

Analýza rizik v obci Nedakonice

David Soják

Bakalářská práce
2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení
Ústav krizového řízení
akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **David Soják**
Osobní číslo: **L13160**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Ovládání rizik**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Analýza rizik v obci Nedakonice**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte teoretickou část analýzy rizik na území samosprávného celku.
2. Pomocí kvalitativních a kvantitativních metod provedte analýzu rizik v obci Nedakonice.
3. Výsledky získané analýzou implementujte do geografického informačního systému.
4. Zhodnoťte dosažené výsledky.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] BUZALKA, Ján a kol. Rozvoj bezpečnostných rizík a tvorba krízových scenárov pre verejnú správu. Vyd. 1. Bratislava: Akadémia Policajného zboru v Bratislave, 2014. 231 s. ISBN 978-80-8054-588-8.

[2] PROCHÁZKOVÁ, Dana a kol. Metody rizikového inženýrství. Vyd. 1. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2012. 147 s. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-111-8.

[3] KRÖMER, Antonín a kol. Mapování rizik. Vyd. 1. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2010, 126 s. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-086-9.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jakub Rak

Ústav ochrany obyvatelstva

Datum zadání bakalářské práce:

5. února 2016

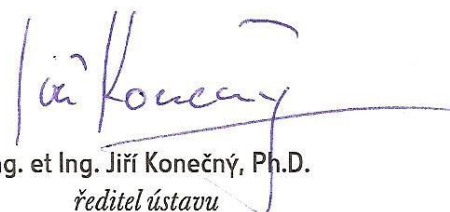
Termín odevzdání bakalářské práce:

9. května 2016

V Uherském Hradišti dne 12. února 2016



doc. RNDr. Jiří Dostál, CSc.
děkan



Ing. et Ing. Jiří Konečný, Ph.D.
ředitel ústavu


Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty logistiky a krizového řízení Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

V Uherském Hradišti DUE 9.5.2016


.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá všeobecnou analýzou rizik na územně samosprávném celku, konkrétně v obci Nedakonice. V teoretické části se nachází vysvětlení základních pojmů metodiky analýzy rizik, principy použitých metod a legislativa. Následuje praktická část, v jejíž první fázi proběhne sumarizace rizikových faktorů a aktiv na vybraném územním celku. Tyto informace budou prvotně analyzovány pomocí rizikového kalkulátoru RISKAN-B. Podle výsledku této analýzy bude dále provedena analýza priority rizik pomocí metody KARS. Výsledná data budou implementována do geografického informačního systému QGIS. V závěrečné fázi praktické části proběhne zhodnocení výsledků a učinění závěru analýzy.

Klíčová slova: analýza rizik obce, mapování rizik, QGIS, KARS, RISKAN-B

ABSTRACT

This thesis deals with the general risk analysis on the local government unit, specifically in the village Nedakonice. The theoretical part is explaining the basic concepts of risk analysis methodology, principles of used methods and legislation. Following part is practical, in which will be firstly done summarization of risk factors and assets on selected territorial unit. This information will be initially analyzed using risk calculator RISKAN-B. According to the results of this analysis will be conducted a risk analysis using "KARS" method. The resulting data will be implemented into a geographic information system QGIS. In the final phase of the practical part will be evaluation of the results and conclusion of the analysis.

Keywords: analysis of risks in village, risk mapping, QGIS, KARS, RISKAN-B

Rád bych poděkoval především svému vedoucímu Ing. Jakobovi Rakovi, za trpělivost, cenné rady a poskytnuté materiály, dále řediteli Ing. et Ing. Jířímu Konečnému, Ph.D., za jeho vstřícnost a starostovi obce Nedakonice Jaromíru Klečkovi, za odbornou konzultaci.

„Co slyším, to zapomenu. Co vidím, si zapamatuji. Co si vyzkouším, tomu rozumím.“

- Konfucius

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 ZÁKLADNÍ POJMY	10
1.1 AKTIVUM	10
1.2 HROZBA (NEBEZPEČÍ).....	10
1.2.1 Typy hrozeb s konkrétním zdrojem	10
1.2.2 Typy hrozeb bez konkrétního zdroje.....	10
1.3 ZRANITELNOST.....	11
1.4 RIZIKO.....	11
1.5 MIMOŘÁDNÁ UDÁLOST	11
1.5.1 Rozdělení MU	11
1.6 KRIZOVÁ SITUACE	12
2 ANALÝZA RIZIK	13
2.1 PŘÍKLADY METOD ANALÝZY RIZIK BEZ PROSTOROVÉHO VYJÁDŘENÍ.....	13
3 METODY VYBRANÉ PRO POUŽITÍ V TÉTO PRÁCI	16
3.1.1 Rizikový kalkulátor RISKAN-B	16
3.1.2 Metoda KARS (Kvalitativní Analýza Rizik s použitím jejich Souvztažností)	17
4 MAPOVÁNÍ RIZIK	22
4.1 METODA DOPORUČENÁ PRO MAPOVÁNÍ RIZIK	22
4.2 MAPA NEBEZPEČÍ	23
4.2.1 Typy nebezpečí	24
4.3 KOEFICIENT NEBEZPEČÍ.....	25
4.4 MAPA ZRANITELNOSTI	26
4.5 MAPA KUMULOVANÉHO RIZIKA	27
4.6 GEOGRAFICKÝ INFORMAČNÍ SYSTÉM	28
4.6.1 GIS v krizovém řízení	29
4.6.2 Datové modely GIS.....	29
4.6.3 Prostorová data.....	30
4.6.4 Vektorový datový model.....	30
4.6.5 Rastrový datový model	30
4.7 PŘÍPRAVA VSTUPNÍCH DAT	31
4.8 SOFTWARE VYBRANÝ PRO MAPOVÁNÍ RIZIK – QGIS	31
5 LEGISLATIVA	32
6 CÍLE A METODIKA ZPRACOVÁNÍ PRÁCE	33
II PRAKTICKÁ ČÁST	34
7 OBEC NEDAKONICE	35
7.1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA	35
7.2 SOUHRNNÉ ÚDAJE	36
7.3 HISTORIE OBCE.....	37
7.3.1 První písemná zmínka	37

7.3.2	Období husitských válek	37
7.3.3	Historie po husitských válkách	37
7.4	ZASTUPITELSTVO OBCE	38
7.5	RIZIKOVÁ CHARAKTERISTIKA OBCE	39
7.6	MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI V OBCI OD ROKU 1997	40
8	ANALÝZA RIZIKOVÝM KALKULÁTOREM RISKAN-B.....	41
9	ANALÝZA METODOU KARS	42
10	IMPLEMENTACE DAT DO SOFTWARE QGIS.....	44
10.1	MAPA NEBEZPEČÍ	44
10.2	MAPA ZRANITELNOSTI	45
10.3	MAPA KUMULOVANÉHO RIZIKA	46
10.4	DOPLŇUJÍCÍ MAPY	47
11	DOPLŇUJÍCÍ INFORMACE	51
12	FOTODOKUMENTACE	52
	ZÁVĚR	57
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	59
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	61
	SEZNAM OBRÁZKŮ	62
	SEZNAM TABULEK.....	63
	SEZNAM PŘÍLOH.....	64

ÚVOD

V dnešní společnosti, která se soustředí převážně na růst ekonomiky a maximalizaci zisku, se často opomíjí oblasti nepředstavující zaručenou a rychlou návratnost investic. O to žalostnější je fakt, že se tyto investice měří nejčastěji penězi a ne přínosem pro společnost.

Z toho důvodu se často samotný pojem „bezpečnost“ stává pouze obchodním artiklem, ať už ve formě přehnaných bezpečnostních norem vycházejících z lobbingu vlivných organizací nebo nesmyslných zákonů tvořených nekompetentními „odborníky“, ve snaze udržet si dobře placený post, místo toho aby se bezpečnost zvyšovala logickými opatřeními.

Dalším nepříznivým trendem je přesouvání pozornosti na mezinárodní rizika z důvodu pokračující globalizace a zhoršujících se mezinárodních vztahů. To by samo o sobě znamenalo krok zpátky, ovšem tato pozornost se úměrně nezvyšuje v oblasti analýzy rizik na místní úrovni. Z toho důvodu starostové obcí často nemají tušení o rizicích vyskytujících se na území jejich správního obvodu, a bezpečnostní situace v jednotlivých obcích se pak zlepšují velmi neuspokojivou rychlostí. Stejně znepokojující je vážnoucí výměna informací důležitých pro veřejnou bezpečnost, přestože žijeme v informační době. Viz případ výbuchu muničního skladu ve Vrběticích, který nebyl po privatizaci zařazen do krizového plánu Zlínského kraje, jako nebezpečný civilní objekt. Hasiči povolání k hašení požáru pak neměli tušení, jakému riziku jsou vystavení.

Prvotním impulzem k výběru tohoto tématu, kromě výše popsaného, pro mě byla zkušenost s využitím softwaru QGIS, který byl vytvořen jako efektivní platforma pro komplexní geografickou analýzu rizik. Práci s tímto programem jsem si velmi rychle oblíbil, což mě přesvědčilo k jeho využití v bakalářské práci.

Druhým důvodem byl pohled na vlastní budoucnost, protože se dříve či později dostanu k momentu, kdy si začnu hledat místo svého bydliště, a bude mě zajímat, jaká rizika se v dané lokalitě nachází. Místo budoucího bydliště jsem si zatím bohužel nevybral, proto jsem se rozhodl analyzovat rizika alespoň v místě mého aktuálního bydliště – v obci Nedačovice.

TEORETICKÁ ČÁST

1 ZÁKLADNÍ POJMY

V této kapitole si vysvětlíme některé pojmy, nezbytné pro správné pochopení této práce.

1.1 Aktivum

Pojem aktivum se vyskytuje převážně v účetnictví podniků, kde je chápán jako jednotka něčeho, co by mělo v budoucnu přinést podniku určitý zisk. Pro účely analýzy rizik na územně samosprávném celku však aktivum zahrnuje vše, co má pro společnost nějakou hodnotu a mělo by být odpovídajícím způsobem chráněno. Pro potřeby analýzy rizik se tyto aktiva slučují do skupin prvků se společnými znaky (např. obyvatelstvo, kritická infrastruktura, majetek).

1.2 Hrozba (nebezpečí)

V oboru analýzy rizik se pojmy hrozba a nebezpečí mezi sebou často volně zaměňují. Například v rizikovém kalkulátoru, který jsem v práci použil, se mluví o „hrozbách“, kdežto v problematice mapování rizik se pracuje s pojmem „nebezpečí“. V dalších částech práce se tak mohou vyskytnout oba výrazy, význam však bude stále stejný.

Hrozbu lze charakterizovat jako jev, který má potenciál ohrozit život, zdraví, majetek nebo životní prostředí (souhrnně aktiva). Obecně je to tedy jev, který může způsobit škodu. Je charakterizována územím, na kterém se projevuje a intenzitou, s jakou se může projevit. Projev konkrétního typu hrozby na území je vyjádřen veličinou míry rizika. Aby byla hrozba vyjádřitelná v mapování rizik, musí mít konkrétní územní rozlohu a zdroj nebo statisticky vyjádřenou oblast působení.[1]

1.2.1 Typy hrozeb s konkrétním zdrojem

Do této skupiny patří hrozby, u nichž lze určit konkrétní zdroj (např. vodní tok, vodní dílo, chemický provoz, jaderná elektrárna) a s ním související definované území, na které hrozba působí (např. záplavové oblasti, oblasti zasažené únikem nebezpečných látek...).

1.2.2 Typy hrozeb bez konkrétního zdroje

Sem patří plošné hrozby, bez územně definovatelného zdroje, která lze vyjádřit pouze pomocí statisticky doložených informací (např. větrné oblasti, sněhové oblasti, oblasti sucha)

1.3 Zranitelnost

Jde o náchylnost aktiv k poškození, či úplnému zničení, při vzniku mimořádné události. Zranitelnost jednotlivých druhů aktiv se liší s různými typy mimořádných událostí. V kontextu mapování rizik pak jde o vlastnost daného prvku negativně reagovat na působení nežádoucích mimořádných událostí nebo krizových jevů.

1.4 Riziko

Je definováno jako očekávaný negativní dopad při realizaci mimořádné události, tedy situace, kdy hrozba využije zranitelnosti a způsobí škody na aktivech. Jde tedy o hledaný parametr, jež má být výstupem analýzy rizik. Riziko lze vyjádřit slovně, jako popis rozsahu možných následků a pravděpodobnosti, že se tyto následky přihodí, pomocí koeficientů míry rizika, nebo v případě účetních analýz v penězích.

Míra rizika by měla zahrnovat minimálně dva rozměry:

- pravděpodobnost vzniku nebezpečné situace ohrožení
- závažnost možného následku

V oboru mapování rizik má pak riziko ještě třetí rozměr a tím je oblast jeho výskytu.

1.5 Mimořádná událost

V zákoně 239/2000 Sb. se mimořádnou událostí (dále jen „MU“) rozumí škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činností člověka, přírodními vlivy, a také havárie, které ohrožují život, zdraví, majetek nebo životní prostředí a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací. Obecně lze za MU považovat náhlou závažnou událost, která způsobila narušení stability systému s možným ohrožením jeho bezpečnosti nebo existence.

1.5.1 Rozdělení MU

a) MU vyvolané přírodními jevy

- lokální (např. povodeň, zemětřesení)
- globální (např. supervulkanická katastrofa, pandemie)
- abiotické (např. vichřice, požáry způsobené přírodními ději)
- biotické (např. epizootie, přemnožení škůdců)

b) MU vyvolané lidským činitelem

- neúmyslné (např. technická závada, havárie, nedbalost)
- úmyslné (např. sabotáž, terorismus, válka)
- vojenské (vojenské napadení státu)
- nevojenské (nepokoje, sociální či ekonomické příčiny)

c) MU vyvolané smíšenými příčinami (změna podnebí vlivem produkce skleníkových plynů)**1.6 Krizová situace**

Je mimořádná událost, v jejímž důsledku se vyhláší některý ze stavů nebezpečí. Krizovými stavy jsou stav nebezpečí, nouzový stav, stav ohrožení státu nebo válečný stav. Jsou při ní ohroženy důležité hodnoty, zájmy či statky státu a jeho občanů a hrozící nebezpečí nelze odvrátit a způsobené škody odstranit běžnou činností orgánů veřejné moci, ozbrojených sil a ozbrojených bezpečnostních sborů, záchranných sborů, havarijních a jiných služeb a právnických a fyzických osob. [11]

2 ANALÝZA RIZIK

Mimořádné události, nehody, havárie, různé formy útoků nebo jiné nežádoucí jevy mohou způsobit ztráty na životech, újmy na zdraví osob vystavených takovýmto událostem, škody na majetku nebo ohrožení životního prostředí. Tomuto lze do určité míry předcházet řízením rizik, pro jehož účinné fungování je potřeba nejprve provést analýzu rizik, která je základním a nezbytným krokem pro zvládnutí jakýchkoliv rizik ve společnosti, zvláště pak těch rizik, která ohrožují zdraví lidí a životní prostředí.

Analýza a hodnocení těchto rizik poskytuje řadu poznatků využitelných jak ve fázi prevence nežádoucí události, při přípravě na její zdolání, pokud by vznikla, tak i při vlastním zásahu. Získané poznatky o rizicích se využívají při vytváření bezpečnostní politiky, prioritizaci činností, posuzování alternativ, alokaci zdrojů apod. ať již se jedná o podnikovou, regionální nebo národní úroveň.

Tím se zvyšuje pravděpodobnost, že MU neohrozí životy a zdraví lidí, škody na majetku a životním prostředí nevzniknou nebo budou výrazně redukovány. Z tohoto důvodu je morálně i ekonomicky vhodné, aby se analýze rizik věnovala zvýšená pozornost a byla pravidelně prováděna jejich aktualizace. Je jednodušší vždy schovávat zápalky, než jednou hasit požár. [5], [6]

2.1 Příklady metod analýzy rizik bez prostorového vyjádření

Metody použité k hodnocení rizik mohou být na sobě nezávislé nebo se navzájem doplňovat. Jako základní členění těchto metod se berou dva přístupy analýzy – kvantitativní (používá číselné hodnoty k popisu rizika) nebo kvalitativní (používá slov k popisu rizika).

Tab. 1 Nejpoužívanější metody analýzy rizik [15]

Český název metody	Anglický název metody	Popis	Zkratka
Bezpečnostní audit	Safety Audit	Nejstarší metoda, používá záznamy pro systematické posuzování vybraných aspektů	SA
Analýza kontrolním seznamem	Check List Analysis	Využívají se kontrolní seznamy jednotlivých položek, které analyzují stav systému. Neposkytuje informace o nebezpečí v jiných situacích	CL
Co se stane, když...	What - if Analysis	Důsledné uplatňování brainstormingu – kladení otázek, které nemusí být systematizovány	WI
Předběžná analýza nebezpečí	Preliminary hazard analysis	Rychle poskytuje podklady pro detailní analýzu. Základem je stanovení předmětu analýzy, identifikace problémů a schéma systému včetně vazeb.	PHA
Relativní hodnocení	Relative Ranking	Posuzování nebezpečí na základě fyzikálněchemických vlastností látek, kvantity a charakteristických parametrů systému. Neumožňuje sledování kauzálních souvislostí (příčina – důsledek)	RR
Studie nebezpečí a provozuschopnosti	Hazard and Operability Study	Nejrozšířenější postup identifikace nebezpečí. Používá se hlavně při kritickém posuzování nově projektovaných, rekonstruovaných i stávajících systémů.	HAZOP
Analýza režimů poruch a následků	Failure Modes and Effects Analysis	Hodnocení poruch zařízení a jejich vlivy na technologický proces na různých úrovních systému.	FMEA
Analýza stromu poruch	Fault Tree Analysis	Používá se pro určení kombinací poruch, které mohou vést ke vzniku havárie. Sestavuje se od vrcholu dolů.	FTA
Analýza stromu událostí	Event Tree Analysis	Vychází z hlavní události (havárie) a sestaví seznam příčin, které vedly k jejímu vzniku.	ETA
Analýza příčin a následků	Cause Consequence Analysis	Zkoumá počáteční rozhodující události a následující sled událostí v systému s ohledem na jejich příčiny.	CCA
Analýza lidské spolehlivosti	Human Reliability Analysis	Identifikace možných lidských chyb, jejich působení a příčiny. Součástí je identifikace důležitých míst systému, která mohou být ovlivněna lidskými chybami.	HRA

Vzhledem k rozmanitosti možných negativních jevů, které mohou nastat, neexistuje žádná univerzální metoda. Vždy je potřeba mít znalost daného systému, prostředí či situace a vybrat vhodnou metodu nebo jejich kombinaci pro efektivní analýzu. Výsledná kvalita analýzy a hodnocení rizik pak závisí na množství dostupných spolehlivých dat, osobních zkušenostech a dovednostech týmu, který je pověřen vypracováním této analýzy.

Metody uvedené v tabulce jsou využívány spíše pro analýzu rizik v prostředí podniků a pro analýzu rizik v územně samosprávním celku nejsou vhodné. Proto jsem si zvolil metody poněkud relevantnější k této oblasti.

3 METODY VYBRANÉ PRO POUŽITÍ V TÉTO PRÁCI


Pro potřeby analýzy rizik v obci jsem si vybral kombinaci rizikového kalkulátoru RISKAN-B a analýzy pomocí metody KARS. Tuto možnost jsem zvolil z důvodu vzájemného doplnění nedostatků jednotlivých metod. Rizikový kalkulátor RISKAN-B disponuje předvolenou databází aktiv a hrozeb, které lze aplikovat na prostředí územního celku či systému. Umožňuje tak efektivní výběr aktiv a hrozeb pro analýzu rizik. Metoda KARS pak dále vyhodnotí souvztažnost jednotlivých rizik, čímž se zvýší kontrast závažnosti mezi nízkými a vysokými riziky.

3.1.1 Rizikový kalkulátor RISKAN-B

Jde o softwarový nástroj zpracovaný v prostředí programu Microsoft Office Excel, určený ke kvantitativní analýze rizika. Tento nástroj byl dodán Fakultě logistiky a krizového řízení Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně v rámci výstavby simulační krizové učebny společností T-SOFT.

Umožňuje vyhodnocení výsledného rizika na základě 3 podstatných faktorů – zainteresovaných aktiv, jejich zranitelnosti a hrozeb, které na tyto aktiva mohou negativně působit prostřednictvím zranitelnosti. Pomocí vytvořených maker automaticky provede všechny potřebné výpočty a stanoví konečnou hodnotu jednotlivých rizik. Tím se nejenom sníží náročnost celé analýzy, ale také eliminuje pravděpodobnost chyby ve výpočtu.

Práce s tímto programem je jednoduchá, může jej užívat jak jednotlivec, tak profesionální skupina pracovníků. Analýza spočívá v identifikaci aktiv a jejich ohodnocení, spolu s identifikací hrozeb a pravděpodobností jejich výskytu. Dále se zhodnotí zranitelnost aktiv daná jednotlivými hrozbami. Celkový výpočet rizik provede algoritmus programu a označí je jako nízké, střední nebo vysoké číselnými hodnotami a barevným zvýrazněním. Data přehledně zobrazí v tabulkách pomocí matic a ve výsledných grafech. [10]

RISKAN-B Rizikový kalkulátor 		Aktiva → Hodnoty aktiv →		Obyvatelstvo Kojenci, děti v předškolní mládež, studenti Obyvatelstvo v prodávající Těhotné ženy, důchodci Zdravotně postižení Rezerva 1 Životní prostředí Ovzduší Lesy, pole, pastviny Povrchové vodstvo Podzemní voda Rezerva 1 Území kraje Hranice kraje Území kraje Území měst, obcí Rezerva 1																		
				1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3	3.1	3.2	3.3	3.4	
		zanedbává	zanedbává	zanedbává	zanedbává	zanedbává	zanedbává	zanedbává	zanedbává	zanedbává	zanedbává	zanedbává	zanedbává	zanedbává	zanedbává	zanedbává	zanedbává	zanedbává	zanedbává			
Hrozby		Pravděpodobnost																				
1.	Živelní pohromy	0	žádná																			
1.1	Požár (přírodního i lidského původu)	0	žádná	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1.2	Záplavy a povodně (deště, tání sněhu, protržení/hráze)	0	žádná	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1.3	Vichřice, větrné smrště, tornáda	0	žádná	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1.4	Blesky (a další elektrické jevy v atmosféře)	0	žádná	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1.5	Krupobití, přiválové deště	0	žádná	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1.6	Sněhové vánice a kalamiťy	0	žádná	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1.7	Extrémní vědra a sucha	0	žádná	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1.8	Silné mrazy	0	žádná	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1.9	Námrazy, náledí, ledovky, mrznoucí deště	0	žádná	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1.10	Teplotní inverze (špatné rozptylové podmínky)	0	žádná	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1.11	Sešuvy půdy a skalních bloků	0	žádná	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1.12	Sněhové a kamenné laviny	0	žádná	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1.13	Epidemie, pandemie	0	žádná	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1.14	Epifytie (hromadné nákazy polních kultur)	0	žádná	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1.15	Epizootie (prudká nakažlivá onemocnění zvířat)	0	žádná	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1.16	Zanášení korýt vodních toků	0	žádná	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1.17	Půdní eroze	0	žádná	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1.18	Propady zemského povrchu (přírodní dutiny, dílní činnost, ...)	0	žádná	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1.19	Zemětřesení	0	žádná	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			

Obr. 1 Grafické rozhraní rizikového kalkulátoru RISKAN-B

3.1.2 Metoda KARS (Kvalitativní Analýza Rizik s použitím jejich Souvztažností)

Jak již název napovídá, jde o kvalitativní analýzu rizik, jež se zabývá souvztažností rizik. Hodnotí vztah vybraných rizik a jejich možnost způsobit vznik jiného rizika, případně celý domino efekt. Cílem této metody je ohodnotit rizika z jiného pohledu, než jen na základě hrozby a zranitelnosti aktiv a tím zvýšit přesnost celé analýzy.

V každém systému najdeme rizika, která na sebe působí a vzájemně se ovlivňují. Těžko bychom hledali systém, ve kterém by existovalo pouze jediné riziko a systém byl tzv. „monorizikový“. Lze tedy konstatovat, že neexistuje absolutně bezpečný systém a že všechny systémy jsou „polyrizikové“. Z toho lze předpokládat, že tato existující rizika se budou projevovat vzájemnou souvztažností.

Princip této metody lze nejlépe vysvětlit na příkladu.

V systému, který nás zajímá a pro který vytváříme analýzu, jsme objevili 5 různých rizik:

1. Požár
2. Výbuch
3. Únik nebezpečné látky
4. Povodeň
5. Dopravní nehoda (DN)

Tyto rizika zaneseme do matice zvané „tabulka souvztažností“ a určíme, které riziko má schopnost vyvolat další sekundární rizika. Schopnost vyvolat toto riziko bude reprezentovat hodnota „1“, neutrálnost bude reprezentována hodnotou „0“. Pro každé riziko vytvoříme jeden sloupec a řádek, diagonálu tabulky můžeme rovnou doplnit nulami, protože riziko nemůže vyvolat samo sebe.

Dále pokračujeme tak, že porovnáváme, zda rizika v jednotlivých řádcích mohou vyvolat rizika ve sloupcích. Po vyplnění vztahů všech rizik sečteme hodnoty v jednotlivých řádcích a sloupcích. Výslednou tabulku pro těchto 5 rizik můžete vidět níže.

Tab. 2 Modelová tabulka souvztažností

Riziko	1. Požár	2. Výbuch	3. Únik NL	4. Povodeň	5. DN	Součet
1. Požár	0	1	1	0	0	2
2. Výbuch	1	0	1	0	0	2
3. Únik NL	1	1	0	0	0	2
4. Povodeň	0	0	1	0	0	1
5. DN	1	1	1	0	0	3
Součet	3	3	4	0	0	

Pozn.: Pro správnost výsledků tabulky je nutná znalost příčin a následků jednotlivých rizik.

Máme tedy systém s x riziky, v našem případě $x = 5$. Rizika v řádcích budeme označovat jako R_i (pro $i = 1$ až x) a rizika ve sloupcích jako R_j .

Dalším krokem je výpočet koeficientů aktivity a pasivity, pomocí kterých bude provedeno konečné hodnocení.

Koeficient aktivity K_{ARi}

Je procentuální vyjádření počtu návazných rizik R_j , která mohou být vyvolána, v případě že nastane riziko R_i .

Koeficient pasivity K_{PRj}

Je procentuální vyjádření počtu rizik R_i , které mají schopnost vyvolat svým působením riziko R_j .

Pro vyjádření těchto koeficientů je nejprve nutné zjistit počet možných interakcí jednoho rizika s celkovým počtem rizik. Jednotlivá rizika mohou s dalšími reagovat vždy jen jednou, ale vzhledem k tomu, že riziko nemůže vyvolat samo sebe, je nutné od celkového počtu rizik x odečíst hodnotu 1.

Celkový počet interakcí je tak roven hodnotě $x - 1$.

Jednotlivé koeficienty pak vypočítáme pomocí následujících vztahů:

$$K_{ARi} = \frac{\sum R_{i,j}}{x - 1} \times 100 [\%] \quad (j = 1 \text{ až } x) \quad (1)$$

$$K_{PRj} = \frac{\sum R_{j,i}}{x - 1} \times 100 [\%] \quad (i = 1 \text{ až } x) \quad (2)$$

Hodnoty koeficientů pak pro lepší přehlednost sestavíme do následující tabulky:

Tab. 3 Tabulka koeficientů aktivity a pasivity pro jednotlivá rizika

Riziko R_i	1.	2.	3.	4.	5.
$K_{ARi} [\%]$	50	50	50	25	75
$K_{PRj} [\%]$	75	75	100	0	0

Graf souvztažnosti

Tato část je cílem celé analýzy souvztažností rizik. Koeficienty aktivity a pasivity jednotlivých rizik zaneseme do grafu, z něhož pak lze snadno vyčíst, která rizika mají nejvyšší váhu. Než ale provedeme samotné dosazení do grafu, je třeba stanovit si oblasti významnosti rizik. To provedeme rozdělením grafu dvěma osami, které nazveme O_1 a O_2 .

Tím se graf rozdělí do 4 oblastí:

- I. Oblast **primárně i sekundárně** závažných rizik
- II. Oblast **sekundárně** závažných rizik
- III. Oblast **primárně** závažných rizik
- IV. Oblast **nízké závažnosti** rizik

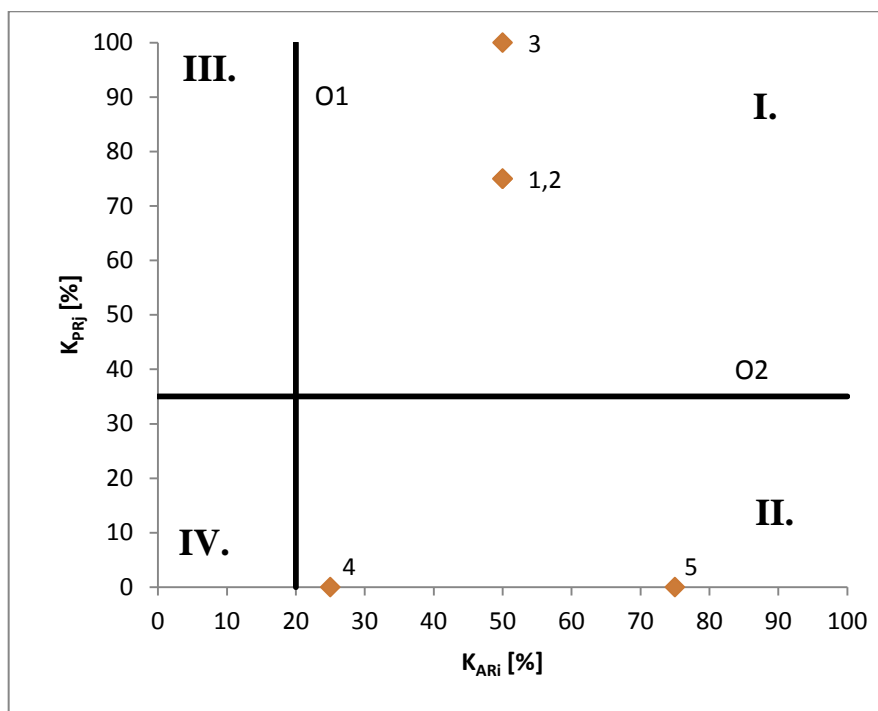
Pro výpočet umístění těchto os je nutné určit si, jaké procento celkové oblasti rizik chceme pokrývat I. oblastí závažnosti. Vyberme tedy například 80%. Hodnoty (min) odpovídají nejmenší hodnotě koeficientu vyjma nuly.

Výpočet pak bude vypadat následovně:

$$O_1 = K_{ARi(\max)} - \frac{(K_{ARi(\max)} - K_{ARi(\min)})}{100} \times 80$$
$$O_1 = 35 \tag{3}$$

$$O_2 = K_{PRi(\max)} - \frac{(K_{PRi(\max)} - K_{PRi(\min)})}{100} \times 80$$
$$O_2 = 20 \tag{4}$$

Následuje tvorba samotného grafu:



Obr. 2 Příklad grafu analýzy KARS

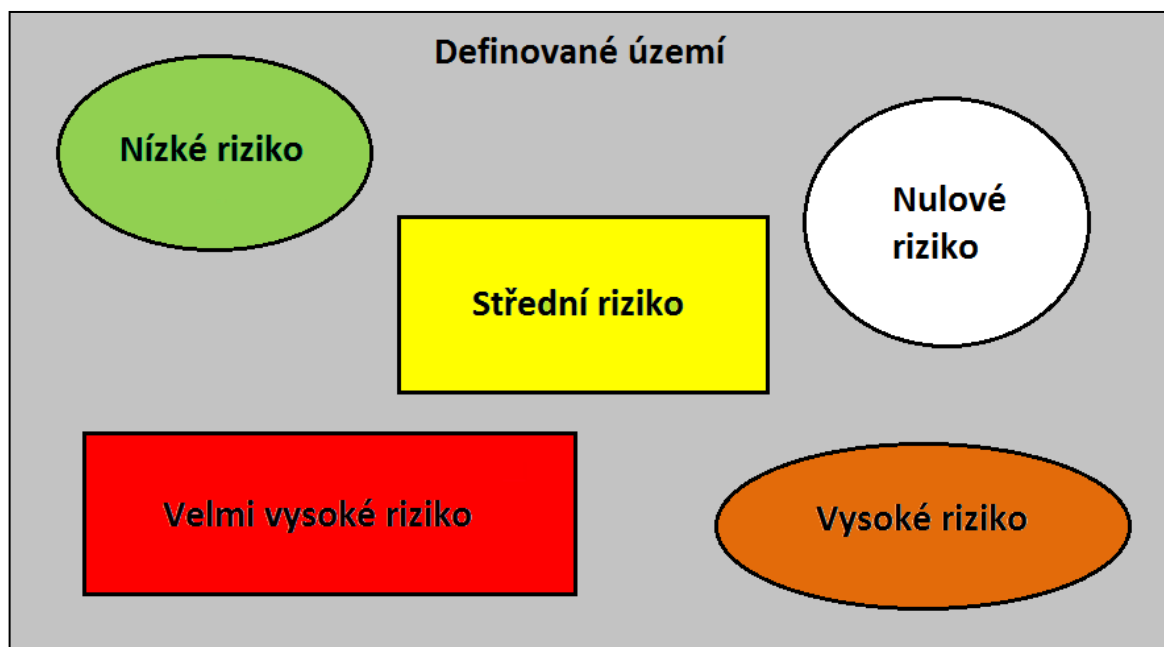
Po sestavení grafu již máme všechny potřebné podklady, dle kterých vyhodnotíme závažnost jednotlivých rizik. To provedeme výčtem rizik z jednotlivých oblastí. Pro konečný výčet sjednotíme oblasti II a III do jedné kategorie.

1. Oblast **I.** – rizika **1,2,3**
2. Oblast **II.** a **III.** – rizika **4,5**
3. Oblast **IV.** je v tomto případě **bez rizik.**

Z tohoto výčtu je patrné, že z ohledu souvztažnosti jsou nejzávažnější rizika 1,2 a 3, těmto bychom při realizaci opatření měli věnovat nejvyšší pozornost. Rizika 4 a 5 mají již nižší závažnost, ale měla by se řešit, co nejdříve to bude možné. Rizika 3. kategorie se řeší, máme-li dostatek času a prostředků, v tomto případě je však tato kategorie prázdná.

4 MAPOVÁNÍ RIZIK

Jak je již z názvu patrné, jde o proces znázorňování rizik na mapě. V průběhu tohoto procesu se využívá výsledků předchozích analýz rizik a hrozeb, či obecných koeficientů, které se vztahují k určité územní oblasti. Výsledkem mapování rizik je mapa rizik, která umožňuje identifikovat složení a úroveň rizika pro všechny části území analyzovaného územního celku. Zobrazuje interakci projevů různých typů hrozeb se zranitelností aktiv na daném území a podává tak obecný přehled o zatížení územního celku myšlenými riziky. Riziko je zde pojato komplexně jako suma rizik pro jednotlivé typy mimořádných událostí. [1]



Obr. 3 Očekávaný výsledek mapování rizik (náčrt mapy rizik) [1]

4.1 Metoda doporučená pro mapování rizik

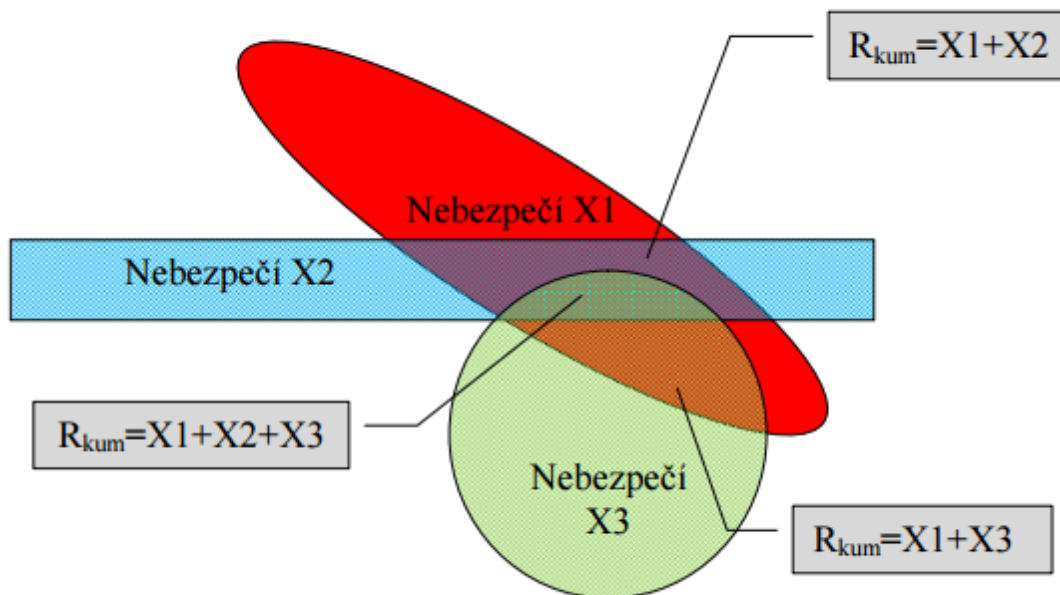
Jde o to metodu, která byla vyvinuta Hasičským záchranným sborem Moravskoslezského kraje na základě metodiky doporučené Evropskou unií a je podrobně rozepsaná v publikaci „Mapování rizik“ z roku 2010 od Antonína Krömera. Z této publikace vychází většina poznatků popsaných v následující části práce.

Tato metoda přehledně zobrazuje různé úrovně rizika na analyzovaném území, skrze zavádění dat do geografických informačních systémů (dále jen „GIS“). Aby byla tato analýza proveditelná a kompletní, musí být analyzované prvky zobrazitelné na mapách, to znamená, že musí existovat datová vrstva GIS nebo musí být k dispozici data, dle kterých se nová

vrstva vygeneruje. Výsledkem této metody je pak mapa rizik, která barevně vyznačí úroveň rizika na definovaném území, kterým může být obec, kraj nebo celá Česká republika. Výsledná mapa kumulovaného rizika pak ukazuje území s nejvyšším výskytem rizika, to by mělo být předmětem dalšího zkoumání a ošetření tohoto rizika. [1]

4.2 Mapa nebezpečí

Mapování nebezpečí je základní fází mapování rizik. Podklady těchto map jsou data o hrozbách, které zahrnují jejich intenzitu a oblast působení. Tyto mapy zobrazují rozsah dopadů možných mimořádných událostí na sledovaném území. Každé nebezpečí musí mít číselné vyjádření jeho míry, které slouží k dalšímu vyhodnocování, z něhož vyplyne, na které rizika je třeba se zaměřit. Výsledná mapa nebezpečí vznikne sloučením geografického rozložení míry jednotlivých rizik, tyto míry rizik se mohou různě překrývat, čímž vznikne kumulovaná míra rizika, která se zobrazuje na výsledné mapě rizika. Princip překrývání míry rizika lze vidět na Obr. 4. [1]



Obr. 4 Kumulace jednotlivých nebezpečí [1]

4.2.1 Typy nebezpečí

Typy nebezpečí se odvozují od analyzované oblasti, existují předem vypsane seznamy nebezpečí, ze kterých si lze vybrat pouze nebezpečí relevantní k dané oblasti. Kdykoliv lze vyjmout nebo přidat další typy nebezpečí na základě analyzovaných oblastí. Pro Českou republiku například nehrozí nebezpečí přímořského charakteru, jakým je tsunami nebo zvyšování hladiny oceánů, kvůli geologické struktuře střední Evropy je velmi malé také riziko zemětřesení, nebo sopečné erupce. Typické druhy nebezpečí vyskytující se v ČR jsou například povodně, požáry, sesuvy půdy, havárie v dopravě a v poslední době také zvyšující se riziko sucha. [1]

Tab. 4 Typy nebezpečí s konkrétním zdrojem [1]

Poř. č.	Označení nebezpečí	Zdroj	Využitelná data pro GIS
1.	Přirozená povodeň	Vodní tok	5 – letá, 20 – letá a 100 letá povodeň
2.	Únik NL	Zařízení provozovatele	Zóny ohrožení
3.	Havárie v silniční dopravě	Silniční vozidlo	Silniční síť
4.	Chřipka ptáků	Velkochov	Ochranná pásma velkochovů

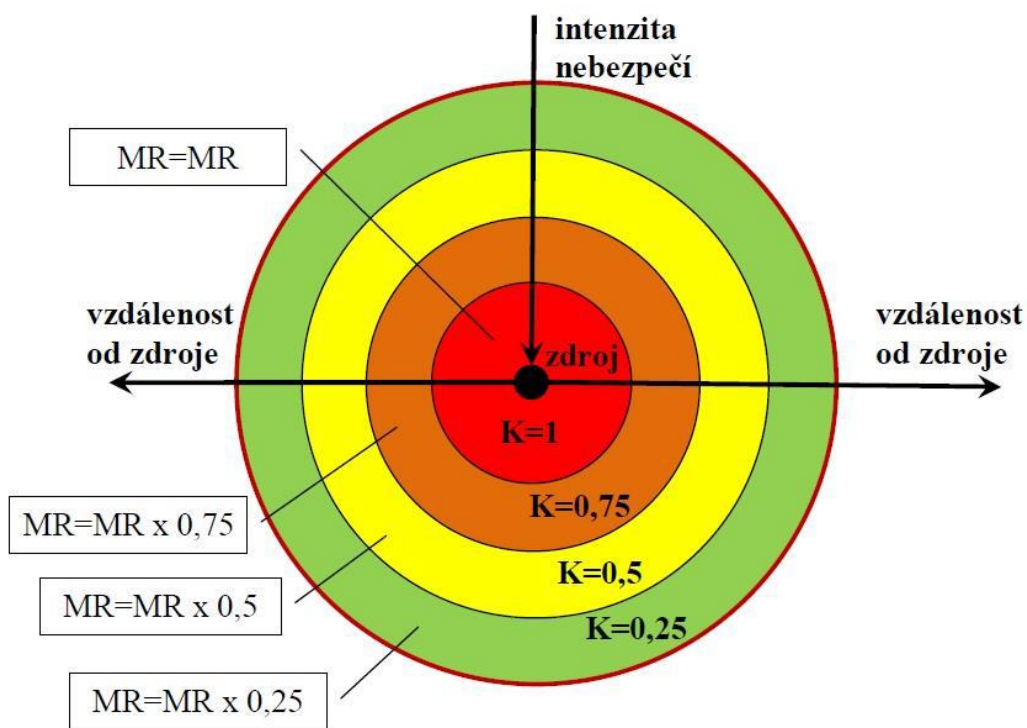
Tab. 5 Typy nebezpečí bez konkrétního zdroje [1]

Poř. č.	Označení nebezpečí	Využitelná data pro GIS
1.	Sněhová kalamita	Mapa sněhových oblastí
2.	Větrná bouře	Mapa větrných oblastí
3.	Lesní požár	Lesní porost
4.	Požár	Statistické údaje o zásazích na území

Dalšími příklady typů nebezpečí mohou být úniky nebezpečných látek, protržení vodních děl s následnou průlomovou vlnou a jiných rizik, které mohou být ovlivněny více prvky. [1]

4.3 Koeficient nebezpečí

Jde o důležitý parametr vyskytující se v mapování nebezpečí. Vzhledem k tomu, že různá rizika se vyznačují různou oblastí jejich působení, bylo nutné tuto variabilitu určitým způsobem zaznamenat. K tomu slouží právě tento koeficient, který jednoduše vyznačuje obalové zóny jednotlivých rizik, ty jsou již jednoduše zaznamenatelné do mapy v podobě vektorových dat. Nebezpečí vždy pochází z určitého zdroje, v oblastech blízkých tomuto zdroji je vyvolané nebezpečí intenzivnější, než u oblastí více vzdálených od zdroje. Obr. 5 znázorňuje výpočet míry rizika, která je závislá na vzdálenosti od zdroje. [1]



Obr. 5 Vyjádření intenzity nebezpečí – koeficienty K [1]

4.4 Mapa zranitelnosti

Jde o mapu, která zobrazuje rozložení jednotlivých aktiv a jejich zranitelnost, obecně ji lze interpretovat jako schopnost území negativně reagovat na působení mimořádných událostí v různých stupních citlivosti. Tato mapa je výrazně zjednodušeným modelem reality a většinou se provádí jako druhá fáze mapování rizik. [1]

Jako základní prvky zranitelnosti se uvádí obyvatelstvo, kritická infrastruktura, veřejná infrastruktura a životní prostředí.

Obyvatelstvo se zakresluje zpravidla dle rozmístění obytné zástavby a vychází ze statistických údajů. Pro potřeby mapování rizik se jedná o obyvatele přihlášené k trvalému pobytu na určité ploše obydlené oblasti. Dalším upřesňujícím prvkem může být charakter zástavby, jako jsou městská centra, průmyslové zóny, výškové zástavby nebo obytné oblasti. [1]

Kritickou infrastrukturou rozumí výrobní a nevýrobní systémy a služby, jejichž narušení nebo nefunkčnost by měla závažný dopad na bezpečnost státu, ekonomiku, veřejnou správu a zabezpečení základních životních potřeb obyvatelstva. Jedná se o systém jednotlivých objektů, kdy při narušení nebo nefunkčnosti těchto objektů dochází k závažným dopadům na bezpečnost státu a zabezpečení základních životních potřeb obyvatelstva nebo ekonomiky. [1]

Veřejná infrastruktura zahrnuje tyto dílčí infrastruktury - dopravní, technickou infrastrukturu a občanské vybavení a veřejné prostranství, které je nezbytné pro chod státu. Její pojetí se nachází mimo jiné ve stavebním zákoně. [1]

Životní prostředí jsou všechny biotické a abiotické složky přírody, které vytváří a zajišťují přirozeně udržitelné podmínky pro život organických složek. Mezi tyto složky patří člověk a mnoho dalších organismů, popřípadě ekosystémů. Pro mapování zranitelnosti jsou důležité především biotické složky. [1]

V případě chybějících mapových podkladů pro zranitelnost je nutno vycházet z pravdivých statistických dat, které se následně zaznamenají jako nové mapové vrstvy. Pro tvorbu finální mapy kumulovaného rizika je vhodné vyjádřit různé hodnoty intenzity zranitelnosti pomocí koeficientů intenzity v rozmezí $Z \leq 1$ (kde Z je rovno zranitelnosti) a z těchto jednotlivých zranitelností následně vytvořit mapu kumulované zranitelnosti. [1]

Tab. 6 Obecné prvky zranitelnosti zahrnuté do mapování rizik [1]

Prvek zranitelnosti			Data využitelná Pro GIS
Poř. č.	Kategorie zranitelnosti	Označení prvku zranitelnosti	
1.	Obyvatelstvo	Obyvatelstvo	Počet obyvatel podle částí obcí nebo základních sídelních jednotek
2.	Kritická infrastruktura	Kritická infrastruktura	Dislokace subjektů a prvků kritické infrastruktury (přehledy s adresací)
3.	Veřejná/dopravní infrastruktura	Silnice	Silniční síť
4.		Železnice	Železniční síť
5.		Vodní cesty	Síť vodních cest
6.	Technická infrastruktura	Elektrické vedení	Rozvodná síť
7.		Veřejné vodovody	Distribuční síť pitných vod, dislokace zdrojů vody
9.	Životní prostředí	Životní biotické prostředí	Vybrané kategorie prvků ZABAGED

Je třeba upozornit, že tento výčet je pouze informativní a popisuje pouze základní členění jednotlivých prvků zranitelnosti. Reálný výčet závisí na dostupnosti dat v dané oblasti, výhoda GIS je, že do mapy lze snadno přidávat další prvky zranitelnosti a následný přepočít mapy výsledného rizika se automaticky aktualizuje. [1]

4.5 Mapa kumulovaného rizika

Je třetí fází mapování rizik. Získá se propojením mapy nebezpečí a mapy kumulované zranitelnosti. Pro správné určení míry rizika je také nutné brát v potaz možnost překrývání jednotlivých rizik na jednom místě. Toto je řešeno výpočtem takzvaného „kumulovaného rizika“, matematicky jej lze vyjádřit následující rovnicí: $R_{kum} = MR_{kum} \times Z$. Maximální hodnota kumulovaného rizika může dosahovat hodnoty 1. K tomu dojde pouze v případě, že je míra zranitelnost i nebezpečí rovna hodnotě 1, což je ale velmi nepravděpodobné. Pro

jednoduché a přehledné kartografické zobrazení je doporučeno rozdělení do jednotlivých částí v intervalu (0-1). Tím lze získat škálu 5 úrovní rizika, které jsou popsány v Tab. 7.

Tab. 7 Barevná škála míry rizika [1]

Rozsah hodnot	Barva	Vyjádření rizika
>0,6	červená	Velmi vysoké
0,6 – 0,5	oranžová	Vysoké
0,4 – 0,3	žlutá	Střední
0,2 – 0,1	světle zelená	Nízké
<0,1	zelená	Velmi nízké

V oblasti geografických informačních systémů se dále pracuje s mapou připravenosti, která zobrazuje připravenost lidských, materiálních a dalších zdrojů, potřebných k minimalizaci negativních následků MU. Zahrnuje především složky IZS. Tato mapa je potřebná k vytvoření konečného výsledku analýzy rizik v GIS, čímž je mapa korigovaného rizika. Ta zobrazuje nejen oblasti se zvýšenými riziky, ale také zda jsou tyto rizika řádně řešena. Vzhledem malé rozloze analyzovaného území a tomu, že řešení samotné problematiky mapy připravenosti by vydalo za další bakalářskou práci, rozhodl jsem se tímto nezabývat.

4.6 Geografický informační systém

GIS (anglicky: *Geographic information system*) je systém programových platform, sloužících k získávání, ukládání, analýze a vizualizaci geografických dat, obecně zvaných „geodata“. Tyto data se ukládají do prostorové databáze (geodatabáze), která umožňuje aplikaci prostorových dotazů, případně provádění složitých analýz v interakci s GIS softwarem. Výstupem může být mapa (a to jak digitální, tak i klasická papírová), trojrozměrný model území, případně dynamická animace konkrétního jevu. Toho lze využít mimo jiné také v oblasti krizového řízení, např. pro management složek integrovaného záchranného sboru (ISZ ČR) při krizové situaci, zpracování krizových/povodňových plánů atd. Celkově je tento systém složený z hardwarových softwarových prostředků, geodat a uživatelů. Tyto systémy jsou využívány v širokém rozsahu odvětví, převážně však ve veřejné správě, správě inženýrských sítí, zemědělství, lesnictví, krizovém managementu a dalších. [6]

GIS stále více pronikají do rozličných profesních sfér, i těch, které přímo nesouvisí s geografii, protože jsou skvělým nástrojem pro vytváření studií, analýz a modelů týkajících se

konkrétního území a jejich následnou vizualizaci a prezentaci. Hlavní doménou GIS je propojení mapy, jakožto prezentačního média, s databází, která obsahuje polohopisné i popisné charakteristiky objektů, případně popisuje vztahy mezi nimi. Nejen z těchto důvodů stále více vysokých škol vyučuje předměty s GIS tematikou a je snahou začlenit GIS i do středoškolských osnov. Společnost začíná vnímat obrovský potenciál GIS nástrojů, které jsou bohužel v některých úlohách stále opomíjeny na úkor méně efektivních metod a systémů. [12]

4.6.1 GIS v krizovém řízení

Se snahou zvyšovat bezpečnost je potřeba mít pokud možno veškeré informace rychle a za všech podmínek dostupné u všech složek krizového řízení. Důraz je kladen také na zabezpečení a ochranu dat proti zneužití. Data musí být v uložena v centrálním úložišti, ke kterému mají okamžitý přístup všechny složky krizového řízení. Komunikace v krizovém řízení musí být oboustranná, jak na úrovni krajů, tak i operačních a technických důstojníků, proto je nutná provázanost informačních systémů jak na hardwarové, tak softwarové úrovni. GIS tyto požadavky výborně splňuje, navíc umožňuje i další rozvoj systému a jednoduché udržování aktuálnosti všech dat.

Mapování rizik by bylo bez použití GIS extrémně náročné a neflexibilní, proto byly pro tento účel vytvořeny programy jako je ArcGIS, nebo QGIS.

GIS tak usnadňuje práci operátorům, jsou schopni pohotově vyhledat mimořádnou událost na mapě a podat informace o hrozících nebezpečích v zásahové oblasti nebo lépe korigovat pohyb složek IZS. [6]

Mimo tento pohotový přístup k informacím GIS nabízí také přehledné zobrazování rizik na mapě, jejich jednoduché doplňování, vyhodnocování a ošetřování v kontextu s potřebami či nedostatky daného území.

4.6.2 Datové modely GIS

GIS využívají 3 základní typy informací:

1. **Prostorové informace**, které určují tvar, pozici a vztah k ostatním územím nebo objektům.

2. **Popisná informace, atributy**, které představují neprostorové parametry jednotlivých prostorových informací. Zpravidla obsahují data důležitá pro analýzu na daném území, jako jsou například míra rizika, nebo zranitelnosti.
3. **Časová informace** obsahující datum, které se týká posledních úprav, či změn existence daných prvků.

4.6.3 Prostorová data

Prostorová data jsou základním typem dat nezbytných pro vytvoření analýzy nebo charakteristiky sledovaného prostředí.

Prostorová data lze do GIS zadávat v těchto podobách:

- **Bod** je bezrozměrný, určuje pouze umístění určitého prvku, ne však jeho velikost. Bodem lze vyjádřit objekt nebo místo, které je malé a nemusí být znázorněno plochou nebo linií.
- **Linie** je měřitelná v jednom rozměru a charakterizuje ji délka, tvar a umístění. Jedná se většinou o vrstevnice, řeky, silnice, hranice nebo úzké objekty, které není třeba zobrazovat plošně.
- **Plocha (polygon)** je určena svým tvarem, rozlohou a umístěním. Jedná se o uzavřené hranice oblasti, lesy, jezery, pole zastavěné území nebo rizikové oblasti.

4.6.4 Vektorový datový model

Je definován pomocí tří základních geometrických prvků: bodem, linií a polygonem. Jde o orientovanou úsečku (vektor) tvořenou souřadnicemi. Nemusí se jednat jen o úsečku, ale může být zobrazen i jako křivka. Tento typ modelu se využívá pro zaznamenání většiny analyzovaných dat.

4.6.5 Rastrový datový model

Základní stavební prvek tohoto modelu je buňka, většinou zobrazována jako čtverec. Může se vyskytnout i v podobě trojúhelníku, obdélníku nebo osmiúhelníku. Každá buňka rastru má barvu a souřadnici na které se nachází. Tento model se využívá především pro mapové podklady analyzovaného území.

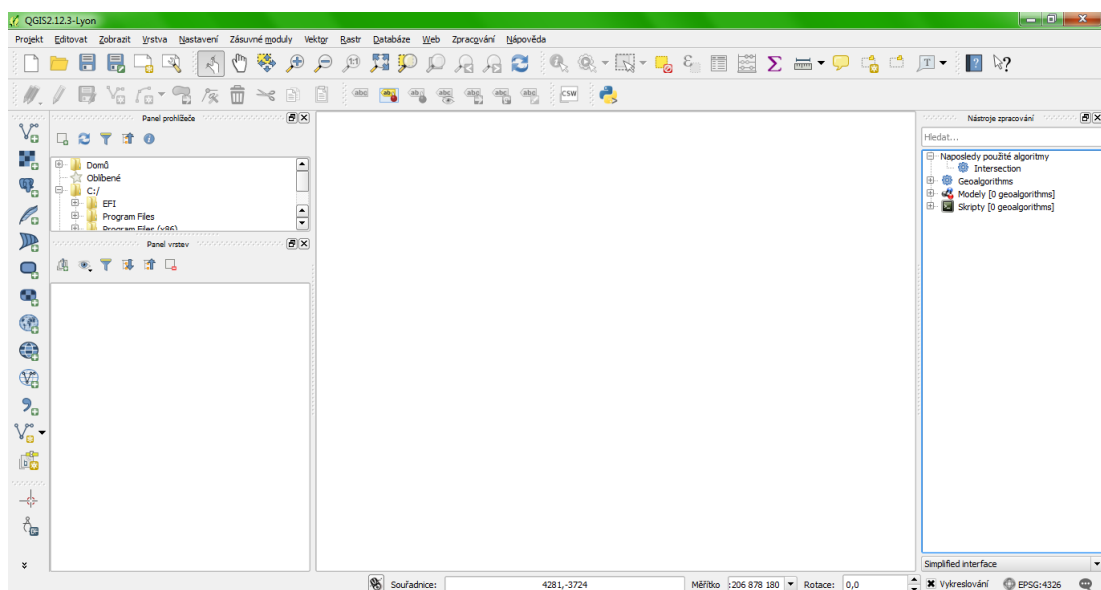
4.7 Příprava vstupních dat

Pro správné zaznamenání dat do GIS je nutné tyto data převést do formy kompatibilní s tímto softwarem, tudíž rastrový obrázek nebo vektorovou vrstvu. Výhoda je, že přímo rozhraní GIS nabízí možnost konverze vektorových dat na rastrové. Při porovnání vektorových a rastrových dat, je doporučeno pracovat s vektorovým modelem, vzhledem k menší velikosti dat při obsažení více atributů a propojením více vrstev z dané databáze.

4.8 Software vybraný pro mapování rizik – QGIS

QGIS je multiplatformní geografický informační systém (GIS) s širokou komunitou uživatelů a nepřeberným množstvím zásuvných modulů. Má minimální požadavky na hardware a je zdarma, je proto vhodný jak pro občasné použití, tak pro nejnáročnější aplikace. Je vyvíjen jako Open Source, což zaručuje dlouhodobou udržitelnost fungování vyvinutého pracovního postupu i jeho rozšiřitelnost. Vývoj, který započal roku 2002, zajišťuje skupina dobrovolníků, verze s označením 1.0 vyšla 5. ledna 2009. Je klíčovou komponentou systému produktů Open Source Geospatial Foundation, který umožňuje komplexní a profesionální využití geografických dat. [13]

QGIS umožňuje zejména prohlížení, tvorbu a editaci rastrových a vektorových geodat, zpracování GPS dat a tvorbu mapových výstupů. Funkčnost rozšiřují zásuvné moduly, z pohledu analýz geografických dat je významný modul GRASS GIS. Pro tuto práci jsem využil QGIS ve verzi 2.12 s označením „Lyon“ vydaný 23. 10. 2015.



Obr. 6 Grafické rozhraní softwaru QGIS

5 LEGISLATIVA

Legislativa související s analýzou a mapováním rizik.

Předpis č. 320/2015 Sb. Zákon o Hasičském záchranném sboru České republiky a o změně některých zákonů (zákon o hasičském záchranném sboru)

Definuje postupy HZS při mimořádných událostech a krizových situacích.

Předpis č. 239/2000 Sb. Zákon o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů

Ukládá ministerstvům, jiným ústředním správním úřadům a dalším subjektům povinnosti při přípravě na mimořádné události, při provádění záchranných a likvidačních prací a při ochraně obyvatelstva v oboru své působnosti.

Předpis č. 240/2000 Sb. Zákon o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon)

Vymezuje pojmy v oblasti krizového řízení a orgány zabývající se jím. Dále uvádí pravomoci a povinnosti ministerstev a dalších orgánů při krizových stavech, subjekty kritické infrastruktury, povinnost tvorby plánů krizové připravenosti a sankce za neplnění těchto povinností.

Předpis č. 241/2000 Sb. Zákon o hospodářských opatřeních pro krizové stavy a o změně některých souvisejících zákonů

Určuje působnost orgánů v systému hospodářských opatření pro krizové stavy, systém hospodářských opatření pro krizové stavy, systém hospodářské mobilizace, postup vyhlášení krizového stavu, subjekty hospodářské mobilizace, regulační opatření a sankce za porušování těchto opatření.

Předpis č. 254/2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)

Zmiňuje zpracování plánů povodí a plánů pro zvládnutí povodňových rizik, opatření pro dosažení cílů v plánech, zranitelné oblasti. Dále definuje havárie v oblasti vod, povinnosti při těchto haváriích a opatření k nápravě. Také popisuje ochranu před povodněmi a zvládnutí povodňových rizik.

Předpis č. 224/2015 Sb. Zákon o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií)

Určuje objekty, u kterých je nutné zpracování bezpečnostní dokumentace z důvodu rizika závažné havárie, havarijní plánování, způsob informování veřejnosti, kontrolu předpisů a sankce za jejich neplnění či porušování.

6 CÍLE A METODIKA ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Hlavním cílem této práce je vytvořit přehlednou analýzu rizik na základním územně samosprávném celku, jímž je obec Nedakonice. Vedlejším cílem je pak otestování samotné metodiky použité analýzy a zhodnocení jejího potenciálu pro využití v dalších obcích.

Dalším cílem je ověření možností využití bezplatného softwaru GIS v oblasti mapování rizik a jeho aplikace na konkrétní prostředí.

Základní struktura metodiky řešení práce se bude skládat z metody pozorování, pomocí které proběhne sumarizace a ohodnocení závažnosti jednotlivých hrozeb v obci, dále z analýzy shromážděných informací a následného převodu na model, z něhož bude možné jednoduše zhodnotit rozložení rizik na území obce. Jako doplňkové metody se mohou vyskytnout dedukce a explanace.

Samotná analýza se bude skládat z výpočtu rizika pomocí rizikového kalkulátoru RISKAN-B a doplňující metody KARS, která poslouží k přesnějšímu stanovení priority rizik.

Modelování proběhne skrze software QGIS v aktuální verzi 2.12 označené jako Lyon.

PRAKTICKÁ ČÁST

7 OBEC NEDAKONICE

Obec Nedakonice vznikla dle zákona č. 367/1990 Sb., o obcích ve znění pozdějších předpisů dnem voleb do obecního zastupitelstva v roce 1990. Obec vykonává svoje funkce podle zákona č. 128/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů. [16]

7.1 Obecná charakteristika

Obec leží asi 8 km jihozápadně od Uherského Hradiště na pravém břehu řeky Moravy v oblasti Dolnomoravského úvalu

Terén obce je rovinatý, bez větších změn převýšení. Podloží je tvořeno převážně písčitymi, štěrkovými a jílovými typy hornin. Podnebí je teplé, suché s mírnou zimou. Zástavbu tvoří převážně rodinné domy s dobou výstavby z let 1960 až 1980. V obci je základní škola s 5 třídami a mateřská školka se 2 odděleními. Ve východní části obce je budována podnikatelská zóna, kde jsou umístěny objekty právnických a podnikajících fyzických osob. [17]

Obec je plně elektrifikovaná, má také vlastní zdroj vody a vodovodní síť, některé domy odebírají vodu z vlastních studní, dále je zde veřejný plynovod, kanalizace a čistička odpadních vod. Obcí prochází silnice II. třídy (II/427) a dvoukolejná elektrizovaná celostátní železniční trať Přerov – Břeclav. Zajímavostí je přechod mezi napájecími soustavami železniční trať 3 kV DC a 25 kV/50 Hz AC, který se nachází ve vlakové stanici Nedakonice. Povolená rychlost na této trati je 160 km/h. V roce 2011 byl v obci nainstalován elektrický rozhlas, který zároveň plní funkci varování a vyrozumění obyvatelstva v případě MU.

Středem vesnice dále protéká potok s názvem „Dlouhá řeka“, nachází se zde také rybníky. Územím obce protéká řeka Morava, která se však nenachází v těsné blízkosti obytných staveb, vyjma jednoho stavení. Nejbliže u řeky se nachází zemědělské družstvo a průmyslová zóna. Hráz řeky Moravy prošla v roce 2012 rekonstrukcí proti průsakům.

U Nedakonic se nachází přírodní rezervace Kolébky, která je osídlena chráněnými živočišnými druhy lužních lesů. Je zde vybudován revitalizační zavlažovací kanál a naučná stezka. [16]

Napříč obcí vede vinařská a cykloturistická stezka, která má být postupně rozšířena o další trasu ve směru na Uherský Ostroh. [16]

7.2 Souhrnné údaje

Tab. 8 Souhrnné údaje obce Nedakonice [16]

Kraj:	Zlínský
Okres:	Uherské Hradiště
Katastrální výměra:	8,4 km ²
Počet obyvatel:	1609 (k 1. 1. 2016)
Zeměpisné souřadnice:	49° 1' 43" s. š., 17° 22' 54" v. d.
Nadmořská výška:	178 m
Kód obce:	CZ0722592412
IČ:	00291153
DIČ:	CZ00291153
ZUJ:	592412
PSČ:	687 38



Obr. 7 Mapa katastru obce Nedakonice

7.3 Historie obce

Místo, na kterém Nedakonice leží, bylo osídleno již v pravěku. Nejstarší důkazy zemědělského osídlení neolitickou kulturou z období kolem roku 2500 př. n. l. byly odkryty v polích jižní vsi. Velmi početné slovanské osídlení z 9. – 11. století je doloženo archeologickými nálezy z bývalých osad. [16]

7.3.1 První písemná zmínka

První doložená písemná zmínka o obci pochází z roku 1220, kdy se olomoucký biskup Robert se souhlasem kapituly vzdává některých příjmů z jemu patřících vsí ve prospěch kláštera velehradského. Mezi těmito vsi jsou jmenovány i Nedakonice, které se od toho roku staly majetkem kláštera velehradského. Velehradskému klášteru vesnice patřila až do roku 1784, kdy byl klášter zrušen. [16]

7.3.2 Období husitských válek

Koncem roku 1420 došlo na Moravě k pokusu založit husitský tábor. Podle soudobého kronikáře Vavřince z Březové vznikl tento tábor v Nedakonicích, kde se koncem roku 1420 a počátkem roku 1421 shromáždili sedláci a zemané pod vedením kněží Bedřicha ze Strážnice a Tomáše z Vizovic. Z Nedakonic podnikli moravští husité počátkem roku 1421 několik výpadů proti okolním klášterům a městům. V polovině ledna zpusťovali a vypálili jeden z nejbohatších moravských klášterů Velehrad, upálili zde několik mnichů a po jejich ničivém nájezdu zůstal klášter na několik let opuštěný. I když husitský tábor zřejmě brzy po této události zanikl, pravděpodobně odchodem jeho obránců na blízký Uherský Ostroh, válečné události těžce poznamenaly vesnici a její obyvatele. [16]

Obec byla několikrát vypálená a to jak v době husitské, tak při nájezdech Borkovců a Uhrů, další osídlení někdy trvalo i čtyřicet let. Ve vesnici několikrát řádila morová epidemie, vesnice trpěla za třicetileté války, za napoleonských válek byla vyrabována Švédy. [16]

7.3.3 Historie po husitských válkách

Ve vesnici byly v roce 1629 zbudovány mlýny a zařízení na mletí kaše, krup, lisovna oleje a pila na řezání dřeva z klášterních lesů. Šlo o největší mlýny na Moravě a jejich stavba trvala 10 let. Klášter a jeho majetek přešel na katolický podpůrný spolek, který disponoval majetkem a tento pronajímal. [16]

Ve druhé polovině 17. století žilo v obci 554 dospělých a 179 dětí mluvících česky. Počet obyvatel, kteří se živili převážně zemědělstvím, postupně stoupal. Hlavní zemědělskou produkci tvořila pšenice, žito a ječmen, prosperovalo také pěstování ovoce či rybolov. Obcí procházela obchodní silnice vedoucí z Uherského Hradiště do Bzence. V roce 1880 měla obec 1061 obyvatel, byla zde jednotřídní škola, mlynář, krejčí, obuvníci. [16]

V roce 1908 byla zahájena stavba místní železniční stanice. V roce 1925 byly Nedakonice elektrifikovány. Po II. světové válce došlo k nárůstu obyvatel, byl vybudován kulturní dům, pošta, několik obchodů, kanalizace, čistírna odpadních vod a zrekonstruována základní a mateřská škola a byly zpevněny vozovky v obci. [16]

7.4 Zastupitelstvo obce

Tab. 9 Zastupitelstvo obce Nedakonice [16]

Jméno	Strana	Funkce
Klečka Jaromír	Nezávislí pro obec	starosta
Otrusina Zdeněk, Ing.	KDU-ČSL	místostarosta
Bukovjanová Alena	KDU-ČSL	člen
Rokyta Miroslav, Ing.	Nezávislí kand.obce Nedakonice	člen
Chlachula Michal	Nezávislí kand.obce Nedakonice	člen
Marečková Milena, Ing. Mgr.	KDU-ČSL	člen
Žádníková Helena, Mgr.	STAROSTOVÉ A NEZÁVISLÍ	člen
Mareček Libor, Ing.	Nezávislí kand.obce Nedakonice	člen
Černý Lubomír, Ing.	Nezávislí pro obec	člen
Klečková Lenka	KSČM	člen
Šupka Antonín	KDU-ČSL	člen
Smělík Jiří	STAROSTOVÉ A NEZÁVISLÍ	člen
Rokytová Pavla	STAROSTOVÉ A NEZÁVISLÍ	člen
Burdová Kateřina, Mgr.	Nezávislí pro obec	člen
Král Lubomír	STAROSTOVÉ A NEZÁVISLÍ	člen

7.5 Riziková charakteristika obce

Nedakonice se nachází v geologicky klidné oblasti velmi málo členitého terénu. V širokém okolí se nenachází žádná naleziště uranu a nejsou zde pozůstatky důlní činnosti. Z toho vyplývá, že rizika jako sesuv půdy, sněhové nebo kamenné laviny, propady zemského povrchu, zemětřesení a úniky důlních plynů lze považovat za velmi nízké až zanedbatelné a je možné tyto z analýzy vyřadit. Nenachází se ani silně urbanizované zóně, čímž lze zanedbat riziko teplotní inverze.

Z obecných rizik jsem dále zanedbal geomagnetické bouře, kosmické a UV záření i pád kosmického tělesa, vzhledem k tomu že tyto hrozby jsou pro celé území ČR stejné.

Za místní hrozbu by šly považovat vodní nádrže na území obce, avšak všechny jsou zapuštěny do okolního terénu, tudíž nehrozí, že dojde k bleskové povodni protržením hráze. Stejně tak je na většině území obce zanedbatelné riziko bleskové povodně z příčiny extrémních srážek, vzhledem k rovinatému terénu, na kterém se rozkládá katastr obce, výjimkou by mohly být oblasti s umělými terénními úpravami.

Na trase potoka Dlouhá řeka se nad Nedakonicemi ve vzdálenosti přibližně 6 kilometrů proti proudu nachází vodní nádrž Sovín, k. ú. Buchlovice. Při poruše ohrožuje Nedakonice, avšak pouze v malé až zanedbatelné míře. Povodňový plán pro vodní nádrž Sovín není zpracovaný, existuje ovšem její manipulační řád.

Významnými zdroji rizik v Nedakonicích jsou především silnice II. třídy procházející obcí, železniční trať, potok „Dlouhá řeka“ procházející středem obce a řeka Morava.

7.6 Mimořádné události v obci od roku 1997

5. - 16. 7. 1997 Povodně. Nedakonice, jako jedna z mála obcí ležících v těsné blízkosti řeky Moravy, nebyla touto povodní významně zasažena. Došlo pouze k zaplavení polí v části Mlýnské protečením vody přes kanál zemědělského družstva a k prosakování vody skrze zvýšený břeh řeky.

20. 10. 2006 Požár v síle podniku dřevovýroby

15. 8. 2008, 4. 10. 2008, 6. 12. 2008 Čerpání vody (železniční podjezd na Polešovice)

7. 5. 2009 Požár lesa

22. 9. 2009 Požár u železniční trati Nedakonice

12. 6. 2010 Vichřice

9. 6. 2011 Čerpání vody (žel. podjezd) Vlivem vytrvalého deště došlo k zaplavení podjezdu na celé šíři vozovky. Z důvodu zanesení výpustí na vozovce nebylo možné vodu automaticky odčerpat místní přečerpávací stanicí. Po vyčištění výpustí byla voda následně odčerpána místní přečerpávací stanicí.

22. 8. 2011 Požár zbytků slámy na poli

26. 8. 2011 Požár železničního náspu v železniční stanici Nedakonice a břehu potoka Dlouhá řeka.

14. 2. 2012 Požár travního porostu v Nedakonicích

18. 6. 2012 Požár Nedakonice požáru budky cca 3x3m

7. 5. 2014 Požár železničního náspu Nedakonice

4. 9. 2014 Požár trakční napájecí stanice Nedakonice

9, 10. 8. 2015 Požár náspu železniční trati

23. 2. 2016 Nedakonice Likvidace ropné látky na obecní komunikaci u mateřské školky.

Všechny výše uvedené informace jsou výtahem z přehledu historie na stránkách SHD Nedakonice [18]

8 ANALÝZA RIZIKOVÝM KALKULÁTOREM RISKAN-B

Z analýzy tabulkovým kalkulátorem RISKNA-B vyplývá velmi vysoké riziko dopravní havárie s dopadem především na děti, mládež a obyvatelstvo v důchodovém věku. Vzhledem k absenci chodníků u velmi frekventované silnice II. třídy, která prochází hustě obydlenou částí obce, je toto riziko opravdu závažné. Středně ohrožené jsou tímto rizikem také obytné domy nacházející se podél trasy této silnice.

Stejně závažné je riziko požáru, které nejvíce ohrožuje děti v předškolním věku, obyvatele v důchodovém věku a obyvatele se sníženou mobilitou. Dále jsou tímto rizikem středně ohroženy obytné domy a budova obecního úřadu. V případě požáru ve zbrojnici JSDH je riziko vyšší, kvůli znemožnění její účasti na hašení požáru a nutnosti dojezdu jednotek z Uherského Hradiště.

Středním rizikem byly ohodnoceny záplavy, jež ohrožují především obytné domy staršího data výstavby a zdroje pitné vody, jež by se zaplavením znehodnotily. Částečně jsou ohroženy také osoby se sníženou mobilitou a děti předškolního věku.

Čtvrtá zvýšená hodnota rizika se objevila u rizika zhruby extrémního vedra a sucha, v tomto případě jsou ohroženi hlavně důchodci a lidé v horším zdravotním stavu. Vedra by také mohly způsobit úbytek podzemní vody.

Tab. 10 Výsledek analýzy rizikovým kalkulátorem RISKAN-B

<div style="text-align: center;">RISKAN-B Rizikový kalkulátor</div>		Aktiva →																						
		5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Hrozby		Pravděpodobnost		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1.	Živelní pohromy	5	velmi vysoká	75	75	50	50	75	30	27	32	40	40	40	60	60	48	48	30	30	30	30	48	48
1.1	Požár (přírodní i lidského původu)	5	velmi vysoká	75	75	50	50	75	30	30	0	0	40	40	60	60	40	40	30	30	30	20	20	20
1.2	Záplavy a povodně (deště, tání sněhu, protřetí hráze)	4	vysoká	40	40	20	20	40	32	12	12	32	16	16	16	16	48	48	24	24	24	48	48	16
1.3	Vichřice, větrné smřítě, tomáda	3	střední	30	30	30	30	30	18	18	0	0	12	12	12	12	9	9	9	24	0	24	0	27
1.4	Krupobíjí, přívalové deště	3	střední	15	15	15	15	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5	Sněhové vánice a kalamity	2	nizká	20	20	20	20	12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.6	Extrémní vedra a sucha	3	střední	45	30	15	15	45	24	18	18	24	0	0	0	0	0	0	0	0	24	24	0	0
1.7	Silné mrazy	2	nizká	20	20	10	10	20	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	16	12
1.8	Námrazy, náledí, ledovky, mraznoucí dešť	2	nizká	30	10	10	10	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.9	Epidemie, pandemie	3	střední	30	30	15	15	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.10	Epifytie (chromadné náklady poňok kultur)	3	střední	0	0	0	0	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.11	Epizootie (prudká nakažlivá onemocnění zvířat)	3	střední	30	30	30	30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.12	Zanášení koryt vodních toků	3	střední	0	0	0	0	27	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	18
1.13	Půdní eroze	1	zanedbatelná	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.14	Zvýšená přírodní radioaktivita (nalezitě uranu, únik radonu)	1	zanedbatelná	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.	Průmyslové a dopravní havárie	5	velmi vysoká	75	75	75	50	75	24	18	18	24	20	20	20	40	40	30	15	15	15	24	24	20
2.1	Dopravní havárie	5	velmi vysoká	75	75	75	50	75	0	0	0	20	20	20	20	40	40	30	15	15	15	20	20	20
2.2	Výbuch	2	nizká	30	30	30	30	30	0	0	0	16	16	16	16	24	12	12	12	12	8	8	0	0
2.3	Únik ropných produktů	3	střední	15	15	15	15	15	24	18	18	24	0	0	0	0	0	0	0	0	24	24	0	0
2.4	Únik toxických látek	2	nizká	30	30	30	30	30	6	6	6	8	8	8	0	0	0	0	0	0	24	24	0	0
2.5	Provozní havárie	2	nizká	20	10	10	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	24	0	0

Pozn. Tabulka je zkrácená o oblast bez výskytu vážnějších rizik, kompletní tabulka ve větším rozlišení viz příloha P I.

9 ANALÝZA METODOU KARS

Pro další zpracování metodou KARS jsem vybral rizika, které kalkulátor RISKAN-B ohodnotil koeficientem větším než 30, což pokrývá 2/3 stupnice hodnocení rizik s rozsahem 0 až 90. Ostatní rizika se dají považovat za zanedbatelné, či nijak nevybočující z běžných hodnot. Jednotlivé rizika byly zapsány do následující tabulky.

Tab. 11 Tabulka souvztažností pro vybrané rizika

P.č.	Riziko	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	AR _i
1	Požár	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3
2	Záplavy	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	3
3	Vichřice	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	4
4	Vedra	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3
5	Ledovka	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
6	Epidemie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Epizootie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	DH	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	4
9	Výbuch	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3
10	Únik TL	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
11	DS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	PR_j	5	0	0	0	0	1	0	2	4	7	5	Součet

Pozn. DH = dopravní haváre, Únik TL = únik toxických látek, DS = destrukce staveb

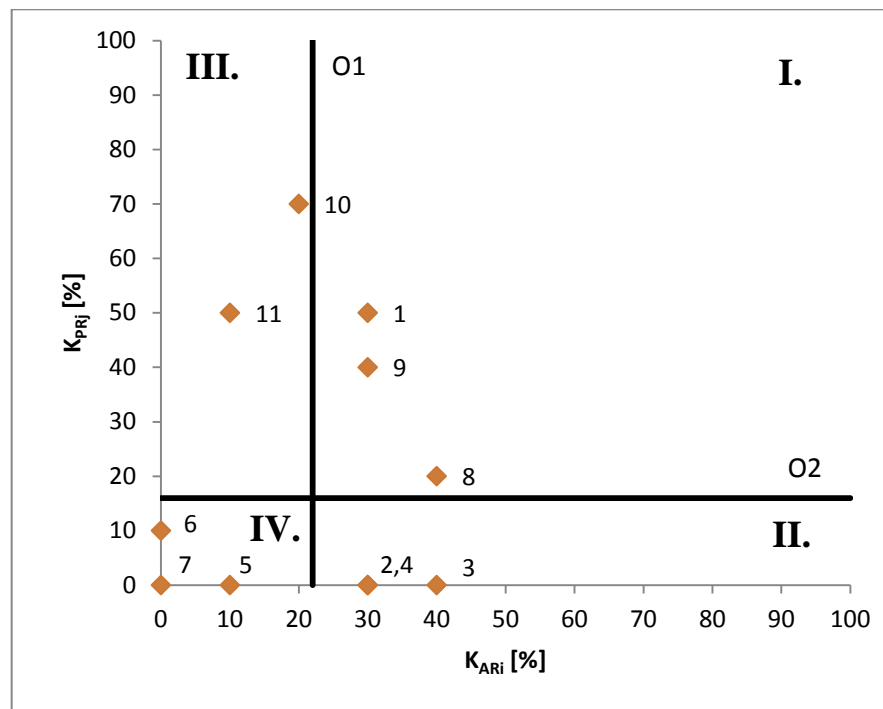
Po dosazení do rovnic (viz str. 19) a jejich vypočtení, byly hodnoty koeficientů aktivity a pasivity jednotlivých rizik zapsány do Tab. 12.

Tab. 12 Tabulka vypočtených koeficientů

Riziko R _i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
K _{AR_i} [%]	30	30	40	30	10	0	0	40	30	20	10
K _{PR_j} [%]	50	0	0	0	0	10	0	20	40	70	50

Dále následoval výpočet os pro rozdělení grafu na 4 kvadranty závažnosti rizik (výpočet viz str. 20), pro I. kvadrant bylo vybráno 80% pokrytí, stejně jako v ukázkovém příkladu.

Jednotlivé koeficienty byly vyznačeny v grafu a rozděleny do kvadrantů. Výsledek lze vidět níže na Obr. 8.



Obr. 8 Graf závažnosti rizik

Z grafu vyplývá, že nejzávažnější jsou rizika 1 – požár, 9 – výbuch, 8 – dopravní havárie, 10 – únik toxických látek, z toho rizika 8, 9 a 10 se v obci vztahují především k dopravní infrastruktuře, kterou je v obci silnice II. třídy a železniční trať. Tyto rizika proto budou dále analyzována v části implementace dat do softwaru QGIS.

Riziko požáru nelze ve vztahu s vybranými aktivy spolehlivě analyzovat, proto nebude zahrnuto do mapy nebezpečí, ale pro jeho popsání bude vytvořena samostatná mapa míst se zvýšenou náchylností ke vzniku požáru.

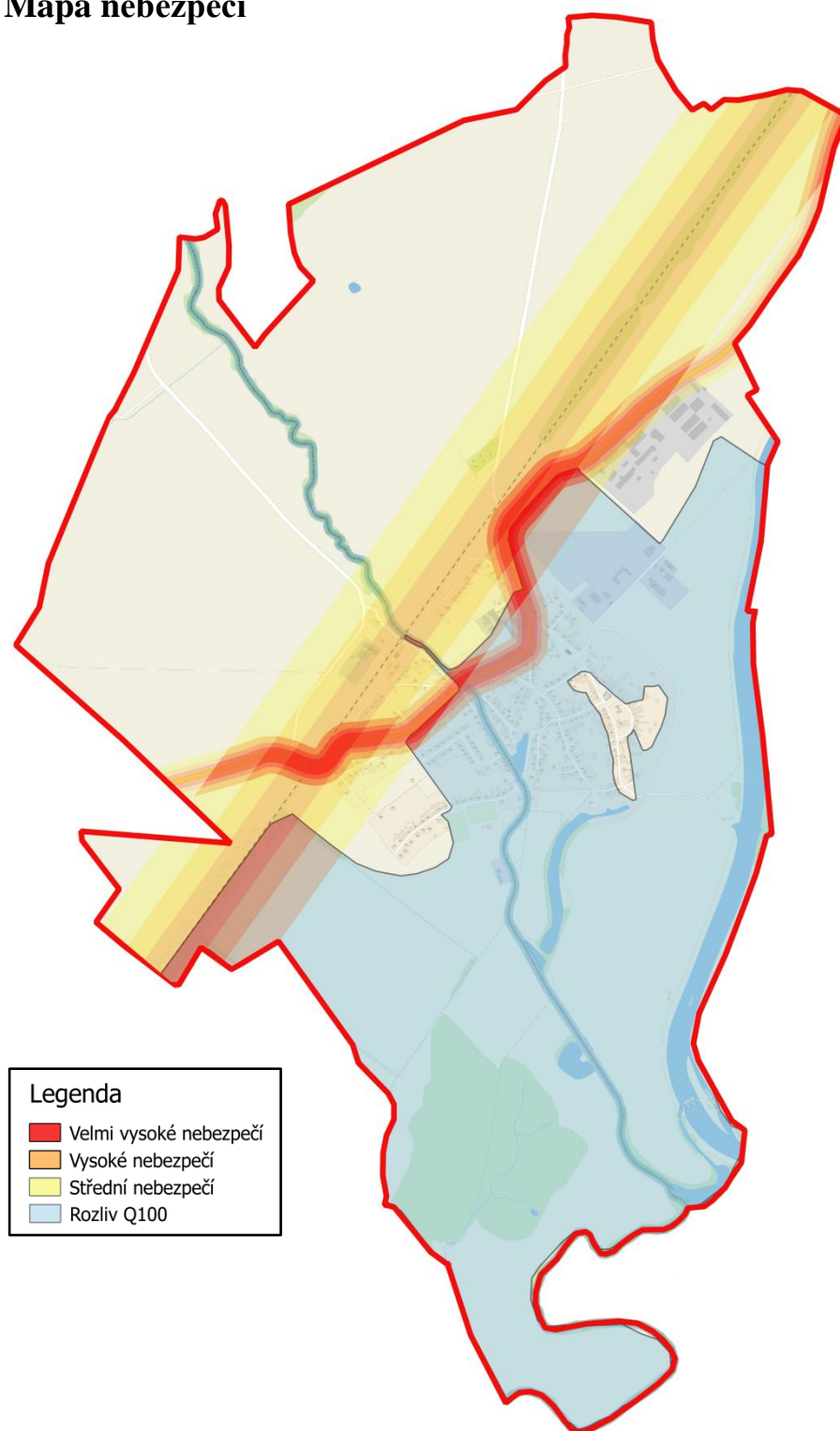
Podobnou mapou bude doplněno riziko vzniku dopravní nehody, která bude založena na statistických údajích nehodovosti z let 2007 – 2016.

Riziko povodně bylo touto metodou vyhodnoceno jako málo souvztažné, ale vzhledem k jeho vyhodnocení kalkulátorem RISKAN jako 3. největší, bude do mapy nebezpečí zahrnuta také zóna rozlivu povodně Q100.

10 IMPLEMENTACE DAT DO SOFTWARE QGIS

V této části se nachází grafické vyobrazení hrozeb, aktiv a rizik. Nepodstatné části jednotlivých map byly pro lepší čitelnost ořezány.

10.1 Mapa nebezpečí

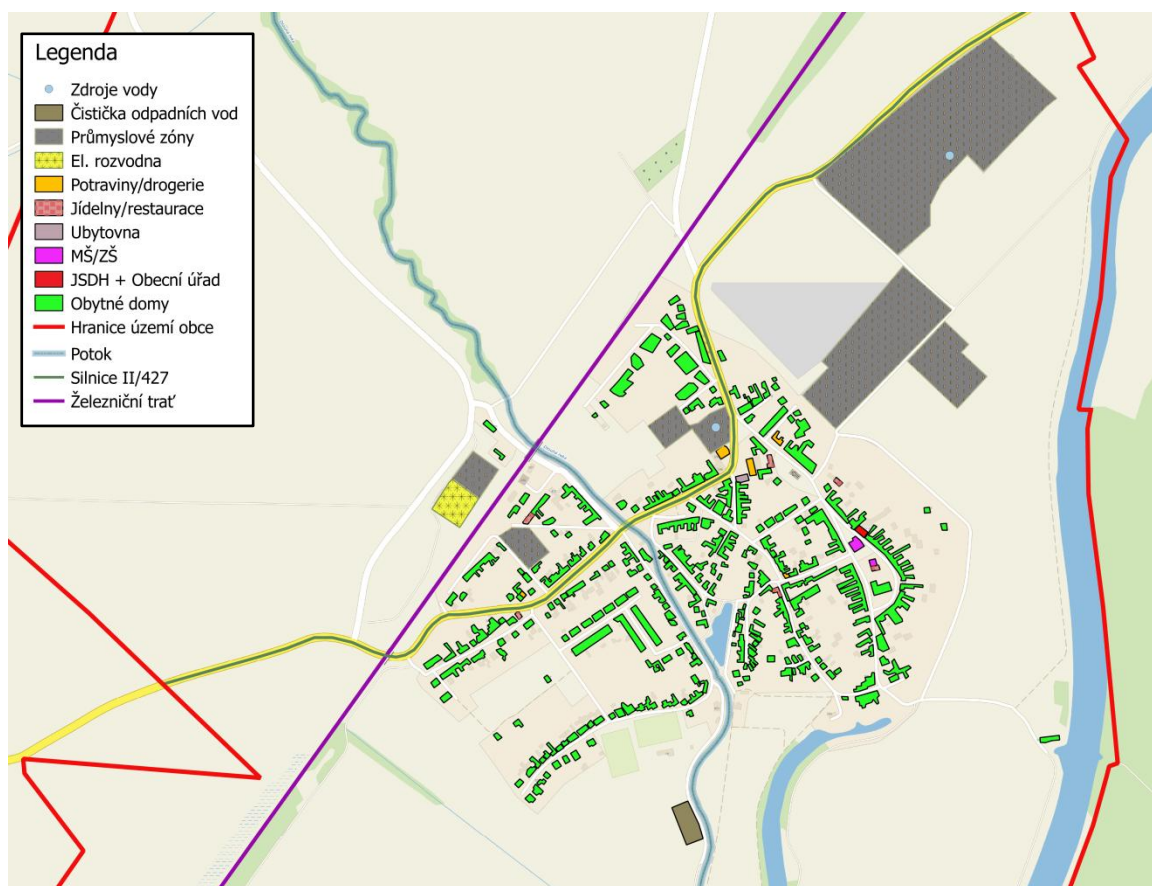


Obr. 9 Mapa nebezpečí

V mapě nebezpečí je zaznamenána zóna rozlivu Q100 řeky Moravy, obalové zóny nebezpečí výbuchu a úniku nebezpečné toxické látky jako následku dopravní havárie, do první obalové zóny silnice II/427 lze zařadit také riziko střetu chodce s motorovým vozidlem. Na ostatních obecních komunikacích je provoz v porovnání s hlavní silnicí zanedbatelný. Nejvyšší riziko se vyskytuje v oblasti průniku prvních obalových zón silnice a železnice spolu se zónou rozlivu Q100.

10.2 Mapa zranitelnosti

Na Obr. 10 je vyobrazeno rozmístění aktiv na sledovaném území.

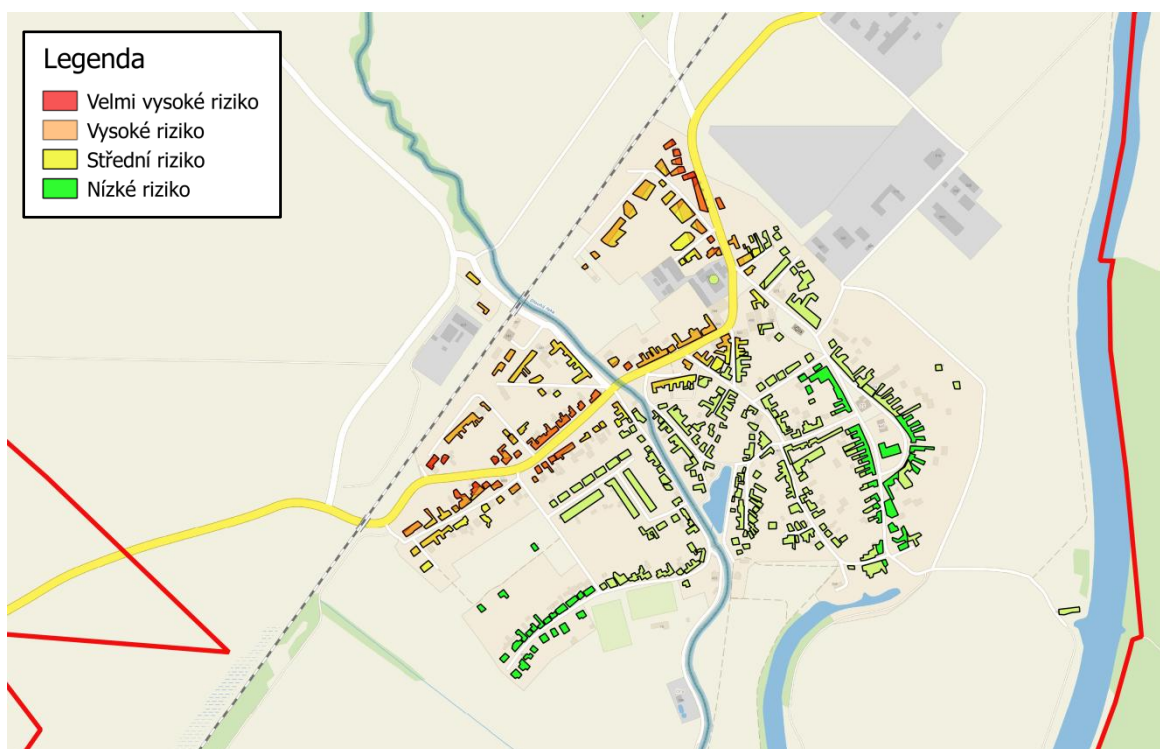


Obr. 10 Mapa zranitelnosti (rozmístění aktiv)

10.3 Mapa kumulovaného rizika

Z mapy kumulovaného rizika je patrné, že nejvíce jsou ohroženy obytné domy (obyvatelé) mezi hlavní silnicí a železniční tratí, zde se kumuluje riziko výbuchu a úniku nebezpečných toxických látek z obou dopravních tepen. V malé míře k riziku přispívají také vibrace a nadměrný hluk, který může negativně ovlivňovat zdraví a způsobovat pozvolné narušování statiky starších domů.

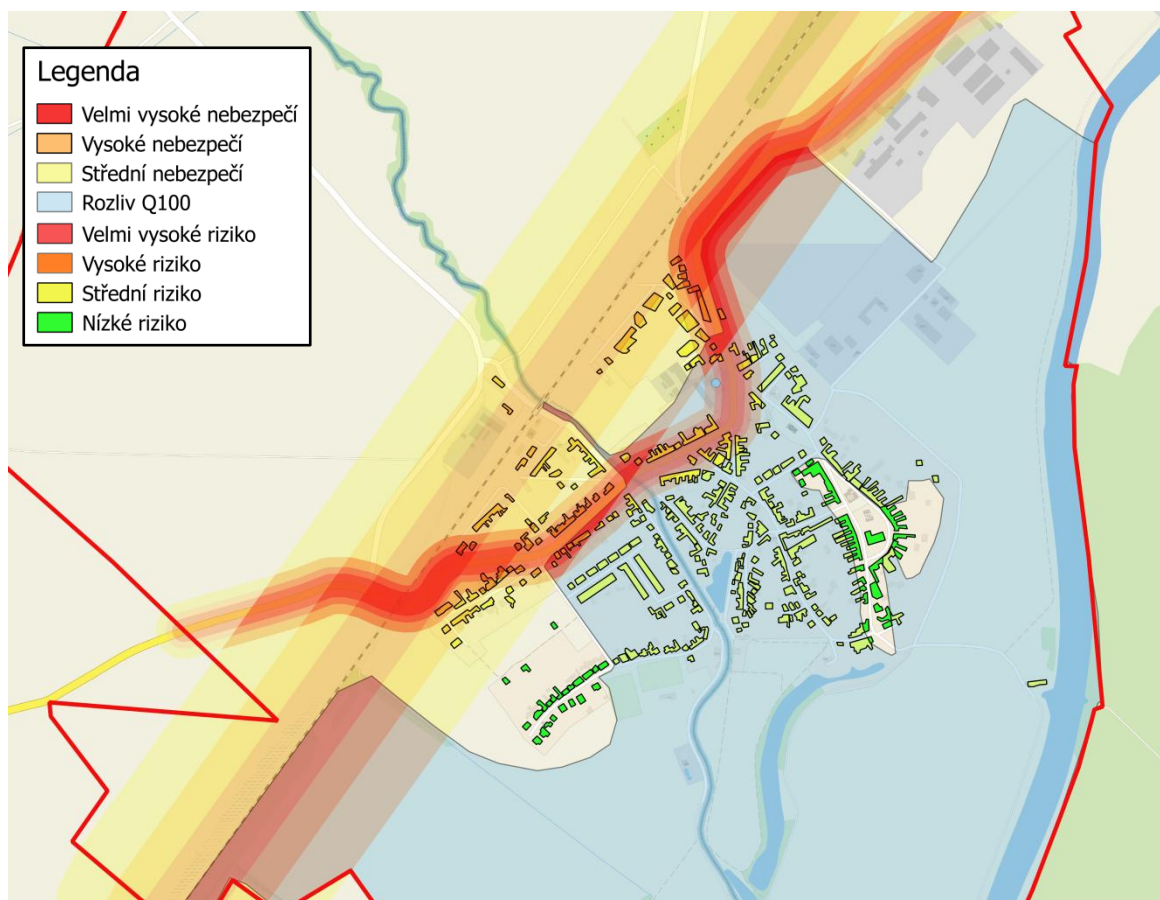
Nejvíce ohrožené skupiny obyvatel jsou děti předškolního věku, těhotné ženy, ženy na mateřské dovolené a obyvatelstvo v důchodovém věku, tito tráví v místě bydliště nejvíce času a zároveň jsou na tyto rizika náchylnější, než školní mládež a obyvatelstvo v produktivním věku.



Obr. 11 Mapa kumulovaného rizika

10.4 Doplňující mapy

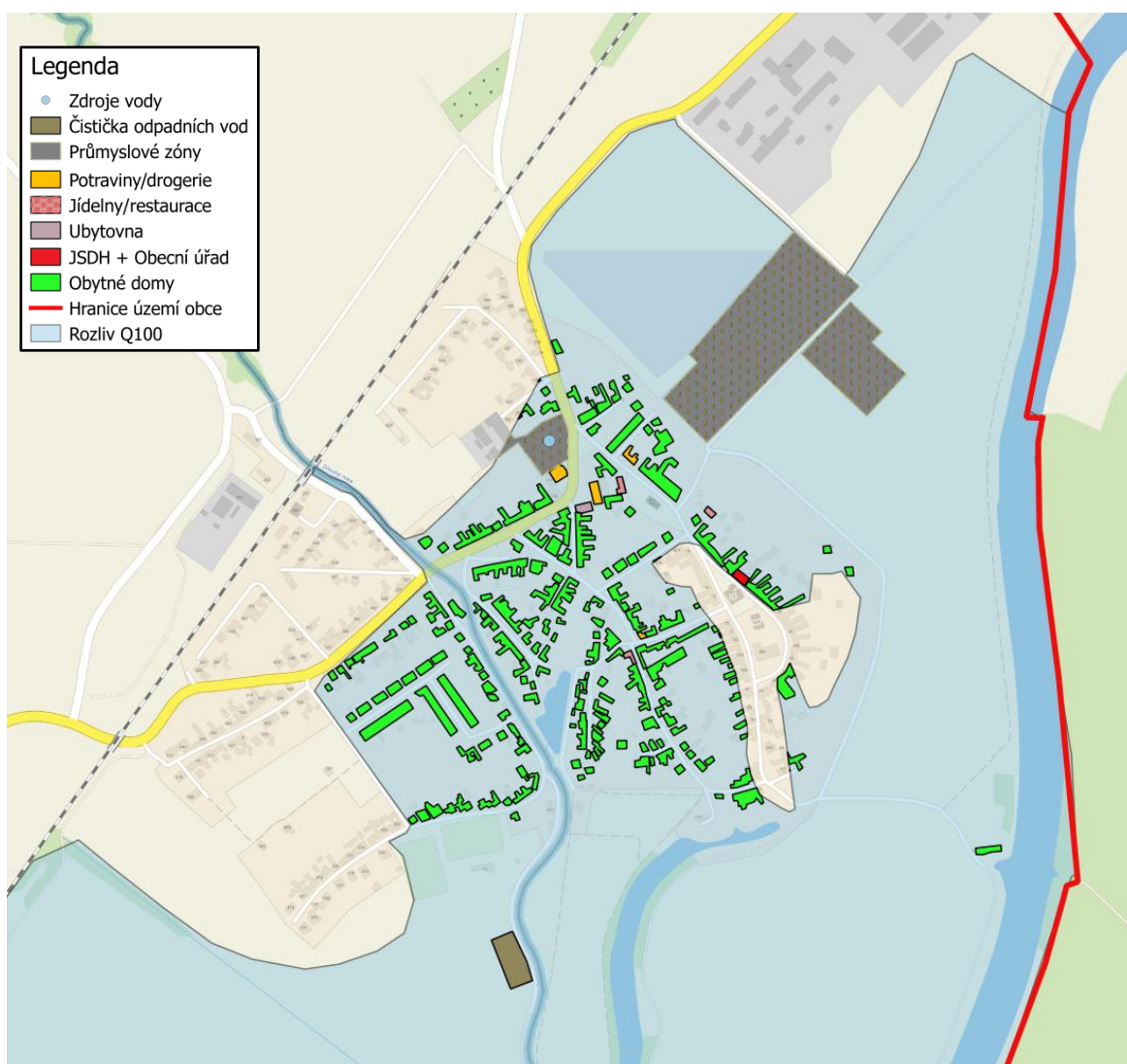
Na mapě níže lze vidět souvislost mezi mapou kumulovaného rizika a mapou nebezpečí.



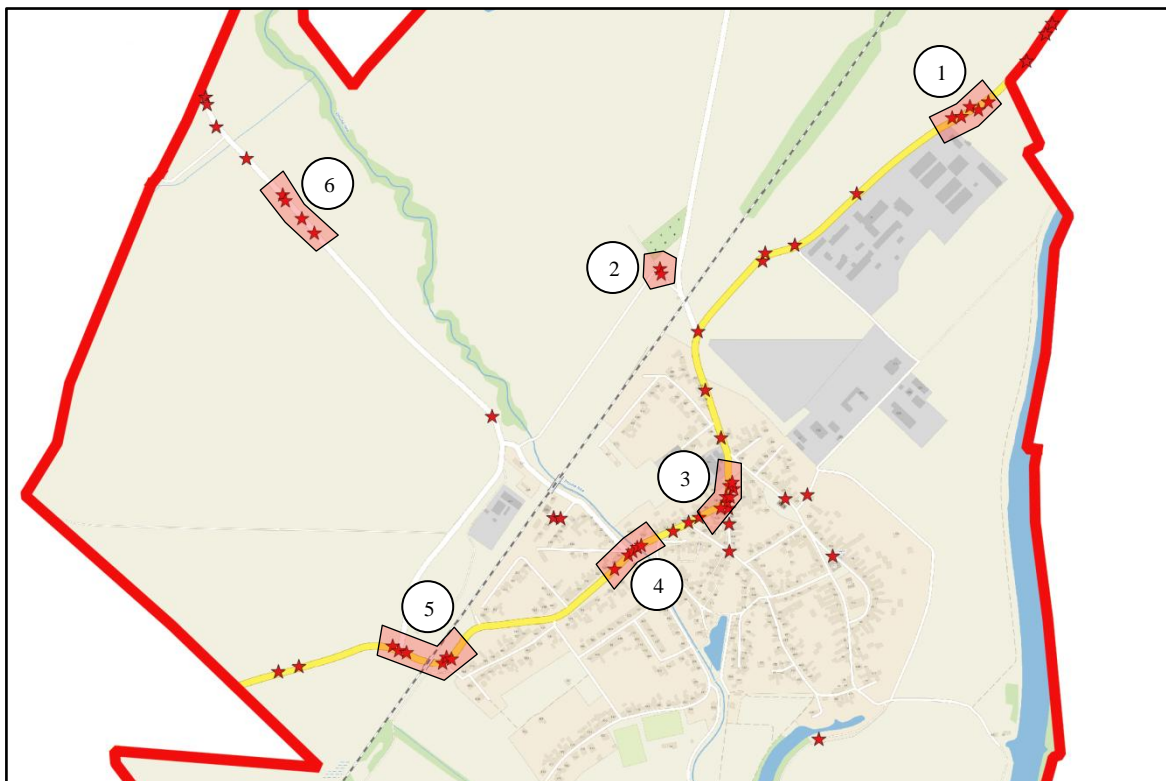
Obr. 12 Kombinovaná mapa nebezpečí a kumulovaného rizika

Tato mapa zobrazuje objekty ohrožené zónou rozlivu Q100. Za zmínku stojí zdroj pitné vody nacházející se v areálu bývalé mlékárny, ten by mohl být znehodnocen zaplavením.

Dalším významným objektem je průmyslová zóna, ze které by mohl být následkem povodně odplaven materiál schopný způsobit zhoršení odtokových poměrů. Firmy nacházející se v průmyslové zóně nepracují s významným množstvím nebezpečných toxických látek, tudíž lze riziko úniku nebezpečných látek vlivem povodně označit jako velmi nízké.



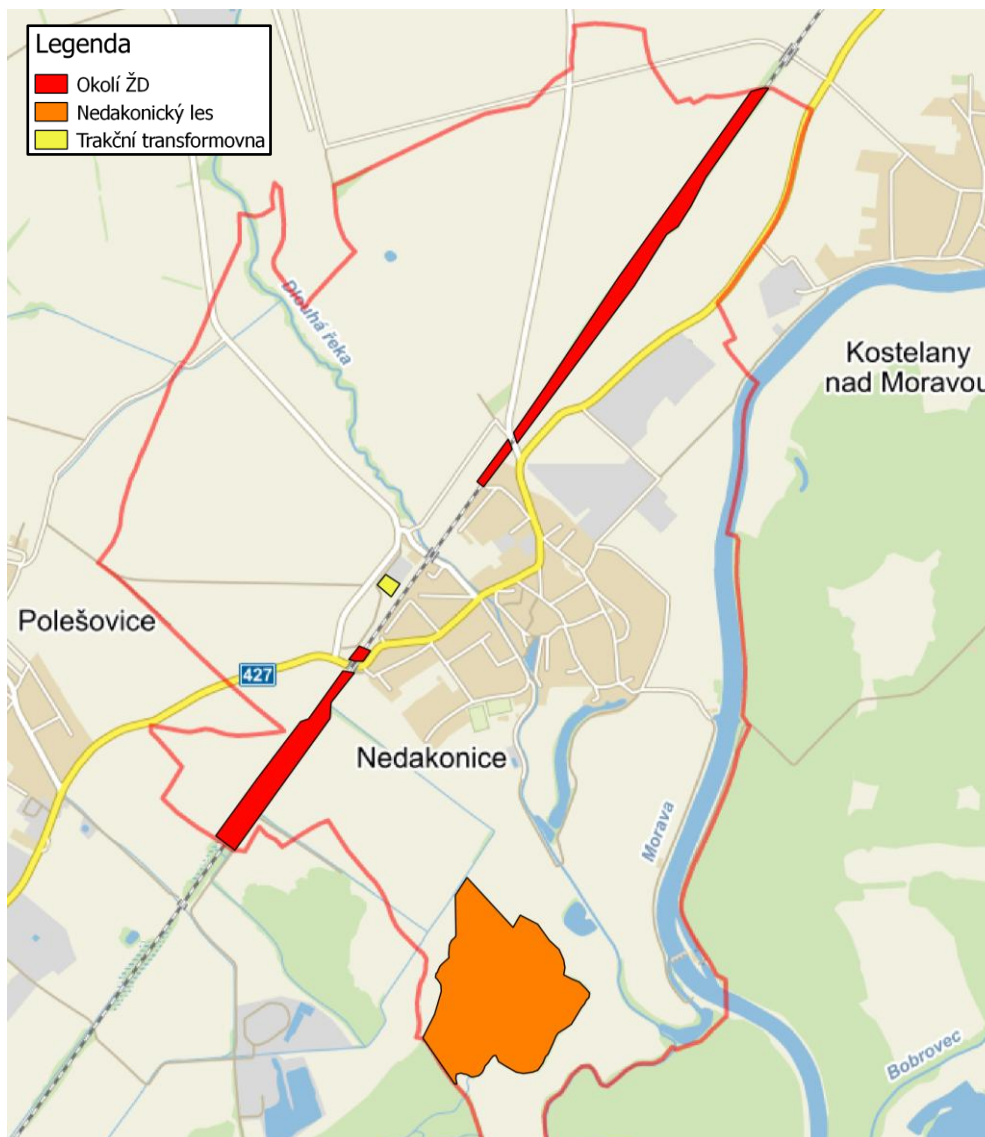
Obr. 13 Mapa aktiv ohrožených rozlivem Q100



Obr. 14 Mapa dopravních nehod na území obce Nedakonice

- ① V této oblasti je příčinou zvýšené nehodovosti hlavně nedodržování povolené rychlosti před nájezdem do mírné pravotočivé zatáčky a zvýšený pohyb lesní zvěře.
- ② Zde se nachází pravoúhlá zatáčka účelové komunikace, která svým rovným charakterem vybízí řidiče ke zvýšené rychlosti. Za touto zatáčkou je v ose silnice stožár elektrického vedení, který se tak převážně v noci stává nechtěným terčem automobilů.
- ③ Pravotočivá zatáčka v obci. Zde je vysoký výskyt dopravních nehod, hlavně kvůli neznalosti charakteru zatáčky a nepřizpůsobení rychlosti jízdy stavu vozovky, to zejména v zimních měsících.
- ④ Křižovatka ve středu obce. Zde je příčina zvýšené nehodovosti zřejmá, nedání přednosti v jízdě a zvýšený pohyb chodů ve vozovce.
- ⑤ Železniční podjezd. Po obou stranách podjezdu se nachází problematické křižovatky s bočními komunikacemi.
- ⑥ Příčinou zvýšené nehodovosti na tomto místě je nepřehledný horizont na relativně úzké silnici III. třídy.

Hustota nehod v dalších oblastech se nijak významně neodlišuje od průměrné nehodovosti.



Obr. 15 Mapa oblastí se zvýšenou pravděpodobností vzniku požáru

Názvy oblastí se zvýšenou pravděpodobností vzniku požáru jsou zapsány v legendě mapy, barevné rozdělení a pořadí zároveň reprezentuje výši rizika.

Okolí železniční dráhy – Zde je riziko vzniku požáru v letních obdobích velmi vysoké. To z důvodu přítomnosti suché trávy, která se snadno vznítí a zdroj zapálení, jímž je železniční trať.

Nedakonický les – Tato část lesa spadá do přírodní rezervace „Kolébky“, zde je v suchých a teplých měsících dostatek vznětlivého materiálu pro rozsáhlý požár. Není zde však přirozený zdroj zapálení a požár může vzniknout prakticky pouze nedbalostí člověka.

Trakční transformovna ŽD – Riziko rozsáhlého požáru zde není vysoké, kvůli absenci velkého množství hořlavých materiálů, ale je zde vysoké riziko zkratu.

11 DOPLŇUJÍCÍ INFORMACE

V současné době probíhá stavba chodníku v okolí silnice II. třídy v délce 752,3 m, který by měl v obci snížit ohrožení chodců dopravou.

Plánovaná stavba silničního obchvatu kolem Nedakonic by mohla odklonit hlavní proud silniční dopravy a výrazně snížit některé z významných rizik v obci.

Zvýšený břeh řeky Moravy prošel v roce 2012 rekonstrukcí, tím bylo docíleno vyšší odolnosti a minimalizovaly se průsaky vody skrze břeh, ke kterým docházelo při povodních v roce 2006.

Velmi detailní jsou mapy na portálu „Mapový server“ (<http://mapy.crr.cz/>), kvůli lepší přehlednosti jsem se ale nakonec rozhodl využít jako podklad pro software QGIS mapu ze serveru „Mapy.cz“ (<http://mapy.cz/>)

12 FOTODOKUMENTACE

Na Obr. 16 je vidět betonová hráz, která chrání vnitřní část obce před rozlivem potoka.



Obr. 16 Zvýšená betonová hráz potoka

Obr. 17 zobrazuje hlavní křižovatku v obci, zde je zvýšené riziko dopravní nehody. Navíc je zde vidět most přes potok Dlouhá řeka, který ohrožuje odtokové poměry v případě ucpání ledovými krami nebo splavenou sutí.



Obr. 17 Hlavní křižovatka a most přes potok

Na Obr. 18 je přejezd železniční trati ve směru na obec Zlechov. Tento přejezd je vybaven světelnou signalizací i závorami, avšak v případě poruchy výstražného zařízení je ve směru na Zlechov velmi nepřehledný a hrozí zde srážka s vlakem.



Obr. 18 Železniční přejezd

Na následujícím obrázku jsou 2 rizikové místa, převýšený sjezd z místní komunikace na silnici II. třídy a železniční podjezd ve směru na Polešovice, který byl v minulosti několikrát zaplaven a je stále ohrožen bleskovou povodní.



Obr. 19 Sjezd z místní komunikace a železniční podjezd

Zde je vidět již zmiňovaná riziková zatáčka, v současné době probíhá na jejím vnějším okraji stavba chodníku, který by měl snížit riziko sražení chodců.



Obr. 20 Riziková zatáčka

Areál firem ELIMA a VM PLAST, které se zabývají výrobou a prodejem plastových výrobků. Samy o sobě tyto firmy nepředstavují nebezpečí, ale jejich umístění vedle trakční transformovny ŽD (v pozadí na fotce), která představuje zvýšené riziko požáru, není bezpečnou kombinací. V případě požáru transformovny hrozí rozšíření plamenů do areálu firem, což by mělo katastrofální následky v podobě špatně hasitelného požáru a vzniku velkého objemu toxického kouře.



Obr. 21 Firmy ELIMA a VM PLAST



Obr. 22 Trakční transformovna pro napájení železniční tratě

Na fotkách trati Obr. 23 a Obr. 24 lze vidět travní a keřový porost v okolí železničního náspu. Tento porost v letních měsících usychá a stává se snadno zápalným i slabou jiskrou. Z toho důvodu je na těchto místech velmi vysoké riziko vzniku požáru, což dokazuje hojný výskyt tohoto typu MU ve výpisu historie mimořádných událostí v kapitole 7.6.



Obr. 23 Železniční trať ve směru Břeclav



Obr. 24 Železniční trať ve směru Přerov



Obr. 25 Požár náspu ze dne 9. 8. 2015 [18]

Požár na Obr. 25 vznikl jiskrou z porouchané brzdy na vagonu vlaku. Tento vagon zvládl založit několik ohnisek požáru na úseku trati od Spytihněvi, až po Moravský písek. V důsledku tohoto požáru byl vyhlášen 3. stupeň požárního poplachu a na jeho likvidaci se podílelo 19 jednotek profesionálních i dobrovolných hasičů. [18]

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo vytvořit přehlednou analýzu rizik na území obce Nedakonice, otestovat metodiku mapování rizik s pomocí geografického informačního systému a zhodnotit její potenciál pro využití v dalších obcích. V následující části textu tedy shrnu, jak vypadal průběh plnění těchto cílů, a k jakým výsledkům a poznatkům jsem v konečné fázi došel.

Prvním krokem bylo shrnutí hrozeb relevantních k analyzované oblasti, pro tento účel jsem využil databázi hrozeb integrovanou v rizikovém kalkulátoru RISKAN-B. Seznam hrozeb v této databázi je však extrémně rozsáhlý a pro efektivní analýzu jej bylo třeba nejprve zredukovat na hrozby, jejichž výskyt na území obce přichází alespoň částečně v úvahu a není až moc obecný. Mezi prvními vyřazenými riziky pak byly obecné rizika, jako geomagnetická bouře, kosmické a UV záření nebo pád kosmického tělesa. Další vyřazování rizik již vycházelo z mapových dat, které jsem si dohledal na stránkách České geologické služby [19] a Geoportálu SOWAC-GIS [20]. Díky těmto datům jsem mohl spolehlivě zanedbat riziko sněhové a kamenné laviny, sesuvu půdy, propadu zemského povrchu a úniku důlních plynů následkem důlní činnosti, zemětřesení a dalších.

Následně proběhla sumarizace aktiv, pro kterou jsem opět využil databázi kalkulátoru RISKAN, tato byla ještě rozsáhlejší než databáze hrozeb. Vyřazování zde bylo ale o poznání jednodušší, vzhledem k dobré dostupnosti potřebných dat. K jednotlivým aktivům pak byla přiřazena jejich hodnota.

Po tomto kroku proběhlo ohodnocení hrozeb na základě dat dostupných na stránkách SDH Nedakonice [18], povodňového plánu obce Nedakonice [17] a obecných charakteristik zájmového území.

Poslední fází analýzy pomocí tohoto kalkulátoru bylo doplnění zranitelnosti aktiv jednotlivými hrozbami. Z těchto údajů vznikla výsledná tabulka rizik, která za nejvyšší riziko označila dopravní havárii těsně následovanou požárem. Riziko záplavy bylo ohodnoceno jako třetí nejvyšší s ohrožením především pro obytné domy a zdroje pitné vody.

Pro lepší vyjádření váhy jednotlivých rizik byly vybrány 2/3 závažnějších rizik, které byly dále analyzovány metodou KARS. Tato metoda označila rizika podle jejich schopnosti vyvolat sekundární rizika, nebo naopak být jiným rizikem vyvolána. Jako nejvyšší rizika zde byly označeny požár, výbuch, dopravní havárie a únik toxických látek. Tyto rizika se

vztahují především k frekventované silnici II. třídy procházející obcí a celostátní železniční trati v bezprostřední blízkosti obce.

Nejvyšší rizika vyplývající z obou metod a územně vyjádřitelné aktiva jsem následně implementoval do softwaru QGIS, pomocí kterého jsem vytvořil přehledné mapy zobrazující zóny kumulace rizika s doplňujícími mapami pro oblasti se zvýšenou nehodovostí silničního provozu a oblasti se zvýšeným rizikem požáru. Pro lepší představu jsem některá místa fotograficky zdokumentoval.

Dle mého názoru byl cíl práce splněn, analýza mi dala lepší přehled o rizicích v naší obci a snad bude inspirací pro další studenty tohoto oboru.

Metodika mi přijde velmi efektivní a rozhodně má potenciál pro další využití v jiných obcích, zlepšením by bylo snad jen větší seznámení studentů s prací v programu QGIS, který má ve vyučovacích osnovách velmi malé zastoupení. Jeho využití přitom skrývá obrovský potenciál nejen v oboru analýzy a řízení rizik. Přínosem využití tohoto programu je také zvýšení efektivity práce se statistickými geodaty, jejichž formát dokáže sjednotit a tím usnadní jejich další využití. Tímto lze snadno rozšiřovat databáze o nové informace, ke kterým je pak možný velmi rychlý přístup, což jistě oceňují operátoři IZS.

Závěrečným dodatkem je návrh na zlepšení metody KARS. Výpovědní hodnota této metody by šla dále zpřesnit vytvořením stupnice pravděpodobnosti vyvolání rizika jiným rizikem, která by charakterizovala jednotlivé vztahy lépe, než binární styl hodnocení.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KRÖMER, Antonín a kol. *Mapování rizik*. Vyd. 1. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2010, 126 s. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-086-9.
- [2] BUZALKA, Ján a kol. *Rozvoj bezpečnostných rizik a tvorba krízových scenárov pre verejnú správu*. Vyd. 1. Bratislava: Akadémia Policajného zboru v Bratislave, 2014. 231 s. ISBN 978-80-8054-588-8.
- [3] PROCHÁZKOVÁ, Dana a kol. *Metody rizikového inženýrství*. Vyd. 1. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2012. 147 s. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-111-8.
- [4] PACINDA, Š. *Kvalitativní analýza rizik s použitím jejich souvztažností (KARS)*. Syllabus. Institut Civilní ochrany České republiky Lázně Bohdaneč, 1998.
- [5] ŠEFČÍK, Vladimír. *Analýza rizik*. 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009, 98 s. ISBN 978-80-7318-696-8
- [6] JEDLIČKA, K.; BŘEHOVSKÝ, M.; ŠÍMA, J. *Úvod do geografických informačních systémů*. Plzeň: Západočeská univerzita] 2003. 116 s.
- [7] KOUDELKA, Ctirad a Václav VRÁNA. *RIZIKA A JEJICH ANALÝZA* [online]. Ostrava, 2006 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/Magisterske%20nav/prednasky/web/RIZIKA.pdf>. VŠB – TU.
- [8] *Rizika a hrozby*. Město Jindřichův Hradec [online]. 2014 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://www.jh.cz/cs/krizove-rizeni/rizika-a-hrozby/>
- [9] BABINEC, F. *Management rizika* [online]. Brno, 2005 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://www.slu.cz/math/cz/knihovna/ucebni-texty/Analyza-rizik/Analyza-rizik-1.pdf>. Slezská Universita v Opavě.
- [10] T-soft *Simulační krizová učebna*. [online]. [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://www.tsoft.cz/simulacni-ucebna-utb/>
- [11] *Krizová situace*. MINISTERSTVO VNITRA ČESKÉ REPUBLIKY [online]. [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/clanek/pojmy-krizova-situace.aspx>
- [12] *CO JE GIS?* Geoportal Praha [online]. 2010 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://www.geoportalpraha.cz/cs/clanek/11/co-je-gis#.VzEyKISLTIW>

- [13] QGIS. GISMentors [online]. [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://www.gismentors.cz/skoleni/qgis/>
- [14] METODY ANALÝZY RIZIK [online]. Jindřichův Hradec, [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: www.jh.cz/filemanager/files/file.php?file=132160
- [15] PANCIDA, Š. *Metody analýzy rizika jako základního kroku k jeho eliminaci*. Lázně Bohdaneč, 1999. Institut Civilní ochrany České republiky.
- [16] *Oficiální stránky obce Nedakonice* [online]. [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://www.obecnedakonice.cz/>
- [17] Crisis Consulting s.r.o. *POVODŇOVÝ PLÁN OBCE NEDAKONICE* [online]. 2015 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://ne.povodnoveplany.cz/>
- [18] *Sbor dobrovolných hasičů Nedakonice* [online]. [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://www.hasici.nedakonice.cz/>
- [19] *Česká geologická služba* [online]. [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online/mapove-aplikace>
- [20] *Geoportál SOWAC-GIS* [online]. [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://geoportal.vumop.cz/index.php>
- [21] Statistické vyhodnocení nehodovosti v silničním provozu na vybrané lokalitě. *Centrum dopravního výzkumu* [online]. [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://maps.jdvm.cz/cdv2/apps/nehodynalokalite/Search.aspx>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ZABAGED	Základní báze geografických dat České republiky.
KARS	Kvalitativní analýza rizik s použitím jejich souvztažností.
MU	Mimořádná událost.
DN	Dopravní nehoda
GIS	Geografický informační systém
ČR	Česká Republika
IZS	Integrovaný záchranný systém
HZS	Hasičský záchranný sbor
SDH	Sbor dobrovolných hasičů
JSDH	Jednotka sboru dobrovolných hasičů
ŽD	Železniční dráhy

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Grafické rozhraní rizikového kalkulátoru RISKAN-B.....	17
Obr. 2 Příklad grafu analýzy KARS	21
Obr. 3 Očekávaný výsledek mapování rizik (náčrt mapy rizik) [1]	22
Obr. 4 Kumulace jednotlivých nebezpečí [1]	23
Obr. 5 Vyjádření intenzity nebezpečí – koeficienty K [1].....	25
Obr. 6 Grafické rozhraní softwaru QGIS.....	31
Obr. 7 Mapa katastru obce Nedakonice	36
Obr. 8 Graf závažnosti rizik.....	43
Obr. 9 Mapa nebezpečí	44
Obr. 10 Mapa zranitelnosti (rozmístění aktiv).....	45
Obr. 11 Mapa kumulovaného rizika	46
Obr. 12 Kombinovaná mapa nebezpečí a kumulovaného rizika	47
Obr. 13 Mapa aktiv ohrožených rozlivem Q100	48
Obr. 14 Mapa dopravních nehod na území obce Nedakonice	49
Obr. 15 Mapa oblastí se zvýšenou pravděpodobností vzniku požáru.....	50
Obr. 16 Zvýšená betonová hráz potoka	52
Obr. 17 Hlavní křižovatka a most přes potok	52
Obr. 18 Železniční přejezd.....	53
Obr. 19 Sjezd z místní komunikace a železniční podjezd	53
Obr. 20 Riziková zatáčka.....	54
Obr. 21 Firmy ELIMA a VM PLAST	54
Obr. 22 Trakční transformovna pro napájení železniční tratě	55
Obr. 23 Železniční trať ve směru Břeclav	55
Obr. 24 Železniční trať ve směru Přerov	56
Obr. 25 Požár náspu ze dne 9. 8. 2015 [18].....	56

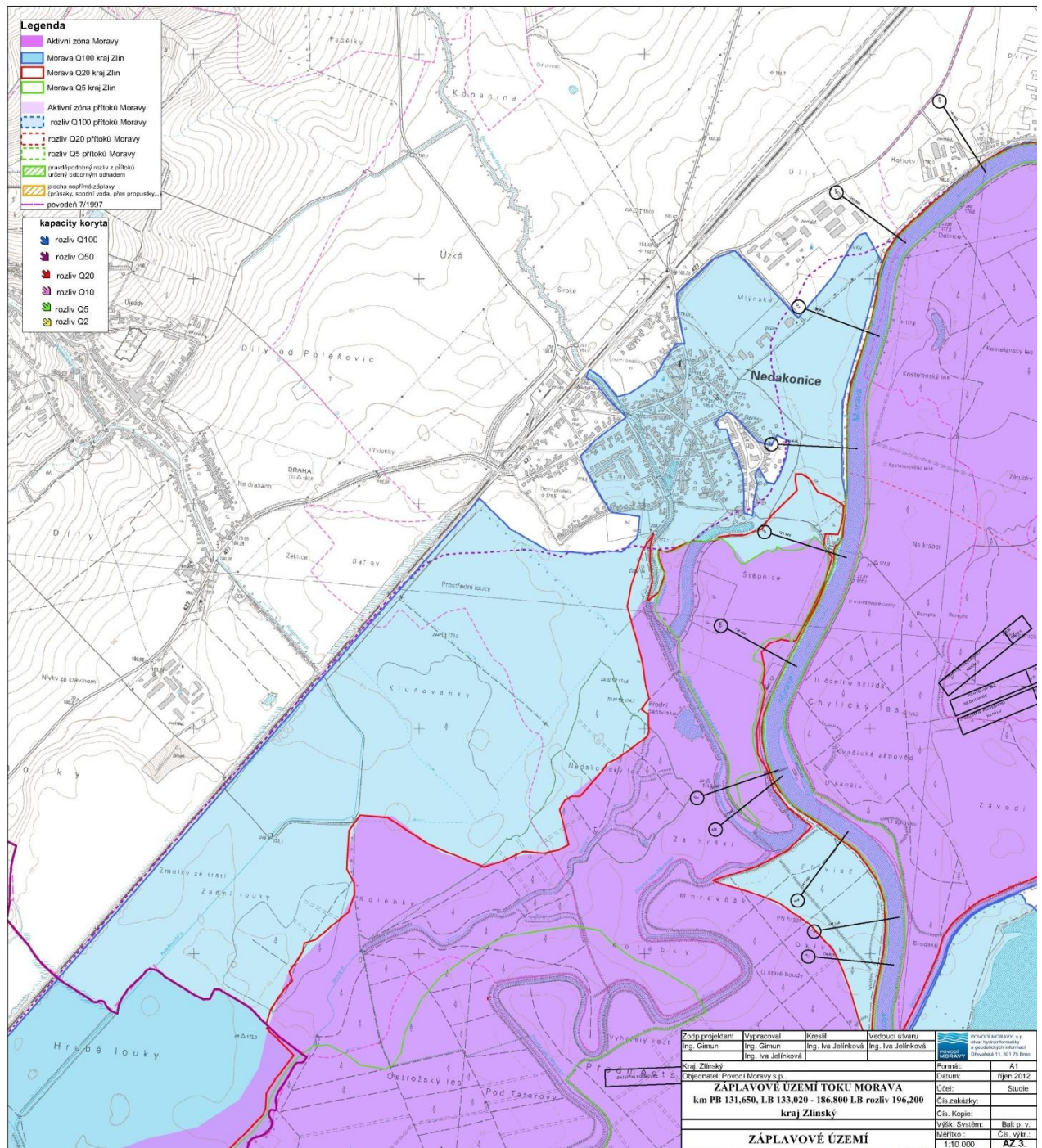
SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Nejpoužívanější metody analýzy rizik [15].....	14
Tab. 2 Modelová tabulka souvztažností	18
Tab. 3 Tabulka koeficientů aktivity a pasivity pro jednotlivá rizika	19
Tab. 4 Typy nebezpečí s konkrétním zdrojem [1]	24
Tab. 5 Typy nebezpečí bez konkrétního zdroje [1]	24
Tab. 6 Obecné prvky zranitelnosti zahrnuté do mapování rizik [1]	27
Tab. 7 Barevná škála míry rizika [1]	28
Tab. 8 Souhrnné údaje obce Nedakonice [16]	36
Tab. 9 Zastupitelstvo obce Nedakonice [16]	38
Tab. 10 Výsledek analýzy rizikovým kalkulátorem RISKAN-B	41
Tab. 11 Tabulka souvztažností pro vybrané rizika	42
Tab. 12 Tabulka vypočtených koeficientů.....	42

SEZNAM PŘÍLOH

- P I Výstup analýzy RISKAN-B
- P II Mapa záplavového území toku Morava [17]
- P III Letecká Mapa obce s pasportizací místních komunikací [16]

PŘÍLOHA P II: MAPA ZÁPLAVOVÉHO ÚZEMÍ TOKU MORAVA [17]



PŘÍLOHA P III: LETECKÁ MAPA OBCE S PASPORTIZACÍ MÍSTNÍCH KOMUNIKACÍ [16]

