13 856	6 928	10 392	8 660	8 660	5 196	6 928	5 196	5 196	6 928	8 660	6 928	6 928	5 196
Peněžnictví a pojišťovnictví	12 923	6 802	5 169	5 577	6 530	5 577	5 033	4 897	5 169	5 713	5 441	5 305	5 169	5 441
Činnost v oblasti nemovitostí	13 029	5 584	3 723	2 792	5 584	2 792	3 723	3 723	4 653	3 723	4 653	4 653	3 723	2 792
Profesní, vědecké a technické činnosti	21 788	13 920	11 499	17 551	12 104	12 104	11 802	11 499	12 104	11 802	12 407	12 710	11 802	11 802
Administrativní a podpůrné činnosti	10 979	9 606	13 495	9 606	13 952	13 266	13 952	13 724	13 495	13 266	12 122	12 351	12 580	12 809
Veř. Správa, obrana, povin. Soc. zabezpečení	12 899	17 966	17 506	17 506	17 045	17 966	17 506	17 966	17 506	17 966	17 045	17 045	17 045	15 202
Vzdělání	27 938	27 448	22 056	38 231	20 586	21 076	20 096	26 958	18 135	19 605	18 625	18 135	17 645	19 605
Zdravotnictví a sociální péče	20 038	20 038	21 065	22 606	29 799	28 772	20 038	20 551	21 065	20 551	21 579	23 120	21 579	21 579
Kulturní, zábavní a rekreační činnost	4 349	2 899	5 074	4 349	2 899	5 074	5 074	4 349	5 074	2 899	5 799	4 349	5 799	3 624
Ostatní činnost	5 137	5 137	4 495	5 137	5 137	4 495	5 137	4 495	3 853	4 495	5 137	4 495	4 495	3 853
Nezjištěno	1 162	474	344	430	387	474	344	301	301	258	301	215	215	258

13.4 Příloha č.4: Tabulka č.5.2 : Počet pracovních úrazů v jednotlivých průmyslových oborech v krajích

	Hl.m.Praha	Středočeský kraj	Jihočeský kraj	Plzeňský kraj	Karlovarský kraj	Ústecký kraj	Liberecký kraj	Královohradecký kraj	Pardubický kraj	Kraj Vysočina	Jihomoravský kraj	Olomoucký kraj	Zlínský kraj	Moravskoslezský kraj
Zemědělství, lesnictví, rybářství	736	269	150	144	59	192	97	131	126	117	321	139	143	309
Těžba a dobývání	151	55	31	29	12	39	20	27	26	24	66	28	29	63
Zpracovatelský průmysl	5 100	1 863	1 039	996	411	1 333	674	906	875	813	2 225	960	988	2 139
Výroba a rozvod elektřiny a jiné energie	35	13	7	7	3	9	5	6	6	6	15	7	7	15
Zásobování vodou; činnost s odpady	252	92	51	49	20	66	33	45	43	40	110	47	49	106
Stavebnictví	960	351	196	187	77	251	127	170	165	153	419	181	186	402
Velko-, maloobchod; opravy mot. vozidel	1 253	458	255	245	101	327	166	223	215	200	546	236	243	525
Doprava a skladování	1 113	406	227	217	90	291	147	198	191	177	485	209	216	467
Ubytování, stravování a pohostinství	233	85	48	46	19	61	31	41	40	37	102	44	45	98
Informační a komunikační činnost	41	15	8	8	3	11	5	7	7	7	18	8	8	17
Peněžnictví a pojišťovnictví	32	12	6	6	3	8	4	6	5	5	14	6	6	13
Činnost v oblasti nemovitostí	77	28	16	15	6	20	10	14	13	12	34	14	15	32
Profesní, vědecké a technické činnosti	133	48	27	26	11	35	18	24	23	21	58	25	26	56
Administrativní a podpůrné činnosti	396	145	81	77	32	103	52	70	68	63	173	74	77	166
Veř. Správa, obrana, povin. Soc. zabezpečení	370	135	75	72	30	97	49	66	64	59	161	70	72	155
Vzdělání	319	117	65	62	26	83	42	57	55	51	139	60	62	134
Zdravotnictví a sociální péče	499	182	102	97	40	130	66	89	86	80	218	94	97	209
Kulturní, zábavní a rekreační činnost	94	34	19	18	8	25	12	17	16	15	41	18	18	40
Ostatní činnost	54	20	11	10	4	14	7	10	9	9	23	10	10	23
Nezjištěno	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1