

# **Algoritmizace hodnocení připravenosti zdravotnických zařízení čelit výpadku dodávky elektrické energie**

Ing. Kateřina Víchová, Ph.D.

Teze disertační práce



**Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně**  
**Fakulta aplikované informatiky**

Teze disertační práce

**Algoritmizace hodnocení připravenosti  
zdravotnických zařízení čelit výpadku dodávky  
elektrické energie**

**Algorithmization of Healthcare Facilities Preparedness  
Assessment to Solve the Power Outage**

Autor: **Ing. Kateřina Víchová, Ph.D.**

Studijní program: Inženýrská informatika

Studijní obor: Inženýrská informatika

Školitel: doc. Ing. Martin Hromada, Ph.D.

Oponenti: doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.  
doc. Ing. David Řehák, Ph.D.  
prof. Ing. Rudolf Urban, CSc.

Zlín, prosinec 2020

© Kateřina Víchová

Vydala Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně v edici Doctoral Thesis Summary.

Publikace byla vydána v roce 2020.

Klíčová slova: informační podpora, ochrana obyvatelstva, hodnoticí nástroj, zdravotnické zařízení, krizová připravenost

Key words: Information Support, Population Protection, Assessment Tool, Healthcare Facilities, Emergency Preparedness

Plná verze disertační práce je dostupná v Knihovně UTB ve Zlíně.

ISBN 978-80-7454-977-9

## ABSTRAKT

Disertační práce se zabývá Algoritmizací hodnocení připravenosti zdravotnických zařízení čelit výpadku dodávky elektrické energie. Práce se nejprve zabývá analýzou současného stavu, který tvoří náhled do oblasti bezpečnosti státu, řešení katastrof, ohrožení kritické infrastruktury, informační podpory a jejich vazby na zdravotnická zařízení. Následuje část, která se zabývá hodnocením výskytu katastrof, analýzou rizik pro nemocnice a procesním vyjádřením hrozeb s vazbou na výpadek dodávky elektrické energie velkého rozsahu. Hlavní částí práce, což vyplývá i z hlavního cíle práce, je návrh algoritmu pro hodnocení zdravotnických zařízení čelit výpadku dodávky elektrické energie. Tento algoritmus byl následně implementován do podoby hodnoticího a analytického nástroje jako určité formy informační podpory, sloužící i pro verifikaci vytvořeného algoritmu. V závěru práce jsou specifikovány scénáře možného řešení vybraného aspektu výpadku dodávky elektrické energie pro zdravotnická zařízení.

**Klíčové slova:** informační podpora, ochrana obyvatelstva, hodnoticí nástroj, zdravotnické zařízení, krizová připravenost.

## ABSTRACT

The thesis deals with Algorithmization of Healthcare Facilities Preparedness Assessment to Solve the Power Outage. The thesis first deals with the analysis of the current state, which forms an insight into the field of state security, disaster management, threats to critical infrastructure, information support, and their links to the healthcare facilities. The following part deals with assessing the occurrence of disasters, the analysis of risks for healthcare facilities the procedural expression of threats related to the failure of a large-scale power outage. As the main part of the work, which follows from the work's primary goal, is the design of an algorithm for the assessment of healthcare facilities to solve a large-scale power outage. This algorithm was subsequently implemented in the form of evaluation and analytical tool, as a particular form of information support, which also verifies the created algorithm. At the end of the thesis are specified scenarios of possible solutions to a selected aspect of healthcare facilities' power outage.

**Keywords:** Information Support, Population Protection, Assessment Tool, Healthcare Facilities, Emergency Preparedness.

# ÚVOD

Dnešní svět je ohrožován řadou katastrof. Tyto katastrofy mohou být naturogenního či antropogenního charakteru. Poslední období a turbulentně se měnící podmínky ověřily reakceschopnost složek IZS na novou hrozbu v podobě COVID-19, která zasáhla celý svět. Z této katastrofy je důležité se ponaučit. I přesto, že se krizové štáby na různé druhy katastrof připravují, nikdo z nich v této míře nečekal její průběh. Stejně důležité je, aby se každý stát připravoval i na další hrozby. Jednou z dalších katastrof může být výpadek dodávky elektrické energie velkého rozsahu. Jsou tedy na tuto katastrofu připraveny?

Lidstvo se od nepaměti snaží usnadňovat si život. Cílem každého člověka vždy bylo zajistit si základní životní potřeby. Dle Maslowy pyramidy potřeb mezi biologické (vrozené) potřeby každého člověka patří potřeba dýchání, spánku, potravy a bezpečí. Zajištění těchto základních životních potřeb člověka se liší v závislosti na vývoji dnešního světa. Jiné bylo zajistit si teplo v době pravěku, kdy se využíval oheň. Oheň poskytoval teplo, ochranu před zvěří, možnost úpravy potravy a díky ohni se vyráběly některé nástroje. S postupem času docházelo k mnoha revolucím, díky kterým došlo k rozvoji techniky a tím jednoduššímu zajišťování životních potřeb člověka. Zlom přišel v době starověku – období klasické antiky, kdy došlo k mnoha pokrokům v dějinách lidstva. Velkým pokrokem bylo zásobování měst pitnou vodou z vodovodů. Významný technický pokrok nastal v druhé polovině 18. století, tato doba je označována za průmyslovou revoluci. Docházelo k přechodu od agrárního způsobu života na průmyslový. Zde byly zaznamenány významné technologické pokroky, které vedly k zjednodušení života a snadnějšímu uspokojování základních životních potřeb člověka. V roce 1800 došlo k objevu použitelného zdroje stálého elektrického proudu. Následně v druhé polovině 19. století se elektrická energie začala dostávat do domácností. Tím došlo k dalšímu ulehčení života obyvatel. V současné době se elektrická energie stala neodmyslitelnou součástí života, která do dnešní moderní domácnosti patří. Ba naopak dochází ke zvyšující se závislosti na zdroji elektrické energie. Ta je využívána ve všech oblastech lidského života. Lidstvo využívá elektrickou energii v dopravě, školství, zemědělství, průmyslu a dalších odvětvích, mezi něž bezesporu patří také zdravotnictví.

Zdravotnictví je v dnešní době závislé na zdrojích elektrické energie. Využívá se při operacích, na jednotce intenzivní péče, při vyšetřeních pomocí moderních přístrojů, ale také při běžném vyšetření a provozu zdravotnických zařízení (osvětlení, prádelny, kuchyně apod.). Mnoho klientů je proto závislých na dostupnosti elektrické energie ve zdravotnických zařízeních.

V dnešní době ovšem mohou nastat situace, kdy dojde k výpadku dodávky elektrické energie. Může to být způsobeno celou řadou událostí, kdy jednou z nich mohou být katastrofy, které způsobují kaskádové efekty a mají dopad

na životy a zdraví občanů. Tento dopad je významný právě pro zdravotnická zařízení.

Zdravotnická zařízení musí zajistit, aby nedošlo k přerušení zásobování kritických elektrických obvodů. Mezi kritické elektrické obvody patří zejména operační sály, jednotky intenzivní péče, anesteziologicko-resuscitační oddělení, inkubátory a další oddělení, kde život pacientů je závislý na stabilní dodávce elektrické energie. V případě výpadku dodávky elektrické energie dochází k okamžitému využití náhradních zdrojů elektrické energie. Jedním z nich mohou být agregáty, které dokáží nahradit dodávky elektrické energie. Ovšem tyto zdroje jsou závislé na zásobách pohonných hmot. Většina zdravotnických zařízení nevlastní dostatečné zásoby pohonných hmot, aby dokázaly zdravotnická zařízení zásobovat po dobu dlouhodobého výpadku dodávky elektrické energie. Postoj zdravotnických zařízení je využít nákup pohonných hmot do agregátů na nejbližších čerpacích stanicích pohonných hmot. Zde ovšem nastává významná otázka. Budou čerpací stanice provozuschopné i v případě, že dojde k lokálně rozsáhlejšímu výpadku dodávky elektrické energie? Kde získáme pohonné hmoty? Poskytne nám stát prostředky ze Státních hmotných rezerv?

Stejně jako u pandemie COVID-19 by situace výpadku dodávky elektrické energie velkého rozsahu byla nová a krizové štáby by s řešením této situace neměly zkušenosti z předešlých let. Je proto důležité, aby docházelo k neustálému zlepšování a zvyšování připravenosti infrastruktury k zajištění ochrany před touto hrozbou, což je i cílem této disertační práce.

## Obsah

ÚVOD.....	4
1. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU .....	7
2. CÍLE A OMEZENÍ DISERTAČNÍ PRÁCE .....	8
3. METODOLOGIE DISERTAČNÍ PRÁCE .....	11
4. ANALÝZA ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY .....	12
5. ALGORITMIZACE HODNOCENÍ PŘIPRAVENOSTI ZDRAVOTNICKÝCH ZAŘÍZENÍ ČELIT VÝPADKU DODÁVKY ELEKTRICKÉ ENERGIE .....	17
5.1 Informační podpora navrženého algoritmu.....	23
5.2 Ověření navrhnutého algoritmu .....	25
5.3 Navržená opatření pro zdravotnická zařízení .....	26
6. PŘÍNOS PRO VĚDU A PRAXI.....	30
ZÁVĚR.....	31
SEZNAM VYBRANÉ POUŽITÉ LITERATURY .....	32
PUBLIKAČNÍ ČINNOST AUTORA.....	33
SEZNAM OBRÁZKŮ .....	36
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	37
ŽIVOTOPIS AUTORA.....	38

# 1. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Jak již bylo uvedeno, cílem každého státu je ochrana jeho občanů a základních infrastruktur státu, kde lze uvažovat o systémech nazývaných kritická infrastruktura. Narušení systému kritické infrastruktury by mělo závažný dopad na bezpečnost státu, zabezpečení základních životních potřeb obyvatelstva, zdraví osob nebo ekonomiku státu. Česká republika definuje odvětvová kritéria pro určení odvětví, pododvětví a prvků kritické infrastruktury. Jedním z významných odvětví kritické infrastruktury je také zdravotnictví.

V České republice je platné nařízení vlády č. 432/2010 Sb. o kritériích pro určení prvků kritické infrastruktury v aktuálním znění. Toto nařízení vlády rozděluje kritéria na průřezová a odvětvová. Právě odvětvová kritéria určují tato odvětví: energetika, vodní hospodářství, potravinářství a zemědělství, zdravotnictví, doprava, komunikační a informační systémy, finanční trh a měna, nouzové služby, veřejná správa. (nařízení vlády č. 432/2010 Sb.) Z výčtu odvětvových kritérií je patrné, že pro udržení bezpečnosti státu a udržení funkčnosti státu je důležité také odvětví zdravotnictví. Zde je ovšem nutné podotknout, že se jedná o zdravotnická zařízení, jejichž celkový počet akutních lůžek je nejméně 2 500. Nicméně tuto podmínku nespĺňuje žádná nemocnice v České republice.

Za další významný prvek ve vazbě na tuto práci je energetika. *V současné době energetický segment a jim poskytované služby patří mezi základní pilíře pro bezpečné a spolehlivé fungování veškeré infrastruktury a zároveň zajištění nezbytných potřeb obyvatelstva.* (Hromada, 2019) Řehák uvádí, že sektor elektrické energie je jedinečným sektorem kritické infrastruktury, kdy jeho narušení nebo selhání jeho funkcí by mělo za následek rozsáhlé účinky, a to nejen na samotnou společnost, ale také na všechna závislá odvětví kritické infrastruktury. (Řehák, 2020) Tuto citaci potvrzuje také Liévanos v publikaci *Nerovnoměrná odolnost: Doba výpadku elektřiny.* (Lievanos, 2017) Dle referencí autorů je patrné, že elektrické soustavy představují významnou infrastrukturu, kdy její výpadek je významnou hrozbou pro společnost.



## 2. CÍLE A OMEZENÍ DISERTAČNÍ PRÁCE

Téma a cíl disertační práce jsou zaměřeny na informační podporu ochrany obyvatelstva. Z analýzy současného stavu, konzultací s odborníky a dostupných odborných materiálů včetně legislativy autorka dospěla k vyspecifikování tématu disertační práce a může konstatovat, že připravenost zdravotnických zařízení čelit dlouhodobému výpadku dodávky elektrické energie je relativně na nízké úrovni. Zdravotnická zařízení představují objekty, kde jsou tisíce lidí v České republice závislých na zdroji elektrické energie. Současně absentuje jakýkoliv hodnoticí systém připravenosti zdravotnických zařízení čelit dlouhodobému výpadku dodávky elektrické energie. Dále není také stanoven jednotný postup, jak v případě nedostatečného množství pohonných hmot do agregátů zajistit jejich dodávku.

Hlavním cílem disertační práce je **návrh hodnoticího systému připravenosti zdravotnických zařízení čelit dlouhodobému výpadku dodávky elektrické energie**. Mezi dílčí cíle disertační práce patří:

- Analýza rizik a procesní vyjádření hrozeb a jejich následků pro nemocnice z hlediska výpadku dodávky elektrické energie.
- Definování algoritmu pro hodnocení krizové připravenosti zdravotnických zařízení z hlediska výpadku dodávky elektrické energie.
- Informační podpora navrhovaného algoritmu.
- Verifikace navrženého algoritmu.
- Vytvoření postupu (algoritmu), jak postupovat v případě nedostatečného množství pohonných hmot do agregátů.

Na základě naplnění dílčích cílů je možné splnit hlavní cíl disertační práce.

### Omezení disertační práce

Disertační práce s názvem Informační podpora ochrany obyvatelstva na úrovni obce se na základě provedené analýzy současného stavu vydefinovala k hodnocení zdravotnických zařízení z hlediska jejich připravenosti čelit výpadku dodávky elektrické energie. Následně došlo tedy ke stanovení tématu práce Algoritmizace hodnocení připravenosti zdravotnických zařízení čelit dlouhodobého výpadku dodávky elektrické energie. Navržený hodnoticí systém se zabývá zdravotnickými zařízeními, nikoliv pouze nemocnicemi. Tato práce rozvíjí Metodiku kategorizace a prioritizace objektů nezbytných při obnově dodávek elektrické energie po blackoutu. Z toho vyplývají určitá omezení této práce na objekty zdravotnických zařízení určených v této metodice.

V průběhu studia autorka tvořila profilaci této práce, kdy nejprve byla provedena analýza rizik, která byla ovšem provedena pouze na nemocnice, nikoliv na všechna zdravotnická zařízení. Tato skutečnost do jisté míry reflektuje a formuluje i omezení práce, které je specifikované v rámci kapitoly 4. 2 práce.

Mezi další omezení disertační práce patří stanovení scénáře, na základě kterého je hodnoticí systém navržen. Dále je nutné podotknout, že daný hodnoticí systém slouží pouze jako statický hodnoticí systém, nikoliv dynamický.

### **Typový scénář situace, který vychází ze zmiňované metodiky:**

Výchozím vstupním parametrem pro zajištění elektroenergetické odolnosti na straně zásobování společnosti elektrickou energií je stanovení typové situace ve formě scénáře dlouhodobého výpadku dodávek elektrické energie.

Pro potřeby metodiky a této disertační práce byla zvolena porucha typu blackout s dopadem na území celého vyššího územně samosprávného celku (tj. území kraje a hl. m. Prahy), a to s minimální délkou trvání přesahující hranici 8 h. Toto časové kritérium bylo zvoleno jako počáteční hranice, kdy se v obecném pojetí předpokládá ukončení činnosti záložních zdrojů elektrické energie na vlastní zásoby.

Předmětem scénáře je tedy rozsáhlá porucha elektrizační soustavy České republiky, kde na stanoveném území dochází k naprostému bezproudí. K této události dochází například v důsledku nemožnosti zajistit vyrovnanou bilanci mezi výrobou a spotřebou elektrické energie v soustavě nebo nezvládnutí přetoků elektrické energie na úrovni přenosových soustav. Následně dochází

k rozpadu přenosové soustavy na několik nesynchronně pracujících ostrovů, které se mohou, ale nemusí udržet v provozu. Vzniklá porucha není doprovázena významnými poškozeními síťových prvků (nebyl-li jednou z příčin poruchy zásah vyšší moci, případně teroristický útok).

Následuje obnova elektrizační soustavy České republiky dle standardních postupů energetických společností s předdefinovanými prioritami zátěží (tj. vlastní spotřeba jaderných elektráren, vlastní spotřeba systémových elektráren,

hl. m. Praha, velké aglomerace a poté zbytek soustavy). Při uvedeném typu poruchy bude vyhlášen stav nouze v elektroenergetice dle energetického zákona.

Předpokládaný kvalifikovaný odhad doby obnovy podání napětí ze strany provozovatele přenosové soustavy je 6–12 h. (Poznámka: Při delší poruše neboli době bezproudí bude odhadovaný čas obnovy narůstat nelineárně.)

Při zapínání spotřeby musí být respektován stav zdrojové základny. Dispečer provozovatele přenosové soustavy bude dispečera provozovatele distribuční soustavy informovat o velikosti možného zapínaného výkonu v závislosti na čase.

Scénář uvažovaný v této metodice předpokládá, že dodávka elektrické energie z přenosové soustavy nebude do 8 hodin zajištěna. V důsledku této skutečnosti může nastat situace, kdy se i na rozvodnách 110/22 kV vybijí baterie (baterie

se vybijí po 20–24 hod. od výpadku vnějšího napájení). To má za následek skutečnost, že po dodání napětí do rozvodny je třeba vyčkat, než naběhne její řídicí systém, restartují se ochrany apod. Pro jednu rozvodnu lze předpokládat tuto dobu na cca 15 min. Po uvedení rozvodny do provozu lze přistoupit

k obnově dodávky elektřiny koncovým odběratelům zapínáním vývodů 22 kV. Celková doba obnovy se odhaduje až na 20 h od podání napětí z přenosové soustavy. Tento odhad vychází z konzervativního předpokladu, že ne všechno se podaří přesně podle stanoveného plánu a v průběhu realizace dojde k drobným nepředvídatelným odchylkám. Celkový čas pro dokončení procesu obnovy dodávky elektrické energie se tedy odhaduje na minimálně 32 h od vzniku poruchy. (Hromada, 2019)

### 3. METODOLOGIE DISERTAČNÍ PRÁCE

V rámci zpracování disertační práce byla použita řada vědeckých metod. Jedná se o tyto metody:

**Metoda analýzy** – analýzou je rozuměno rozdělení celku na jeho jednotlivé komponenty (části, aspekty, roviny) a zkoumání, jak tyto komponenty fungují jako relativně samostatné prvky a jaké jsou mezi nimi vazby. Metoda analýzy je realizována za účelem získávání nových poznatků, nebo za účelem výkladu poznatků. Tato metoda bude aplikována při získávání poznatků o krizové připravenosti zdravotnických zařízení.

**Metoda komparace** – tato metoda se používá při porovnávání, kde se posuzují shodné nebo rozdílné stránky zkoumaných objektů nebo jevů a na základě zjištěných výsledků se provádějí korekce. Tato metoda bude použita při srovnávání krizové připravenosti zdravotnických zařízení.

**Metoda indukce** – tato metoda je založená na vyvozování všeobecných závěrů na základě získaných poznatků o jednotlivých prvcích skupiny.

V disertační práci bude tato metoda použita při vytváření závěrů na základě studia krizové připravenosti zdravotnických zařízení a požadavků na zajištění zásobování zdravotnických zařízení pohonnými hmotami.

**Metoda dedukce** – tato metoda je opakem metody indukce. Při této metodě se od všeobecných závěrů přechází na ověření závěrů na jednotlivých prvcích. Dochází k testování, zda je vyslovená hypotéza schopná vysvětlit zkoumaný fakt. Této metody bude využito mimo jiné na ověření závěrů a správnosti navrženého algoritmu.

**Metoda experimentu** – tato metoda je zaměřená na testování a ověření vytvořených hypotéz za stanovených podmínek. Cílem je potvrdit, nebo vyvrátit platnost stanovených hypotéz. Metoda experimentu je jedna z nejdůležitějších metod nutných pro naplnění cílů disertační práce. V disertační práci bude tato metoda využita ve fázi ověření funkčnosti a správnosti navrhovaného algoritmu hodnocení krizové připravenosti zdravotnických zařízení.

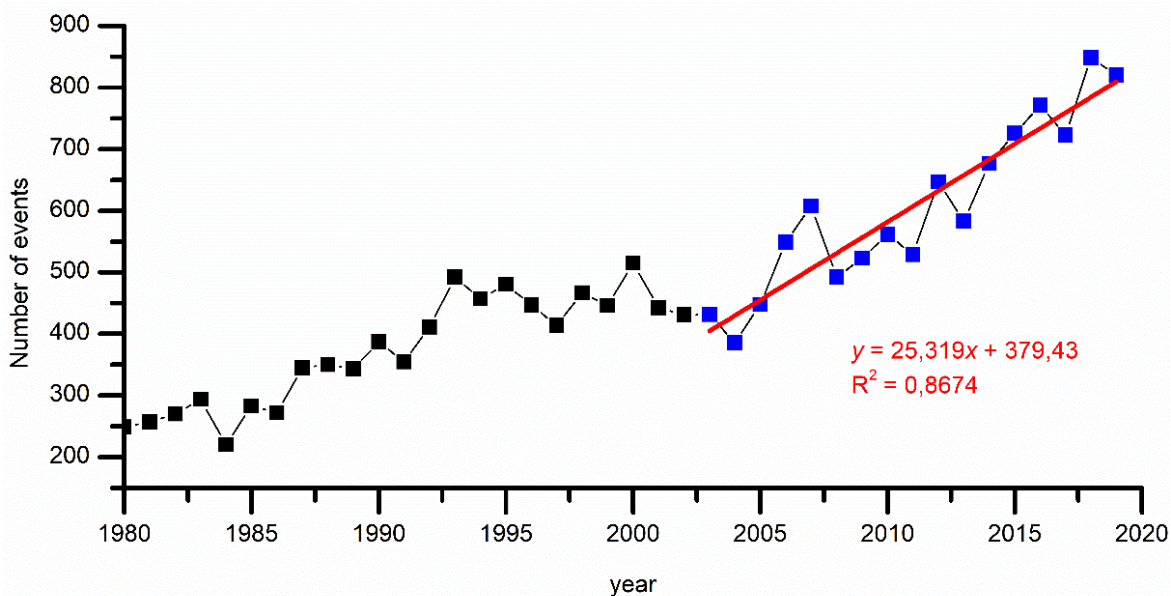
**Metoda matematické statistiky** – jedná se o statistické analýzy dat, kdy cílem je určení náhodné a nenáhodné složky ve statistických modelech, odhad neznámých parametrů, testování modelů, statistické predikce atd. Tato metoda bude v práci využita při ověření vědecké otázky zaměřené na rostoucí tendenci katastrof a při analýze rizik pro zdravotnická zařízení. Bližší popis metod je vysvětlen u řešené problematiky.

**Metoda FTA – procesní** vyjádření hrozeb vycházelo z metody FTA – Analýzy stromu poruchových stavů. Jedná se o analytickou techniku, která se používá pro vyhodnocení pravděpodobnosti selhání, respektive spolehlivosti složitých systémů. Díky této metodě bylo možné lépe znázornit možné dopady jednotlivých katastrof.

## 4. ANALÝZA ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Uvedená kapitola popisuje dílčí výsledky disertační práce, které byly stanoveny jako dílčí cíle této práce. Následující podkapitoly jsou zaměřeny na problémy, kterými se bylo nutné zabývat před splněním hlavního cíle disertační práce. Jedním z problémů, které je nutné v oblasti krizového řízení vyřešit, je analýza rizik. Při této analýze došlo k hodnocení schopnosti nemocnic čelit výpadkům různého druhu. Následně druhou částí analýzy bylo hodnocení rizik s dopadem na dlouhodobý výpadek dodávky elektrické energie ve zdravotnických zařízeních. Při řešení problematiky katastrof, které mohou mít dopad na zdravotnická zařízení, vyvstala vědecká otázka, zda je pozorována rostoucí tendence počtu katastrof na světě. Touto problematikou se zabývá první podkapitola. Následuje samotná analýza rizik a třetí část je zaměřena na procesní vyjádření hrozeb.

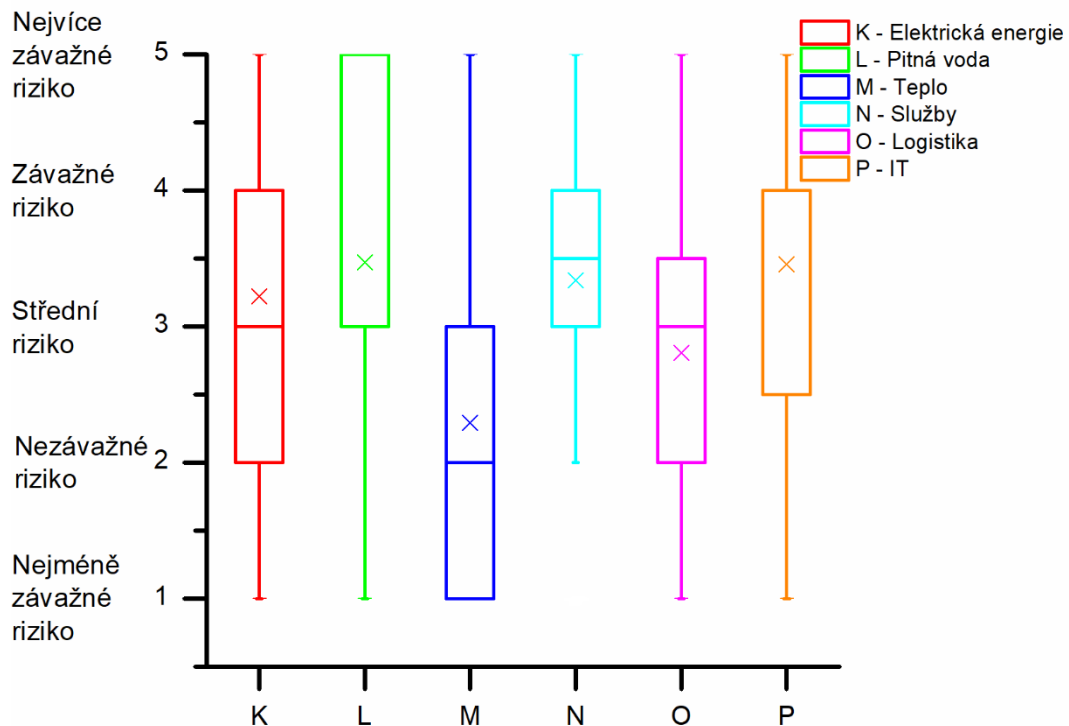
Vzhledem k faktu, že se setkáváme stále častěji s výskytem katastrof nejen v České republice, ale také ve světě, vyvstala vědecká otázka: **Je pozorována rostoucí tendence počtu katastrof na světě?** Na základě provedené statistické analýzy byla tato vědecká otázka potvrzena, čemuž nasvědčuje i následující obrázek 7.



Obr. 1: Výskyt přírodních katastrof za období 1980–2019 (zdroj: autor)

Následně byla provedena analýza rizik. Tato analýza byla zaměřena na rizika v nemocnicích s hlavním zaměřením na dlouhodobý výpadek dodávky elektrické energie.

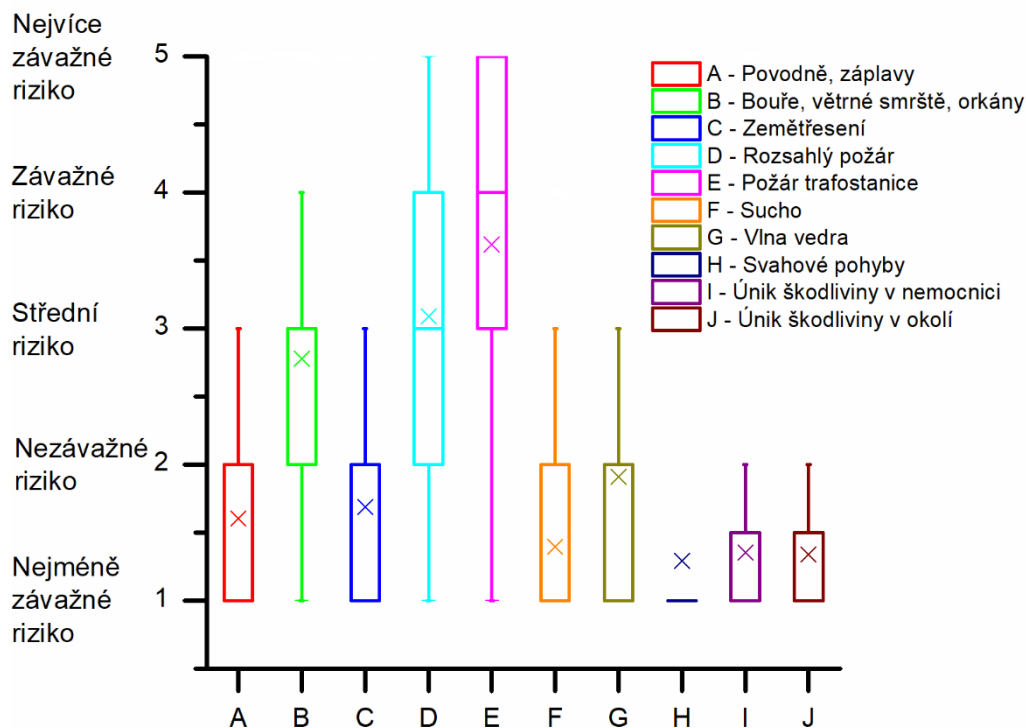
Následující graf prezentuje strukturu odpovědí respondentů u vybraných šesti výpadků pro nemocnice. Tyto výsledky obsahují hodnoty za všechny hodnocení nemocnic v rámci v ČR.



Obr. 2: Struktura odpovědí respondentů dle kategorií výpadku ve formě boxplotů (zdroj: autor)

Na základě provedených analýz bylo provedeno rozdělení rizik do třech kategorií dle kumulovaného součtu hodnot. Kdy kategorie I jsou nejvíce závažná rizika, kategorie II jsou střední rizika a kategorie III uvádí nejméně závažná rizika. Na základě analýzy jsme dospěli k závěru, že do kategorie I, tedy mezi nejvíce závažné riziko pro nemocnice, patří výpadek dodávky pitné vody, výpadek v oblasti služeb a výpadek v oblasti IT.

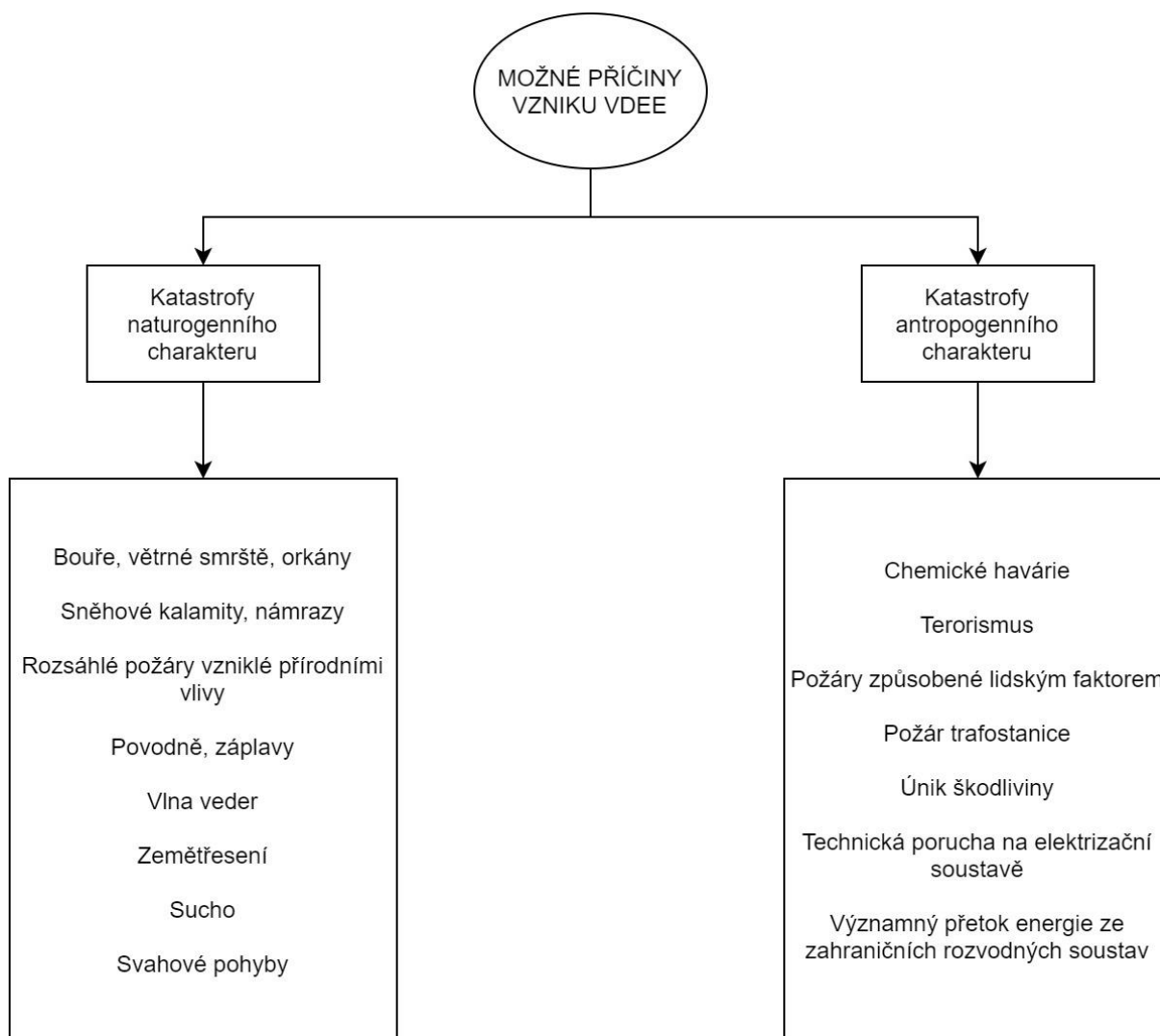
Následující graf prezentuje statistiku u vybraných deseti výpadků pro nemocnice. Tyto výsledky obsahují výsledky za všechny kraje v ČR.



Obr. 3: Struktura odpovědí respondentů dle kategorií rizik ve formě boxplotů (zdroj: autor)

Příkladem kaskádového efektu může být porušení prvku energetiky a jeho kaskádového efektu na zdravotnictví. Katastrofy ať již naturogenního nebo antropogenního charakteru mohou mít vliv na jednotlivé sektory. V případě, že dojde ke katastrofě, může to mít vliv na více sektorů kritické infrastruktury. Dle příkladu níže můžeme vidět, že katastrofa naturogenního charakteru (bouře) může mít vliv na oblast energetiky, která následně způsobuje kaskádové efekty a ovlivňuje další prvky kritické infrastruktury – zdravotnictví. V případě této katastrofy a jednotlivých kaskádových efektů dochází k dopadu na bezpečnost státu, ekonomiku státu, ale převážně na základní lidské potřeby. Provázanost jednotlivých prvků kritické infrastruktury je v rámci regionálních, národních a nadnárodních prvků.

Na základě provedené analýzy byly vyhodnoceny možné příčiny vzniku výpadku dodávky elektrické energie.

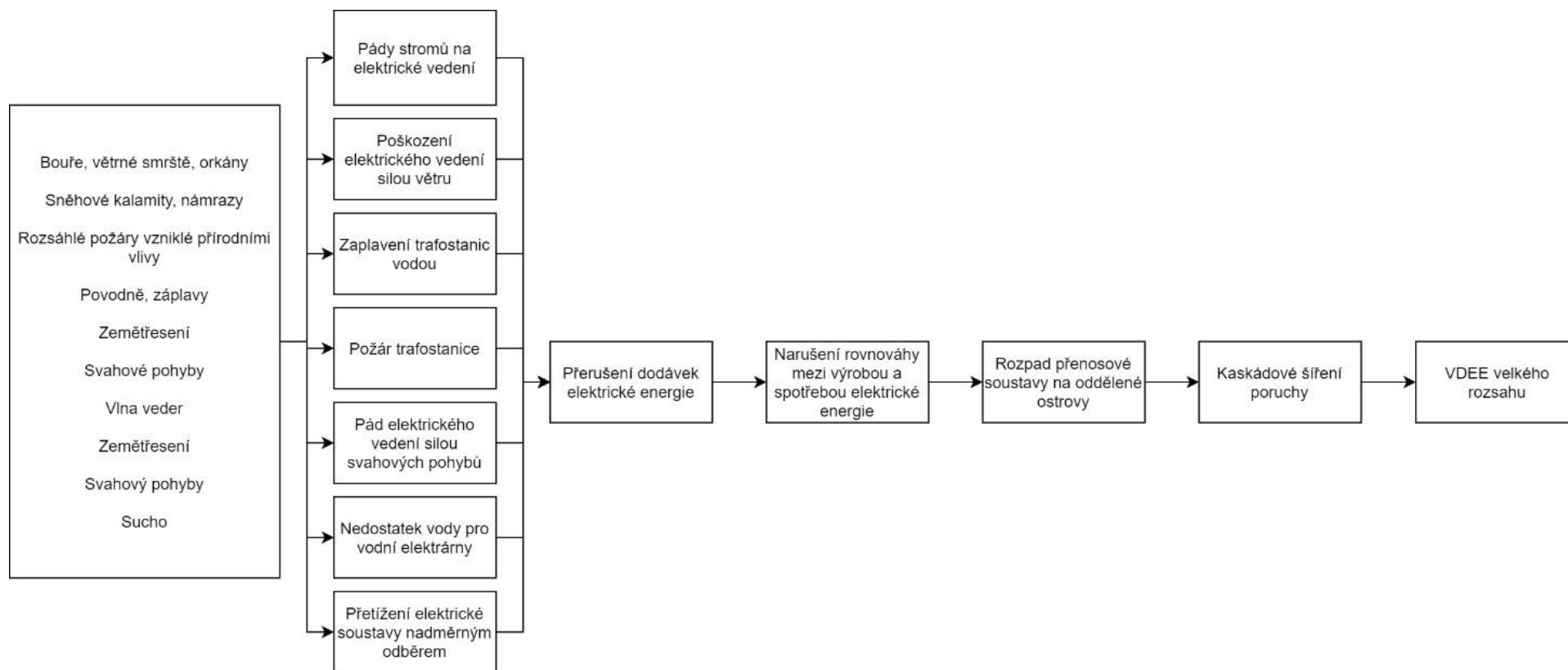


*Obr. 4: Možné příčiny vzniku výpadku dodávky elektrické energie (zdroj: autor)*

Příčinou výpadku dodávky elektrické energie můžou být katastrofy naturogenního a antropogenního charakteru. Jak je z obrázku 17 patrné, mezi katastrofy naturogenního charakteru můžeme zařadit bouře, větrné smršťe, orkány, sněhové kalamity a námrazy, rozsáhlé požáry vzniklé přírodními vlivy, povodně a záplavy, vlnu veder, zemětřesení, sucho a svahové pohyby. Naopak mezi katastrofy antropogenního charakteru můžeme zařadit chemické havárie, terorismus, požáry způsobené lidským faktorem, požár trafostanice a úniky škodliviny.



Na základě vyhodnocených rizik došlo k následnému procesnímu vyjádření hrozeb naturogenního charakteru. Z obrázku 18 je patrné, jaké kaskádové efekty mohou jednotlivé hrozby mít, a jejich následný dopad na sektor energetiky.

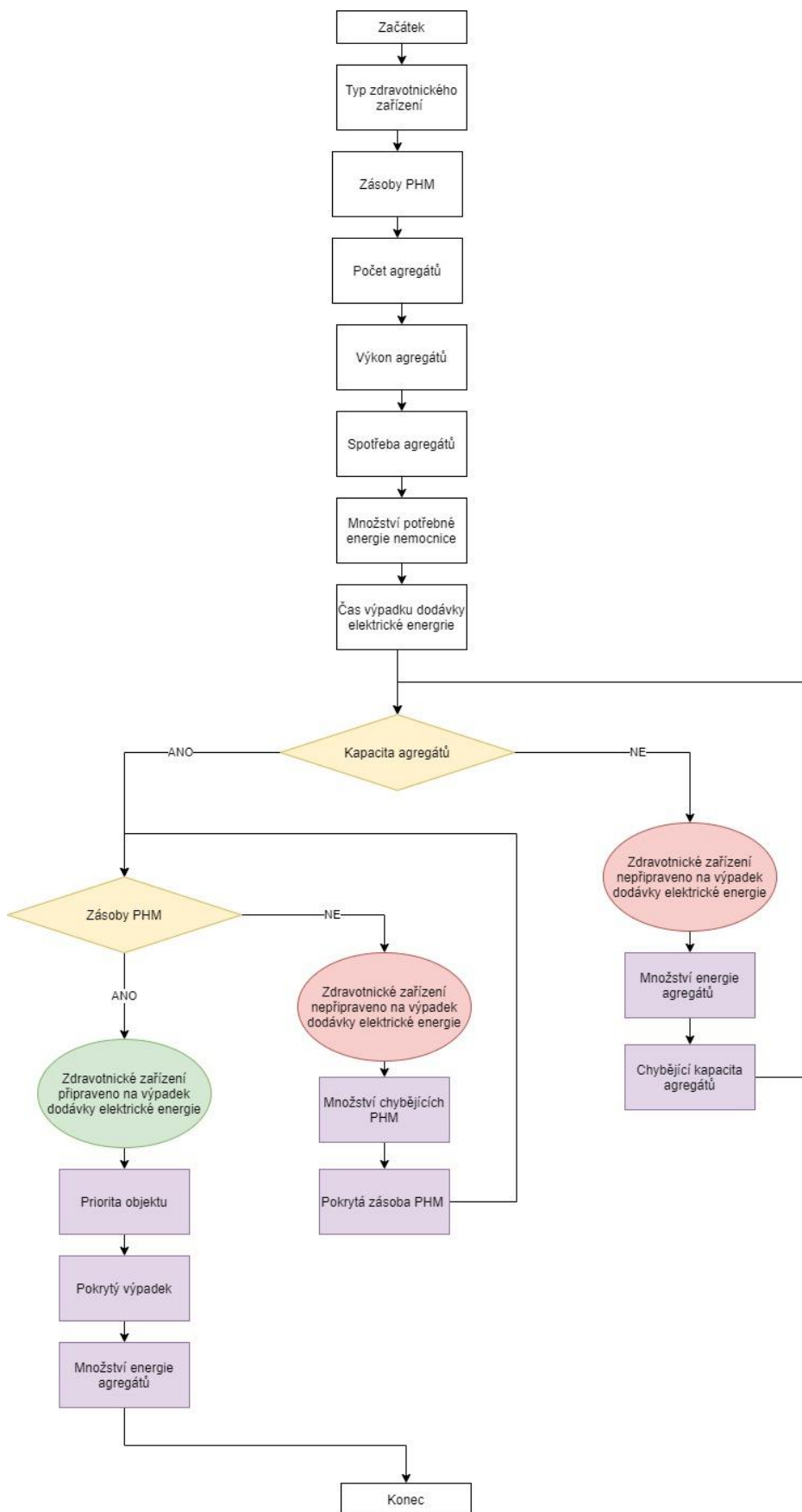


Obr. 5: Možné příčiny vzniku dlouhodobého výpadku dodávky elektrické energie (zdroj: autor)

## **5. ALGORITMIZACE HODNOCENÍ PŘIPRAVENOSTI ZDRAVOTNICKÝCH ZAŘÍZENÍ ČELIT VÝPADKU DODÁVKY ELEKTRICKÉ ENERGIE**

Hlavním cílem disertační práce je návrh algoritmu pro hodnocení zdravotnických zařízení z hlediska připravenosti na dlouhodobý výpadek dodávky elektrické energie. Účelem tohoto hodnoticího systému je vyhodnotit připravenost zdravotnických zařízení na dlouhodobý výpadek dodávky elektrické energie v kontextu rozšíření Metodiky kategorizace a prioritizace objektů nezbytných při obnově dodávek elektrické energie po blackoutu.

V současné době neexistuje hodnoticí systém, který by určil a zhodnotil připravenost zdravotnického zařízení na dlouhodobý výpadek dodávky elektrické energie. Na základě hodnoticího systému dojde k vyhodnocení připravenosti / nepřipravenosti zdravotnického zařízení. V případě, že zdravotnické zařízení není připraveno na dlouhodobý výpadek dodávky elektrické energie, jsou stanoveny scénáře řešení této situace s využitím vybrané formy vývojových diagramů.



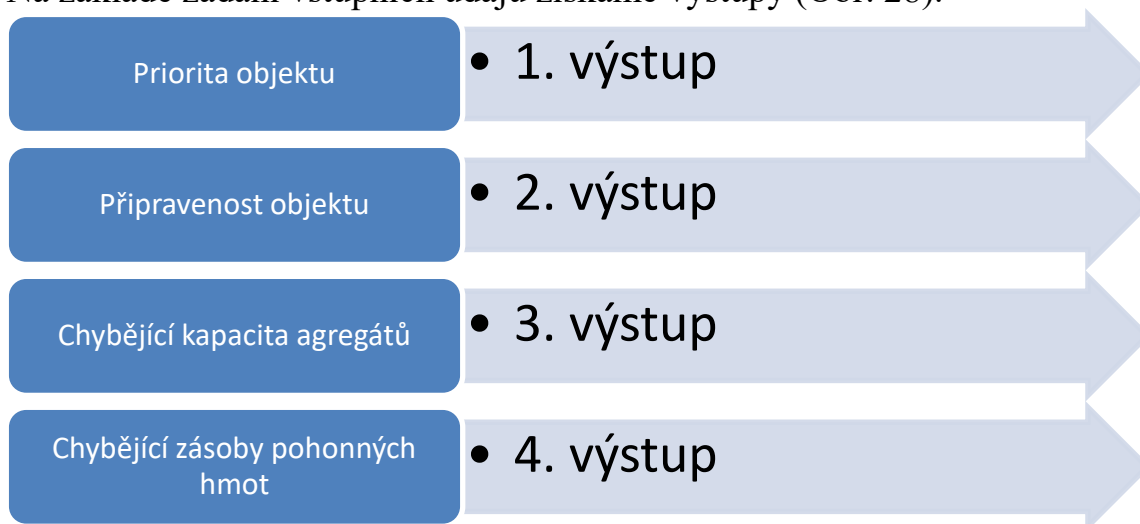
Obr. 6: Návrh algoritmu pro hodnocení zdravotnických zařízení z hlediska připravenosti čelit výpadku dodávky elektrické energie (zdroj: autor)

Hlavním cílem této práce je návrh algoritmu pro hodnocení zdravotnických zařízení z hlediska připravenosti čelit dlouhodobému výpadku dodávky elektrické energie (Obr. 20). Pro hodnocení zdravotnických zařízení jsou brány v potaz tyto vstupy (Obr. 21).



*Obr. 7: Určení vstupů pro algoritmus (zdroj: autor)*

Na základě zadání vstupních údajů získáme výstupy (Obr. 28).



*Obr. 8: Výstupy algoritmu (zdroj: autor)*

Veškeré jednotky, které jsou v tomto hodnocení použity, nejsou uváděny v základních jednotkách, nýbrž v jednotkách, které jsou reálné k danému hodnocení. (Není tedy uváděn čas v sekundách, ale v hodinách.)

## 1. výstup – Priorita objektu

Na základě zvoleného typu zdravotnického zařízení bude objektu přidělena priorita dle Metodiky kategorizace a prioritizace objektů nezbytných při obnově dodávek elektrické energie po blackoutu.

## 2. výstup – Připravenost objektu

Výpočet připravenosti objektu zdravotnického zařízení čelit výpadku dodávky elektrické energie velkého rozsahu lze určit na základě následujícího vztahu:

$$P_r = \sum_{i=1}^n D_i = R_{\check{c}} - P_{\check{c}} \quad (1)$$

Kde:

$P_r$ ... připravenost zdravotnického zařízení

$R_{\check{c}}$ ... reálný čas náhradní dodávky elektrické energie... [h]

$P_{\check{c}}$ ... potřebný čas náhradní dodávky elektrické energie... [h]

$D_i$ ... i-tý determinant  $P_r$

Zdravotnické zařízení je připraveno na výpadek v případě, že:

$$P_r \geq 0 \quad (2)$$

Kde:

$P_r$ ... připravenost zdravotnického zařízení

Zdravotnické zařízení není připraveno na výpadek v případě, že:

$$P_r < 0 \quad (3)$$

Kde:

$P_r$ ... připravenost zdravotnického zařízení

Celkový výpočet připravenosti objektu zdravotnického zařízení je založen na čase, který je zdravotnické zařízení schopno pokrýt v případě výpadku dodávky elektrické energie. Pro tento výpočet je nutné vypočítat kapacity agregátů (tedy celkový jmenovitý příkon) a zásoby pohonných hmot.

(4)

$$R_{\check{c}} = \sum_{i=1}^n D_i = \sum_{i=1}^n \frac{K_{An}}{Z_{PH}}$$

Kde:

$R_{\check{c}}$ ... reálný čas náhradní dodávky elektrické energie... [h]

$D_i$ ... i-tý determinant  $R_{\check{c}}$

$K_A$ ... kapacita agregátů [kW]

$Z_{PH}$ ... zásoby pohonných hmot...[l]

$Z_{PH}$  – je vyjádřený součtem kapacit všech nádrží s PHM a celkovým počtem agregátů

(5)

$$Z_{PH} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_{PHi}$$

$n$  – počet agregátů

Kde:

$Z_{PH}$ ... zásoby pohonných hmot

(6)

$$R_{\check{c}} = \sum_{i=1}^n D_i = \sum_{i=1}^n \frac{K_{An}}{Z_{PH}}$$

Kde:

$R_{\check{c}}$ ... reálný čas náhradní dodávky elektrické energie... [h]

$D_i$ ... i-tý determinant  $R_{\check{c}}$

$K_A$ ... kapacita agregátů...[kW]

$Z_{PH}$ ... zásoby pohonných hmot

(7)

$$R_{\check{c}} = \frac{K_{A1}}{Z_{PH}} + \frac{K_{A2}}{Z_{PH}} + \dots + \frac{K_{An}}{Z_{PH}}$$

Kde:

$R_{\check{c}}$ ... reálný čas...[h]

$K_A$ ... kapacita agregátů...[kW]

$Z_{PH}$ ... zásoby pohonných hmot

### 3. výstup – Chybějící kapacita agregátů

Jak již bylo zmíněno u výstupu 1, pro určení připravenosti zdravotnických zařízení je nutné zjistit, zda je kapacita agregátů dostačující. V případě, že není kapacita agregátů dostačující, je nutné určit chybějící kapacity. Chybějící kapacitu agregátů lze určit na základě následujícího vztahu:

$$CH_{KA} = \sum_{i=1}^n CH_{Ki} = R_K - P_K \quad (8)$$

Kde:

$CH_{KA}$ ... chybějící kapacita agregátů...[kW]

$R_K$ ... reálná kapacita agregátů...[kW]

$P_K$ ... požadovaná kapacita agregátů...[kW]

$CH_{Ki}$ ... i-tý determinant  $CH_{KA}$

(9)

$$R_K = \sum_{i=1}^n R_{Kn}$$

$P_K = \text{konstanta}$

Kde:

$R_K$ ... reálná kapacita agregátů...[kW]

$P_K$ ... požadovaná kapacita agregátů...[kW]

### 4. výstup – Chybějící zásoby pohonných hmot

V případě, že zdravotnické zařízení má dostatečné kapacity agregátů, je nutné zjistit, zda má také dostatečné zásoby pohonných hmot. V případě, že zásoby pohonných hmot nejsou dostatečné, je nutné určit chybějící zásoby. Chybějící zásoby pohonných hmot lze určit na základě následujícího vzorce:

(10)

$$CH_{ZPH} = \sum_{i=1}^n CH_{ZPHi} = R_Z - P_Z$$

Kde:

CH<sub>ZPH</sub>... chybějící zásoby pohonných hmot...[1]R<sub>Z</sub>... reálné zásoby pohonných hmot...[1]P<sub>Z</sub>... požadované zásoby pohonných hmot...[1]CH<sub>ZPHi</sub>... i-tý determinant CH<sub>ZPH</sub>

(11)

$$R_Z = \sum_{i=1}^n R_{Zn}$$

*P<sub>Z</sub> = konstanta*

Kde:

R<sub>Z</sub>... reálné zásoby pohonných hmot...[1]P<sub>Z</sub>... požadované zásoby pohonných hmot...[1]

Veškeré jednotky, které jsou v tomto hodnocení použity, nejsou uváděny v základních jednotkách, nýbrž v jednotkách, které jsou reálné k danému hodnocení. (Není tedy uváděn čas v sekundách, ale v hodinách.)

## 5.1 Informační podpora navrženého algoritmu

Na základě navrženého algoritmu byla realizována informační podpora hodnoticího nástroje s využitím webového rozhraní (Obr. 29). Toto webové rozhraní funguje také na bázi off-line – tedy pokud bude mít krizový manažer či technik

ve zdravotnickém zařízení načten tento hodnoticí nástroj, může hodnotit bez nutnosti připojení se k internetu a také i s využitím mobilního telefonu. Díky těmto údajům získá krizový manažer okamžitou představu o současném stavu připravenosti zdravotnického zařízení na dlouhodobý výpadek dodávek elektrické energie. V případě, že by došlo k upravení hodnot výpadku či zdravotnické zařízení by získalo zásoby pohonných hmot, může dojít k ověření současné situace.



## Hodnocení připravenosti zdravotnických zařízení na výpadek elektrické energie

Typ zdravotnického zařízení:

Délka výpadku elektrické energie [hodin]:

Zásoba pohonných hmot [litry]:

Množství potřebné energie [kWh]:

Počet dostupných agregátů [ks]:

Č. agregátu	Výkon [kW]	Spotřeba [l/h]
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Obr. 9: Informační podpora algoritmizace hodnocení připravenosti (zdroj: autor)

Jak již vyplynulo z navrženého algoritmu, výstupem hodnoticího nástroje je určení priority objektu, ověření kapacity agregátů, nutných zásob pohonných hmot a v závěru, zda je zdravotnické zařízení připraveno na výpadek, či nikoliv.

### Hodnocení připravenosti zdravotnických zařízení na výpadek elektrické energie

Typ zdravotnického zařízení:

Délka výpadku elektrické energie [hodin]:

Zásoba pohonných hmot [litry]:

Množství potřebné energie [kWh]:

Počet dostupných agregátů [ks]:

Č. agregátu	Výkon [kW]	Spotřeba [l/h]
1	360	96
2	360	96

---

#### Hodnocení připravenosti

**Priorita objektu**

1 | Oblastní nemocnice

**Kapacita agregátů**

Kapacita agregátů je dostatečná  
Množství energie agregátů je 48750.00 kWh

**Nutná zásoba pohonných hmot**

Zásoba pohonných hmot je dostatečná  
Současná zásoba PHM dostatečné na 67.71 hodin.

**Připravenost objektu**

Zdravotnické zařízení je připraveno na výpadek.

Obr. 10: Zdravotnické zařízení je připraveno na výpadek dodávky elektrické energie (zdroj: autor)

Obrázek 30 znázorňuje výstup hodnocení připravenosti vybraného zdravotnického zařízení. Jak již z hodnocení vyplývá, jedná se o oblastní nemocnici, kdy automaticky došlo k přiřazení priority 1 objektu zdravotnického zařízení. Dále došlo k zhodnocení kapacit agregátů, které jsou dostačující. Současně tento výstup udává množství energie agregátů, které v tomto případě činí 48 750 kWh. Následujícím výstupem je zhodnocení nutných zásob pohonných hmot. Jak již z obrázku vyplývá, zdravotnické zařízení má dostačující zásoby pohonných hmot a potřebnou kapacitu agregátů k tomu, aby pokryly výpadek dodávky elektrické energie v čase určeném pro obnovu dodávek.

Současně je určeno, na kolik hodin současné zásoby pohonných hmot vystačí, a krizový manažer či technik má informaci, jak dlouho dokáže výpadek dodávky elektrické energie pokrýt. V tomto případě se jedná o 67 hodin. Nakonec dojde ke zhodnocení, že zdravotnické zařízení je připraveno na výpadek dodávky elektrické energie na základě zadaných parametrů.

**Hodnocení připravenosti zdravotnických zařízení na výpadek elektrické energie**

Typ zdravotnického zařízení: Specializovaná centra pos...  
 Délka výpadku elektrické energie [hodin] 6  
 Zásoba pohonných hmot [litry] 4000  
 Množství potřebné energie [kWh] 1600  
 Počet dostupných agregátů [ks] 1

Č. agregátu	Výkon [kW]	Spotřeba [l/h]
1	1320	398

---

**Hodnocení připravenosti**

**Priorita objektu**

2 | Specializovaná centra poskytující zdravotnické služby

**Kapacita agregátů**

Kapacita agregátů je nedostatečná, schází 280,00 kW  
 Množství energie agregátů je 13266,33 kWh

**Nutná zásoba pohonných hmot**

Zásoba pohonných hmot je nedostatečná, schází 11920,00 l  
 Současná zásoba PHM dostáváje na 10,00 hodin.

**Připravenost objektu**

Zdravotnické zařízení není připraveno na výpadek.

*Obr. 11: Zdravotnické zařízení není připraveno na výpadek dodávky elektrické energie (zdroj: autor)*

Obrázek 32 znázorňuje možný výstup hodnocení vybraného zdravotnického zařízení. Jak již z hodnocení vyplývá, jedná se o specializované centrum poskytující zdravotnické služby, kdy automaticky došlo k přiřazení priority 2 objektu zdravotnického zařízení. Dále došlo k zhodnocení kapacity agregátů, která v tomto případě není dostačující. Dle hodnocení můžeme zjistit, že schází 280 kW nového agregátu. Současně tento výstup udává množství energie agregátů, které činí 13 266 kWh. Následujícím výstupem je zhodnocení nutných zásob pohonných hmot. Jak již z obrázku vyplývá, zdravotnické zařízení nemá dostačující zásoby pohonných hmot k tomu, aby pokryly výpadek dodávky elektrické energie v čase určeném pro obnovu dodávek. Současně je určeno, na kolik hodin současné zásoby vystačí, a krizový manažer či technik má informaci, do kdy musí sehnat nové zásoby pohonných hmot. V tomto případě se jedná o 10 hodin. Nakonec dojde ke zhodnocení, že zdravotnické zařízení není připraveno na výpadek dodávky elektrické energie na základě zadaných parametrů.

## 5.2 Ověření navrhnutého algoritmu

Celkově bylo hodnocených 20 zdravotnických zařízení, kdy výsledky hodnocení byly dále rozděleny dle jednotlivých typů zdravotnických zařízení a dle priority objektu zdravotnického zařízení. Jak již bylo zmíněno výše

a graficky podpořeno pomocí grafů a tabulky, 17 zdravotnických zařízení z 20 hodnocených není připraveno na výpadek dodávky elektrické energie. Jedná se o 85 % zdravotnických zařízení, což je považováno za vysoké číslo.

Podle vyhodnocení kapacity agregátů u kritických obvodů byla všechna zdravotnická zařízení připravena. Správné projektování agregátů do zdravotnických zařízení hraje významnou roli pro možnost pokrytí kritických obvodů těchto objektů a jejich následnou připravenost pro případ výpadku dodávky elektrické energie.

Dále bylo hodnocení zaměřeno na připravenost z hlediska zásob pohonných hmot do agregátů. Na základě stanoveného scénáře se požaduje, aby bylo zdravotnické zařízení schopno pokrýt výpadek dodávky elektrické energie včetně času na obnovu po dobu 40 hodin. Tomuto kritériu na základě hodnocení 20 zdravotnických zařízení odpovídají pouze 3. Jedná se o městské a oblastní nemocnice, které spadají do priority 1. Zbývajících 17 zdravotnických zařízení nemá dostatečné zásoby pohonných hmot. Chybějící množství pohonných hmot je rozdílné, a to od 12 tisíc litrů po 40 litrů.

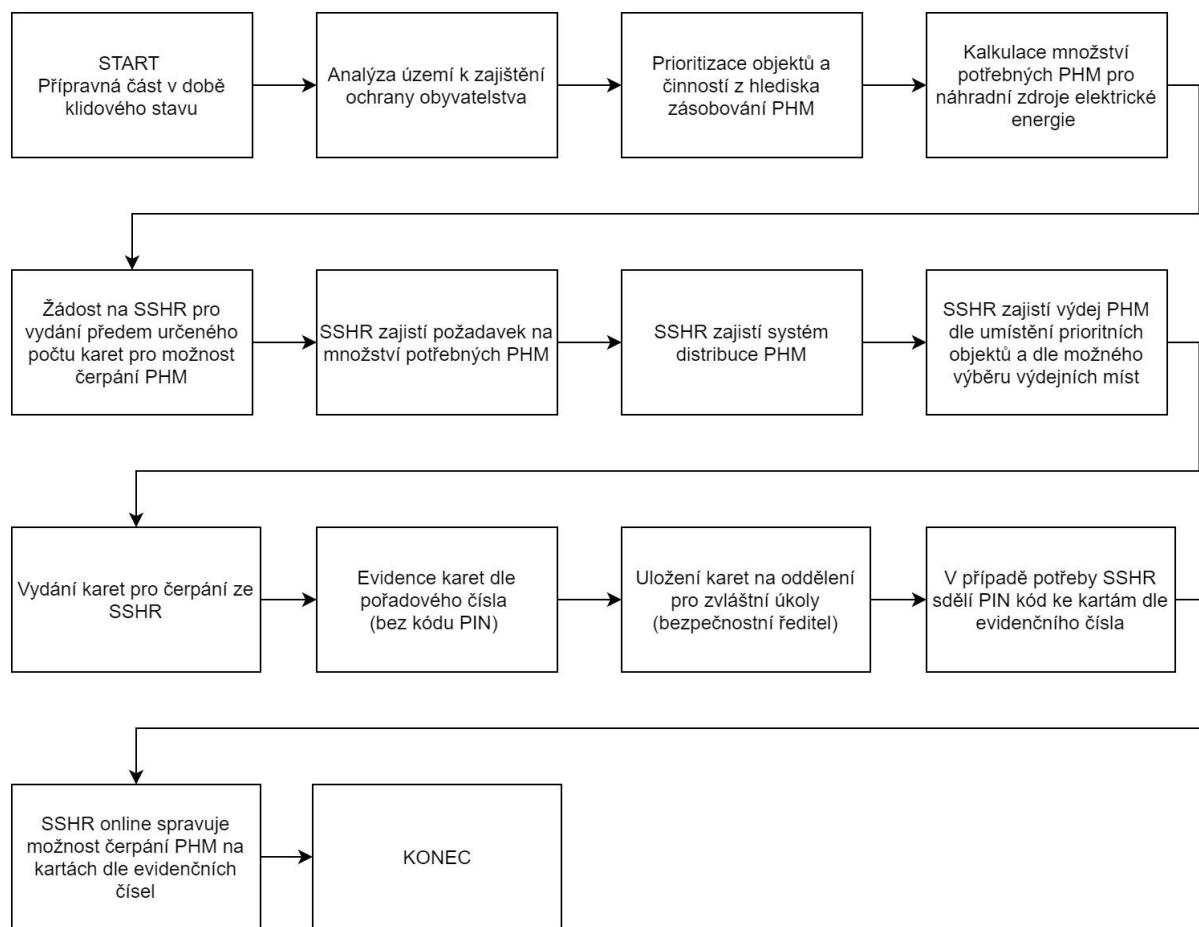
Následně bylo hodnoceno množství energie agregátů ve zdravotnických zařízeních, a to dle priority objektu a dle typu zdravotnického zařízení. Množství energie agregátů v jednotlivých zdravotnických zařízeních je rozdílné na základě jejich připravenosti. Nakonec došlo k hodnocení, na základě současných zásob pohonných hmot a spotřeby agregátů, jak dlouho jsou schopna zdravotnická zařízení pokrýt výpadek dodávky elektrické energie. Vybraná zdravotnická zařízení pokryjí výpadek dodávky elektrické energie až ve výši 68 hodin, jiná naopak pouze 6 hodin.

Závěrem lze konstatovat, že připravenost zdravotnických zařízení v České republice není na příliš vysoké úrovni. Z dvaceti hodnocených zdravotnických zařízení pouhých 15 % dokáže čelit výpadku dodávky elektrické energie ve výši 40 hodin. Tímto se potvrzuje také důležitost této práce se zaměřením na výpadek dodávky elektrické energie ve zdravotnických zařízeních.

### **5.3 Navržená opatření pro zdravotnická zařízení**

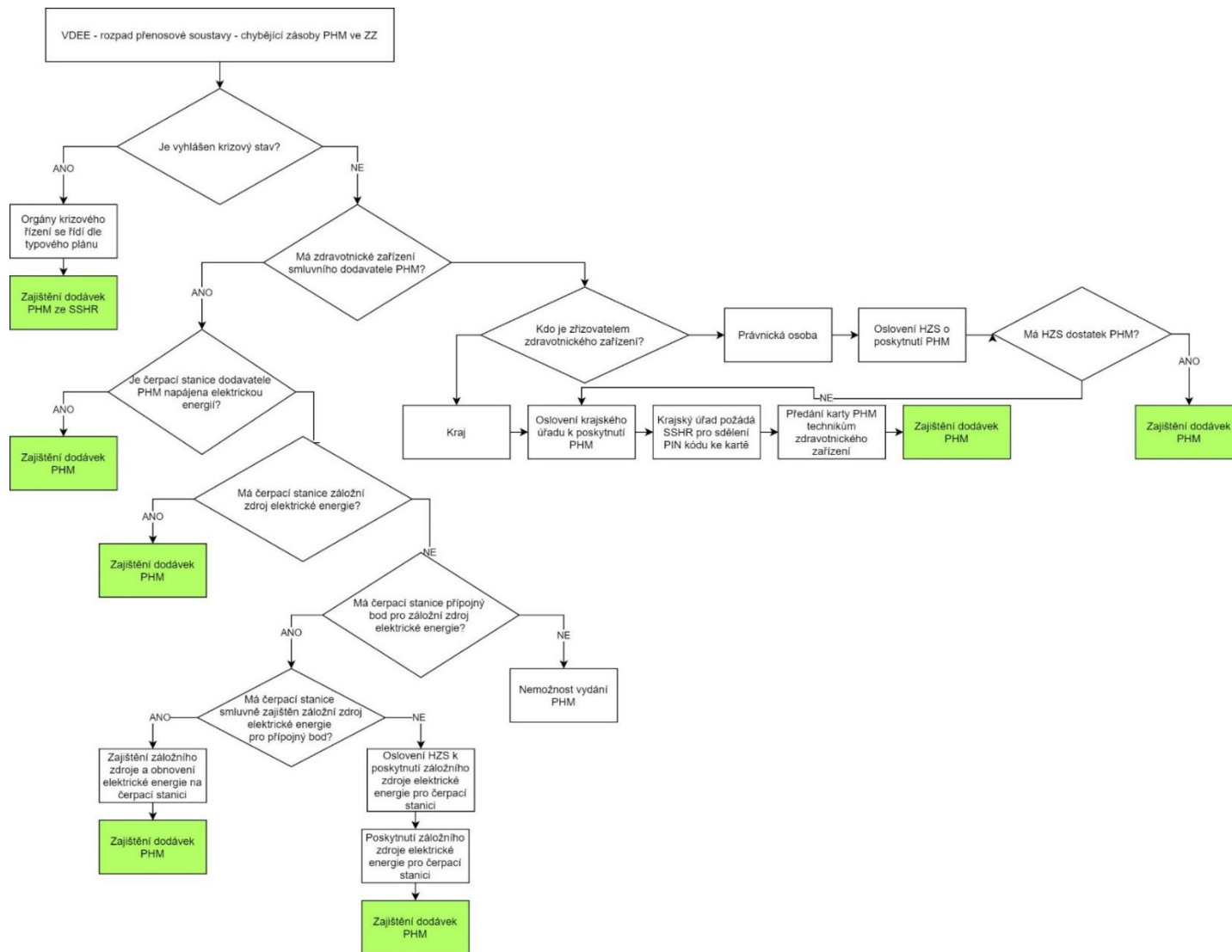
Na základě provedeného ověření algoritmu byl vyvozen závěr, že zdravotnická zařízení mají dostatečné kapacity agregátů v případě výpadku dodávky elektrické energie. Ovšem za významný nedostatek je považován, že nemají dostatek zásob PHM pro stanovený scénář výpadku dodávky elektrické energie. Díky tomuto zjištění bylo navrženo opatření, jak se v případě nedostatečného množství PHM zachovat.

Navržená opatření byla rozdělena na dvě části. První část se zabývá přípravnou částí v době klidového stavu (Obr. 43). Jedná se o návrh opatření, jak se na danou situaci připravit a zajistit dostatečné zásoby PHM. Tato část by měla být řešena na oddělení pro zvláštní úkoly (krajský úřad).



*Obr. 12: Navržený scénář – přípravná část v době klidového stavu (zdroj: autor)*

Druhá část opatření se zabývá situací, kdy již dojde k výpadku dodávky elektrické energie – rozpadu přenosové soustavy a zdravotnickým zařízením chybějí zásoby PHM (Obr. 44).



*Obr. 13: Navržený scénář – rozpad přenosové soustavy, chybějící zásoby PHM ve zdravotnických zařízeních (zdroj: autor)*

Zde je nutné se řídit daným scénářem, kdy je potřeba rozhodovat, zda se jedná o situaci, kdy je vyhlášen krizový stav, či nikoliv. Dále je nutné určit, zda má zdravotnické zařízení smluvního dodavatele, zda je čerpací stanice smluvního dodavatele napájena náhradním zdrojem elektrické energie atd. U zdravotnických zařízení je také rozhodující fakt, zda je zřizovatelem zdravotnického zařízení kraj, či právnická osoba. Na základě stanoveného scénáře a rozhodovacích bloků může zdravotnické zařízení zjistit, jakým způsobem je možné získat pohonné hmoty do agregátů.

## 6. PŘÍNOS PRO VĚDU A PRAXI

Na základě provedené analýzy současného stavu a literární rešerše lze konstatovat, že v současné době neexistuje komplexní hodnoticí a analytický systém, který by hodnotil, zda je zdravotnické zařízení připraveno čelit dlouhodobému výpadku dodávky elektrické energie, či nikoliv. Z tohoto pohledu je proto nutné konstatovat, že navržený hodnoticí systém je pro vědu a praxi přínosný, zejména pro zdravotnická zařízení. Z provedeného ověření navrhovaného algoritmu byly vyvozeny závěry, že zdravotnická zařízení v České republice nejsou připravena čelit výpadku dodávky elektrické energie delší než 40 hodin. Proto je nutné podotknout, že se nejedná pouze o navržený a vytvořený komplexní hodnoticí a analytický systém, ale také o navržená opatření, která jsou pro zdravotnická zařízení postupem, jak se zachovat v případě chybějících zásob pohonných hmot.

Navržený algoritmus navazuje na Metodiku kategorizace a prioritizace objektů nezbytných při obnově dodávek elektrické energie po blackoutu. Tento algoritmus je implementován a prezentován také jako informační podpora ve formě hodnoticího a analytického nástroje. Tento hodnoticí a analytický nástroj je významným přínosem a přidanou hodnotou pro zdravotnická zařízení. V případě, že dojde k výpadku dodávky elektrické energie, může technik či energetik zdravotnického zařízení na základě vstupních informací určit, zda je zdravotnické zařízení připraveno čelit výpadku dodávky elektrické energie, či nikoliv.

Přínos pro vědu lze spatřovat také v provedené analýze a kategorizaci rizik pro nemocnice. Na základě provedené analýzy rizik byly výsledky nejen prezentovány, ale také rozděleny do jednotlivých kategorií. Toto rozdělení by bylo možné využít také v dalších vědeckých pracích. Následně je možné spatřovat přínos v zapojení dané problematiky do výuky předmětů, které autorka práce vyučuje (Krizový management a bezpečnostní systém státu, Krizové řízení). Dále je možné tento algoritmus rozvíjet a rozšířit i pro další prvky kritické infrastruktury. Tuto práci je možné rozvíjet a zapojit do výzkumných projektů (TAČR, Bezpečnostní výzkum Ministerstva vnitra, ...).

Z hlediska přínosu pro praxi je nutné podotknout, že je potřeba upozornit na nízkou připravenost zdravotnických zařízení čelit výpadku dodávky elektrické energie. Navržená opatření z hlediska postupu zajištění pohonných hmot jsou přínosná nejen pro zdravotnická zařízení, ale také pro další objekty. Dále je nutné kontaktovat příslušné odbory kraje ve vazbě na proces určování prvků důležitých pro obnovu dodávek elektrické energie.

## ZÁVĚR

Disertační práce se zabývala krizovou připraveností zdravotnických zařízení z hlediska dlouhodobého výpadku dodávky elektrické energie. Stále častěji se setkáváme se situacemi, kdy dochází k výskytu katastrof, ať již naturogenního či antropogenního charakteru. Tato práce se mimo jiné zabývala vědeckou otázkou, která řešila rostoucí tendenci výskytu katastrof, jež se potvrdila. Katastrofy mohou mít kaskádový efekt a způsobit mimo jiné i dlouhodobý výpadek dodávky elektrické energie.

Oblast energetiky patří mezi základní prvky kritické infrastruktury. Jednotlivé prvky jsou vzájemně provázány a narušení jednoho prvku kritické infrastruktury může způsobit kaskádový efekt dalších prvků. Jedním z nich může být oblast zdravotnictví. V případě, že dojde k výpadku dodávky elektrické energie, je nezbytné, aby zdravotnická zařízení měla zajištěny náhradní zdroje elektrické energie a dostatek pohonných hmot pro jejich provoz. V případě dlouhodobého výpadku dodávky elektrické energie je nezbytné, aby zdravotnické zařízení zjistilo, jak dlouho je schopno využívat náhradní zdroje elektrické energie. Pro tyto účely byl proto navržen algoritmus a jeho informační podpora ve formě komplexního hodnoticího nástroje, který dokáže zjistit, zda je zdravotnické zařízení schopno čelit předpokládanému výpadku dodávky elektrické energie. V případě, že hodnoticí systém zjistí, že zdravotnické zařízení není připraveno na dlouhodobý výpadek dodávky elektrické energie, určí, zda jsou kapacity agregátu a zásoby pohonných hmot dostačující. Zde nastává hlavní problém, že zdravotnická zařízení nemají dostatek pohonných hmot a musí si je zajistit od externího dodavatele. V tomto případě získá zdravotnické zařízení také informaci, na kolik hodin jsou pohonné hmoty schopny pokrýt výpadek. Tento hodnoticí systém navazuje a rozšiřuje Metodiku kategorizace a prioritizace objektů nezbytných při obnově dodávek elektrické energie po blackoutu.

Jak již bylo zmíněno v kapitole Cíle disertační práce, pro splnění hlavního cíle disertační práce bylo nezbytné nastavení a následně dosažení dílčích cílů. Jedním z těchto dílčích cílů bylo provedení analýzy rizik. Jak již bylo zmíněno, stále častěji se setkáváme s katastrofami naturogenního či antropogenního charakteru. Ty mohou způsobit dlouhodobý výpadek dodávky elektrické energie. V rámci analýzy rizik byly hodnoceny jednotlivé výpadky, které mají dopad na zdravotnická zařízení. Výpadek dodávky elektrické energie spadá do kategorie II, jakožto střední riziko. Následně bylo vybráno deset rizik a byl hodnocen jejich dopad na dlouhodobý výpadek dodávky elektrické energie v nemocnicích. Opět došlo k rozdělení do třech kategorií. Mezi nejzávažnější riziko patří požár trafostanice a mezi střední rizika patří větrné bouře, rozsáhlý požár a vlna veder.

V závěru práce byly navrženy scénáře pro zajištění dodávek pohonných hmot do zdravotnických zařízení.



## SEZNAM VYBRANÉ POUŽITÉ LITERATURY

HROMADA, Martin a Tomáš FRÖHLICH, 2019. *Metodika kategorizace a prioritizace objektů nezbytných při obnově dodávek elektrické energie po blackoutu.*

LIEVANOS, R. S., HORNE, CH., 2017. Unequal resilience: The duration of electricity outages. *Energy Policy*, 108, pp. 201-211, ISSN 0301-4215

Munich RE, NatCatSERVICE, 2020. [online] ©2020 [cit. 5. 3. 2020] Dostupné z:

<https://natcatservice.munichre.com/events/1?filter=eyJ5ZWZyRnJvbSI6MTk4MCwieWVhclRvIjoyMDE4fQ%3D%3D&type=1>

Nařízení vlády 432/2010 Sb., o kritériích pro určení prvku kritické infrastruktury. In: Sběrka zákonů ČR. Ročník 2010, částka 149.

REHAK, David a Martin HROMADA, 2018b. Failures in a Critical Infrastructure System. In: Takafumi Nakamura. *System of System Failure*. ISBN 978-1-78923-047-5.

REHAK, David, Martin HROMADA a Tomas LOVECEK, 2020. Personnel threats in the electric power critical infrastructure sector and their effect on dependent sectors: Overview in the Czech Republic. *Safety Science*. 127, pp. 1-10, ISBN 0925-7535.

Zákon č. 372/2011 Sb., o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zákon o zdravotních službách). In: Sběrka zákonů ČR. Ročník 2011, částka 131.

## **PUBLIKAČNÍ ČINNOST AUTORA**

### **Články v časopisech evidovaných v databázi Scopus a Web of Science**

VICHOVA, Katerina and Martin HROMADA. „The risk mapping for hospitals and the impact for the transport in the Zlín Region.“ In *Journal of Emergency Management*, vol. 18, no. 2 (2020), pp. 131 - 140. ISSN 1543-5865.

VICHOVA, Katerina and Martin HROMADA. „The Evaluation Module of the Crisis Preparedness for the Hospitals“ “. In *International Journal of Biology and Biological Engineering*, vol. 12, 2018, pp. 178 - 185, ISSN 1998-4510.

VICHOVA, Katerina and Martin, HROMADA. „The Use of Information Systems in the Hospital in Times of Crisis“. In *International Journal of Biology and Biological Engineering*, vol. 12, 2018, pp. 170 - 177, ISSN 1998-4510.

VICHOVA, Katerina, Roman JASEK and Martin HROMADA. „Analysis of Security of Selected Crisis Management Information System.“ In. *International Journal of Applied Engineering Research (IJAER)*, vol. 13, Number 1 (2018), pp. 534 - 538. Online ISSN 0973-4562.

VICHOVA, Katerina and Martin HROMADA. „The Comparative Analysis of Information, Communication and Warning Systems“. In *International Journal of Circuits, Systems and Signal Processing*, Vol. 12, 2018, pp. 736 - 741. ISBN 1998-4464.

### **Články v recenzovaných časopisech neevidovaných v databázi Scopus a Web of Science**

VICHOVA, Katerina a Martin HROMADA. „The Role of Media in Times of Crisis.“ *Poster.us.sk* [online]. 2016. ISSN 1338-0087.

### **Kapitoly v knihách**

VICHOVA, Katerina and Martin HROMADA. „Information Support of Crisis Management.“ In. Katarina Holla. *Crisis Management – Theory and Practice*. IntechOpen, 2018, pp. 37 - 58. ISBN 978-1-78923-235-6.

VICHOVA, Katerina and Martin HROMADA. „Hospital Energy Resilience.“ In. Samad M.E. Sepasgozar. *Infrastructure Management and Consctruction*, 2020, pp. 1 - 18. ISBN 978-1-78984-549-5.

## Články ve sbornících konferencí evidovaných v databázi Scopus a Web of Science

VICHOVA, Katerina. „The Impact of Naturogenic Threats to the Critical Infrastructure.“ In Proceedings of the 23th International Conference on Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC 2019), 14. - 17. 7. 2019, Athens, Greece, MATEC Web Conferences, Vol 292 (2019) 01016, pp. 1 - 5.

VICHOVA, Katerina, Martin HROMADA and Marek TOMASTIK. „Case Study: The Use of Petrol Stations to Fuel Supply in the Event of a Power Outage.“ In Transportation Research Procedia, vol. 40, 2019, pp. 1611 - 1617. ISSN 2352-1465.

VICHOVA, Katerina and Martin HROMADA. „The Evaluation System to Ensure the Transport of Emergency Supplies of Fuel to the Hospitals.“ In Transportation Research Procedia, vol. 40, 2019, pp. 1618 - 1624. ISSN 2352-1465.

VICHOVA, Katerina and Martin HROMADA. „Power Outage in the Hospitals“. In Conference proceedings of 2019 International Conference on Intelligent Medicine and Image Processing (IMIP 2019); ACM Conference Proceedings, 19. - 22. 4. 2019, Bali, Indonesia, pp. 304 - 309. ISBN 978-1-4503-6269-6.

VICHOVA, Katerina and Martin HROMADA. „The Use of Simulation Software for Emergency Supply Transport to the Hospital“. In Conference proceedings of 2019 5th International Conference on Computing and Artificial Intelligence (ICCAI 2019); ACM Conference Proceedings, 19. - 22. 4. 2019, Bali, Indonesia, pp. 96 - 101. ISBN 978-1-4503-6106-4.

VICHOVA, K., HROMADA, M., FICEK, M., GRACLA, M. „The Comparative Analysis of Safety in the Czech Republic and Abroad“. In Proceedings of 29th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation, Viena, 2018, vol. 29, No. 1, pp. 1 - 6, ISBN 978-3-902734-21-1, ISSN 2304-1382.

VICHOVA, Katerina and Martin HROMADA. „The Analysis of Communication in Times of Crisis at the Hospitals in the Czech Republic“. In Conference Proceedings of Marketing Identity 2018, Digital Mirrors – part II., 6. - 7. 11. 2018, Trnava, Slovak Republic, 2018, pp. 325 - 330. ISBN 978-80-8105-985-8, ISSN 1339-5726.

VICHOVA, Katerina, Martin HROMADA and Pavel VISKUP. „The Simulation of Hospital Supply in case of Emergency Deliveries.“ In proceedings of the 22th International Scientific Conference TRANSPORT MEANS 2018, part II, 3. - 5. 10. 2018, Trakai, Lithuania, Kaunas, 2018, pp. 601 - 605, ISSN 2351-7034.

VICHOVA, Katerina and Martin HROMADA. „Assessment of Emergency Supply of Healthcare Facilities as a Module of the Crisis Management Information System.“ In Proceedings of the 22th International Conference on Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC 2018), 14. - 17. 10. 2018, Majorca, Spain, MATEC Web Conferences, Vol 210 (2018) 02026, pp. 1 - 6.

VICHOVA, Katerina and Martin HROMADA. „The Analysis of Crisis Management Information System in the Selected States.“ In Proceedings of the 22th International Conference on Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC 2018), 14. - 17. 10. 2018, Majorca, Spain, MATEC Web Conferences, Vol 210 (2018) 02025, pp. 1 - 4.

VICHOVA, Katerina and Martin HROMADA. „The Analysis of Health Information System“. In Conference Proceedings of 2018 International Conference on Control, Artificial Intelligence, Robotics and Optimization (ICCAIRO), Prague, Czech Republic, 2018, pp. 271 - 276. ISBN 978-1-5386-9576-0.

VICHOVA, Katerina and Martin HROMADA, „The Comparative Analysis of Crisis Management Information Systems in the Czech Republic“. In The 8th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications, Larnaca, Cyprus, 28. 8. -30. 8. 2017, pp. 558 - 562. ISBN 978-1-5386-3731-9, 2017.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Výskyt přírodních katastrof za období 1980–2019 (zdroj: autor) .....	12
Obr. 2: Struktura odpovědí respondentů dle kategorií výpadku ve formě boxplotů (zdroj: autor) .....	13
Obr. 3: Struktura odpovědí respondentů dle kategorií rizik ve formě boxplotů (zdroj: autor) .....	14
Obr. 4: Možné příčiny vzniku výpadku dodávky elektrické energie (zdroj: autor) .....	15
Obr. 5: Možné příčiny vzniku dlouhodobého výpadku dodávky elektrické energie (zdroj: autor) .....	16
<i>Obr. 6: Návrh algoritmu pro hodnocení zdravotnických zařízení z hlediska připravenosti čelit výpadku dodávky elektrické energie (zdroj: autor) .....</i>	<i>18</i>
Obr. 7: Určení vstupů pro algoritmus (zdroj: autor) .....	19
Obr. 8: Výstupy algoritmu (zdroj: autor) .....	19
Obr. 9: Informační podpora algoritmizace hodnocení připravenosti (zdroj: autor) .....	24
Obr. 10: Zdravotnické zařízení je připraveno na výpadek dodávky elektrické energie (zdroj: autor) .....	24
Obr. 11: Zdravotnické zařízení není připraveno na výpadek dodávky elektrické energie (zdroj: autor) .....	25
Obr. 12: Navržený scénář – přípravná část v době klidového stavu (zdroj: autor) .....	27
Obr. 13: Navržený scénář – rozpad přenosové soustavy, chybějící zásoby PHM ve zdravotnických zařízeních (zdroj: autor) .....	29

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČSN	Česká státní norma
ES	Evropská směrnice
EU	Evropská unie
FO	Fyzická osoba
h	Hodina
HZS	Hasičský záchranný sbor
kV	Kilovolt
kVA	Kilovoltampér
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatthodin
LDN	Léčebna dlouhodobě nemocných
PHM	Pohonné hmoty
PO	Právnícká osoba
s	sekunda
SSHR	Správa státních hmotných rezerv
TAČR	Technologická agentura České republiky
UPS	Zdroj nepřerušovaného napájení
VDEE	Výpadek dodávky elektrické energie velkého rozsahu
ZIS	Zdravotnická izolovaná soustava

# ŽIVOTOPIS AUTORA

## Osobní údaje

Jméno, příjmení Ing. Kateřina Víchová  
Datum narození, místo 26. července 1992, Uherské Hradiště  
Adresa Boršice 273, 687 09  
Telefon +420 737 800 427  
E-mail kvichova@utb.cz

## Vzdělání

2016 – současnost Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, Inženýrská informatika  
2014–2016 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, Bezpečnostní technologie, systémy a management  
2011–2014 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta logistiky a krizového řízení, Ovládání rizik

## Pracovní zkušenosti

2019 – současnost Asistent  
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta logistiky a krizového řízení  
Ústav krizového řízení

## Organizační dovednosti a kompetence

2020–2021 Hlavní řešitel projektu  
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta logistiky a krizového řízení  
Risk management zdravotnických zařízení  
DKRVO projekt  
2020 Hlavní řešitel projektu  
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta logistiky a krizového řízení  
Simulace dopravy ve městech  
IGA projekt  
2020 Spoluřešitel projektu  
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky  
Informační podpora ochrany obyvatelstva  
IGA projekt  
2019–2020 Spoluřešitel projektu  
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta logistiky a krizového řízení  
Řízení rizik projektů v podmínkách malých a středních podniků v České republice

## GAAA projekt

2019–2020	Předsedkyně organizačního výboru konference Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta logistiky a krizového řízení
2019	CrisCon Hlavní řešitel projektu Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky Návrh algoritmu pro hodnocení nemocnic z hlediska výpadku dodávky elektrické energie
2018	IGA projekt Hlavní řešitel projektu Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky Kritéria hodnocení prvků pro nouzové přežití obyvatelstva
2017–2018	IGA projekt Spoluřešitel projektu Enviropol s.r.o. Analýza požárních rizik v závodě na zpracování EEZ odpadu a návrh technického řešení pro jejich eliminaci
2017	Hlavní řešitel projektu Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky Informační podpora krizového řízení na úrovni kraje
	IGA projekt
<b>Jazykové znalosti</b>	
Anglický jazyk	slovem i písmem – B2
Ruský jazyk	slovem i písmem – A2
<b>Významná ocenění</b>	6th SWS International Scientific Conferences on Social Sciences, Arts and Humanities 2019 Best presentation awards



Ing. Kateřina Víchová, Ph.D.

**Algoritmizace hodnocení připravenosti zdravotnických zařízení čelit  
výpadku dodávky elektrické energie**

Algorithmization of Healthcare Facilities Preparedness Assessment to Solve the  
Power Outage

Teze disertační práce

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Pořadí vydání: první

Náklad: vyšlo elektronicky

Sazba: Kateřina Víchová

Publikace neprošla jazykovou ani redakční úpravou.

Rok vydání 2020

ISBN 978-80-7454-977-9

