



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV STAVEBNÍ EKONOMIKY A ŘÍZENÍ

INSTITUTE OF STRUCTURAL ECONOMICS AND MANAGEMENT

EFEKTIVNÍ OCEŇOVÁNÍ ŠKOD NA STAVEBNÍCH OBJEKTECH ZASAŽENÝCH POVODNÍ

EFFECTIVE EVALUATION OF LOSSES TO BUILDINGS AFFECTED BY FLOOD

DISERTAČNÍ PRÁCE

DOCTORAL THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. et Ing. Martin Tuscher

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Tomáš Hanák, Ph.D.

BRNO 2021

Abstrakt

Disertační práce se zabývá oceňováním škod na stavebních objektech zasažených povodní. Ve svých dílčích částech zkoumá povodeň jako riziko, zaměřuje se na škody způsobené tímto přírodním jevem a zkoumá dosud užívané metody pro oceňování takto vzniklých škod.

S prvopočátky osidlování území člověkem bylo osidlováno okolí řek pro mnohé benefity, které vodní toky přináší. S tím jsou však spojená i mnohá nebezpečí, především pak ta spojená s vylitím koryt řek – s povodní či záplavou. Tento jev působí nemalé škody na majetku, životním prostředí či lidském zdraví a životech. Objevují se mnohá opatření, jak riziko zasažení povodní eliminovat, nebo alespoň zmírnit jeho dopady. Právě zmírněním dopadů se tato práce věnuje – zkoumá metody určení výše škod na stavebních objektech způsobených povodní, hledá faktory a parametry ovlivňující výši vzniklé škody a zaměřuje se na zefektivnění těchto metod.

Cílem práce je nalézt vhodnou metodiku/model, kterým lze automatizovat výpočet výše škody, tedy nalézt rychlé a zároveň dostatečně přesné řešení tohoto problému.

Hlavním výstupem práce je rovnice škodní křivky a model pro výpočet výše škody na základě principu škodních křivek s použitím hybridního genetického algoritmu.

Dalším výstupem je praktický nástroj, který pracuje na základě zmíněného algoritmu a automaticky kalkuluje výši škody na stavebním objektu při zadání zcela základních informací o poškozeném objektu.

Klíčová slova

Oceňování škod, stavební objekt, povodeň, záplava, kalkulace nákladů, položkový rozpočet, genetický algoritmus, výpočet výše škody, škodní křivka, škodní ukazatel, hloubka zatopení, geometrie místností, zatopená plocha, rezidenční stavební objekt, rodinné domy.

Abstract

This doctoral thesis deals with the valuation of damage to buildings affected by floods. In its individual parts, it researches floods as a risk, focuses on the damage caused by this natural phenomenon and examines the methods used to assess the damages caused by floods.

With the beginnings of human settlement, the vicinity of rivers has been inhabited for the many benefits that watercourses bring. However, there are many dangers associated with this, especially the ones associated with the spillage of riverbeds – with floods. This phenomenon causes considerable damage to property, the environment or human health and lives. There are many measures to eliminate the risk of flooding, or at least mitigate its effects. This work further researches the mitigating of impacts – it examines the methods of determining the amount of damage to buildings caused by floods, looks for factors and parameters influencing the amount of damage and focuses on streamlining these methods.

The aim of the thesis is to find a suitable methodology/model that can automate the calculation of the amount of damage, or in other words, to find a quick and at the same time sufficiently accurate solution to this problem.

The main output of the thesis is the equation of the damage curve and a model for the amount of damage calculation based on the principle of damage curves using the hybrid genetic algorithm.

Another output is a practical tool that works on the basis of the said algorithm and automatically calculates the amount of damage to the building when entering very basic information about the damaged object.

Key words

Damage valuation, buildings, flood, flooding, costs calculation, itemized budget, genetic algorithm, calculation of damage costs, damage curve, damage index, flood depth, geometry of the rooms, flooded area, residential building, house.

Bibliografická citace

Ing. et Ing. Martin Tuscher. *Efektivní oceňování škod na stavebních objektech zasažených povodní*. Brno, 2021. 104 s., 2 s. příl. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební ekonomiky a řízení. Vedoucí práce doc. Ing. Tomáš Hanák, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané disertační práce s názvem Efektivní oceňování škod na stavebních objektech zasažených povodní je shodná s odevzdanou listinnou formou.

Prohlašuji, že jsem disertační práci s názvem Efektivní oceňování škod na stavebních objektech zasažených povodní zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 13.12.2020

.....

Ing. et Ing. Martin Tuscher

autor práce

Obsah

1	ÚVOD A CÍLE	8
2	VÝZKUMNÁ OTÁZKA	10
3	METODIKA	11
3.1	Literární řešerše	11
3.2	Analýza dat	11
3.3	Návrh nové metodiky a její praktická aplikace	11
3.4	Vědecké metody disertační práce	12
3.5	Data, zpracování dat, užitý software	12
4	LITERÁRNÍ REŠERŠE	13
4.1	Charakteristiky povodně	13
4.1.1	Základní parametry povodně	14
4.1.2	Typy povodní	14
4.1.3	Povodeň jako riziko	15
4.1.4	Stupně povodňové aktivity	17
4.1.5	Povodeň jako pojistné riziko	18
4.2	Povodňové škody na objektech	24
4.3	Oceňování povodňových škod	27
4.3.1	Oceňování škod položkovým rozpočtem	28
4.3.2	Další způsoby oceňování	28
4.3.3	Oceňování pomocí aproximačního algoritmu	32
4.4	Geometrie budov	32
4.5	Genetický algoritmus	34
4.5.1	Ohodnocovací funkce	34
4.5.2	Kódování jednice	35
4.5.3	Selekce	35
4.5.4	Operátor křížení	35
4.5.5	Operátor mutace	36
4.5.6	Opakování cyklu	37
4.5.7	Ukončení algoritmu	37
4.5.8	Hybridní genetické algoritmy	37

4.6	Metoda nejmenších čtverců	37
5	POSTUP ŘEŠENÍ A DOSAŽENÉ VÝSLEDKY.....	38
5.1	Analýza povodňových škod na reálných objektech.....	38
5.2	Analýza vlivu hloubky zatopení na hloubce škody.	42
5.3	Sestavení první modelové řady objektů	46
5.4	Analýza vlivu geometrie objektu (zatopená plocha a obvod objektu) na výši škody.53	
5.4.1	Poměr stran (úvodní analýza pro hodnoty 1,0 a 0,1).....	53
5.4.2	Poměr stran (rozšíření databáze)	58
5.5	Návrh škodní rovnice	63
5.6	Zpřesnění škodní rovnice.....	64
5.7	Materiálové varianty.....	66
5.8	Plocha stěn a výplně otvorů	72
5.9	Resumé – popis navrženého modelu	73
5.10	Modelový příklad.....	74
5.11	Návrh nástroje pro automatizaci výpočtu	78
5.11.1	Popis nástroje	78
5.11.2	Postup výpočtu škody za pomoci nástroje THP.....	81
5.11.3	Hlavní benefity navrženého nástroje	86
5.11.4	Konfrontace s velkou pojišťovnou	87
6	ZÁVĚR	89
6.1	Přínos pro vědní obor.....	92
6.2	Přínos pro praxi	93
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	94
8	OSTATNÍ SEZNAMY	99
9	SEZNAM VLASTNÍ PUBLIKAČNÍ ČINOSTI	103
10	PŘÍLOHY	104

1 ÚVOD A CÍLE

Odpradávná se lidé usazovali v okolí řek a vodních toků. Stavěli si tam své domy, farmy, výroby, žili a pracovali v blízkosti vody. Hlavním důvodem byl fakt, že země je v okolí vod plochá a úrodná a vodní plochy také nabízí dobré dopravní možnosti. Voda a její dostupnost byla vždy důležitá pro člověka i jeho hospodaření.

Bohužel, s blízkostí vody se člověk odpradávná vystavuje také rizikům, které tento živel s sebou přináší. Jedním z nejzávažnějších rizik jsou povodně, které způsobují značné škody a ztráty na majetku, ale také na zdraví a životech. Z důvodu závažnosti dopadů tohoto rizika se lidé musí před povodněmi chránit. Zcela nejúčinnější ochranou je úplné vyloučení tohoto rizika, např. přemístěním mimo ohrožená území. To však někdy není zcela možné, ať už fyzicky či ekonomicky, a tak je třeba hledat jiné způsoby eliminace rizika. Stát se prostřednictvím mnoha institucí snaží o aplikaci protipovodňových opatření, která jsou více či méně účinná. Tato opatření mají za cíl zabránit nebo alespoň zmírnit působení povodně na jednotlivé oblasti a objekty v nich. Jedná se o systémy ochrany územních celků. Tam, kde projekty protipovodňové ochrany zatím nebyly realizovány nebo nejsou vůbec plánovány, mohou jednotlivé subjekty využít individuální protipovodňové systémy. Jedná se např. o tabulové kryty, poklopy, hradidlové uzávěry, vodotěsné dveře, automatické protipovodňové zábrany aj. I přes maximální snahu však často tato opatření nestačí a je proto nutné ošetřit ekonomické následky povodní ještě jinými nástroji, např. pojištěním.

Pojištění lze považovat za velmi účinný nástroj, je-li správně použit. Jinými slovy, aby pojištění plnilo svou funkci správně, je nutné správně stanovit pojistnou částku (tedy nesmí dojít k podpojištění či přepojištění objektu) a v okamžiku vzniku škody je velmi důležité správně kalkulovat výši vzniklé škody a škodnou událost vyřídit v co nejkratším čase, jelikož na tom mohou záviset další náklady spojené s rychlostí návratu poškozených objektů do původního stavu (např. náklady na náhradní bydlení, ušlý zisk provozoven, které nemohou z důvodu vzniklých škod po povodni provozovat). Toto je důležité pro obě strany uzavírající pojištění – pojistník potřebuje, aby jeho škoda byla rychle a úplně hrazena (aby nemusel za škodu doplácet). V případě, že škoda není včas či dostatečně pokryta, může vyústit situace až k soudním sporům s pojišťovnou. Zároveň, pojišťovna má snahu nevyplatit za škodní událost více, než je reálná cena vzniklé škody a tím uměle nenavýšovat své náklady.

Tato problematika je často řešena především právě na straně pojišťoven, které se nechtějí vystavovat jak rizikům spojených s podhodnocením škody (případně soudní spory), tak finančním ztrátám způsobených nadhodnocením škody.

Tato práce se zabývá právě touto problematikou, zkoumá do hloubky metodiku stanovení škod na staveních objektech způsobených povodní pro účely likvidace pojistných událostí z pojištění nemovitých věcí a dále se detailněji zaměřuje na budovy určené k bydlení.

Hlavním cílem této disertační práce je nalézt takovou metodiku, která umožní co nejvíce zrychlit, zjednodušit a zvýšit přesnost při výpočtu škody způsobené vlivem povodní na stavebních objektech. Díky zpřesnění výpočtu dojde také k eliminaci efektu podhodnocení nebo nadhodnocení škod na pojištěném objektu a tím k zefektivnění plnění z pojistných událostí jak na straně pojišťoven, tak na straně pojistníků.

2 VÝZKUMNÁ OTÁZKA

Disertační práce podrobně zkoumá metody stanovení výše škody na stavebních objektech při povodních a popisuje faktory, které mají na výši škody a přesnost její kalkulace zásadní vliv.

U stanovení výše škod je důležité nejen to, aby byla vyplacená co nejpřesnější částka odpovídající reálné škodě, ale také aby to bylo rychlé a jednoduché a bez zbytečných průtahů se tak dostaly odpovídající prostředky na nápravu k poškozenému. Jak již bylo zmíněno v úvodu, cílem této práce je nalézt metodiku, která umožní co nejvíce zvýšit rychlost, jednoduchost a přesnost při výpočtu škody způsobené vlivem povodní na stavebních objektech.

Na základě uvedeného cíle byla stanovena vstupní výzkumná otázka pro další směřování výzkumné práce. Výzkumná otázka úzce souvisí především se škodní křivkou a její rovnicí.

VO1: Využitím matematických postupů lze přesně predikovat a kalkulovat škodu způsobenou vlivem povodní na rodinných domech s přihlédnutím možné odchylky v rozsahu $\pm 10\%$.

3 METODIKA

Disertační práce se v široké problematice povodní a tím způsobených povodňových škod postupně zaměřuje na škody způsobené povodněmi na stavebních objektech a především pak na objektech rodinných domů.

Práce se skládá ze dvou hlavních částí, zakončena je závěrečným shrnutím.

1. Literární rešerše, která podrobněji popisuje současný stav poznání v dané problematice oceňování škod na nemovitostech.
2. Vlastní výzkum, který na tyto informace navazuje, hlouběji rozvíjí a zkoumá především téma kalkulace škod na zaplavených rodinných domech. Tuto část práce lze rozdělit do tří částí. První část výzkumu se zaměřuje na sběr dat, druhá část pak s daty pracuje a hledá na jejich základě novou metodiku pro kalkulace škod. Třetí část je aplikační a shrnuje získané poznatky do praktického nástroje určeného pro další praktické využití, případně pro navazující výzkum.
3. Závěrečné shrnutí zdůrazňuje hlavní myšlenky a výsledky mnohaletého výzkumu a definuje doporučení pro další možné výzkumné směry.

3.1 Literární rešerše

Rešerše je nejprve zaměřena na vymezení základních pojmů z oblasti povodní a jimi způsobených škod. Dále se zaměřuje na metody oceňování a kalkulace stavebních prací u takových škod na stavebních objektech a také na spojitosti cen prací s geometrií budov. V závěru literární rešerše je popsán genetický algoritmus jakožto metoda užitá při hledání výsledků zvoleného problému.

3.2 Analýza dat

Na základě znalostí uvedených v literární rešerši navazuje výzkum svými kroky. Mezi první kroky patří sběr a analýza dat – tedy jedná se o sběr dat z reálně vzniklých povodňových škod a následné ocenění nejpřesnější možnou metodou. Poté je provedena analýza takto získaných dat a hledání spojitostí včetně statistického vyhodnocení.

V následujícím kroku je sestavena modelová řada objektů pro další kalkulace a jsou testovány faktory ovlivňující výši škody při povodni.

3.3 Návrh nové metodiky a její praktická aplikace

Dále je provedena syntéza získaných výsledků a je navržena škodní rovnice, která je zároveň testována a upravována o další proměnné, které postupně zpřesňují dosažené výsledky. Předposlední oblast této disertační práce je zaměřena na syntézu získaných výsledků

a jejich aplikaci do praktického nástroje, který s kombinací genetického algoritmu a metody nejmenších čtverců dokáže spočítat požadovanou výši škody na zasaženém objektu. Tento nástroj a jeho funkce jsou v této kapitole detailněji popsány.

Poslední kapitola obsahuje závěrečné shrnutí výsledků a doporučení pro navazující výzkum.

3.4 Vědecké metody disertační práce

V rámci všeobecných vědních metod jsou v disertační práci použity převážně obecně teoretické metody - analýza, syntéza, indukce, dedukce, generalizace, abstrakce, komparace a analogie. Dále jsou v práci užity i specifické vědecké metody, mezi nimiž pak především heuristické postupy (genetický algoritmus), metody matematické a statistické.

3.5 Data, zpracování dat, užitý software

Zdrojem primárních dat z povodňových škod byly záznamy z reálných místních šetření. Pro další práci s daty a jejich zpracování byly využity programy KROS plus, RTS, MatLab, MS Office Excel.

4 LITERÁRNÍ REŠERŠE

V této kapitole jsou definovány základní pojmy týkající se tématu této disertační práce. Jsou vysvětleny pojmy jako povodeň, její charakteristiky, typologie povodní a v neposlední řadě je popsáno, jaké riziko povodně představují – jak obecně, tak z pohledu pojišťoven, které škody po povodních kryjí.

Další část této kapitoly je věnována škodám, tedy dopadům, které povodně způsobují a jejich oceňování. Detailnější pozornost je věnována škodám a škodním křivkám na stavebních objektech. Oceňováním ekologických škod či škod na lidském zdraví a životech se tato kapitola ani práce dále nezabývá. Zmíněna je také závislost škodních křivek na různých proměnných.

V návaznosti na to je zmíněn vztah mezi geometrií budov a náklady jejich životního cyklu a s tím související nákladové křivky.

Poslední část této kapitoly je věnována genetickému algoritmu, který byl v kombinaci s metodou nejmenších čtverců zvolen jako nástroj pro výpočet výše škody způsobené povodní na obytných budovách, jež je hlavním výstupem této práce.

4.1 Charakteristiky povodně

Povodeň je jev, který vzniká v různé intenzitě, různých časových intervalech a to interakcí různých fyzikálních procesů. [2] Mezi tyto procesy patří především výskyt a intenzita srážek, vsakovací schopnost půdy, schopnost a rychlost odpařování padlých srážek, průtočnost koryt (případně kapacita vodních reservoárů), které odvádí či zadržují povrchovou vodu v území a další.

Povodeň lze obecně definovat jako situaci, kdy se na určitém území vyskytne více vody, než kolik z území může odtéct a dochází k vylití vody z břehů. Výskyt povodně může mít různé příčiny a také průběh.

Odborná literatura uvádí různé typy povodní, které se od sebe odlišují svými parametry. Povodně lze rozlišit například způsobené řekou, jezerem, mořem, povodně bleskové, povodně způsobené krátkým nebo dlouhotrvajícím deštěm, povodně zapříčiněné táním sněhu nebo poruchou či havárií vodního díla. [2]

Každý typ povodně má tak svá specifika. Například výskyt povodně způsobené táním sněhu není vázaný na aktuální přítomnost atmosférických srážek, na rozdíl od povodní způsobených deštěm. U povodní způsobených jezerem autoři v [1] uvádějí, že při zkoumání jejich

rozsahu je potřeba hodnotit kromě délky trvání povodně a síly větru také vliv vln. [2] Pro bleskovou povodeň je typický lokální rozsah a krátká doba trvání. [1] Lze zobecnit, že povodně menšího rozsahu přicházejí častěji a s větší pravděpodobností než povodně většího rozsahu.

4.1.1 Základní parametry povodně

Stejně jako každý složitý jev, i povodeň je třeba pro další práci a zkoumání charakterizovat na základě měřitelných údajů – parametrů. Mezi základní parametry povodně patří:

- N-letost vody – představuje takový maximální průtok vody, který je dosažen nebo překročen jednou za N let. Pravděpodobnost výskytu takového průtoku je pak $1/N$;
- Hloubka zatopení;
- Rychlost proudění vody;
- Doba zaplavení;
- Teplota vody;
- Koncentrace nebezpečných látek obsažených ve vodě;
- Rozsah povodně v území. [3]

Tyto parametry využívá také Vyhláška č. 79/2018 Sb. o způsobu a rozsahu zpracování návrhu a stanovování záplavových území a jejich dokumentace. [4] Tato vyhláška definuje povodňové ohrožení na základě 3 povodňových parametrů: hloubky vody, rychlosti proudění vody a doby opakování. Přesná definice z vyhlášky zní: „... *povodňovým ohrožením rozumí vyhodnocení intenzity povodně definované hloubkou a rychlostí proudění vody při povodních s různou dobou opakování. Ohrožení nabývá hodnot vysoké, střední, nízké a zbytkové*“. [4]

4.1.2 Typy povodní

Povodně lze klasifikovat dle mnohých faktorů. Pro účely této práce byla vybrána klasifikace založená na definici různých typů povodní ze Systému integrované výstražné služby (SIVS, kód 7 povodňové jevy):

- Jarní povodně z tání sněhu. Tyto povodně vznikají v období od prosince do dubna a jsou v našich podmínkách obvyklejší než povodně letní, jejichž příčinou jsou deště. V posledním období se takové povodně vyskytly např. v roce 2000 na Jizeře nebo v roce 2006 na většině území.
- Ledové povodně. Tyto povodně způsobuje zamrznutí řeky, které zmenší její průtočnost. Souvisejícím jevem je také unášení ledových ker po řece, které při zaklíně-

ní po proudu vytvoří ledové bariéry. V podmínkách ČR se jedná pouze o lokální zaplavení.

- Letní povodně z trvalých dešťů. Jedná se o několikadenní intenzivní srážky, které způsobí neschopnost půdy vsakovat další vodu. Zatopení z takové povodně může trvat až několik dní. Mezi nedávné povodně tohoto typu lze zařadit povodně v letech 1997, 2002 a 2010.
- Přívalové (bleskové) povodně. Vznikají především při letních bouřkách. Kdy půda může, ale nestačí vsakovat přitékající vodu. Tyto povodně zasahují zpravidla menší území, avšak díky rychlému průtoku vody bývají velmi ničivé.
- Zvláštní povodně. Jedná se např. o havárie vodních děl. Tyto povodně jsou rychlé, ničivé, avšak velmi ojedinělé. Největší taková povodeň v ČR se datuje roku 1916 protržením přehrady Bílá Desná.
- Další druhy povodní – např. přehrazení toku sesuvem půdy, povodně na mořském pobřeží (bouřlivý příliv), povodně z podzemních vod, tsunami, pluviální povodně (vznikající zaplavením dešťovou vodou, která neodtéká vodními toky). [5], [6]

Příklad rozdílů bleskové a říční povodně je na Obrázek 1.



Obrázek 1: Bleskové povodně (vlevo) a říční povodně (vpravo). [7]

4.1.3 Povodeň jako riziko

Je zcela jisté, že lidé vnímají riziko povodně především negativně a to i přes fakt, že jak příroda, tak člověk z tohoto jevu do jisté míry i prospívá, např. změnou tvaru některých

koryt vodních toků nebo niv na členitější (u technicky upravených koryt tedy bližší přírodnímu stavu) [8] nebo každoročním opakováním pomáhaly povodně např. zemědělství Egypta a Mezopotámie. [9] Pro účely této práce se bude dále riziko považovat za jev nežádoucí, způsobující škody.

Obecně je riziko definováno jako „pravděpodobnost výskytu nežádoucího jevu, která má za následek nepříznivé účinky na životy, zdraví, majetek nebo životní prostředí.“ [10] Riziko je dle metodiky možné určit ze vztahu:

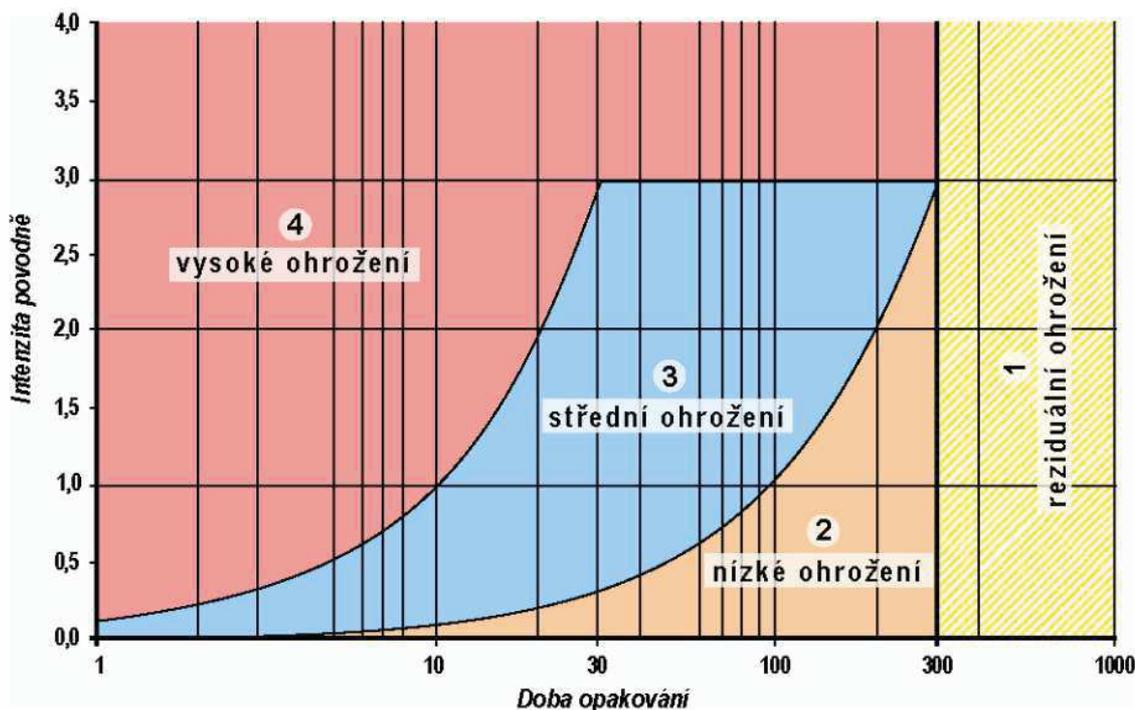
$$R = P \times D \quad (1)$$

kde

- R je riziko,
- P je pravděpodobnost výskytu,
- D jsou následky (škoda).

Povodňové riziko je možné hodnotit kvalitativní analýzou (identifikace možných scénářů nebezpečí), kvantitativní analýzou (pravděpodobnosti výskytu jednotlivých scénářů nebezpečí) a také semikvantitativní analýzou (hodnocení relativní výše rizika vyjádřená např. formou barevné škály nebo číselné stupnice). [10]

Příklad semikvantitativní analýzy je na Obrázek 2. Míra ohrožení se zobrazuje v matici rizika. Tato matice vychází z intenzity povodně a doby opakování. Intenzita povodně je definována jako funkce hloubky vody h [m] a rychlosti vody v [m/s]. [10]



Obrázek 2: Matice povodňového rizika. [10]

Pro jednotlivé kategorie ohrožení existují doporučení pro výstavbu. Například, pro kategorii vysoké ohrožení se doporučuje nepovolovat novou ani nerozšiřovat stávající zástavbu, pro nízké ohrožení se umožňuje výstavba, ale pro citlivé objekty je doporučeno přijmout speciální opatření ve smyslu krizového řízení. V případě funkčního využití území pro bydlení je přijatelné nízké riziko. Vysoké riziko je přijatelné pro vodní plochy nebo zahrádkářské kolonie. [10]

4.1.4 Stupně povodňové aktivity

Lidstvo se naučilo s rizikem povodně pracovat. Jedním ze základních pojmů, který vznikl v souvislosti s tím je zcela jistě stupeň povodňové aktivity.

Je to jednoduché číselné označení situace z hlediska míry ohrožení obyvatelstva a jeho majetku možnou či právě probíhající povodní. V současné době definuje platný český vodní zákon [11] tři možné stupně povodňové aktivity:

1. SPA – BDĚLOST

- Voda ještě zůstává v korytě, průtok však dosahuje nadprůměrných hodnot.
- Dosažení 1. SPA signalizuje nebezpečí příchodu povodně a měl by sloužit jako signál k předběžné přípravě na povodeň, například kontrolu okolí vodního toku, propustků atd.). Činnost také zahajuje hlídková a hlásná služba.

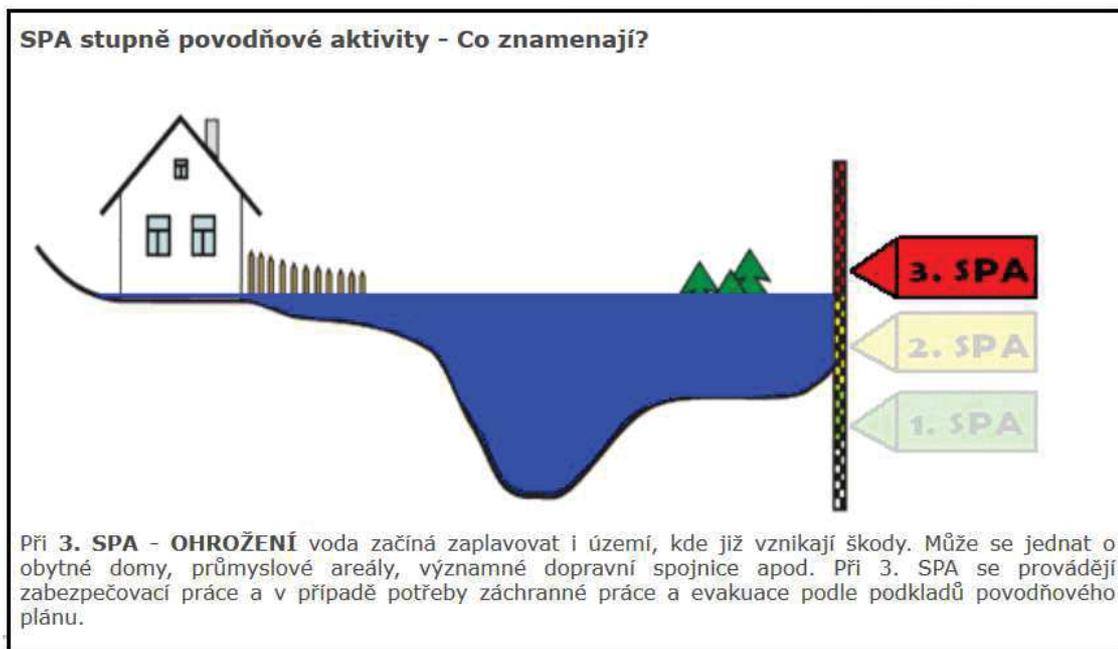
2. SPA – POHOTOVOST

- Voda již vystupuje z koryta a začíná zaplavovat přilehlá území. Úroveň 2. SPA je však navržena tak, že voda ještě nepůsobí téměř žádné škody, zaplavuje totiž jen louky, pastviny, lužní lesy či ostatní příbřežní vegetaci.
- Při 2. SPA se aktivizují povodňové orgány a provádějí se aktivity pro zmírnění průběhu povodně podle povodňového plánu.

3. SPA - OHROŽENÍ

- Voda začíná zaplavovat i území, kde již vznikají škody. Může se jednat o obytné domy, průmyslové areály, významné dopravní spojnice apod.
- Při 3. SPA se provádějí zabezpečovací práce a v případě potřeby záchranné práce a evakuace podle podkladů povodňového plánu. [12]

Tyto stupně vyhlašuje hlásná povodňová služba prostřednictvím ČHMÚ nebo s.p. Povodí.



Obrázek 3: SPA (stupně povodňové aktivity). [12]

4.1.5 Povodeň jako pojistné riziko

Stejně jako proti jakémukoliv jinému nebezpečí, které může způsobit majetkové škody, i proti povodni se subjekty snaží pojistit. V pojišťovnictví se rozlišují dva pojmy: povodeň a záplava. Například PP (pojistné podmínky) Pojištění majetku a osob Pojištění domova 9837 9/2012 MHA uvádějí:

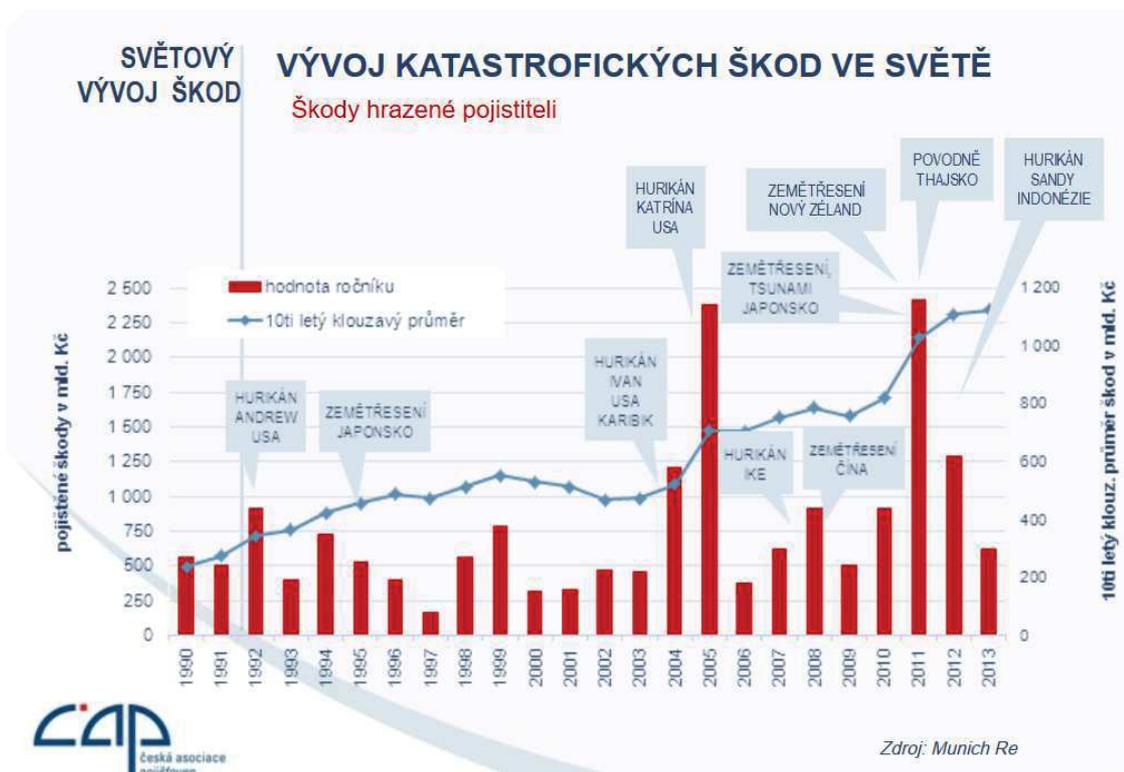
„Povodní se rozumí zaplavení větších či menších územních celků vodou, která se vylila z břehů vodních toků nebo z břehů nádrží nebo tyto břehy a hráze protrhla nebo byla způsobena náhlým a neočekávaným zmenšením průtočného profilu toku.

Záplavou se rozumí zaplavení pozemku, na kterém se nachází pojištěná věc, proudící nebo stojící vodou i z jiných příčin než z důvodu povodně.

Pojistnou událostí z důvodu pojistného nebezpečí povodeň nebo záplava je takové poškození nebo zničení pojištěné věci, které bylo způsobeno:

- a) přímým působením vody z povodně nebo záplavy na pojištěnou věc;
- b) předměty unášenými vodou z povodně nebo záplavy.“ [13]

Povodeň i záplava patří mezi živelná rizika, proti nimž se lze pojistit (podobně jako požár, vichřice nebo zemětřesení). Tato rizika jsou nejvýznamnější pro prostředí České republiky a povodně se řadí mezi nejničivější živelné přírodní jevy způsobující nejvyšší škody hrazené pojišťovnami. Celosvětově jsou nejvýznamnějšími původci škod hurikány a zemětřesení, avšak i povodně dosáhly ve světě podobného rozsahu škod, jako výše zmíněné ničivé živly (např. v roce 2011 povodně v Thajsku). Viz Obrázek 4.



Obrázek 4: Historický přehled škod ve světě způsobených různými živly. [14]

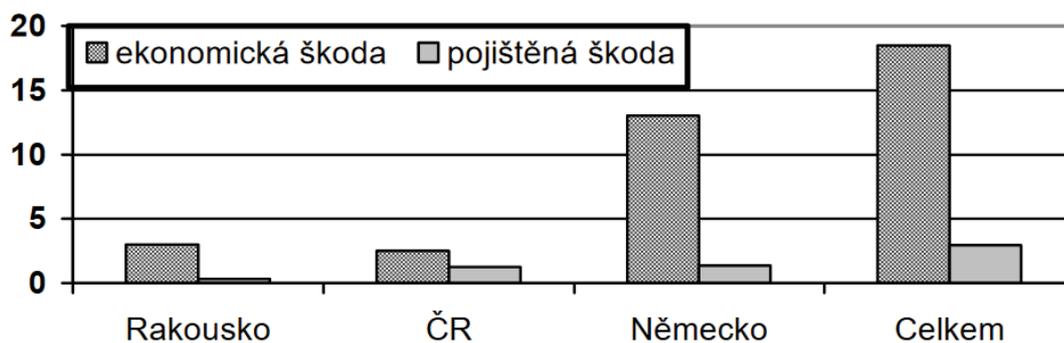
Historicky mezi nejzávažnější povodně v České republice patří povodně z let 1997 a 2002. Tabulka 1 obsahuje srovnání těchto povodní. Kromě obrovských škod na majetku (62,6 mld. Kč v roce 1997 a 73,1 mld. Kč v roce 2002) na velkém území je také potřeba uvést dopady na osudy lidí. Povodeň v roce 1997 měla 50 obětí na životech, bylo třeba evakuovat cca 80 000 lidí, z toho více než 10 000 přišlo o své domovy. Povodeň v roce 2002 připravila o život 17 osob, evakuováno muselo být 225 000 lidí. [15] Finanční rozsah škod činil v roce 1997 cca 12 % [16] a v roce 2002 to bylo 10 % ročního státního rozpočtu.

Tabulka 1: Porovnání následků katastrofálních povodní v letech 1997 a 2002.

Míry povodňových škod	Povodeň 1997	Povodeň 2002
Rozloha postiženého území (suma výměr zaplaveného území u postižených obcí)	11 tis. Km ²	17 tis. Km ²
Počet postižených obcí	558	986
Počet dotčených krajů	8	10
Počet dotčených okresů	34	43
Počet postižených obyvatel v dotčených okresech	2,9 mil.	3,2 mil.
Podíl postižených obyvatel k celkovému počtu obyvatel žijících v dotčených okresech	63 %	66 %
Přímé majetkové škody	62,6 mld. Kč	73,1 mld. Kč
Počet obětí na životech	50	17
Počet evakuovaných osob	80 tis.	225 tis.

Zdroj: vlastní zpracování dle [15]

Zajímavé je u těchto katastrofálních událostí sledování míry pojištěnosti majetku. I přes rozsáhlé škody a zkušenosti z roku 1997 zůstala pojištěnost škod v roce 2002 v České republice relativně nízká (dosahovala cca 50 %). Avšak i toto číslo je ve srovnání s jinými zeměmi zasaženými povodní v roce 2002 relativně vysoké. Míra pojištěnosti majetku v Rakousku byla tehdy pouze 12 % a v Německu dokonce pouze 10 % (viz Obrázek 5). [17]



Obrázek 5: Škody způsobené povodněmi v srpnu 2002 (mld. EUR). [17]

Statisticky se ukazuje, že povodně přicházejí častěji, než přicházely historicky. Za důvody jsou označeny jak globální klimatické změny, tak vliv člověka na přeměnu krajiny. [18] Očekávaný častější výskyt extrémních hydrologických jevů bude spojený se závažnějšími škodami. [19] Předpovídání a oceňování povodňových škod je proto stále více důležité. Závažnější materiální škody pak povedou k problémům s udržitelností soukromých pojistných schémat. [20] Příklad rozdílnosti výše škod v povodí Taihu v závislosti na n-letosti povodně je zobrazen v Tabulka 2.

Tabulka 2: Simulace výsledků povodňových škod.

Počet let n (n-letá voda)	Frekvence povodně	1999 [million CNY]
1000	0.001	312.0
500	0.002	291.0
200	0.005	176.0
100	0.01	104.0
50	0.02	65.0
20	0.05	35.0
10	0.1	12.0
2	0.5	0.55

Zdroj: vlastní zpracování dle [21]

Jak bylo uvedeno výše, povodeň je závislá na celé řadě proměnných a povodňové riziko bývá různé pro různé lokality. Proto je důležité provádět zónování území. Otázka povodňového managementu a zónování už byla analyzována v určitých detailech (viz např. [22],

[23] přesto specifická rizika je dále potřeba rozvíjet, např. mapování rizika na pobřeží moře a jeho zónování. [24]

V České republice existují povodňové mapy. Ty využívají pojišťovny (členové České asociace pojišťoven) pro hodnocení rizika povodně a záplavy, podle kterého se stanovuje cena pojištění. Je důležité říci, že tyto rizikové zóny ukazují míru rizika z pohledu pojistného trhu. V tom se odlišují od záplavových území stanovených vodoprávním úřadem. Povodňové mapy pojišťoven navíc hodnotí i zpětné vzduť přes kanalizační systém nebo působení přívalového deště. [25], [26]

Systém zón vznikl mezi roky 2002 a 2003. Systém obsahuje všechny toky s povodím alespoň 10 km². Jeho součástí jsou:

- Říční rizikové zóny včetně hloubek a
- Rizikové zóny záplav z přívalových dešťů včetně hloubek. [25]

Systém zón definuje 4 povodňové zóny:

- Zóna 1 – zanedbatelné nebezpečí.
- Zóna 2 – nízké nebezpečí (přibližně odpovídá území tzv. maximálního rozlivu).
- Zóna 3 – střední nebezpečí (přibližně odpovídá území 50-leté vody).
- Zóna 4 – vysoké nebezpečí (přibližně odpovídá území 20-leté vody). [27]

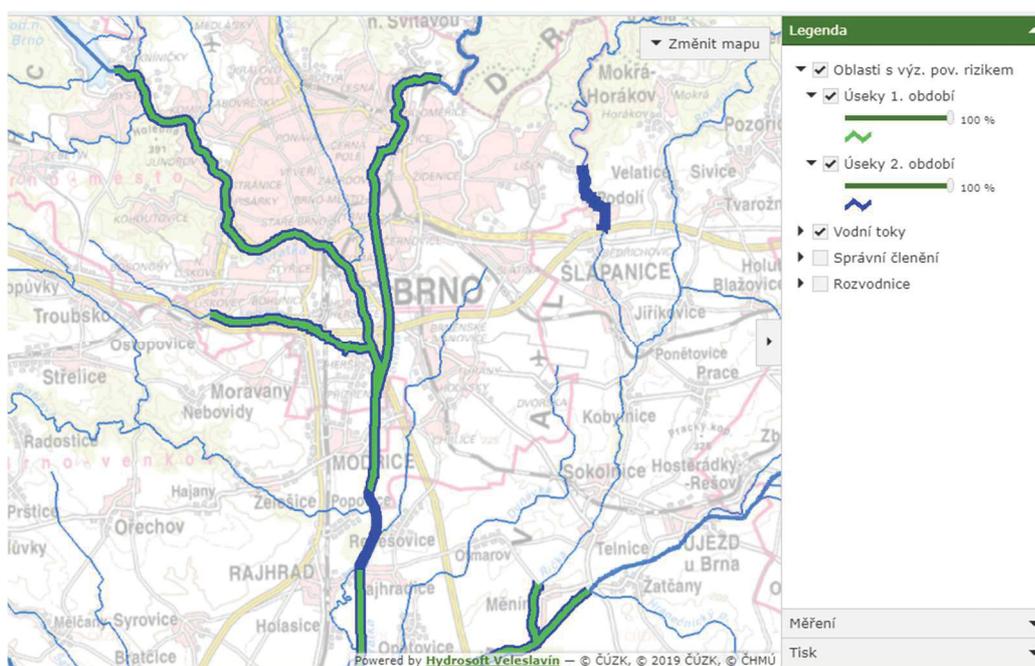
Pro stanovení zón je potřeba různá úroveň detailu (podrobnosti viz Tabulka 3).

Tabulka 3: Úroveň detailu systému zón.

Zóny	Úroveň detailu
Z1, Z2	zaplavení v důsledku povodní s dosaženou vysokou hladinou vody, nejsou uvažovány vlivy lokálních terénních detailů, nehodnotí se např. bleskové povodně
Z3, Z4	zohlednění místního působení reliéfu (dálniční nebo železniční násypy), využití digitálního modelu terénu

Zdroj: Vlastní zpracování dle [27]

Mapy povodňových rizik jsou součástí plánů pro jejich zvládnutí. Všechny členské státy EU mají povinnost tyto plány vypracovat (Směrnice Evropského parlamentu). [28], [29]



Obrázek 6: Mapy povodňového nebezpečí, ohrožení a povodňových rizik. [30]

Ke zvládnání povodní je potřeba realizovat protipovodňová opatření. Tato opatření snižují riziko povodně, chrání majetek i životy. Navíc, díky realizaci protipovodňových opatření se může území spadající do určité povodňové zóny přesunout do méně rizikové a tím zlevnit pojištění majetku proti riziku povodně. Klasifikaci protipovodňových opatření uvádí [31] následovně:

- Technická opatření:
 - Retence – jedná se o zadržení vody v krajině;
 - Zkapacitnění koryt – zvětšení průtočného průřezu;
 - Ochranné hráze – vybudování ochranných hrází podél koryta za účelem zadržení vysokých průtoků v řečišti;
 - Stabilizace koryt – opevňování části profilu dna, paty nebo břehových svahů;
 - Regulace lesního hospodářství – regulace rozsahu, druhu a struktury lesního porostu;
 - Regulace zemědělské činnosti – regulace rozsahu a druhu zemědělské činnosti.

- Netechnická opatření:
 - Definování záplavových zón;
 - Právní zajištění záplavových zón;
 - Předpovědní systémy;

- Varovné systémy;
- Výchova veřejnosti.

Technická opatření drží povodeň od lidí, netechnická opatření drží lidi od povodní. Jiné členění je na aktivní a pasivní opatření. Aktivní protipovodňová opatření podporují preventivní přístup při využívání záplavových území, pasivní protipovodňová opatření chrání majetek umístěný v území. [32]

Výchova veřejnosti je velmi důležitá, protože řada škod v minulosti vznikla nedisciplinovaných chování jednotlivců. Protože protipovodňových opatření je celá řada, je potřeba vyhodnocovat jejich efektivnost, např. pomocí čistém současné hodnoty. [31]

4.2 Povodňové škody na objektech

Existují různé typy povodňových škod. Základní členění je podle dvou kritérií: hmotné a nehmotné škody, přímé a nepřímé škody. Hmotné škody jsou takové škody, které je možné ocenit v peněžních jednotkách (např. škody na majetku, ušlý zisk). Nehmotné škody jsou například ztráty lidských životů nebo dopad na životní prostředí (např. kontaminace). Přímé škody jsou takové škody, které nastanou přímým kontaktem s povodní (typickým příkladem jsou škody na majetku). Mezi nepřímé škody patří např. ušlý zisk způsobený přerušением provozu. [33]

Ve [10] autoři podrobněji člení např. průmyslové škody. Přímé průmyslové škody se určují ve vztahu k hloubce zatopení a zahrnují:

- náklady na úklidové a sanační práce po povodni;
- náklady na demontáž poškozeného zařízení a montáž nového (nebo opraveného);
- náklady na výměnu zařízení;
- náklady na dočasnou výměnu zařízení po dobu opravy poškozeného zařízení;
- náklady na opravy;
- ostatní náklady.

Další skupinou jsou nepřímé a nevyčíslitelné náklady. Autoři uvádějí, že jejich odhad je obtížný. Jedná se např. o škody:

- ztráty pozice na trhu;
- zvýšení pojistného;
- důsledky přerušением výroby.

Tyto škody mají různé příčiny, např. nemožnost zákazníků kontaktovat podnik, nemožnost expedovat výrobu, nemožnost zaměstnanců dostat se do práce. [10]

Jiné dělení povodňových škod uvádí publikace [34]. Autoři dělí škody do třech kategorií:

- škody na životech;
- škody na životním prostředí;
- škody na majetku.

Tabulka 4: Členění škod

Typ škody	Příčina	Příklad dopadu
Škoda na životech	Selhání informačních a varovných systémů, individuální podstupování rizika.	Velký počet lidských obětí v letech 1997 a 2002.
Škoda na životním prostředí	Lokalizace lidských staveb (sklady chemikálií, benzínová čerpadla)	Znečištění zdrojů pitné vody.
Škoda na majetku	Lokalizace lidských staveb, závislé na průběhu povodně.	Poškození budov, infrastruktury.

Zdroj: Vlastní zpracování dle [34]

Tato práce se dále zaměří na škody vzniklé na majetku, konkrétněji na stavebních objektech. Jak uvádí Tabulka 4, jedná se např. o budovy či infrastrukturální stavby, které „přišly do cesty“ povodni, tedy přeneseně lze říci, že byly postaveny na ohroženém místě.

Statistiky škod na různých typech stavebních objektů u povodní z roku 2010 přináší publikace. [21] Studie uvádí, že hlavní škody byly na dopravní infrastruktuře (pozemní komunikace, železniční tratě, silniční mosty). Další část škod se týkala vodohospodářských objektů a vodních toků (technické poškození a zanesení toků a nádrží velkým množstvím sedimentů). Další škody se týkaly zemědělství, lesnictví, bytového fondu, inženýrských sítí (kanalizace, čistírny odpadních vod), stavby školství nebo zdravotnictví. Podrobnější data o rozsahu jsou v Tabulka 5.

Tabulka 5: Rozsah škod na stavebních objektech při povodních v roce 2010. [21]

Předmět odhadu	Měrná jednotka	JMK	MSK	OK	ZK	Celkem
Doprava						
Mosty silniční	ks	9	446	66	124	645
Pozemní komunikace	km	85	802	113	352	1 352
Trat' dráhy	km	2	938	10	0	950
Vodní hospodářství						
Stavby vodních nádrží a rybníků	ks	2	50	26	15	93
Vodní toky upravené	km	45	386	63	20	515
Vodní toky neupravené	km	0	38	6	21	65
Nánosy ve vodních tocích a vodních dílech	m ³	0	6 746	3 727	14 880	25 353
Obnova přirozené funkce vodních toků	km	0	14	0	3	17
Technická infrastruktura						
Vodovody	km	0	18	0	2	20
Kanalizace	km	6	94	24	11	134
Plynovody	km	0	34		3	37
Teploměry	km	0	10	16	4	30
Vedení el. energie	km	0	12	1	3	16
Čistírny odpadních vod	ks	0	14	18	11	43
Úpravní vody	ks	0	0	0	1	1
Teplárny a výměňkové stanice	ks	0	24	22	0	46
Zdravotní a sociální péče						
Zdravotnická zařízení	ks	1	52	0	0	53
Školy a školská zařízení	ks	8	56	30	14	108
Ústavy sociální péče	ks	0	8	4	1	13
Stavby civilní ochrany	ks	0	1	2	4	7
Kulturní zařízení	ks	3	32	6	5	46

Škody na stavbách se často týkají promáčeného zdiva a konstrukcí budov. Tyto je třeba vhodným způsobem nechat vyschnout (vysušit), aby se zamezilo dalším škodám např. zimními mrazy, jak uvádí Národní památkový ústav na příkladu historických budov. [35]

V kapitole 4.1 jsou uvedeny základní parametry povodně. Tyto parametry jsou různorodého charakteru. Obdobně, i různé stavební objekty (silnice, mosty, budovy aj.) mají odlišnou podstatu. Proto lze očekávat, že některé parametry budou u určitých konstrukcí významnější než u jiných a naopak. Například, bylo zjištěno, že rychlost proudění má významný vliv na výši povodňových škod na konstrukcích silnic. U budov je tento vliv důležitý pouze za podmínky, kdy rychlost proudění překročí určitý limit. [36] Na stavební objekty působí při povodni mnoho povodňových vlivů: hydrostatické, hydrodynamické, erozní i nefyzikální (chemické, biologické). [37]

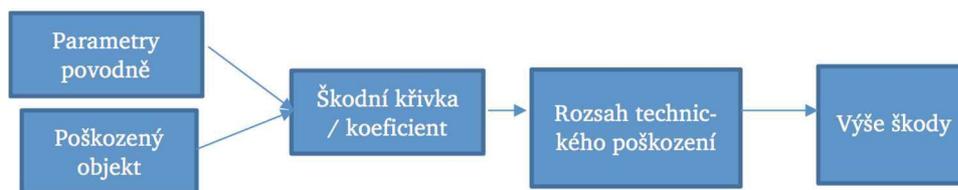


Obrázek 7: Dům stržený povodní v Moravskoslezském kraji. [38]

Kromě parametrů povodně uvedených v kapitole 4.1 má na výši škod na budovách vliv také například únosnost podloží nebo materiálové a konstrukční charakteristiky stavby. [39], [40] V případě zatopení obytné budovy se nejčastěji objeví škody na finálních souvrstvích povrchových úpravách vodorovných a svislých konstrukcí. Kdyby však taková budova byla dřevostavba, mohlo by dojít i k degradaci nosných částí konstrukce a narušení statické části objektu.

4.3 Oceňování povodňových škod

Výše povodňové škody závisí na charakteristikách povodně a typu poškozeného majetku. Na základě těchto informací je možné určit rozsah poškození a potom i finanční rozsah škody. Výše takové škody může být stanovena položkovým rozpočtem nebo jiným způsobem. Tyto jiné způsoby využívají škodní křivky nebo koeficienty. Položkový rozpočet je časově náročný, jeho výhodou je vysoká přesnost, protože se tvoří pro konkrétní škodu. Přesnost škodních křivek nebo koeficientů/indexů závisí na kvalitě vstupních údajů, ze kterých byly vytvořeny. Tento proces ukazuje Obrázek 8.



Obrázek 8: Proces určení výše škody pomocí škodní křivky či koeficientu. Zdroj: Vlastní zpracování dle [33]

4.3.1 Oceňování škod položkovým rozpočtem

Oceňování škod pomocí položkového rozpočtu je nejčastější forma řešení škodné události v praxi. Pojišťovny buďto využívají standardní SW dostupný i pro stavební veřejnost nebo si nechávají standardní SW speciálně přizpůsobit na základě svých vlastních požadavků a vnitřních postupů. Tyto specializované SW již nejsou veřejně přístupné, jelikož se jedná o know-how dotčené pojišťovny. Rozpočet je tvořen položkami, které se dělí na položky konstrukční a materiálové. Každá položka obsahuje měrnou jednotku, výměru, jednotkovou cenu a hmotnost. Na základě naměřených výměr během místního šetření se sestaví položkový rozpočet tak, aby obsahoval veškeré konstrukce a materiály, které byly vodou zasaženy a aby ve finále stanovil celkovou výši nákladů na opravu po povodni.

4.3.2 Další způsoby oceňování

V současné době existuje několik studií, které se zabývají působením povodní na nemovité věci. Níže zmíněné publikace a jejich studie řeší škody na nemovitých věcech hromadně. Zatímco metodika navrhovaná v této práci se snaží posuzovat každý objekt individuálně, avšak na základě jednotné metodiky.

Do těchto studií patří například publikace „Povodně a nemovitý majetek v území.“ [41] Tato publikace konkrétně pojednává o rozhodování o ekonomické efektivnosti protipovodňové ochrany, založené zejména na možnosti stanovení výše potencionální škody na nemovitém majetku zasaženém povodní, které mohou zabránit. Jedná se tedy o plošné stanovení škod v zastavěném území.

Pro vyčíslení škody jsou stanoveny jednotlivé reprezentanty majetku (např. budova pro komunální služby a hygienu, budova pro společné ubytování a rekreaci). Pro jednotlivé reprezentanty majetku jsou sestaveny křivky poškození, které respektují tři parametry povodně (rychlost proudění, hloubka vody, doba trvání záplavy) a to zvláště pro únosné a neúnosné podlahy. [41] Ve výsledku jsou odvozeny škodní křivky pro reprezentanty území v Kč/m². Obrázek 9 zobrazuje graf poškození pro reprezentanta rodinných domů pro únosné podlahy. Osa X představuje hloubku vody (depth of water), osa Y škodu na budově (damage to building).

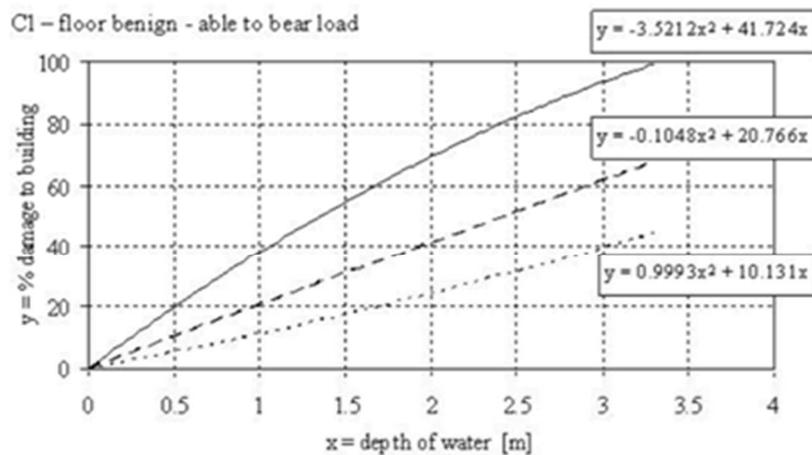


Figure 4. Damage curves for the representative of the family house property, contiguous terraced development

Obrázek 9: Křivky poškození pro zástupce majetku rodinného domu, souvislá řadová zástavba [39]

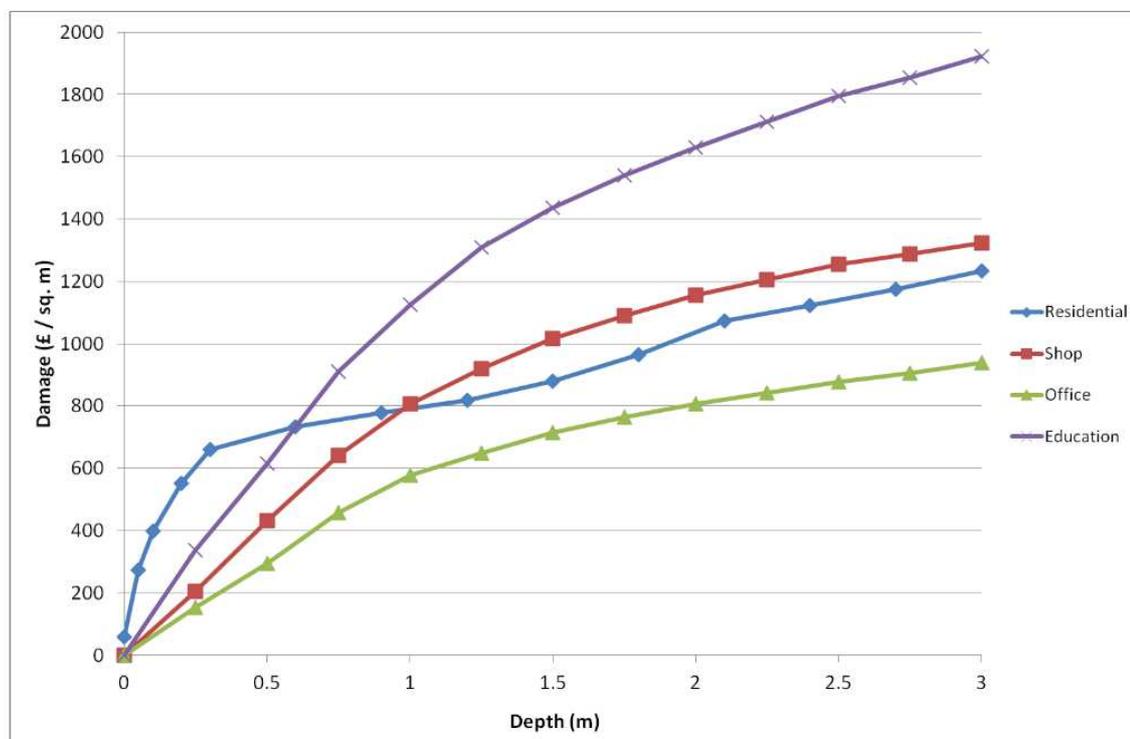
Další studie obsahuje například publikace „Povodňové škody a nástroje k jejich snížení.“ [34] Tato publikace komplexně pokrývá současné poznání na poli ekonomické a institucionální analýzy v oblasti povodňových katastrof. Zabývá se například klasifikací povodňových škod, rolí pojištění v souvislosti s povodněmi, efektivnosti veřejných výdajů v oblasti protipovodňové ochrany aj.

Mezi další publikace patří například „Povodně jako průřezový problém státní politiky“ [17], která pojednává o propojení státní politiky a povodní. Respektive řeší problematiku nákladů na protipovodňová opatření, ochranu obyvatel a životního prostředí. Obrázek 10 znázorňuje zdroje financování oprav povodňových škod.



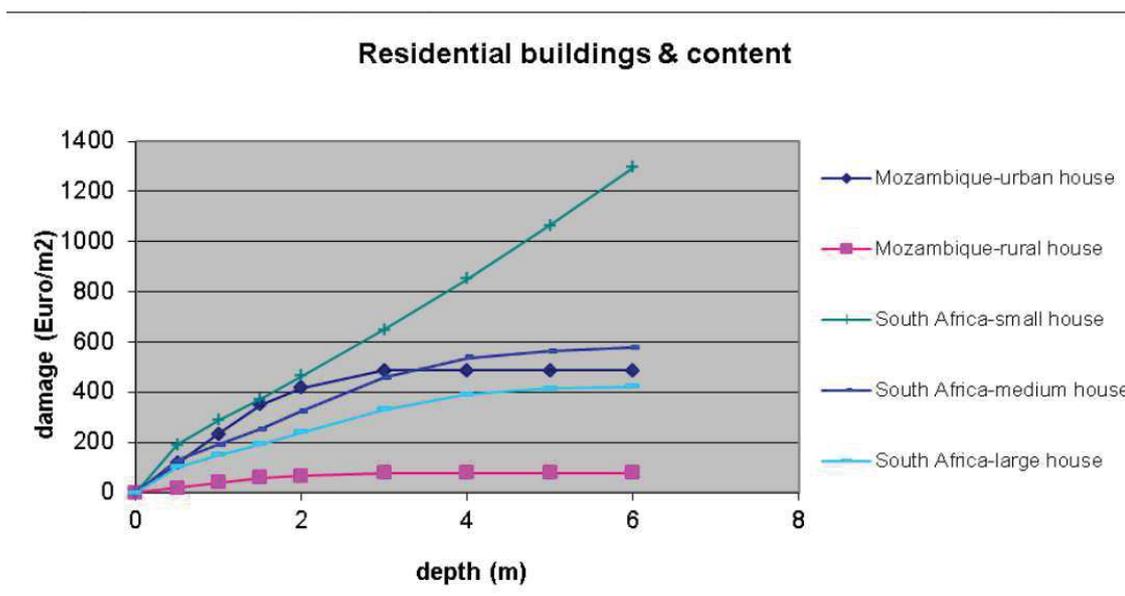
Obrázek 10: Zdroje financování povodňových škod. [17]

Další typy škodních křivek je možné nalézt v publikaci [43]. Z grafu na Obrázek 11 je vidět, jak se mění průběh škody pro různé typy staveb: rezidenční (Residential), obchody (Shop), kanceláře (Office), vzdělávání (Education). Výše škody (Damage) v GBP/m² je odvozena z hloubky zatopení (Depth).



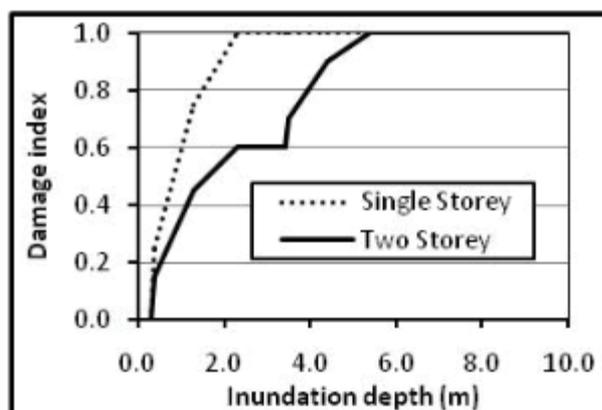
Obrázek 11: Škodní křivky – funkce výše škody a hloubky zatopení. [42]

Škodní křivky je potřeba tvořit na národní úrovni, protože se náklady na výstavbu i způsob výstavby mezi státy liší. Obrázek 12 ukazuje, jak velké rozdíly ve výši škody v LIB/m² existují, když se srovnají různé typy staveb pro různé státy. [43] Osa X představuje hloubku (Depth) a osa Y škodu (Damage). Jednotlivé křivky reprezentují: Mosambik – městské domy (Mozambique-urban house); Mosambik – vesnické domy (Mozambique-rural house); Jižní Afrika – malé domy (South Africa-small house); Jižní Afrika – středně velké domy (South Africa-medium house); Jižní Afrika – velké domy (South Africa-large house).



Obrázek 12: Výše škody v EUR/m² dle hloubky zatopení pro rezidenční budovy dle regionu - Afrika. [43]

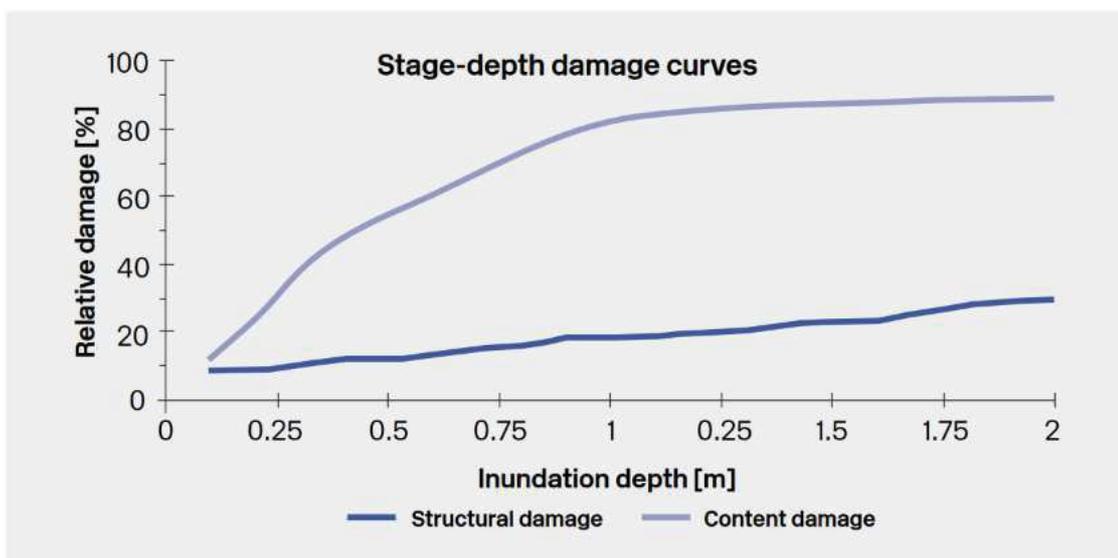
System škodních indexů ve studii ze Srí Lanky byl publikován např. pro jednopodlažní (Single Storey) a dvoupodlažní (Two Storey) rodinné domy. Obrázek 13 ukazuje škodní křivky závislé na hloubce (Inundation depth), pomocí kterých je možné stanovit škodní index (Damage index) v rozmezí 0 – 1. Graf zobrazuje výrazně rychlejší nárůst hodnoty škodního indexu u jednopodlažních objektů. Autoři doporučují, aby se škodní křivky používaly pro hloubky zatopení do 10 m. [44]



Obrázek 13: Škodní křivky – index škody v závislosti na hloubce zatopení. [44]

Existují také studie, které zkoumají kromě škod na budovách samotných i škody na vybavení. Příklad takových křivek pro obytné budovy a jejich vybavení je znázorněn v Obrázek 14. Obrázek ukazuje, že nárůst relativní škody (Relative damage) v závislosti na hloubce

zatopení (Inundation depth) je výraznější pro položku vybavení (Content damage) než pro konstrukce (Structural damage).



Obrázek 14: Škodní křivky na objektech a jejich vybavení dle hloubky zatopení. [45]

4.3.3 Oceňování pomocí aproximačního algoritmu

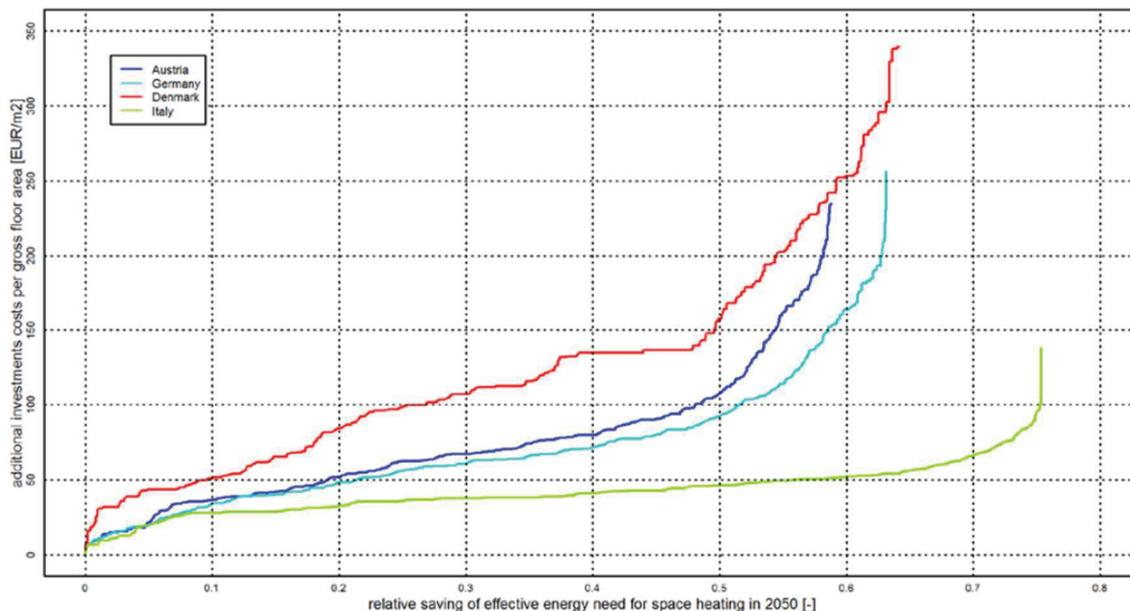
Další alternativou při oceňování povodňových škod je využití aproximačních algoritmů, které by dokázaly na základě omezeného počtu vstupních údajů vypočítat jakékoliv variantní zadání a stanovit výsledky pro různé stavy s co největší přesností pro konkrétní případ. Tyto aproximační algoritmy by bylo možné použít i při simulacích povodní v záplavových území a stanovení předpokládané škody. Jedná se například o genetické algoritmy či jiné typy hybridních (genetických) algoritmů. Problematikou genetických algoritmů a dalších nástrojů/postupů použitých v této práci se zabývá kapitola 4.5 a 4.6.

Genetické algoritmy se využívají v celé řadě odvětví k různým účelům, např. k odhadu ztráty přenosu v energetických soustavách [46], ke stanovení ztrát na životech způsobených protržením hrází [47], k optimalizaci velkých systémů odvodu vody [48] nebo ke strukturálním identifikacím poškození [49]. Proto je jeho použití v mezioborové výzkumu (ekonomický odhad technického rozsahu ztráty) oprávněné.

4.4 Geometrie budov

Jak uvádí literatura, geometrie budov má vliv na celou řadu aspektů. Mnoho článků řeší souvislost geometrie budov a energetické náročnosti budov, např. [50], [51]. Autoři navrhuje optimalizaci geometrie budov, protože pozitivně ovlivňuje jak náklady na výstavbu, tak i náklady na provoz. A můžeme hovořit o nákladech celého životního cyklu budovy. Např.

pro provozní fázi životního cyklu stavby jsou zásadní náklady na energie a s nimi souvisejí i určité investiční náklady. [52] Obrázek 15 znázorňuje výši dodatečných investičních nákladů na podlahovou plochu podlaží (additional investments costs per gross floor area) a relativní úsporu nákladů na vytápění vztahenou k vynaloženým investičním nákladům, tedy efektivitu (relative saving of effective energy need for space heating).



Obrázek 15: Křivky mezních nákladů na úsporu energie (MEC). [52]

Samozřejmě, že geometrie budov se nedotýká jen energetické optimalizace. Optimalizace se vztahuje také k nákladům na výstavbu. Optimálním tvarem budovy (stěny, základy) a vnitřním uspořádáním budovy se zabývali v [53], a to s cílem dosažení snížení nákladů na výstavbu. Autoři pak představují tzv. VOLM index (Volume block compactness index). Tento index vyhodnocuje tvar budovy (zohledňuje objem budovy a plochu jejího povrchu) a autoři uvádějí vliv hodnoty VOLM indexu na výstavbové náklady. Jako příklad uvádí, že změna hodnoty VOLM indexu o 0.1 znamená změnu výše výstavbových nákladů o 6 %. Příklad hodnocení různých tvarů je na Obrázek 16 a v Tabulka 6. Toto hodnocení ukazuje, jak hodnota VOLM reaguje na změny vstupních hodnot.

	Shape 1	Shape 2	Shape 3	Shape 4	Shape 5
Parameter (cost)					
a – building length (m)	22	11	15	22	30
b – building width (m)	22	30	26	22	22
h – building walls height (m)	5	5	5	5	5

Obrázek 16: Členění budov pro VOLM index dle tvaru a rozměrů. [53] Vysvětlivky: a – délka budovy, b – šířka budovy, h – výška budovy, Shape 1-5 = tvar.

Tabulka 6: Indexy VOLM pro jednotlivé tvarové charakteristiky budov.

Tvar	T1	T2	T3	T4	T5
VOLM	1,43	1,62	1,77	1,70	1,56

Zdroj: Vlastní zpracování dle [53].

Proto lze předpokládat, že geometrie budovy bude mít vliv na velikost škod způsobených na objektu povodní.

4.5 Genetický algoritmus

Genetický algoritmus je heuristický postup, který se snaží pomocí evoluční biologie nalézt řešení složitých problémů, pro které neexistuje použitelný exaktní algoritmus. Tento postup se inspiroval přirozeným procesem v přírodě – evolucí. V roce 1975 John Henry Holland popsal v knize *Adaptation in Natural and Artificial Systems* základní vlastnosti těchto algoritmů a obecně se považuje za jejich zakladatele. [54]

Algoritmus je založen na Darwinově teorii o vývoji druhů a simuluje boj jednotlivých organizmů o přežití. Každý organismus či jedinec je kandidátním řešením daného problému a jeho kvalitu lze kvantitativně vyjádřit pomocí tzv. ohodnocovací funkce. Zlepšování či šlechtění vychází z dědičnosti, mutace, přirozeného výběru a křížení. Na základě těchto principů může být daný jedinec ohodnocen, zdali jeho vývoj je prospěšný, či nikoliv. [54]

4.5.1 Ohodnocovací funkce

Ohodnocovací funkci nemusí být jednoduché určit a případně provést. Její předpis může být neměnný po celou dobu evoluce, nebo se naopak může měnit pro každou nově vzniklou generaci. Přežití silnějšího, respektive zdatnějšího se promítne tak, že jedinci s lepším hodnocením budou rodiči více potomků. Tím se předpokládá, že zdatnější jedinci předají to nejlepší, co mají, v co největším počtu a díky tomu rozšíří svou novou a silnější generaci. Avšak kvůli hrozbě uváznutí v lokálním maximu není žádoucí vybírat jen aktuálně

nejlepší jedince a ty dál množit. Nové a kvalitní části řešení mohou vznikat postupně a nemusí být na začátku výrazně ku prospěchu celé generace. Teprve při vhodném spojení, respektive křížením s jinými, se projeví jejich skutečná hodnota. [55]

4.5.2 Kódování jednice

Kódování určuje, jak je potencionální řešení v jedinci vyjádřeno. Dříve se pro zjednodušení používalo kódování do binárních řetězců. Toto řešení se později ukázalo, že je pro mnoho problémů až příliš obecné, a proto může být řešení reprezentováno prakticky jakoukoliv datovou strukturou, jakmile jsou pro ni definovány další operátory genetického algoritmu. [54]

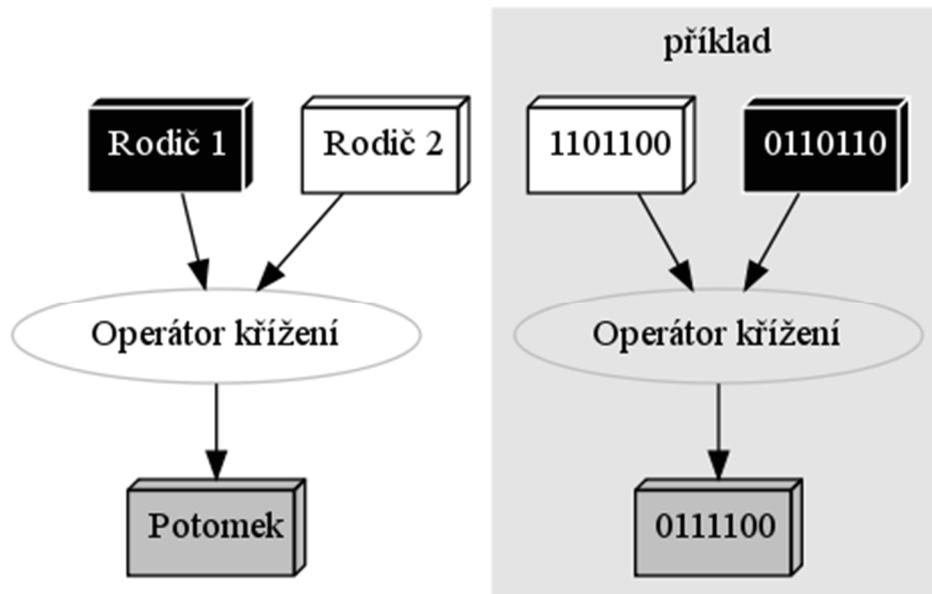
4.5.3 Selektce

Předtím, než se populace dostane k operátorům, je potřeba vybrat, kteří jedinci se budou moci rozmnožovat dále. K tomu slouží selektce. Aby byl genetický algoritmus podobný evoluci, musí upřednostňovat řešení *kvalitní* na úkor *nekvalitních*. Kvalita řešení je vyjádřena ohodnocovací funkcí. Nejčastěji se používají tyto typy operátorů selektce:

- Ruleta – vrátí každého jedince s pravděpodobností odpovídající jeho poměrné kvalitě;
- Ruleta založena na pořadí – vrátí jedince s pravděpodobností odpovídající jeho pořadí v populaci podle kvality;
- Turnaj – náhodně vybere n jedinců a vrátí toho nejlepšího z nich. [54]

4.5.4 Operátor křížení

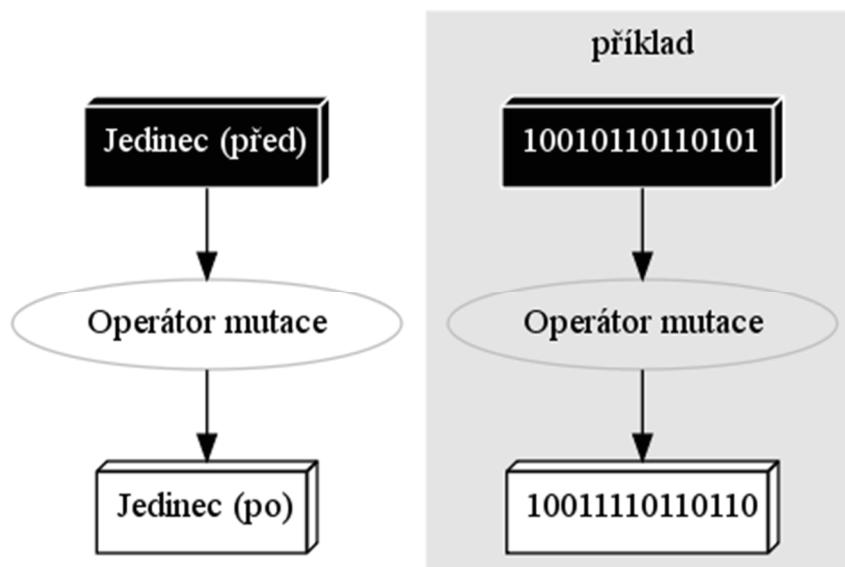
Křížení je proces, který z několika jedinců vytvoří jedince nového. Tento jedinec pak obsahuje *smíšené* charakteristiky všech svých předchozích jedinců, tj. rodičů. Operátor křížení lze jednoduše popsat ze skutečného života, jako nově narozené dítě dvou rodičů, přičemž barvu očí má po matce a barvu vlasů po otci. Ve skutečnosti je křížení daleko složitější, ale pro tento popis stačí. [54]



Obrázek 17: Ilustrace operátoru křížení. [54]

4.5.5 Operátor mutace

Obecně se mutace definuje jako změna v genetickém kódu jedince, která zapříčiní viditelnou nebo neviditelnou změnu v jeho struktuře. Mutace někdy přinese nečekané zlepšení, ale také může jedince trvale znehodnotit čili poškodit. [54]



Obrázek 18: Ilustrace operátoru mutace. [54]

4.5.6 Opakování cyklu

Právě vytvořená generace nahrazuje starou generaci, kterou již nebereme v úvahu. Jedná se o nejjednodušší generační strategii, při které původní generace zcela vymře. Tím byl dokončen cyklus přechodu z jedné generace k druhé a celý cyklus se bude opakovat tak dlouho, dokud nebude splněna ukončovací podmínka.

4.5.7 Ukončení algoritmu

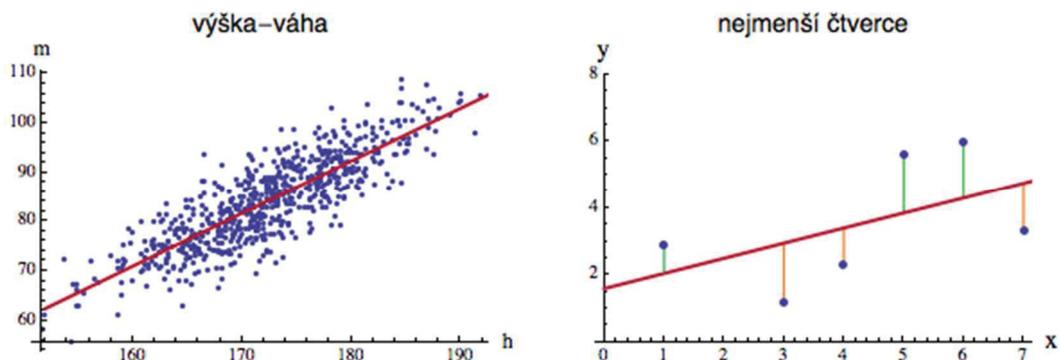
Podmínkou pro ukončení genetického algoritmu může být například maximální počet generací, po který je populaci umožněn její vývoj, nalezení uspokojivého řešení, nedostatečná změna doposud nejlepšího nalezeného řešení v posledních k generací apod. [56]

4.5.8 Hybridní genetické algoritmy

Pokud genetický algoritmus využívá znalosti problému a je-li spojený s jiným specifickým algoritmem či jiným matematickým postupem, nazývá se hybridním. Touto kombinací lze zmírnit nevýhody vyplývající z metod genetických algoritmů (např. dlouhá doba výpočtu, přílišná univerzálnost, neznalost problému a z toho vyplývající neoptimální a poloviční řešení apod.) a zvýšit kvalitu výsledků. [54]

4.6 Metoda nejmenších čtverců

Metoda nejmenších čtverců je matematicko-statistická metoda pro aproximaci řešení soustav rovnic, kde je více rovnic, než neznámých. Tato metoda slouží k nalezení vektoru x soustavy $Ax = y$ v momentě, kdy přené řešení soustavy neexistuje nebo by bylo příliš složité. Kvalita řešení je definována jako součet čtverců vzdáleností mezi vektory Ax a y . Obecně lze říci, že metoda nejmenších čtverců slouží k eliminaci chyb, kterou provádí optimálně vzhledem k pevně danému jednoznačnému kritériu – viz Obrázek 19.[57], [58]



Obrázek 19: Ukázka aproximace využitím metody nejmenších čtverců. [58]

5 POSTUP ŘEŠENÍ A DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

Tato kapitola popisuje postup hledání vhodné metodiky pro efektivní oceňování škod na stavebních objektech zasažených povodní, která je hlavním výstupem této disertační práce. Jak již bylo zmíněno dříve, pro návrh této metodiky byl využit jako nástroj genetický algoritmus a jeho další hybridizace. Zvolená metoda napovídá, že cesta k závěrečnému výstupu vedla přes několik generací výsledků, které jsou taktéž podrobně popsány v této kapitole.

Autor rozdělil proces do jednotlivých kroků, které na sebe logicky navazovaly a postupně vedly k hledanému výstupu:

1. Analýza povodňových škod na reálných objektech.
2. Analýza vlivu hloubky zatopení na výši škody.
3. Sestavení první modelové řady objektů.
4. Analýza vlivu geometrie objektu (zatopená plocha a obvod objektu) na výši škody.
5. Návrh škodní rovnice.
6. Zpřesnění škodní rovnice.
7. Rozšíření modelu o materiálová variantní řešení.
8. Rozšíření modelu o vliv ploch stěn a výplní otvorů.
9. Testování modelu na modelových příkladech.
10. Návrh software a automatizace výpočtu.

Tyto jednotlivé kroky jsou popsány v následujících podkapitolách.

5.1 Analýza povodňových škod na reálných objektech

První fáze výzkumu se zabývala povodňovými škodami na budovách pro bydlení a jejich oceněním. Pro přesné stanovení výše škody na zasaženém objektu bylo nezbytné objekt detailně popsat a zařadit do příslušné kategorie, která bude definovat objekt (příp. části objektu) obdobného charakteru (dle účelu využití apod.). Proto bylo nutné definovat konkrétní kategorie pro další analýzy. V úvodní části výzkumu byly vymezeny 3 kategorie objektů:

- Kategorie A – rodinné domy;
- Kategorie B – bytové jednotky bytových domů;
- Kategorie C – sklepní prostory bytových domů.

Následně byla blíže analyzována pouze kategorie A, pro kterou byla vytvořena předběžná databáze objektů. Byly to objekty, které byly zatopeny během červnových povodní roku

2013 v Ústeckém kraji. Jejich prostorové uspořádání a účel užívání korespondoval s definicí rodinného domu: „*Rodinný dům je stavba pro bydlení, která svým stavebním uspořádáním odpovídá požadavkům na rodinné bydlení a v níž je více než polovina podlahové plochy místností a prostorů určena k bydlení. Rodinný dům může mít nejvýše 3 samostatné byty, nejvýše dvě nadzemní a jedno podzemní podlaží a podkroví.*“ [59]

Pro jednotlivé zaplavené objekty v databázi byl vytvořen položkový rozpočet, který popsal celkovou škodu na každém šetřeném objektu. Tyto položkové rozpočty bylo třeba porovnat a vyhledat možnosti zobecnění pro škody po povodních v rodinných domech. Položky, které byly pro všechny domy společné, byly především škody na omítkách, malbách a podlahových konstrukcích.

Další vybavení rodinných domů je velice rozdílné. Jedná se především o kuchyňské linky, dveře vnitřní a vestavěný nábytek. Výše škody vzniklé na těchto konstrukcích však závisí na hloubce vody, ale také na použitém materiálu a provedení, čímž vzniká velké cenové rozpětí. Proto nejsou započteny do dílčích škod na rodinných domech, aby nezakreslovaly data pro zjištění zkoumaného škodného ukazatele.

Stejný problém nastal i u otopných těles, kde v polovině případů stačí otopná tělesa demontovat, vyčistit, vydezinfikovat a následně namontovat zpět. V druhé polovině případů nelze otopná tělesa vyčistit a musejí být nahrazena.

Proto byly identifikovány nejčastěji se vyskytující položky, které jsou spjaty s demontáží a montáží nových konstrukcí a vyskytují se ve většině šetřených objektů a jsou uvedeny v Tabulka 7. Tyto položky tvoří pak tzv. dílčí škodu na objektu.

Tabulka 7: Nejčastěji se vyskytující práce a materiály

Kód položky	Popis	MJ	Cena jednotková
985111111	Otlučení omítek stěn	m2	212,00
612321141	Vápenocementová omítka štuková dvouvrstvá vnitřních stěn nanášená ručně	m2	192,00
784331001	Dvojnásobné bílé protiplišňové malby v místnostech výšky do 3,80 m	m2	31,80
952901111	Vyčištění budov bytové a občanské výstavby při výšce podlaží do 4 m	m2	66,00
7754118X1	Demontáž soklíků nebo lišt dřevěných lepených	m	2,55
775413320	Montáž soklíku ze dřeva tvrdého nebo měkkého připevněného vruty s přetmelením	m	51,10
614181020	<i>lišta dřevěná buk 8x35 mm</i>	<i>m</i>	<i>41,40</i>
775511810	Demontáž podlah vlysových přibíjených s lištami přibíjenými	m2	61,00
775511412	Podlahy z vlysů lepených, tl do 22 mm, š do 50 mm, dl do 300 mm, dub II	m2	1 340,00
775591311	Podlahy dřevěné, základní lak	m2	71,60
775591312	Podlahy dřevěné, vrchní lak pro běžnou zátěž	m2	85,90
775541821	Demontáž podlah plovoucích laminátových zaklapávacích do suti	m2	20,30
775541113	Montáž podlah plovoucích z lamel dýhovaných a laminovaných lepených v drážce š dílce do 180 mm	m2	173,00
6115212X1	<i>parketa laminátová, 8x192x1285 mm</i>	<i>m2</i>	<i>502,00</i>
775591191	Montáž podložky vyrovnávací a tlumící pro plovoucí podlahy	m2	12,80
611553500	<i>podložka (Mirelon) pěnová 2 mm</i>	<i>m2</i>	<i>10,50</i>
776401800	Odstranění soklíků a lišt pryžových nebo plastových	m	8,88
776411000	Lepení obvodových soklíků nebo lišt pryžových řezaných,	m	18,60

2841100X1	lišta soklová PVC samolepící, 30 x 30 mm role 50 m	m	20,60
776511810	Demontáž povlakových podlah lepených bez podložky	m2	26,70
776561110	Lepení pásů povlakových podlah z přírodního nebo korkového linolea	m2	94,40
6075611X1	krytina podlahová linoleum	m2	599,00

Zdroj: vlastní zpracování s použitím databáze ÚRS Praha a.s., CÚ 2013/01. [60]

Pro další postup je nutno podotknout, že pojišťovny proplácí pouze opravy škod do původních stavů, které panovaly před škodnou událostí. To znamená, že například zaplavené štukové omítky budou otlučeny a nahrazeny opět obdobnou štukovou omítkou. Větší benevolentnost mají malby, kde pojišťovny nepočítají se standardní malbou, ale s malbou protiplísňovou. Co se týká podlahových konstrukcí a vnitřních dveří, zde se cena stanovuje na základě dokumentace z místního šetření. Ve většině případů jsou podlahové konstrukce a dveře vnitřní oceněny dle standardních cen příslušných položek, které nabízí databáze ÚRS nebo RTS. Pokud je očividné, že se jedná o nadstandardní konstrukce, cena je kalkulována na základě tržních cen.

Pro stanovení dílčí škody na m² bylo nutné zaznamenat absolutní hodnotu dílčí škody a podlahovou plochu šetřeného objektu. Následně byla hodnota dílčí škody vydělena podlahovou plochou a zjištěna výše dílčí škody na m² podlahové plochy – viz vzorec (2).

$$\frac{\text{Dílčí škoda celková [Kč]}}{\text{Podlahová plocha [m}^2\text{]}} = \text{Dílčí škoda na m}^2 \text{ [Kč/m}^2\text{]} \quad (2)$$

Pro účely vytvoření škodného ukazatele pro rodinné domy byla následně sestavena databáze 12 obdobných objektů. V databázi jsou jednopodlažní i dvoupodlažní objekty, podsklepené i nepodsklepené. Podlahová plocha v Tabulka 8 určuje zasaženou podlahovou plochu šetřeného objektu.

Tabulka 8: Databáze zasažených podlahových ploch a vzniklých škod na 12 rodinných domech.

Objekt	Podlahová plocha [m ²]	Celková škoda [Kč]	Škoda [Kč/m ²]	Hloubka vody [m]
1	410,00	83 799,00	204,00	0,20
2	125,00	26 492,00	212,00	0,20
3	193,00	60 729,00	315,00	0,40
4	107,00	56 424,00	527,00	0,50
5*	108,00	94 746,00	877,00	0,70
6	99,00	62 804,00	634,00	1,10
7	196,00	149 305,00	762,00	1,30
8	56,00	38 386,00	685,00	1,50
9	74,00	59 797,00	808,00	1,70
10*	97,00	131 719,00	1 358,00	2,00
11	86,00	107 954,00	1 255,00	2,20
12	122,00	139 331,00	1 142,00	2,30

* rodinné domy pouze s 1.NP
Zdroj: Vlastní zpracování. [60]

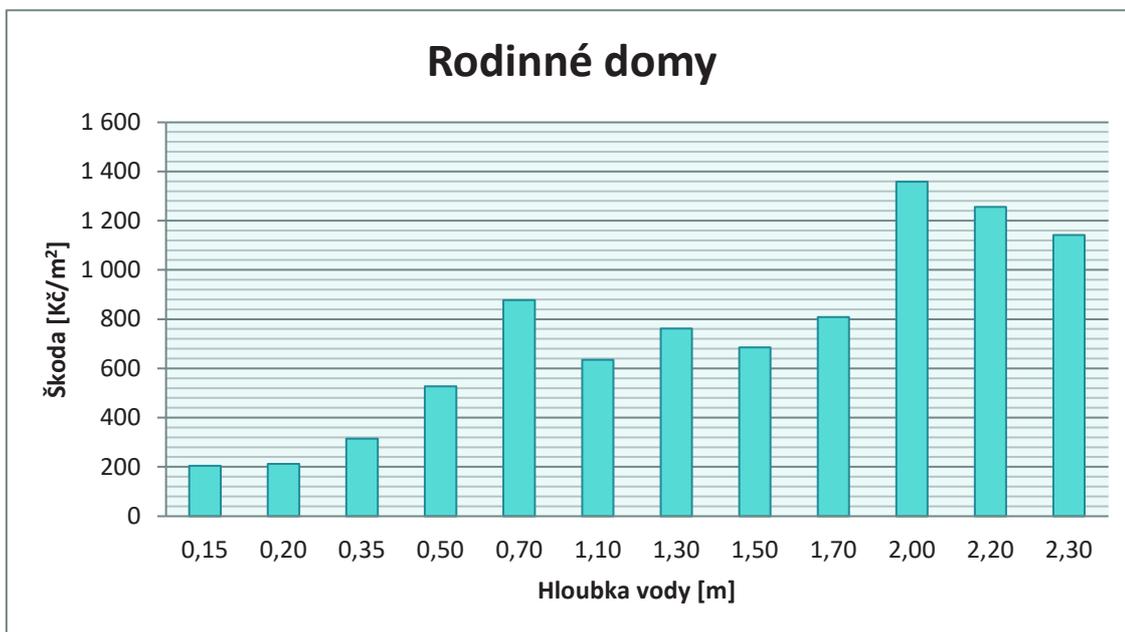
5.2 Analýza vlivu hloubky zatopení na hloubce škody.

Výše určení dílčí škody na 1,00 m² podlahové plochy souvisí s hloubkou zatopení objektu. Čím výše voda vystoupá, tím větší škody logicky napáchá. Hloubka vody je měřena od vrchního líce podlahové konstrukce šetřeného objektu.

Na základě této databáze byla dále ilustrována závislost mezi výší škody a hloubkou vody (viz Obrázek 20). V případě červnových povodní v roce 2013 voda v Ústeckém kraji nevystoupala po úroveň stropní konstrukce v 1.NP, tudíž škody nebyly na omítkách a malbách stropů. Nesouměrnost v grafu představují rodinné domy s 1. nadzemním podlažím (v Tabulka 8 označeny *), protože byly zaplaveny kompletně v celé podlahové ploše, a tudíž je dílčí škoda vyšší, než u rodinných domů, kde bylo zaplaveno pouze jedno podlaží.

Další zkrácení grafu představují objekty, jejichž převážnou část podlahových konstrukcí tvořila keramická dlažba nebo keramický obklad na stěnách (objekty 8 a 12). V 90 % případů nebyly vlivem povodně keramické obklady a keramické dlažba poškozena. Oproti tomu

největší škody byly napáchány na objektech, jejichž podlahovou konstrukci převážně tvořily dřevěné skládané podlahy.



Obrázek 20: Závislost hloubky vody a výše škody v Kč/m² na rodinných domech. Zdroj: vlastní zpracování. [60]

Dílčí škodu na zmíněných konstrukcích však nelze brát jako poměrně přesnou část celkové škody na rodinných domech, protože dílčí škoda nereprezentuje veškeré konstrukce, které jsou vlivem povodně zasaženy – viz výše. Z Tabulka 9 je patrné, že procentuální zastoupení dílčí škody ku škodě celkové, se pohybuje od 14 % do 49 %, což představuje velký rozptyl. Tuto poměrovou metodu lze pravděpodobně uplatnit u zatopení sklepních prostor, kde je většina poškozených konstrukcí stejného charakteru, než jak je tomu u obytných částí rodinných domů.

Tabulka 9: Poměrové zastoupení dílčích škod ke škodám celkovým.

Objekt	Podlahová plocha [m ²]	Dílčí škoda [Kč]	Celková škoda [Kč]	Podíl DŠ/CŠ [%]
1	410,00	83 799,00	430 268,00	19
2	125,00	26 492,00	54 020,00	49
3	193,00	60 729,00	316 624,00	19
4	107,00	56 424,00	215 721,00	26
5	108,00	94 746,00	293 227,00	32
6	99,00	62 804,00	216 143,00	29
7	196,00	149 305,00	347 552,00	43
8	56,00	38 386,00	165 735,00	23
9	74,00	59 797,00	429 567,00	14
10	97,00	131 719,00	449 634,00	29
11	86,00	107 954,00	271 099,00	40
12	122,00	139 331,00	411 551,00	34

Zdroj: Vlastní zpracování. [60]

Pro stanovení škody na vybraných konstrukcích, musely být pro škodní ukazatele určeny intervaly hloubky zatopení. Intervaly byly určeny podle četnosti hloubky vody. Maximální naměřená hloubka byla 2,30 m nad úrovní podlahy šetřeného objektu. Následně byla spočtena průměrná škoda na 1,00 m² zatopené podlahové plochy k příslušnému intervalu – viz Tabulka 10.

Tabulka 10: Škodní ukazatel – průměrná výše škody dle intervalu hloubky zatopení.

Škodní ukazatel	Hloubka vody [m]	Škoda [Kč/m ²]
ŠU _{0,5}	0,00 - 0,50	263,00
ŠU _{1,5}	0,51 - 1,50	724,00
ŠU _{2,3}	1,51 - 2,30	1 199,00

Zdroj: Vlastní zpracování. [60]

Správnost stanovení škody ukazatelem lze určit zpětnou kontrolou porovnáním skutečných škod dle rozpočtu, jak lze vidět v Tabulka 11, kde byla zpětně dopočtena škoda získaným ukazatelem dle hloubky vody a zatopené plochy.

Tabulka 11: Porovnání stanovení škod rozpočtem a ukazatelem.

Objekt	Podlahová plocha [m ²]	Škodní ukazatel [Kč/m ²]	Hloubka vody [m]	Dílčí škoda ukazatelem ŠU [Kč]	Dílčí škoda rozpočtem R [Kč]	Rozdíl dílčích škod R a ŠU [%]
1	410,00	263,00	0,20	107 830,00	83 799,00	22
2	125,00	263,00	0,20	32 875,00	26 492,00	19
3	193,00	263,00	0,40	50 759,00	60 729,00	-20
4	107,00	263,00	0,50	28 141,00	56 424,00	-101
5	108,00	724,00	0,70	78 192,00	94 746,00	-21
6	99,00	724,00	1,10	71 676,00	62 804,00	12
7	196,00	724,00	1,30	141 904,00	149 305,00	-5
8	56,00	724,00	1,50	40 544,00	38 386,00	5
9	74,00	1 199,00	1,70	88 726,00	59 797,00	33
10	97,00	1 199,00	2,00	116 303,00	131 719,00	-13
11	86,00	1 199,00	2,20	103 114,00	107 954,00	-5
12	122,00	1 199,00	2,30	146 278,00	139 331,00	5

Zdroj: Vlastní zpracování. [60]

Z Tabulka 11 lze usoudit, že k přesnému stanovení škody na m^2 je zapotřebí více objektů. Dokladuje to procentuální rozdíl mezi škodou stanovenou rozpočtem a ukazatelem. Některé objekty vykazují větší škody, než které deklaruje škodní ukazatel a naopak. Objekt č. 4 se nachází na hranici dvou škodných ukazatelů $\dot{S}U_{0,5}$ a $\dot{S}U_{1,5}$ a proto je jeho přesné určení zcela vyloučené. Zjištěný rozdíl ve dvou typech stanovení výše škody zdůrazňuje potřebu provedení regresní analýzy, za účelem vytvoření škodných křivek dílčích škod, které by umožňovaly získat přesnější výstupy při použití této metodiky.

5.3 Sestavení první modelové řady objektů

Na základě předchozí zkušenosti s nesourodými objekty vzešla nutnost na sestavení samostatné databáze, která bude mít společené rysy.

Jak již bylo zmíněno v kapitole 5.1, objekty byly kategorizovány:

- Kategorie A – rodinné domy;
- Kategorie B – bytové jednotky bytových domů;
- Kategorie C – sklepní prostory bytových domů.

Kategorii A bylo třeba ještě dále specifikovat a rozdělit na podkategorie, které budou mít podobné parametry:

- A1 – Bungalovy bez garáží a sklepů;
- A2 – Bungalovy s garáží, bez sklepů;
- A3 – Bungalovy se sklepem, bez garáží;
- A4 – Bungalovy se sklepem a garáží;
- A5 – Domy s více NP bez garáží a sklepů;
- A6 – Domy s více NP s garáží, bez sklepů;
- A7 – Domy s více NP se sklepem, bez garáží;
- A8 – Domy s více NP se sklepem a garáží.

Byla vybrána jedna kategorie (A1), se kterou je dále pracováno.

K modelování škodní křivky pro kategorii A1 byla tedy sestavena databáze 10 rodinných domů – bungalovů. Těchto 10 domů mělo různou zastavěnou plochu, která se pohybovala v rozmezí od 60,00 do 140,00 m^2 a neobsahovaly garáž ani sklepní prostory. U všech těchto objektů se přepokládalo, že jsou založeny na rovině. Konstrukční nosný systém tvořila zateplená zděná konstrukce.

Pro zmíněných 10 bungalovů byl v programu MS Excel sestaven výkaz výměr jednotlivých místností. Místnosti byly definovány podlahovou plochou, obvodem, plochou stěn a plo-

chou výplní otvorů. Veškeré plochy a obvody v jednotlivých objektech byly sumarizovány v tabulce, která popisovala výměru pro laminátové podlahy, dřevěné soklíky, keramickou dlažbu, štukové vnitřní omítky, keramický obklad, malby a fasádu. Následně byla modelována hloubka zatopení objektu. Postupně byly do programu Excel zadávány hloubky 0,40 m, 0,90 m, 1,40 m a 1,90 m. Zvyšováním hloubky zatopení stoupala i plocha poškození omítek a maleb stěn. Veškeré výpočty výměr byly provázány vzorci pro rychlejší přepočítání výměr poškození v sumarizační tabulce objektu – například viz příklad příloha 1) Modelová řada objektů – BUN-01. Tato technická karta objektu obsahuje výčet místností, velikosti místností, materiály povrchových úprav, výpis výplní otvorů a jejich velikosti.

Byly identifikovány nejčastěji se vyskytující položky, které jsou spjaty s montáží nových konstrukcí a vyskytují se ve většině šetřených objektů. Plošné a délkové výměry poškození ze sumarizačních tabulek objektů byly následně vloženy do rozpočtového programu KROS plus [68][39] a byla vykalkulovaná výše škody pro danou hloubku zatopení v daném objektu.

Následovalo stanovení škody váženým průměrem na 1,00 m² podlahové plochy pro hloubku zatopení 0,40 m, 0,90 m, 1,40 m a 1,90 m pro všechny objekty v databázi bez rozlišení velikosti podlahové plochy – viz Tabulka 12.

Tabulka 12: Škodní ukazatel pro kategorii A1 – průměrná výše škody dle intervalu hloubky zatopení.

Škodní ukazatel	Hloubka vody [m]	Škoda [Kč/m ²]
ŠU _{0,4}	0,00 - 0,40	2 175,87
ŠU _{0,9}	0,41 - 0,90	2 649,91
ŠU _{1,4}	0,91 - 1,40	3 036,57
ŠU _{1,9}	1,41 - 1,90	3 414,98

Zdroj: Vlastní zpracování.

Po dosažení škodního ukazatele do databáze byly porovnány rozpočtované škody a škody určené přepočtem podlahové plochy a škodního koeficientu. Rozdíl hodnot se pohyboval v rozmezí od -16 % do +15 % jak je vidět v tabulce 13.

Tabulka 13: Vyhodnocení analýzy pro modelové objekty kategorie A1.

Objekt	Hloubka vody [m]	Podlahová plocha [m ²]	Dílčí škoda rozpočet R [Kč]	Škoda R [Kč/m ²]	Škodní ukazatel [Kč/m ²]	Dílčí škoda ukazatelem ŠU [Kč]	Rozdíl dílčích škod R a ŠU [Kč]	%
BUN-01	0,40	64,00	148 263,77	2 316,62	2 175,87	139 255,70	9 008,07	6%
	0,90		185 735,06	2 902,11	2 649,91	169 594,37	16 140,69	9%
	1,40		214 880,71	3 357,51	3 036,57	194 340,38	20 540,33	10%
	1,90		244 509,85	3 820,47	3 414,98	218 558,80	25 951,05	11%
BUN-02	0,40	91,00	194 912,22	2 141,89	2 175,87	198 004,19	-3 091,97	-2%
	0,90		241 031,91	2 648,70	2 649,91	241 142,00	-110,09	0%
	1,40		277 412,98	3 048,49	3 036,57	276 327,73	1 085,25	0%
	1,90		312 870,55	3 438,14	3 414,98	310 763,29	2 107,26	1%
BUN-03	0,40	95,00	227 067,81	2 390,19	2 175,87	206 707,67	20 360,14	9%
	0,90		275 670,29	2 901,79	2 649,91	251 741,65	23 928,64	9%
	1,40		312 707,85	3 291,66	3 036,57	288 474,01	24 233,84	8%
	1,90		348 208,21	3 665,35	3 414,98	324 423,21	23 785,00	7%
BUN-04	0,40	75,00	161 965,17	2 159,54	2 175,87	163 190,27	-1 225,10	-1%
	0,90		198 952,97	2 652,71	2 649,91	198 743,41	209,56	0%
	1,40		227 656,62	3 035,42	3 036,57	227 742,64	-86,02	0%
	1,90		255 499,87	3 406,66	3 414,98	256 123,59	-623,72	0%
BUN-05	0,40	80,00	202 383,40	2 529,79	2 175,87	174 069,62	28 313,78	14%
	0,90		248 298,53	3 103,73	2 649,91	211 992,97	36 305,56	15%
	1,40		285 306,71	3 566,33	3 036,57	242 925,48	42 381,23	15%
	1,90		321 513,94	4 018,92	3 414,98	273 198,49	48 315,45	15%
BUN-06	0,40	136,00	256 128,39	1 883,30	2 175,87	295 918,35	-39 789,96	-16%
	0,90		310 879,71	2 285,88	2 649,91	360 388,04	-49 508,33	-16%
	1,40		356 316,64	2 619,98	3 036,57	412 973,32	-56 656,68	-16%
	1,90		400 985,30	2 948,42	3 414,98	464 437,44	-63 452,14	-16%
BUN-07	0,40	115,00	230 391,02	2 003,40	2 175,87	250 225,08	-19 834,06	-9%
	0,90		280 717,98	2 441,03	2 649,91	304 739,89	-24 021,91	-9%
	1,40		323 057,97	2 809,20	3 036,57	349 205,38	-26 147,41	-8%
	1,90		364 703,85	3 171,34	3 414,98	392 722,84	-28 018,99	-8%
BUN-08	0,40	106,00	235 637,27	2 222,99	2 175,87	230 642,25	4 995,02	2%
	0,90		284 309,19	2 682,16	2 649,91	280 890,68	3 418,51	1%
	1,40		323 741,17	3 054,16	3 036,57	321 876,26	1 864,91	1%
	1,90		362 233,50	3 417,30	3 414,98	361 988,01	245,49	0%
BUN-09	0,40	140,00	312 578,03	2 232,70	2 175,87	304 621,83	7 956,20	3%
	0,90		375 513,36	2 682,24	2 649,91	370 987,69	4 525,67	1%
	1,40		429 331,08	3 066,65	3 036,57	425 119,59	4 211,49	1%
	1,90		481 835,36	3 441,68	3 414,98	478 097,37	3 737,99	1%

Tabulka 13 - pokračování

Objekt	Hloubka vody [m]	Podlahová plocha [m ²]	Dílčí škoda rozpočet R [Kč]	Škoda R [Kč/m ²]	Škodní ukazatel [Kč/m ²]	Dílčí škoda ukazatelem ŠU [Kč]	Rozdíl dílčích škod R a ŠU [Kč]	%
BUN-10	0,40	107,00	226 126,00	2 113,33	2 175,87	232 818,12	-6 692,12	-3%
	0,90		272 652,28	2 548,15	2 649,91	283 540,59	-10 888,31	-4%
	1,40		313 485,90	2 929,77	3 036,57	324 912,83	-11 426,93	-4%
	1,90		353 355,58	3 302,39	3 414,98	365 402,99	-12 047,41	-3%

Zdroj: Vlastní zpracování. [61]

Takto vysoká relativní chyba nemohla být akceptována, proto byly objekty rozděleny podle podlahové plochy do 2 kategorií – objekty do 100,00 m² podlahové plochy a nad 100,00 m² podlahové plochy. Následovalo opětovné vypočtení škody škodního ukazatele váženým průměrem na 1,00 m² podlahové plochy pro hloubku zatopení 0,40 m, 0,90 m, 1,40 m a 1,90 m pro všechny objekty v jednotlivých kategoriích – viz tabulka 14 a 15.

Tabulka 14: Škodní ukazatel pro kategorii A1 do 100 m² – průměrná výše škody dle intervalu hloubky zatopení.

Škodní ukazatel	Hloubka vody [m]	Škoda [Kč/m ²]
ŠU _{0,4}	0,00 - 0,40	2 307,64
ŠU _{0,9}	0,41 - 0,90	2 838,74
ŠU _{1,4}	0,91 - 1,40	3 254,23
ŠU _{1,9}	1,41 - 1,90	3 660,75

Zdroj: Vlastní zpracování.

Tabulka 15: Škodní ukazatel pro kategorii A1 nad 100 m² – průměrná výše škody dle intervalu hloubky zatopení.

Škodní ukazatel	Hloubka vody [m]	Škoda [Kč/m ²]
ŠU _{0,4}	0,00 - 0,40	2 087,52
ŠU _{0,9}	0,41 - 0,90	2 523,30
ŠU _{1,4}	0,91 - 1,40	2 890,62
ŠU _{1,9}	1,41 - 1,90	3 250,19

Zdroj: Vlastní zpracování.

Ale ani toto rozčlenění podle velikosti podlahové plochy nevedlo k přesnému určení škodního ukazatele. Rozdíl hodnot, pro objekty do 100,00 m² podlahové plochy, se pohyboval v rozmezí od -8 % do +9 %. V případě objektů s podlahovou plochou nad 100,00 m², se rozdíl pohyboval v rozmezí od -11 % do +7 % jak je vidět v Tabulka 16.

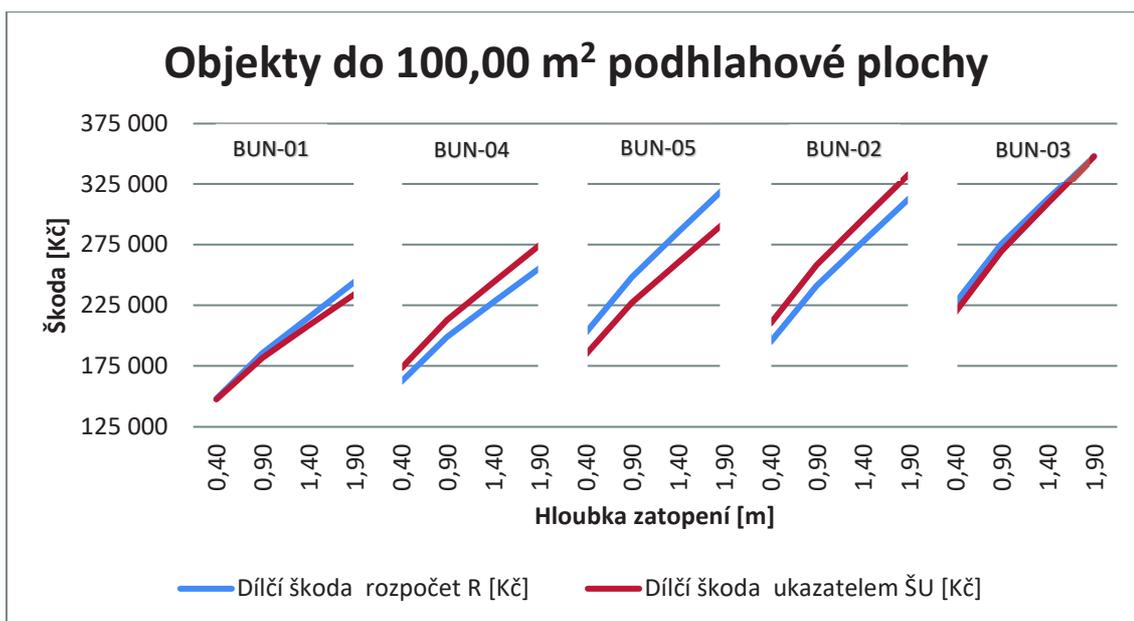
Tabulka 16: Vyhodnocení analýzy pro modelové objekty kategorie A1 (rozdělení dle plochy)

Kategorie	Objekt	Hloubka vody [m]	Podlahová plocha [m ²]	Dílčí škoda rozpočet R [Kč]	Škoda R [Kč/m ²]	Škodní ukazatel [Kč/m ²]	Dílčí škoda ukazatelem ŠU [Kč]	Rozdíl dílčích škod R a ŠU [Kč]	%
do 99 m ²	BUN-01	0,40	64,00	148 263,77	2 316,62	2 307,64	147 688,67	575,10	0%
		0,90		185 735,06	2 902,11	2 838,74	181 679,21	4 055,85	2%
		1,40		214 880,71	3 357,51	3 254,23	208 270,99	6 609,72	3%
		1,90		244 509,85	3 820,47	3 660,75	234 287,79	10 222,06	4%
	BUN-04	0,40	75,00	161 965,17	2 159,54	2 307,64	173 072,66	-11 107,49	-7%
		0,90		198 952,97	2 652,71	2 838,74	212 905,33	-13 952,36	-7%
		1,40		227 656,62	3 035,42	3 254,23	244 067,57	-16 410,95	-7%
		1,90		255 499,87	3 406,66	3 660,75	274 556,00	-19 056,13	-7%

nad 100 m ²	BUN-05	80,00	0,40	202 383,40	2 529,79	2 307,64	184 610,84	17 772,56	9%
			0,90	248 298,53	3 103,73	2 838,74	227 099,01	21 199,52	9%
			1,40	285 306,71	3 566,33	3 254,23	260 338,74	24 967,97	9%
			1,90	321 513,94	4 018,92	3 660,75	292 859,74	28 654,20	9%
	BUN-02	91,00	0,40	194 912,22	2 141,89	2 307,64	209 994,83	-15 082,61	-8%
			0,90	241 031,91	2 648,70	2 838,74	258 325,13	-17 293,22	-7%
			1,40	277 412,98	3 048,49	3 254,23	296 135,32	-18 722,34	-7%
			1,90	312 870,55	3 438,14	3 660,75	333 127,95	-20 257,40	-6%
	BUN-03	95,00	0,40	227 067,81	2 390,19	2 307,64	219 225,37	7 842,44	3%
			0,90	275 670,29	2 901,79	2 838,74	269 680,08	5 990,21	2%
			1,40	312 707,85	3 291,66	3 254,23	309 152,25	3 555,60	1%
			1,90	348 208,21	3 665,35	3 660,75	347 770,94	437,27	0%
nad 100 m ²	BUN-08	106,00	0,40	235 637,27	2 222,99	2 087,52	221 276,88	14 360,39	6%
			0,90	284 309,19	2 682,16	2 523,30	267 469,68	16 839,51	6%
			1,40	323 741,17	3 054,16	2 890,62	306 405,42	17 335,75	5%
			1,90	362 233,50	3 417,30	3 250,19	344 519,93	17 713,57	5%
	BUN-10	107,00	0,40	226 126,00	2 113,33	2 087,52	223 364,40	2 761,60	1%
			0,90	272 652,28	2 548,15	2 523,30	269 992,98	2 659,30	1%
			1,40	313 485,90	2 929,77	2 890,62	309 296,04	4 189,86	1%
			1,90	353 355,58	3 302,39	3 250,19	347 770,12	5 585,46	2%
	BUN-07	115,00	0,40	230 391,02	2 003,40	2 087,52	240 064,54	-9 673,52	-4%
			0,90	280 717,98	2 441,03	2 523,30	290 179,37	-9 461,39	-3%
			1,40	323 057,97	2 809,20	2 890,62	332 420,97	-9 363,00	-3%
			1,90	364 703,85	3 171,34	3 250,19	373 771,63	-9 067,78	-2%
BUN-06	136,00	0,40	256 128,39	1 883,30	2 087,52	283 902,41	-27 774,02	-11%	
		0,90	310 879,71	2 285,88	2 523,30	343 168,65	-32 288,94	-10%	
		1,40	356 316,64	2 619,98	2 890,62	393 123,93	-36 807,29	-10%	
		1,90	400 985,30	2 948,42	3 250,19	442 025,58	-41 040,28	-10%	
BUN-09	140,00	0,40	312 578,03	2 232,70	2 087,52	292 252,48	20 325,55	7%	
		0,90	375 513,36	2 682,24	2 523,30	353 261,84	22 251,52	6%	
		1,40	429 331,08	3 066,65	2 890,62	404 686,40	24 644,68	6%	
		1,90	481 835,36	3 441,68	3 250,19	455 026,33	26 809,03	6%	

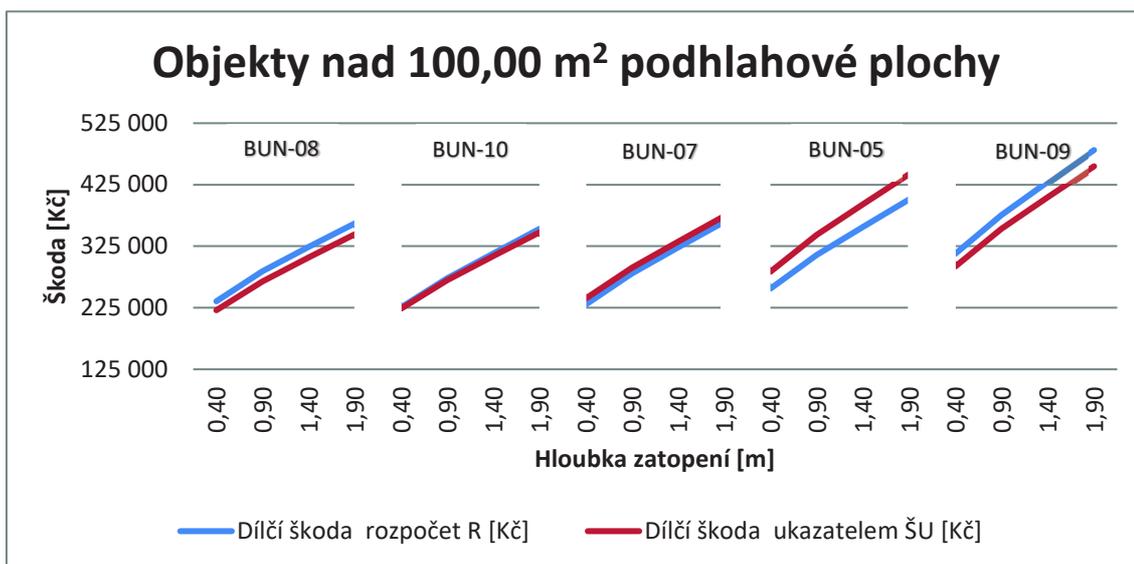
Zdroj: Vlastní zpracování. [61]

Obrázek 21 znázorňuje škodní křivky 5 objektů kategorie do 100,00 m² podlahové plochy. Jedná se o objekty BUN-01, BUN-04, BUN-05, BUN-02, BUN-03 z Tabulka 16.



Obrázek 21: Vykreslení dílčí škody R a ŠU pro kategorii objektů do 100,00 m² podlahové plochy. Zdroj: Vlastní zpracování. [61]

Obrázek 21 znázorňuje škodní křivky 5 objektů kategorie nad 100,00 m² podlahové plochy. Jedná se o objekty BUN-08, BUN-10, BUN-07, BUN-06, BUN-09 z Tabulka 16.



Obrázek 22: Vykreslení dílčí škody R a ŠU pro kategorii objektů nad 100,00 m² podlahové plochy. Zdroj: Vlastní zpracování. [61]

Ani tento výzkum neprokázal dostatečnou spojitost mezi skutečnými škodami a navrhovaným škodním ukazatelem. Rozdíl rozpočtovaných hodnot a stanovených škodním ukazatelem se u objektů do 100,00 m² podlahové plochy se lišil v rozmezí od -8 % do +9 %. V druhém případě u objektů nad 100,00 m² podlahové plochy se rozdíl pohyboval

v rozmezí od -11 % do +7 %. Při opětovné kontrole hodnot byla zjištěna skutečnost, že jednotlivé objekty mají sice stejný charakter výstavby, ale liší se vnitřním uspořádáním místností. Tato skutečnost vedla k základní myšlence, že jednotlivé objekty se musí porovnat nejen co do podlahové plochy, ale i do svislé plochy stěn. Je tedy nutné vytvořit koeficient, který by upravil poměr svislých a vodorovných ploch objektu tak, aby mohl být porovnáván s jiným, podobným objektem.

5.4 Analýza vlivu geometrie objektu (zatopená plocha a obvod objektu) na výši škody.

Po několika nezdařených pokusech stanovení škodního ukazatele a projití celou řadou slepých cest v rámci hledání spojitosti mezi hloubkou zatopení a škodním ukazatelem byla položena základní myšlenka, a to že jedna plocha může teoreticky nabývat nekonečně mnoho obvodů. Tím pádem do výpočtu vstupuje zásadní faktor a tím je poměr stran místnosti.

Jako příklad poslouží místnost o ploše 9,00 m². Při poměru stran 1 : 1 je obvod zmíněné místnosti 12,00 m. Pokud ale poměr stran změním na 9 : 1 při zachování plochy 9,00 m², bude její obvod 20,00 m. Při zvyšování hloubky pak rozdíl ve svislé zasažené ploše narůstají u těchto dvou variant mnohonásobně.

5.4.1 Poměr stran (úvodní analýza pro hodnoty 1,0 a 0,1)

Pro zjištění vazby mezi plochou svislou a vodorovnou byl vytvořen model jedné místnosti, která je definována plochou a velikostí stran. Typová místnost má 14 různých ploch od 4,00 do 30,00 m² (room group, RG) a ke každé ploše je přiřazen poměr stran, který jí definuje. Poměr stran (místnosti) PM je dán vztahem:

$$PM = \frac{\check{s}}{dl} \quad (3)$$

kde

\check{s} je šířka místnosti;

dl je délka místnosti.

Dále byly porovnány výstupy pro 2 hodnoty poměru stran (PM), konkrétně $PM = 1,0$ (místnost čtvercového tvaru), $PM = 0,1$ (místnost obdélníkového tvaru). Stěžejní charakteristiky zkoumaného vzorku jsou uvedeny v Tabulka 17.

Tabulka 17: Modelové skupiny místností a varianty poměrů stran.

Velikostní skupina místností	Plocha [m ²]	Velikost stran dl, š při poměru stran		
		1,0	0,1	
		dl = š [m]	dl [m]	š [m]
RG1	4,00	2,000	6,325	0,632
RG2	6,00	2,449	7,746	0,775
RG3	8,00	2,828	8,944	0,894
RG4	10,00	3,162	10,000	1,000
RG5	12,00	3,464	10,954	1,095
RG6	14,00	3,742	11,832	1,183
RG7	16,00	4,000	12,649	1,265
RG8	18,00	4,243	13,416	1,342
RG9	20,00	4,472	14,142	1,414
RG10	22,00	4,690	14,832	1,483
RG11	24,00	4,899	15,492	1,549
RG12	26,00	5,099	16,125	1,612
RG13	28,00	5,292	16,733	1,673
RG14	30,00	5,477	17,321	1,732

Zdroj: Vlastní zpracování. [62]

Pro $PM = 1,0$ platí, že $dl = š$, pro $PM = 0,1$ platí, že $š/dl = 0,1$. Pro jednotlivé velikostní skupiny bylo nezbytné specifikovat konstrukčně materiálové charakteristiky zkoumané místnosti, kde svislé konstrukce tvoří zděná stěna s omítkou a malbou, vodorovné konstrukce je tvořena betonovou deskou a souvrstvím z laminátové podlahy.

Pro modelování škody na konstrukcích, bylo nezbytné definovat parametry povodně. V úrovni této části výzkumu byla povodeň modelována pro hloubky zatopení od 0,00 m do 2,50 m. Další parametry povodně (doba zatopení, rychlost proudění atp.) nebyly v tomto výzkumu brány v potaz. Hloubka zatopení byla odstupňována po 250 mm, celkem přitom analýza vyhodnocovala 154 variant pro 11 různých hloubek zatopení pro konkrétní hodnotu PM, tj. 1,0 a 0,1.

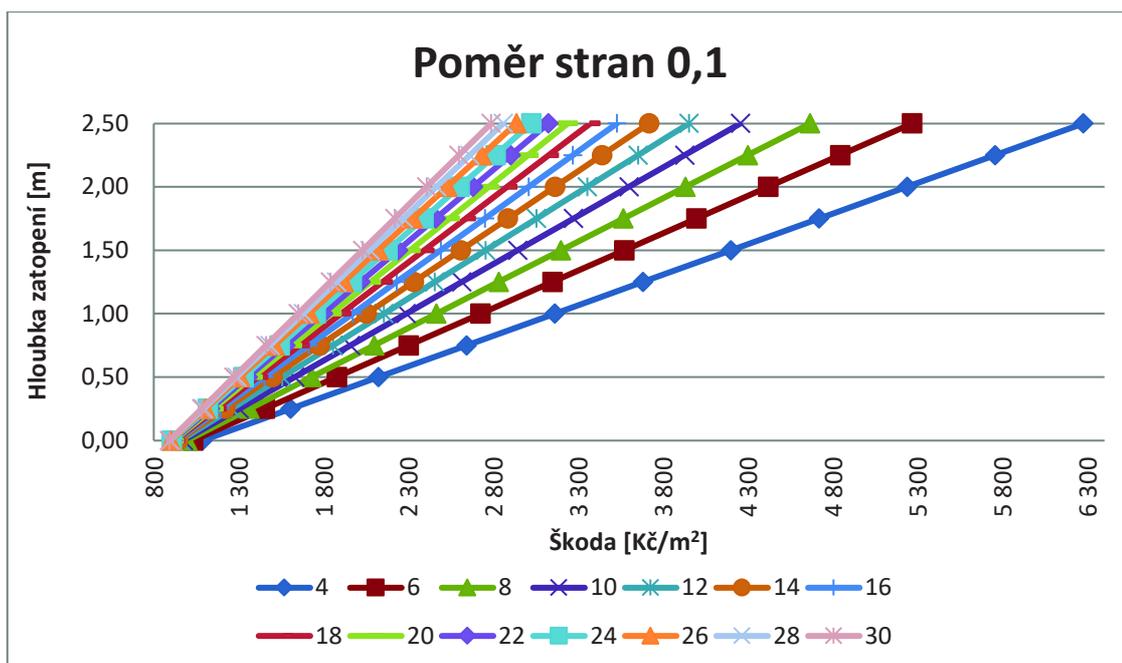
V tomto kontextu pak lze specifikovat rozsah poškozených konstrukcí. U podlahy se jedná o souvrství nášlapné vrstvy podlahy se soklíky, u stěn se jedná o omítky a malby. Pro různé hloubky zatopení místností jsou škody na vodorovných konstrukcích konstantní, zatím co na svislých konstrukcích se rozsah škody zvětšoval úměrně s hloubkou zatopení. Pro zjednodušení zkoumané metodiky se v této fázi výzkumu pomíjí škody na dveřních zárubních, dveřních křídel, oken a parapetů. Hloubka zatopení 0,00 m byla pro potřeby modelování škod rozuměna jako pouhé poškození vodorovných konstrukcí, tedy bez zásahu do konstrukcí svislých (pomíjí se případné vzlínání vody do omítky).

V návaznosti na předpokládaný rozsah poškození byly vypracovány položkové rozpočty pro jednotlivé varianty a stanoveny náklady na opravu poškozených konstrukcí. Pro zatopení zděných stěn (svislé plochy) jsou oceněny práce spojené s otlučením omítky, očištění zdiva tlakovou vodou s dezinfekcí, zpětné zhotovení vápeno-štukové omítky (ručně) a finální dokončení povrchu omítky dvojnásobnou protiplísňovou malbou. Zatopení podlahy (vodorovné plochy) bylo modelováno konkrétně na laminátové skládané podlaze. Zde byly oceněny práce souvisejícími s montáží a demontáží laminátové plovoucí podlahy, soklíků a podkladové vyrovnávací podložky, tj. stejně jako v tabulce 7. Veškeré činnosti jak na svislých, tak na vodorovných plochách, jsou doplněny o kalkulaci vnitrostaveništního přesunu suti a přesunu hmot. Zjištěné hodnoty celkových škod byly následně přepočítány na jednotkové škody vztažené na 1,00 m² podlahové plochy místnosti.

Ceny prací a materiálů byly kalkulovány v rozpočtovacím programu KROS plus. [68] Použité materiály jsou zařazeny do cenové hladiny odpovídající standardnímu provedení. Veškeré ceny za práci a materiál jsou uvedeny bez DPH.

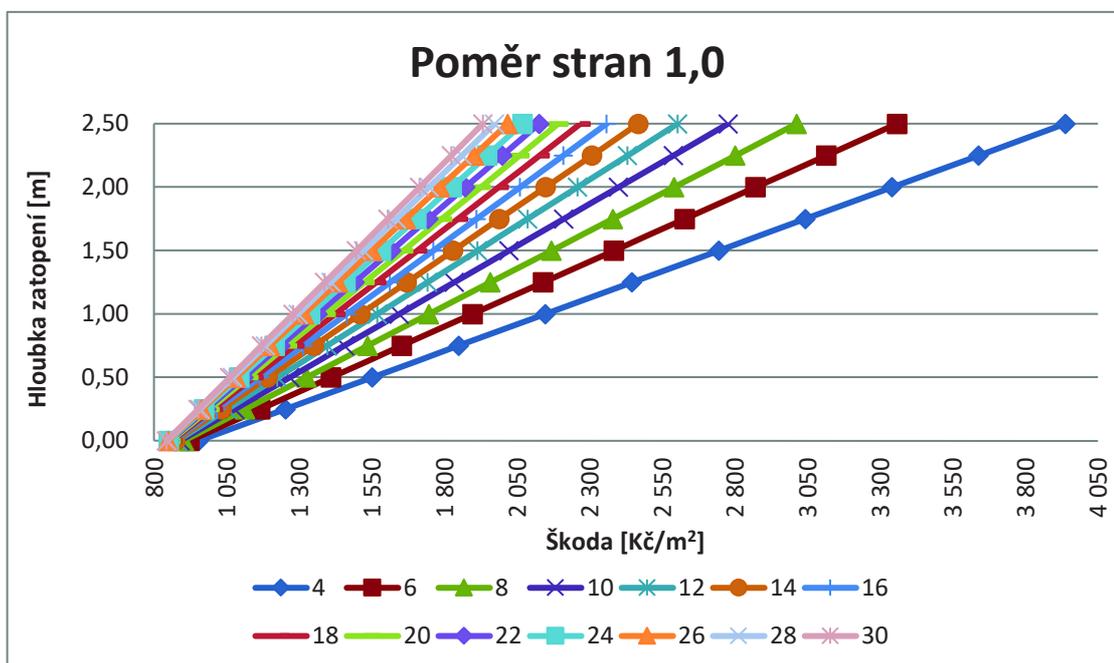
Vytvořením databáze se 154 variantními situacemi pro definované $PM = 1,0$ a $PM = 0,1$ byl získán rozsáhlý soubor dat o 308 modelových situacích, kde ke každé situaci byla vykalkulována škoda na 1,00 m² podlahové plochy. Následným krokem bylo vykreslení škodní křivky pro jednotlivé velikostní skupiny místností pro stanovené PM.

Celkem je prezentováno 14 přímek, přičemž každá jednotlivá přímka reprezentuje velikostní skupinu RG. Obrázek 23 zobrazuje průběh výše jednotkové škody vztažené na 1,00 m² v návaznosti na proměnnou hloubku zatopení pro $PM = 0,1$ (obdélníková místnost).



Obrázek 23: Škodní křivky pro $PM = 0,1$. Zdroj: Vlastní zpracování. [62]

Obrázek 24 zobrazuje průběh výše škody jednotkové škody vztahované na 1,00 m² v návaznosti na proměnnou hloubku zatopení pro $PM = 1,0$ (čtvercová místnost).



Obrázek 24: Škodní křivky pro $PM = 1,0$. Zdroj: Vlastní zpracování. [63]

Z Obr. Obrázek 23 a Obrázek 24 je patrné, že se škoda na 1,00 m² podlahové plochy lineárně zvětšuje s narůstající hloubkou zatopení místnosti. Obecně platí, čím větší plocha míst-

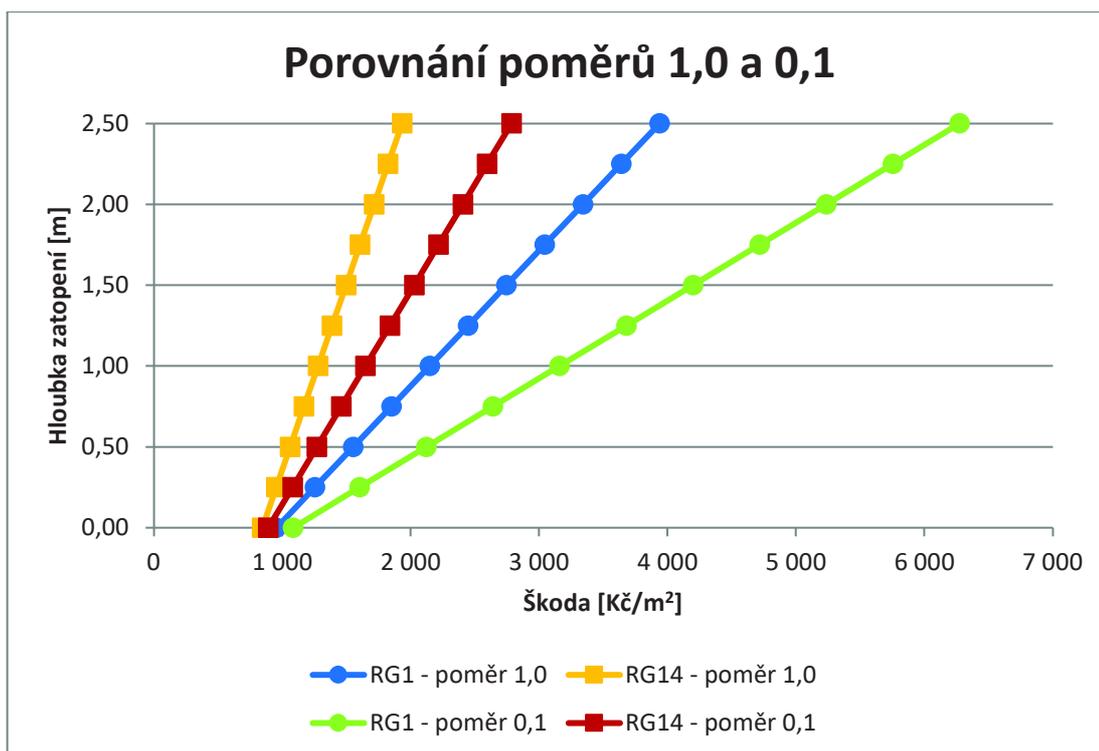
nosti, tím nižší je jednotková škoda a naopak. Tato závislost vyplývá z proměnlivého zastoupení velikosti škody na vodorovných a svislých konstrukcích vzhledem k celkové škodě. Čím je *PM* bližší 1,0, tím je jednotková škoda nižší, a naopak, čím větší je rozdíl mezi délkou a šířkou místnosti, tím narůstá hodnota jednotkové škody. Tato závislost platí obecně bez ohledu na velikost místnosti. Důvodem je delší obvod místnost při nižší hodnotě poměru stran, přičemž v důsledku tohoto faktu dochází především k nárůstu plošného rozsahu škody na svislých konstrukcích (omítka, malba). Tyto souvislosti již byly prokázány v předchozí části výzkumu a zde se potvrdily.

Zajímavým zjištěním je skutečnost, že čím je vyšší hloubka zatopení, tím narůstá na významu rozdíl mezi jednotkovými škodami, např. při porovnání různých *RG* či *PM*. Tuto skutečnost názorně prezentuje Tabulka 18, kde jsou porovnány místnosti RG1 a RG14 a jejich hraniční hodnoty hloubek zatopení a poměrů stran.

Tabulka 18: Vyhodnocení analýzy modelové skupiny místností.

Velikostní skupina místností	Plocha [m ²]	Poměr stran	Hloubka [m]	Jednotková škoda [Kč/m ²]	Porovnávané místnosti	Nárůst hodnoty jednotkové škody [%]
RG1	4,00	1,0	0,00	954,88	Základna 1a	100
			2,50	3 938,73	Základna 2a	100
		0,1	0,00	1 084,53	Srovnání k 1a	114
			2,50	6 274,21	Srovnání k 2a	159
RG14	30,00	1,0	0,00	843,54	Základna 1b	100
			2,50	1 933,09	Základna 2b	100
		0,1	0,00	890,88	Srovnání k 1b	106
			2,50	2 785,88	Srovnání k 2b	144

Zdroj: Vlastní zpracování. [62]



Obrázek 25: Porovnání škodních křivek pro RG1 a RG14 při $PM = 1,0$ a $PM = 0,1$. Zdroj: Vlastní zpracování. [62]

Z Obrázek 25 je patrné, že významnost relativního rozdílu jednotkové škody na $1,00 \text{ m}^2$ pro různé PM ($1,0$ a $0,1$) v rámci jedné velikostní skupiny roste se zvyšující se hloubkou zatopení. Konkrétně u $RG1$ při hloubce zatopení $0,00 \text{ m}$ je velikost jednotkové škody pro $PM = 0,1$ o 14% vyšší než při $PM = 1,0$, přitom při hloubce zatopení $2,50 \text{ m}$ je velikost jednotkové škody pro $PM = 0,1$ o 59% vyšší než při $PM = 1,0$. Obdobně je tato závislost patrná u hodnot vztahujících se k $RG14$ či pro situace, kdy je PM konstantní a mění se RG .

Lze proto konstatovat, že vliv rozměrů místností na velikost jednotkové škody nabývá na významu s rostoucí hloubkou zatopení. Příčinou tohoto jevu je měnící se poměr zastoupení škod na svislých a vodorovných konstrukcích. Výsledky prokázaly, že s narůstající hloubkou zatopení se vliv rozměrů místností projevuje významněji na schopnosti ocenit škodu v požadované přesnosti. Jinými slovy, čím větší je hloubka zatopení, tím větší bude nepřesnost ve stanovení jednotkové škody pomocí škodního ukazatele, pokud nebudou při jejím ocenění zohledněny rozměry místnosti.

5.4.2 Poměr stran (rozšíření databáze)

Pro potřeby přesnějšího vyhodnocení významnosti vlivu poměrů stran místností, její velikosti a jednotkové škody, byly pro jednotlivé místnosti (RG) rozšířeny hodnoty PM o další reprezentanty. V předchozím kroku byly vymodelovány škody pouze pro hodnoty $PM = 1,0$

a $PM = 0,1$. Rozšíření spočívá ve stanovení dílčích poměrů tak, aby uzavřený interval $PM <0,0; 1,0>$ obsahoval maximální hodnotu $PM = 1,0$ a minimální rozměr místnosti v jedné straně o délce 1,00 m – viz příklad Tabulka 19.

Tabulka 19: Rozdělení poměrů – příklad RG1.

Obvod [m]	Délka [m]	Šířka [m]	Poměr stran
10,000	1,000	4,000	0,250
9,473	1,100	3,636	0,303
9,067	1,200	3,333	0,360
8,754	1,300	3,077	0,423
8,514	1,400	2,857	0,490
8,333	1,500	2,667	0,563
8,200	1,600	2,500	0,640
8,106	1,700	2,353	0,723
8,044	1,800	2,222	0,810
8,011	1,900	2,105	0,903
8,000	2,000	2,000	1,000

Zdroj: Vlastní zpracování.

Po rozšíření PM pro všechny RG ($RG1$ - $RG14$) analýza vyhodnocovala celkem 424 variant. Bližší popis zkoumaného vzorku uvádí Tabulka 20.

Tabulka 20: Charakteristika zkoumaného vzorku místností a PM

Velikostní skupina místnosti	Plocha [m ²]	Počet variant poměrů stran
RG1	4,0	11
RG2	6,0	15
RG3	8,0	19
RG4	10,0	22
RG5	12,0	25
RG6	14,0	28
RG7	16,0	31
RG8	18,0	33
RG9	20,0	35
RG10	22,0	37
RG11	24	39
RG12	26	41
RG13	28	43
RG14	30	45

Zdroj: Vlastní zpracování.

Poté byly specifikovány konstrukčně materiálové charakteristiky zkoumané místnosti: svislé konstrukce tvoří zděná stěna s omítkou štukovou a malbou. Vodorovné konstrukce se skládá z betonové desky a souvrství laminátové podlahy.

Aby mohly být modelovány škody na konstrukcích, bylo nezbytné definovat parametry povodně. Hloubka zatopení v této fázi výzkumu byla stanovena ve výši 1,00 m. V tomto kontextu pak lze specifikovat rozsah poškozených konstrukcí. U podlahy se jedná o souvrství nášlapné vrstvy podlahy se soklíky. U stěn se jedná o omítky a malby. Pro zjednodušení se v této fázi pomíjí škody na zárubních a dveřních křídél.

V návaznosti na předpokládaný rozsah poškození byly vypracovány položkové rozpočty pro jednotlivé varianty a stanoveny náklady na opravu poškozených konstrukcí. Pro zatopení zděných stěn (svislé plochy), jsou oceněny práce spojené s otlučením omítky, očištění zdiva

tlakovou vodou s dezinfekcí, zpětné zhotovení vápeno-štukové omítky (ručně) a finální dokončení povrchu omítky dvojnásobnou protiplísňovou malbou.

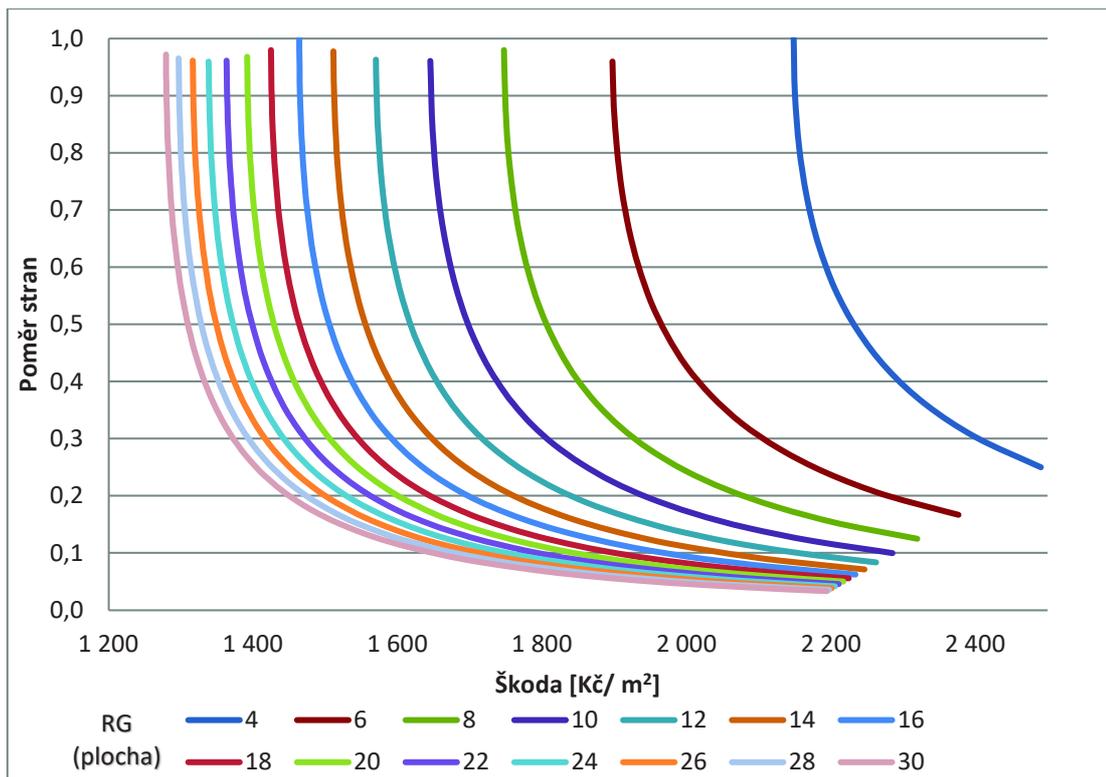
Zatopení podlahy (vodorovné plochy) bylo modelováno konkrétně na laminátové skládané podlaže. Zde byly oceněny práce souvisejícími s montáží a demontáží laminátové plovoucí podlahy, soklíků a podkladové vyrovnávací podložky. Veškeré činnosti jak na svislých, tak na vodorovných plochách, jsou doplněny o kalkulaci vnitrostaveništního přesunu suti a přesunu hmot. Zjištěné hodnoty celkových škod byly následně přepočítány na jednotkové škody vztažené na 1,00 m² podlahové plochy místnosti.

Ceny prací a materiálů byly kalkulovány v rozpočtovém programu KROS plus. [68] Použité materiály jsou zařazeny do cenové hladiny odpovídající standardnímu provedení, např. jednotková cena laminátové podlahy je 502,00 Kč/m², malby – barva bílá protiplísňová 53,70 Kč/l. Veškeré ceny za práci a materiál jsou uvedeny bez DPH. Detailněji například viz příloha 2 – Položkový rozpočet – varianta laminátová podlaha.

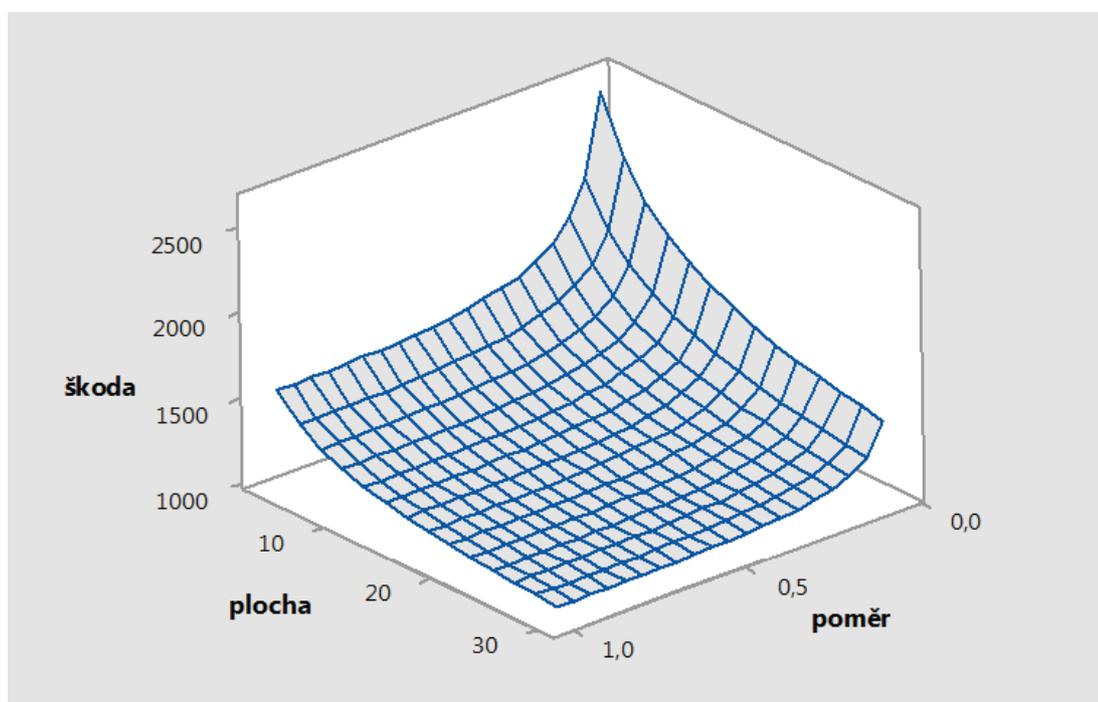
Zpracováním 424 variantních situací byl získán rozsáhlý soubor dat o jednotkových škodách vztažených na 1,00 m² podlahové plochy. Vzhledem k dostatečnému množství údajů bylo možné prezentovat data graficky ve formě křivek.

Obrázek 26 zobrazuje křivky vyjadřující závislost poměru stran místnosti na výši jednotkové škody. Celkem je prezentováno 14 křivek, přičemž každá křivka odpovídá 1 velikostní skupině místností, tzn. RG. Z grafu je jasně patrné, že tvar místnosti má vliv na velikost jednotkové škody. Čím je poměr stran bližší 1,0, tím je jednotková škoda nižší. A naopak, čím větší je rozdíl mezi délkou a šířkou místnosti, tím narůstá hodnota jednotkové škody. Tato závislost platí obecně bez ohledu na velikost místnosti. Důvodem je delší obvod místnost při nižší hodnotě poměru stran, přičemž v důsledku tohoto faktu dochází především k nárůstu plošného rozsahu škody na svislých konstrukcích (omítka, malba).

Dále bylo zjištěno, že i velikost místnosti měřená její podlahovou plochou v m² má vliv na jednotkovou škodu. Obecně platí, čím větší plocha místnosti, tím nižší je jednotková škoda a naopak. Tato závislost vyplývá z proměnlivého zastoupení velikosti škody na vodorovných a svislých konstrukcích vzhledem k celkové škodě. Detail kombinace tohoto vlivu společně s vlivem poměru stran místnosti zobrazuje Obrázek 27.



Obrázek 26: Průběh výše jednotkové škody v návaznosti na poměr stran místnosti (hloubka zatopení 1,00 m). Zdroj: vlastní zpracování. [64]



Obrázek 27: Průběh výše jednotkové škody [Kč] v návaznosti na poměr stran místnosti a ploše místnosti [m²] (hloubka zatopení 1,00 m). Zdroj: vlastní zpracování. [67]

5.5 Návrh škodní rovnice

Pro vyjádření vztahu mezi poměrem stran a velikostí jednotkové škody byla na základě grafického zobrazení hodnot za pomoci programu MatLab stanovena obecná rovnice křivky:

$$L = \frac{X^a + b}{Y^c + d} \quad (4)$$

kde

L je škoda na 1,00 m² podlahové plochy;

X je plocha místnosti;

Y je poměr stran v místnosti;

a, b, c, d jsou parametry rovnice (hodnoty parametrů rovnice se mění v závislosti na příslušné velikostní skupině místností RG).

V tuto chvíli je velmi podstatné, zdali rozměry místností (velikost a tvar) mají dostatečně významný vliv na velikost jednotkové škody, a tudíž přesnost odhadu škody s využitím škodní křivky. Protože škodní křivka slouží pouze k odhadu, předpokládá se určitá míra nepřesnosti stanoveného výsledku. Variabilita hodnot jednotkových škod ve vazbě na rozměry místnosti je doložena v Tabulka 21.

Tabulka 21: Rozdíl jednotkových škod na m² pro různé poměry stran a velikostní skupiny pro hloubku 1,00 m.

Velikostní skupina	Plocha [m ²]	Poměr stran	Hloubka [m]	Jednotková škoda [Kč/m ²]	Porovnávané místnosti	Nárůst hodnoty jednotkové škody [%]
RG1	4,00	1,00	1,00	2148,42	Základna 1	100
		0,25	1,00	2490,65	Srovnání k 1	116
RG14	30,00	0,97	1,00	1279,41	Základna 2	100
		0,24	1,00	1409,71	Srovnání k 2	110
		0,03	1,00	2194,05	Srovnání k 2	171
RG14	30,00	0,97	1,00	1 279,41	Základna 3	100
RG1	4,00	0,25	1,00	2 490,65	Srovnání k 3	195

Zdroj: vlastní zpracování. [64]

U menších místností nabývá hodnota jednotkových škod větších rozdílů než u prostornějších místností. Např., pro RG1 je hodnota jednotkové škody pro poměr stran 0,25 ve výši

116 % jednotkové škody pro poměr stran 1,00, zatímco u místnosti v RG14 je hodnota jednotkové škody pro poměr stran 0,24 pouze o 10 % vyšší než pro poměr stran 0,97. V případě méně obvyklých rozměrů místnosti (dlouhá chodba) pak při poměru stran 0,03 nabývá jednotková škoda 171 % hodnoty srovnávací hladiny odpovídající poměru 0,97. V extrémním případě, RG1 a poměr stran 0,25 odpovídá 195 % jednotkové škody pro srovnávací hladinu RG14 a poměr stran 0,97.

5.6 Zpřesnění škodní rovnice

Dalším zkoumáním a ověřováním správnosti původního modelu se ukázala jeho nedokonalost, a to ve dvou směrech. Jednak šlo o nepřesnost odhadů škod na 1,00 m² a o velkou odchylku teoretických a empirických hodnot, ale také o to, že v odhadu škody není použita proměnná hloubka zatopení místnosti, která byla v datovém souboru k dispozici. Vzhledem k nutnosti nalezení správného řešení za pomoci složitějších matematických postupů a nástrojů byl osloven odborník na matematiku RNDr. Oto Příbyl, který navrhl postup řešení za pomoci genetických algoritmů. Podobným postupem jako u staršího modelu, tj. s použitím grafické analýzy dat, byla odhadnuta závislost mezi veličinou L (škoda na 1,00 m²) a plochou místnosti X , poměrem stran v místnosti Y a nově zavedenou veličinou Z , tj. hloubkou zatopení místnosti. Po několika zkušebních návrzích a úpravách byl definován základní model rovnice škodní křivky v tomto tvaru [67]:

$$L = C \times \frac{(X^{\alpha_1} + A_1) \times (Y^{\alpha_2} + A_2) \times (Z^{\alpha_3} + A_3)}{(X^{\beta_1} + B_1) \times (Y^{\beta_2} + B_2) \times (Z^{\beta_3} + B_3)} \quad (5)$$

kde

C, A_i, B_i jsou parametry,

α_i a β_i jsou parametry,

X, Y, Z proměnné.

Kde všech 13 parametrů rovnice C, A_i, B_i, α_i a β_i (kde $i = 1, 2, 3$) bylo určeno tak, aby teoretický model co nejlépe odpovídal empirickým datům. K dispozici bylo celkem $N = 2800$ pozorování škody L pro dané hodnoty plochy místnosti X , poměru stran Y a hloubky zatopení Z , tj. celkem 2800 uspořádaných čtveřic (X_i, Y_i, Z_i, L_i) pro $i = 1, 2, \dots, N$. Parametry modelu byly hledány tak, aby euklidovská odchylka modelových hodnot škody od hodnot empirických byla minimální, tj. aby platilo:

$$\sqrt{\sum_{i=1}^N \left(C \times \frac{(X_i^{\alpha_1} + A_1) \times (Y_i^{\alpha_2} + A_2) \times (Z_i^{\alpha_3} + A_3)}{(X_i^{\beta_1} + B_1) \times (Y_i^{\beta_2} + B_2) \times (Z_i^{\beta_3} + B_3)} - L_i \right)^2} \rightarrow \min \quad (6)$$

kde

C, A_i, B_i jsou parametry modelu,

α_i a β_i jsou parametry modelu,

X_i, Y_i, Z_i, L_i empirická data.

Daná úloha je v důsledku neznámých exponentů α_i a β_i silně nelineární. Proto selhávalo použití klasických přístupů, kterou jsou v podobných případech obvyklé, jako je např. použití metody nejmenších čtverců.

Z toho důvodu byly aplikovány nástroje genetické optimalizace. Např. modul Řešitel v programu MS Excel ve verzi 2010 už umožňuje použití genetického programování a evolučních výpočtů. Bohužel, pro velký počet neznámých hodnot (celkem 13 neznámých parametrů modelu) selhávalo použití tohoto komerčního softwaru. Proto byl sestaven vlastní autorský software, který používá kombinaci genetického programování a metody nejmenších čtverců. Genetickým přístupem byla hledána pouze základní část parametrů, přičemž v každém cyklu genetického algoritmu byly následně dopočítány zbylé hodnoty klasickým přístupem, a to metodou nejmenších čtverců. Tento krok znamenal hybridizaci daného algoritmu. Tento hybridní algoritmus sice nemá univerzální použití jako např. nástroj MS Excelu, ale protože byl vytvořen speciálně pro tento model, byly díky němu získány velice dobré výsledky, které umožnily výrazné vylepšení a zpřesnění řešeného modelu.

Porovnání obou modelů je shrnuto v Tabulka 22, kdy levá strana představuje charakteristiky přesnosti / chybovosti starého modelu a pravá strana nového modelu.

Tabulka 22: Srovnání přesnosti výstupů starého a nového modelu.

Stará funkce		Tuscher-Hanák-Příbyl algoritmus (THP)	
počet vstupů	2 800	počet vstupů	2 800
nulová odchylka	20	nulová odchylek	1601
vymezení relativních odchylek	<-64 %; 65 %>	vymezení relativních odchylek	<-1 %; 2 %>
největší chyba	5 299,49 Kč/[m²]	největší chyba	64,62 Kč/[m²]
plocha	4,00 m ²	plocha	4,00 m ²
hloubka	2,50 m	hloubka	2,50 m
poměr stran	0,05	poměr stran	1,00

Zdroj: Vlastní zpracování. [65]

Získaná data o počtu nulových odchylek, relativních odchylek a největší chybě jednoznačně prokazují, že vylepšený model pracující i s hloubkou zatopení daleko lépe vystihuje celkovou situaci a dosahuje významně vyšší přesnosti než starší model. Pokud zohledníme, že jsou pojišťovny ochotny tolerovat odchylku $\pm 10\%$, pak dosažené hodnoty rozptylu chyb v novém modelu <-1 %; 2 %> představují akceptovatelnou přesnost ocenění, navíc s velkou rezervou.

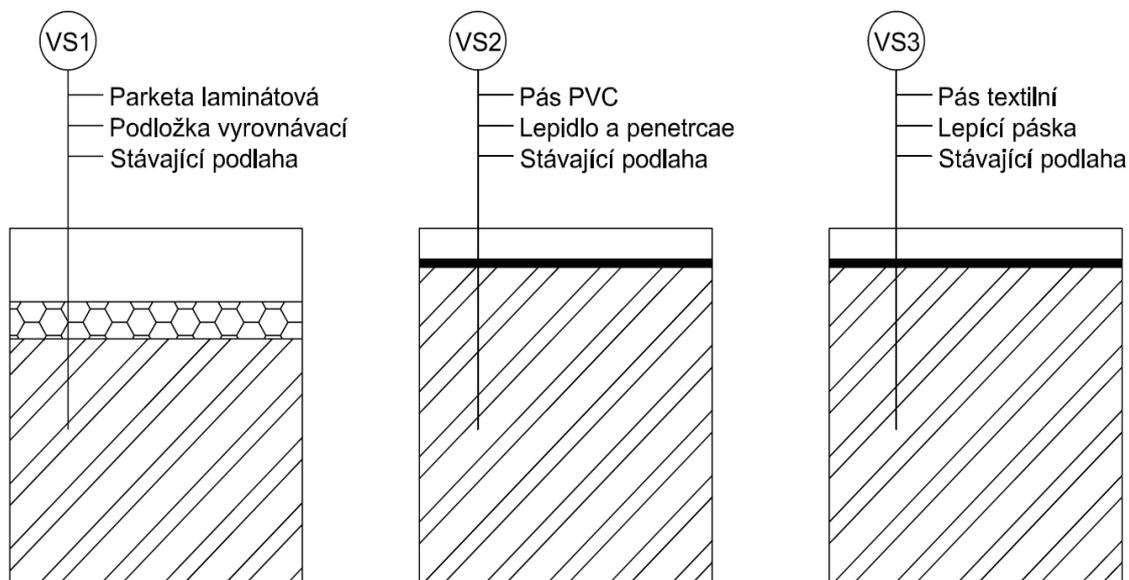
5.7 Materiálové varianty

Prvotní model místnosti pro simulaci různých velikostí a hloubek zatopení pro stanovení základní rovnice genetického algoritmu představovala místnost navržená s použitím standardních materiálů a konstrukcí. Pro potřeby zkoumání vlivu materiálu byly stanoveny tři variantní řešení (VS) podlahovin:

VS1: laminátová skládaná podlaha. Zde byly oceněny práce souvisejícími s montáží a demontáží laminátové plovoucí podlahy, soklíků a podkladové vyrovnávací podložky. Pro zatopení svislých konstrukcí (zdivo zděné) jsou oceněny práce spojené s otlučením omítky, očištění zdiva tlakovou vodou s dezinfekcí, zpětné vyhotovení vápeno-štukové omítky (ručně) (alternativně sádrové omítky VS1*) a finální dokončení povrchu omítky dvojnásobnou protiplišňovou malbou.

VS2: PVC – odstraňuje se povrchová úprava a obvodové sokly. Následuje zpětná montáž obou konstrukcí, PVC podlahovina se k podkladu lepí. VS2 zahrnuje demontáž a novou montáž souvrství omítek a maleb jako v případě VS1.

VS3: Koberec – odstraňuje se povrchová úprava a obvodové sokly. Následuje zpětná montáž obou konstrukcí, koberec se pokládá volně a podlepují se pouze jeho spoje. VS2 zahrnuje demontáž a novou montáž souvrství omítek a maleb jako v případě VS1.



Obrázek 28: Schéma podlahového souvrství varianty VS1, VS2 a VS3. Zdroj: vlastní zpracování. [66]

Jednotlivé varianty podlahové souvrství VS1, VS2 a VS3 byly namodelovány ve dvou variantách, a to a) s vápeno-štukovou omítkou (PV1), b) se sádrovou omítkou (PV2) na svislých konstrukcích.

Ceny prací a materiálů byly kalkulovány v rozpočtovacím programu KROS plus. [68] Použité materiály jsou zařazeny do cenové hladiny odpovídající standardnímu provedení. Veškeré ceny za práci a materiál jsou uvedeny bez zákonné sazby DPH. Uplatněné položky rozpočtu a jednotkové ceny jsou uvedeny v Tabulka 23 a schéma podlahových souvrství na Obrázek 28.

Tabulka 23: Použité položky pro varianty VS1, VS2 a VS3 s povrchovou úpravou stěn PV1.

Typ podlahy	Kód	Popis	MJ	Jednotková cena
VS1	985111111	otlučení omítky stěn	m ²	250,00 Kč
	985131111	očištění tlakovou vodou	m ²	99,50 Kč
	612321141	vápeno-štuková omítka stěn – ručně	m ²	223,00 Kč
	784331001	dvojnásobná protiplísňová malba	m ²	47,80 Kč
	775411810	demontáž soklíků dřevěných	m	3,15 Kč
	775541821	demontáž podlah plovoucích	m ²	25,20 Kč
	775591191	montáž podložky vyrovnávací	m ²	15,90 Kč
	611553500	Mirelon	m ²	10,50 Kč
	775541113	montáž podlah plovoucích	m ²	210,00 Kč
	61152126	parketa laminátová	m ²	558,00 Kč
	775413315	montáž soklíků dřevěných	m	47,00 Kč
	61418151	soklík dřevěný	m	62,10 Kč
	998775101	přesun hmot	t	891,00 Kč
	997013211	vnitrostaveništní doprava suti	t	544,00 Kč
	998011001	přesun hmot	t	233,00 Kč
VS2	985111111	otlučení omítky stěn	m ²	250,00 Kč
	985131111	očištění tlakovou vodou	m ²	99,50 Kč
	612321141	vápeno-štuková omítka stěn – ručně	m ²	223,00 Kč
	784331001	dvojnásobná protiplísňová malba	m ²	47,80 Kč
	776410811	demontáž soklíků pryžových	m	11,00 Kč
	776201811	demontáž podlah povlakových	m ²	43,90 Kč
	776121111	penetrace	m ²	28,90 Kč
	776223111	svařování	m	47,30 Kč

	776221111	lepení pásů PVC	m ²	120,00 Kč
	28411000	pvc	m ²	510,00 Kč
	776411111	montáž obvodových soklíků	m	113,00 Kč
	28411009	soklík PVC	m	55,90 Kč
	998776101	přesun hmot	t	396,00 Kč
	997013211	vnitrostaveništní doprava suti	t	544,00 Kč
	998011001	přesun hmot	t	233,00 Kč
VS3	985111111	otlučení omítky stěn	m ²	250,00 Kč
	985131111	očištění tlakovou vodou	m ²	99,50 Kč
	612321141	vápeno-štuková omítka stěn – ručně	m ²	223,00 Kč
	784331001	dvojnásobná protiplísňová malba	m ²	47,80 Kč
	776410811	demontáž soklíků pryžových	m	11,00 Kč
	776201814	demontáž podlah volně položených	m ²	20,90 Kč
	776212111	volné položení s podlepením spojů	m ²	80,10 Kč
	69751005	koberec	m ²	304,00 Kč
	776411111	montáž obvodových soklíků	m	52,30 Kč
	69751200	lišta kobercová	m	25,10 Kč
	998776101	přesun hmot	t	396,00 Kč
	997013211	vnitrostaveništní doprava suti	t	544,00 Kč
	998011001	přesun hmot	t	233,00 Kč

Zdroj: vlastní zpracování. [67]

V rámci co největšího zpřesnění vstupních dat byly nově poměry strany místností (PM) rozděleny do intervalu $\langle 0,05; 1,00 \rangle$, kde se jednotlivé poměry od sebe lišily o hodnotu 0,05. Tím bylo dosaženo celkem 20 variant PM pro jednoho zástupce RG a pro jednu hloubku vody. Následně byly namodelovány hloubky vody po 250,00 mm od 0,00 m až 3,00 m pro všechny varianty velikostí místností (RG) a pro všechny materiálové varianty.

Díky navýšení počtu vstupních dat bylo dispozici celkem $N = 3\ 360$ pozorování škody L pro dané hodnoty plochy místnosti X , poměru stran Y a hloubky zatopení Z , tj. celkem $3\ 360$ uspořádaných čtveřic (X_i, Y_i, Z_i, L_i) pro $i = 1, 2, \dots, N$, a to pro každé variantní řešení. Celkem tedy databáze modelů obsahovala $20\ 160$ uspořádaných čtveřic. Dosažené výsledky jsou prezentovány v Tabulka 24.

Změna materiálů ve výpočtu algoritmu nemá na výsledky zásadní vliv. Chybovost je obdobná jak u skladby VS1, tak u VS2 a VS3. To znamená, že základní model a metodika genetického algoritmu je správně nastavena a lze jí použít pro různorodé materiály a skladby, po správném naplnění základní datové sady, položkovým rozpočtem.

Tabulka 24: Výsledná analýza chybovosti pro jednotlivé varianty materiálu.

Varianta	PE_{PM}			
	min	max	průměr	medián
VS1 – PV1	0,0001%	1,5393%	0,4428%	0,3863%
VS1 – PV2	0,0000%	1,3310%	0,4208%	0,3780%
VS2 – PV1	0,0001%	1,9500%	0,4596%	0,4307%
VS2 – PV2	0,0003%	1,6018%	0,4715%	0,4368%
VS3 – PV1	0,0001%	2,0316%	0,5762%	0,5338%
VS3- PV2	0,0003%	1,8198%	0,5421%	0,4991%
Průměr	0,0002%	1,7122%	0,4855%	0,4338%

Zdroj: vlastní zpracování. [67]

Z údajů v Obrázek 29 jasně vyplývá, že drtivá většina relativních chyb je menší než 1 %, což představuje velmi přesný odhad výše ekonomické škody primárním modelem ve srovnání s výpočtem pomocí položkového rozpočtu. Relativní chyba pro celý rozšířený model byla stanovena pomocí následujícího vzorce:

$$PE_{PM} = \frac{EL_{PM} - EL_{BoC}}{EL_{BoC}} \quad (7)$$

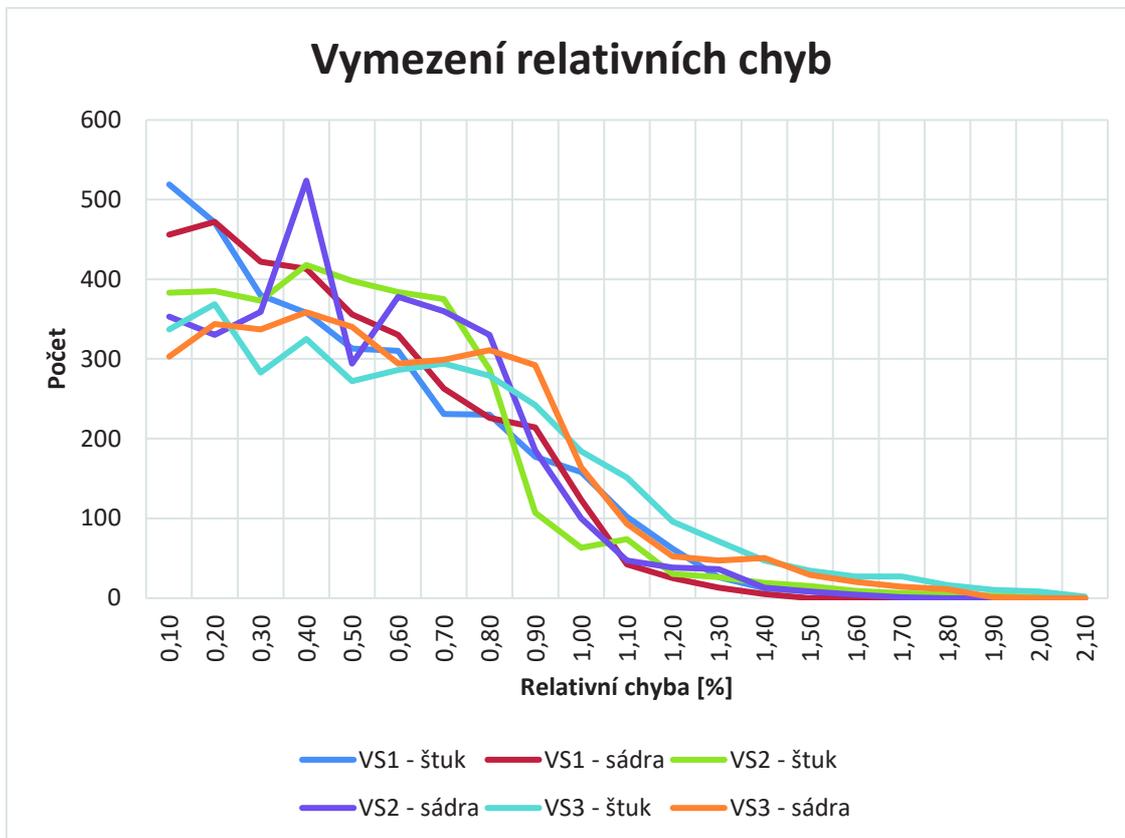
kde

PE_{PM} procentuální chyba,

EL_{PM} škoda odhadovaná primárním modelem,

EL_{BoC} škoda odhadovaná tradičním výpočtem pomocí položkového rozpočtu.

Z výsledků vyplývá, že počet relativních chyb (PE_{PM}) se v intervalu $<0,00\%; 1,00\%$ nachází 18 722, tj. 92,9 % z celkového počtu provedených kombinací. Zbytek relativních chyb se pohybuje v intervalu $<1,10\%; 2,10\%$ v celkovém počtu 1 438, tj. 7,1 % z celkového počtu provedených kombinací.



Obrázek 29: Přesné vymezení relativních chyb pro varianty VS1, VS2 a VS3 Zdroj: vlastní zpracování. [67]

Při zkoumání přesnosti primárního modelu z pohledu RG bylo zjištěno, že střední hodnoty PE_{PM} dosahují přijatelných hodnot pro všechny materiálové varianty a RG. Například pro variantu FS1-štuk je střední hodnota PE_{PM} pro celou sadu (tj. 3 360 položek) 0,3836 %, přičemž maximální hodnota byla nalezena v RG4 ($PE_{PM} = 0,5355\%$) a minimální hodnota v RG30 ($PE_{PM} = 0,3069\%$). Při hodnocení střední hodnoty PE_{PM} pro jiné varianty materiálu podle RG byla zjištěna tendence k dosažení nižší přesnosti primárního modelu u RG s menší podlahovou plochou ve srovnání s RG s větší podlahovou plochou.

Genetické algoritmy mají tu nevýhodu, že nemusí vždy najít „nejlepší“ řešení. Protože výpočet byl prováděn samostatně pro každou ze šesti variant, nebylo vždy možné vyladit algoritmus tak, aby míra chyb byla naprosto totožná. V rámci genetického algoritmu byly generovány různé počáteční populace a bylo stanoveno kritérium ukončení tak, aby relativní odchylka modelu a empirických dat nepřekročila toleranční rozpětí 2,0 %. Toho se

nepodařilo dosáhnout pouze u varianty VS3-PV1, kde odchylka činí 2,1 %, což je i tak pro praktické výpočty stále uspokojivá hodnota.

Pokud jde o maximální a minimální odchylky, nejvyšší hodnota PE_{PM} byla dosažena pro kombinaci VS3-PV1 při 2,03 % (viz Tabulka 24). Tato maximální hodnota stále představuje velmi přesný výsledek pro odhad povodňových škod pro účely pojištění. Pokud jde o popisnou statistiku procentní chyby, je střední hodnota 0,004855 % a medián 0,004390 %. Na základě výsledků lze dospět k závěru, že změna materiálů použitých při výpočtu algoritmu nemá významný vliv na výsledky. Míra chyb je podobná složení pro různé kombinace materiálových variant používaných ve svislých a vodorovných strukturách. To znamená, že primární model a metodika genetického algoritmu je spolehlivá a lze ji použít pro různé materiály a kompozice, při správném zahrnutí podrobného rozpočtu do souboru údajů.

5.8 Plocha stěn a výplně otvorů

V rámci postupu plnění a řešení problematiky disertační práce byl dosavadní výzkum zaměřen na implementaci výplní otvorů do rovnice genetického algoritmu. Při určení základní modelové funkce, kdy plocha výplní otvorů v místnosti může nabývat hodnot od 0 do 100 % pokrytí všech stěn místnosti, vzniká nekonečné množství možností, které při omezení praktičnosti na měřitelnou míru možností, ovlivňuje svojí složitostí nejen algoritmus, ale především i jeho schopnost určit správný výsledek s co největší přesností.

Složitost dané problematiky se následně zvyšuje s modelováním různých hloubek zatopení, respektive míry poškození, kdy dveřní otvory budou poškozeny v každém případě, ale okenní nikoliv. Dalším důležitým aspektem je druh materiálu, ze kterého výplně otvorů jsou. Zatím co plastové a hliníkové okenní výplně nejsou povodní nenávratně poškozeny, dřevěné a dřevohliníkové výplně musí být kompletně nahrazeny.

Obdobný problém vzniká u vnitřních dveřních výplní, kdy dveřní křídlo bude poškozeno ve všech případech, ale poškození zárubní bude opět rozličné. U ocelových zárubní je po zatopení nutná pouze povrchová úprava, zatím co při zatopení obložkových zárubní musí dojít ke kompletní výměně.

Na základě těchto zjištění bylo rozhodnuto, že současný algoritmus zůstane nezměněn a bude vytvořeno několik kategorií, které budou reprezentovat plochu výplní otvorů. Kategorie a jejich rozsah bude vytvořen na základě modelových případů v takovém počtu, kdy nepřesnost nebude překračovat přijatelnou míru správnosti výsledku.

Výplně otvorů, tedy okna a dveře se budou fyzicky kalkulovat v navrženém programu pro kalkulaci škody. Základní škoda na svislých a vodorovných konstrukcích bez započítání výplní otvorů bude vykalkulována pomocí THP algoritmu a až poté budou dokalkulovány výplně otvorů. Tzn. že od základního výpočtu škody THP algoritmem budou odečteny náklady na opravu omítek v místě oken a dveří a budou připočteny náklady na opravy, které vzniknou právě na konstrukcích oken a dveří.

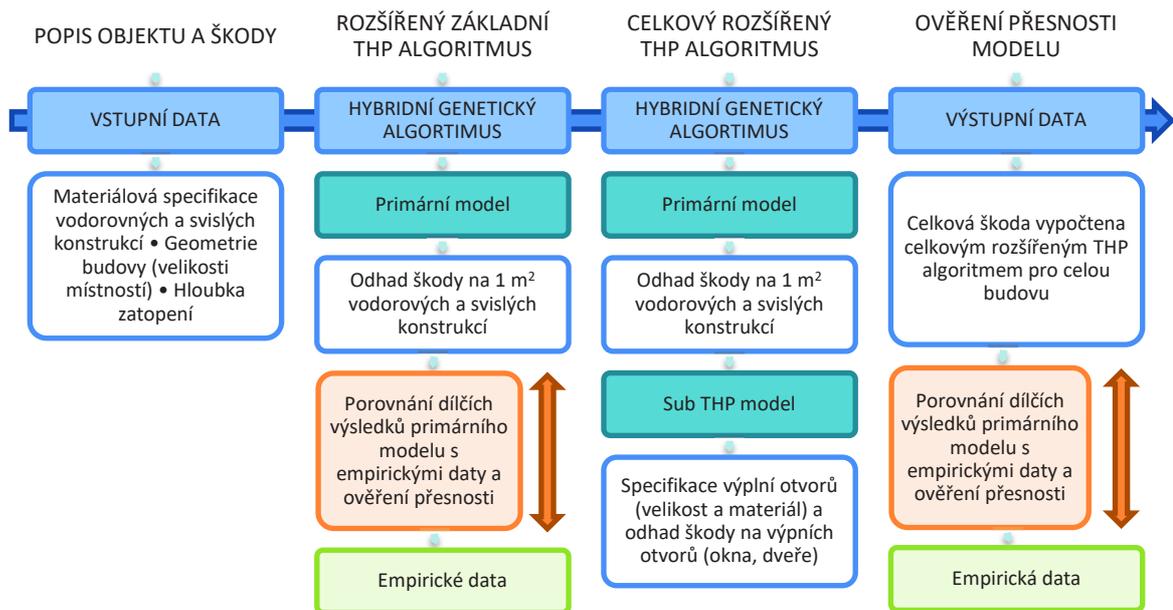
Výplně otvorů jsou rozděleny do několika materiálových kategorií. Jak již bylo zmíněno, u oken se jedná o plastové, dřevěné a hliníkové. U dveřních křídel se jedná o plné a prosklené. A k nim alternativně lze přiřadit dveřní zárubně obložkové nebo ocelové.

5.9 Resumé – popis navrženého modelu

Obrázek 30 zobrazuje, jakým způsobem je navržen THP algoritmus. Model vyžaduje zadání vstupních dat obsahujících základní informace o objektu a o vybraných konstrukcích. Tato data umožňují popsat především geometrii místnosti a specifikovat souvrství vodorovných a svislých konstrukcí.

Primární model s využitím hybridního genetického algoritmu umožňuje stanovit výši škody na 1 m² vodorovných a svislých konstrukcích bez zohlednění otvorů. Přesnost tohoto primárního modelu byla ověřena na empirických datech.

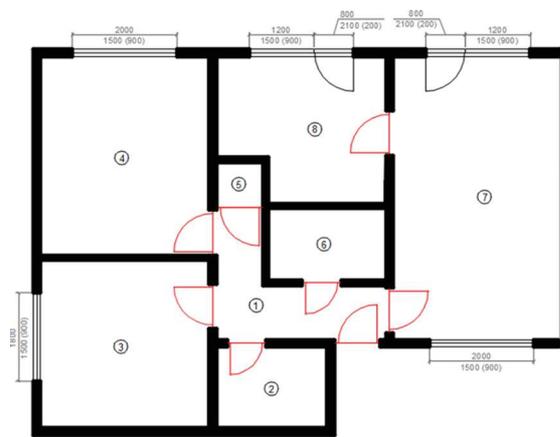
Primární model byl následně rozšířen o sub-model umožňující díky specifikaci výplní otvorů (velikost a materiál) odhadnout škodu i při započítání vlivu oken a dveří. Přesnost tohoto úplného hybridního algoritmu zahrnujícího sub-model byla opět ověřena empirickými daty.



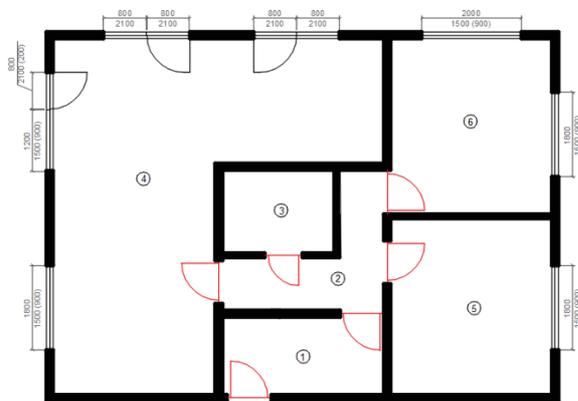
Obrázek 30: Postup rozšíření THP algoritmu. [67]

5.10 Modelový příklad

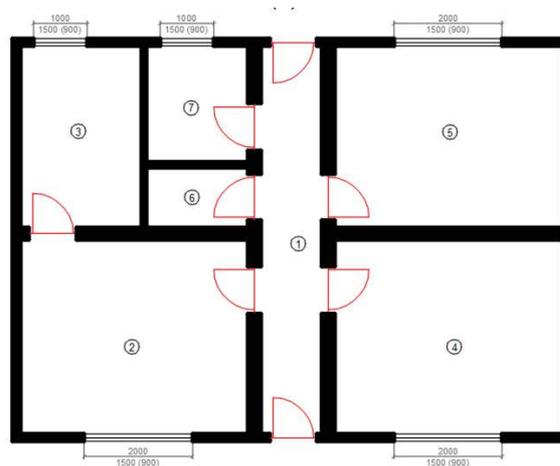
Funkčnost a přesnost celého rozšířeného modelu THP je hodnocena na třech budovách (rodinné domy). Tyto budovy se od sebe liší několika způsoby: (1) velikost; (2) počet pokojů; (3) tvar místností; (4) materiál vodorovných konstrukcí; (5) materiál svislých konstrukcí; (6) počet oken a dveří; (7) materiál oken a dveří; (8) výška oken; a (9) hloubka zatopení. Budovy byly záměrně vybrány tak, aby byly odlišné, aby se prokázala přesnost výpočtu modelu i při vysoké variabilitě vstupních dat. Půdorysy budov jsou znázorněny na obrázku 2 a podrobné popisy místností z hlediska jejich rozměrů, materiálů a přítomnosti oken a dveří jsou uvedeny v Tabulka 25.



(a)



(b)



(c)

Obrázek 31: Půdorysy budov: a) budova použitá ve variantě A, b) budova použitá ve variantě B, c) budova použitá ve variantě C. Zdroj: vlastní zpracování. [67]

Tabulka 25: Podrobný popis objektu.

Varianta objektu	Číslo místnosti	Délka	Šířka	Vodorovné konstrukce	Svislé konstrukce	Materiál oken	Dveře—zárubně
A	1	3,46	2,74	VS2	PV1	-	Obložkové
	2	2,25	1,67	VS2	PV1	-	Obložkové
	3	3,48	3,45	VS1	PV1	Plastové	Obložkové
	4	4,12	3,45	VS1	PV1	Plastové	Obložkové
	5	0,95	0,94	VS2	PV1	-	Obložkové
	6	2,40	1,49	VS2	PV1	-	Obložkové
	7	5,87	3,47	VS3	PV1	Plastové	Obložkové
	8	3,46	3,04	VS1	PV1	Plastové	Obložkové
B	1	3,45	1,67	VS2	PV2	-	Obložkové
	2	3,45	3,03	VS1	PV2	-	Obložkové
	3	2,39	1,80	VS2	PV2	-	Obložkové
	4	7,70	7,09	VS1	PV2	Dřevo	Obložkové
	5	3,82	3,45	VS3	PV2	Dřevo	Obložkové
	6	3,77	3,45	VS3	PV2	Dřevo	Obložkové
C	1	7,70	1,20	VS1	PV1	-	Ocel
	2	4,49	3,85	VS1	PV1	Plastové	Ocel
	3	3,60	2,39	VS2	PV1	Plastové	Ocel
	4	4,49	3,85	VS3	PV1	Plastové	Ocel
	5	4,49	3,60	VS2	PV1	Plastové	Ocel
	6	2,00	1,20	VS2	PV1	-	Ocel
	7	2,30	2,00	VS2	PV1	Plastové	Ocel

Zdroj: vlastní zpracování.

U všech tří budov byla provedena simulace povodně a poškození interiéru pomocí rozšířeného modelu THP. Hloubka povodně byla 1,25 m pro budovu A; 0,75 m pro budovu B; a

1,50 m pro budovu C. Pro ověření přesnosti byly pro všechny budovy připraveny standardní rozčleněné rozpočty pro odhad vzniklé škody. Takto získané hodnoty jsou uvedeny v Tabulka 26.

Tabulka 26: Porovnání výše škod [Kč] určených rozšířeným THP algoritmem a položkovým rozpočtem.

	Budova A	Budova B	Budova C
Hybridní THP algoritmus	8 341,43	8 585,03	7 486,34
Rozpočtová cena	8 249,71	8 556,42	7 408,99
PE _{EM}	1,11%	0,33%	1,04%

Zdroj: vlastní zpracování.

Ze získaných výsledků je zřejmé, že použití rozšířeného modelu THP pro odhad povodňových škod vnitřních konstrukcí budov dosahuje přijatelného stupně přesnosti pro potřeby řešení pojistných událostí. Hodnoty PEEM pro modelované hloubky povodní pro budovy A, B a C jsou 1,11 %, 0,33 % a 1,04 %. Je třeba zdůraznit, že budovy se od sebe výrazně liší. V případě budovy A v záplavové hloubce 1,25 m byla okna zatopena; kromě toho existují dva pokoje ve tvaru písmene L a jeden velmi malý pokoj (pokoj 5 o rozloze 0,89 m²) s plochou menší než RSG1 (4,00 m²). Budova B se liší tím, že existují pokoje s velmi odlišnými plochami. Patří sem například místnost 3 o ploše 4,30 m² (plocha se blíží RSG1) a místnost 4 o ploše 36,46 m², která přesahuje plochu RSG14. Místnost 4 je také jedinečná v tom, že má tvar písmene L. V hloubce 0,75 m je navíc zatopeno jen několik francouzských oken. Konečně budova C obsahuje výraznou místnost 1, která tvoří dlouhou chodbu s malou hodnotou PM 0,16, přičemž má velký počet dveří (7 dveří).

Model je nastaven tak, aby zohledňoval skutečnost, že jedny konkrétní vnitřní dveře jsou vždy umístěny ve dvou sousedních místnostech, ale započítávají se pouze jednou. Velkou výhodou modelu je jeho schopnost odhadnout výši poškození pro všechny pravoúhlé místnosti. To znamená, že místnost nemusí být nutně čtvercového nebo obdélníkového tvaru; může mít například tvar L (jak tomu bylo v budově A, místnostech 1 a 8 a budově B, místnostech 2 a 4). Model zároveň umožňuje určit poškození i v místnostech s plochou menší než RS1 nebo větší než RSG14, což je předpokladem pro jeho univerzální použití. Bylo tedy prokázáno, že rozšířený model THP umožňuje odhadnout množství povodňových škod na vnitřních konstrukcích budov se širokou škálou vstupních proměnných a dostatečnou přesností. Pokud jde o časové požadavky modelu, jsou-li k dispozici potřebná vstupní data (velikost místnosti, vlastnosti materiálu a údaje o oknech a dveřích), zadání těchto informací do modelu a odhad škody bude trvat méně než dvě minuty na pokoj. Tyto vstupní údaje lze získat během vyšetřování škodní události nebo při sjednávání pojistné smlouvy.

5.11 Návrh nástroje pro automatizaci výpočtu

V rámci ověření schopnosti využití THP algoritmu v praxi byl vytvořen jednoduchý nástroj v MS Excel, který operuje se zadanými hodnotami a na základě THP algoritmu vypočítá předpokládanou škodu. V této kapitole bude popsán postup práce s tímto nástrojem a jeho funkce.

5.11.1 Popis nástroje

Základem nástroje je list zobrazující tabulku, do které se zadávají základní parametry v podobě výměr a materiálové charakteristiky – viz Obrázek 32.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2													
3			Místnost				Otvory						
4													
5			Název			Dveře	Popis	Velikost	Počet	Zárubeň	Započítat		
6			Plocha	0,00 m ²		1.	-						
7			Délka (delší rozměr)	m		2.	-						
8			Šířka	m		3.	-						
9			Poměr			4.	-						
10			Hloubka vody	m									
11						Okna	Popis	Šířka [m]	Výška [m]	Parapet [m]	Zasaženo		
12			Materiály				1.	-					
13						2.	-						
14			Podlaha			3.	-						
15			Omítka			4.	-						
16													
17													
18			Škoda bez započítání otvorů				Škoda se započítáním otvorů						
19													
20			na 1 m ²		- Kč bez DPH	na 1 m ²		- Kč bez DPH					
21			celková		- Kč bez DPH	celková		- Kč bez DPH					
22													

Obrázek 32: Základní schéma výpočtové tabulky. Zdroj: vlastní zpracování.

Dalším listem nástroje je databáze parametrů THP algoritmu, které výpočtová tabulka využívá ke stanovení požadovaných hodnot – viz Obrázek 33.

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2		laminát-štuk	laminát-sádra	pvc-štuk	pvc-sádra	koberec-štuk	koberec-sádra
3		-0,38148647	-0,417932756	-0,492255258	-0,463095773	-0,547301253	-0,511744123
4		0,997030506	0,991712835	0,977930879	0,985907636	0,987705876	0,974143207
5		-0,979910552	-0,980966519	-0,994387357	-0,988873018	-0,975578034	-0,985597774
7		-1,999938964	-1,994140625	-1,953120947	-0,984065762	-1,999992338	-1,687430859
8		-1,999991864	-1,9375	-1,999420156	-1,749938011	-1,96382904	-1,995849576
9		-1,999873936	-1,937499996	-0,843749985	-0,999969482	-0,748517869	-1,499023434
11		1,009498414	1,015942037	0,833987594	0,874712363	0,441220682	0,46909356
12		0,354610825	0,378219697	0,596891874	0,621021194	0,29110951	0,288178389
13		-0,169880036	-0,104314681	-0,002042649	-0,033086033	0,046945261	0,014185674
14		0,001760474	0,002892576	0,020216933	0,013045785	0,013244973	0,004053035
15		2,051282585	2,008334457	1,853627212	1,874771036	1,804188599	1,998447773
16		0,044008794	0,044141428	0,099189622	0,080691752	0,056361767	0,031584608
17		-0,017683402	-0,010926806	-0,002463055	-0,003132349	0,003086766	0,000879971
18		0,211254366	0,205141252	0,300694151	0,233415721	0,352508956	0,219900497
20		1,122259791	1,123860193	0,972342549	1,052522326	0,923171471	1,049443765
21		-0,634650798	-0,436448311	-0,13004042	-0,098296758	0,046427432	0,017909797
22		-0,000547413	-0,000546762	-0,000491414	-0,000638209	-0,000627742	-0,001250581
23		0,000297904	0,00034876	0,040944927	0,015663212	0,061438357	0,001868411
24		-0,001114939	-0,003307923	-0,005604153	-0,001943058	-0,00987542	-0,009980681
25		-9,31997E-05	2,13472E-05	0,023440965	-0,004731728	0,122833697	0,000795334
26		-2,47248E-06	-2,94899E-06	-0,000109633	-3,23611E-05	-0,000256578	-1,32884E-05
27		-4,7764E-06	-5,33946E-06	-0,000783036	-7,22853E-05	-0,002004021	-2,70126E-05

Obrázek 33: Tabulka parametrů THP algoritmu. Zdroj: vlastní zpracování.

Třetím důležitým listem je tabulka pro výplně otvorů – okna a dveře. V této tabulce se nacházejí pro jednotlivé výplně otvorů práce a materiály, které jsou potřebné pro výpočet nákladů na jejich výměnu. Ceny za jednotlivé úkony vycházejí ze stejné cenové databáze a cenové úrovně, jako THP algoritmus.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2		Dveře	plné	600					
3		CÚ 2019/01	Popis	Množství	MJ	Jed.cena	Cel.cena	Jed.hmot	Cel.hmot
4		766691914	Vyvěšení nebo zavěšení dřevěných křídel dveří	1,00	kus	25,30	25,30	0,0240	0,0240
5		997002611	Nakládání suti a vybouraných hmot	0,02	t	105,00	2,52	0,0000	0,0000
6		997013112	Vnitrostaveništní doprava suti a vybouraných h	0,02	t	549,00	13,18	0,0000	0,0000
7		766660171	Montáž dveřních křídel otvíracích jednokřídlov	1,00	kus	677,00	677,00	0,0000	0,0000
8		61160132	dveře jednokřídle voštinové povrch laminátový	1,00	kus	2700,00	2700,00	0,0170	0,0170
9		998766101	Přesun hmot tonážní pro konstrukce truhlářské	0,02	t	798,00	13,57	0,0000	0,0000
10			Suma				3431,56		
11									
42		Zárubně	obložkové						
43		CÚ 2019/01	Popis	Množství	MJ	Jed.cena	Cel.cena	Jed.hmot	Cel.hmot
44		766681811	Demontáž dveřních obložkových dřevěných zár	1,82	m2	100,00	181,80	0,0076	0,0139
45		997013112	Vnitrostaveništní doprava suti a vybouraných h	0,01	t	549,00	7,61	0,0000	0,0000
46		997002611	Nakládání suti a vybouraných hmot	0,01	t	105,00	1,45	0,0000	0,0000
47		766682112	Montáž zárubní obložkových pro dveře jednokř	1,00	kus	1340,00	1340,00	0,0000	0,0000
48		61182270	zárubeň obložková pro dveře 1křídle 600,700,80	1,00	kus	4490,00	4490,00	0,0350	0,0350
49		998766101	Přesun hmot tonážní pro konstrukce truhlářské	0,04	t	798,00	27,93	0,0000	0,0000
50			Suma				6048,79		
51									
60		Okno	plastové						
61		CÚ 2019/01	Popis	Množství	MJ	Jed.cena	Cel.cena	Jed.hmot	Cel.hmot
62		766622862	Vyvěšení křídel dřevěných nebo plastových oké	1,00	kus	14,50	14,50	0,0076	0,0076
63		787600802	Vysklívání oken a dveří plochy do 3 m2 skla ploc	1,00	m2	84,90	84,90	0,0140	0,0140
64		787601822	Příplatek k vysklívání oken a dveří za konstrukce	1,00	m2	14,20	14,20	0,0000	0,0000
65		998787101	Přesun hmot tonážní pro zasklívání v objektech	0,01	t	677,00	9,48	0,0000	0,0000
66		766622132	Montáž plastových oken plochy přes 1 m2 otevř	1,00	m2	646,00	646,00	0,0000	0,0000
67		766691932	Seřízení plastového okenního nebo dveřního ot	1,00	kus	132,00	132,00	0,0000	0,0000
68			Suma				901,08		

Obrázek 34: Tabulka kalkulace výplně otvorů. Zdroj: vlastní zpracování.

Protože THP algoritmus počítá každou místnost bez otvorů ve stěnách, je nutné po fyzickém zadání výplně otvorů do výpočtové tabulky odečíst i náklady na provedení souvrství omítek a maleb v rozsahu zadaných výplně otvorů. Cena je vykalkulována stejně jako výplně otvorů.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
90									
91		Omítka	štuk						
92		CÚ 2019/01	Popis	Množství	MJ	Jed.cena	Cel.cena	Jed.hmot	Cel.hmot
93		978013191	otlučení omítky stěn	1,000	m2	77,50	77,50	0,0460	0,0460
94		985131111	očištění tlakovou vodou	1,000	m2	109,00	109,00	0,0000	0,0000
95		997013211	vnitrostaveništní doprava suti	0,046	t	620,00	28,52	0,0000	0,0000
96		612321141	vápenoštuková omítka stěn - ručně	1,000	m2	246,00	246,00	0,0184	0,0184
97		998011001	přesun hmot	0,018	t	262,00	4,82	0,0000	0,0000
98		784331001	dvojnásobná protiplísňová malba + penetrace	1,000	m2	67,00	67,00	0,0005	0,0005
99			Suma				532,84		
100									
101		Omítka	sádra						
102		CÚ 2019/01	Popis	Množství	MJ	Jed.cena	Cel.cena	Jed.hmot	Cel.hmot
103		978013191	otlučení omítky stěn	1,000	m2	77,50	77,50	0,0460	0,0460
104		985131111	očištění tlakovou vodou	1,000	m2	109,00	109,00	0,0000	0,0000
105		997013211	vnitrostaveništní doprava suti	0,046	t	620,00	28,52	0,0000	0,0000
106		612341121	sádrová omítka stěn - ručně	1,000	m2	228,00	228,00	0,0110	0,0110
107		998011001	přesun hmot	0,011	t	262,00	2,89	0,0000	0,0000
108		784331001	dvojnásobná protiplísňová malba + penetrace	1,000	m2	67,00	67,00	0,0005	0,0005
109			Suma				512,91		

Obrázek 35: Tabulka kalkulace souvrství omítek. Zdroj: vlastní zpracování.

5.11.2 Postup výpočtu škody za pomoci nástroje THP

Postup výpočtu pomocí nástroje je poměrně jednoduchý. Spočívá ve vyplňování tabulky. Jako modelový příklad poslouží obývací pokoj (B4) z modelového objektu B. Nižší jsou popsány jednotlivé kroky:

- 1) Označení a název jednotlivých místností.
- 2) Vyplnění základních výměr místnosti, tj. délka a šířka s tím, že délka musí reprezentovat vždy větší rozměr než šířka. Na základě vyplnění těchto dvou výměr se automaticky vypočítá plocha (D6) a poměr stran (D9).
- 3) Zadání hloubky zatopení - pomocí roletkového seznamu (D10) vybere řešitel takovou hloubku, která se nejvíce blíží reálné hloubce zatopení (viz Obrázek 36).

Hloubka vody může nabývat nekonečně mnoho hodnot a je možné, že skutečná hloubka zatopení nebude na výběr v roletkovém seznamu. Pro zjednodušení navrhovaného modelu pro kalkulaci škody je hloubka omezena seznamem hodnot. Tento seznam lze upravit tak, aby co nejvíce seděl uživateli, který jej bude využívat.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2													
3				Místnost			Otvory						
4													
5				Název	B4 - obývací pokoj		Dveře	Popis	Velikost	Počet	Zárubeň	Započítat	
6				Plocha	54,59 m ²		1.	-					
7				Délka	7,70 m		2.	-					
8				Šířka	7,09 m		3.	-					
9				Poměr	0,92		4.	-					
10				Hloubka vody									
11					0,25		Okna	Popis	Šířka [m]	Výška [m]	Parapet [m]	Zasaženo	
12				Materiály	0,50		1.	-					
13					0,75		2.	-					
14				Podlaha	1,00		3.	-					
15				Omítka	1,25		4.	-					
16					1,50								
17					1,75								
18					2,00								
19				Škoda bez započítání otvorů			Škoda se započítáním otvorů						
20				na 1 m ²	- Kč bez DPH		na 1 m ²	- Kč bez DPH					
21				celková	- Kč bez DPH		celková	- Kč bez DPH					
22													

Obrázek 36: Postup vyplnění výpočtové tabulky – rozměry místnosti a hloubka vody. Zdroj: vlastní zpracování.

- 4) Dále je nutné vyplnit údaje o otvorech – dveřích – popis (H6); velikost (I6), počet (J6) a typ zárubně (K6) jak je naznačeno na Obrázek 37.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2													
3				Místnost			Otvory						
4													
5				Název	B4 - obývací pokoj		Dveře	Popis	Velikost	Počet	Zárubeň	Započítat	
6				Plocha	54,59 m ²		1.	prosklené			obložková		
7				Délka	7,70 m		2.	plně prosklené			obložková		
8				Šířka	7,09 m		3.	-			ocelová		
9				Poměr	0,92		4.	-			-		
10				Hloubka vody	0,75 m								
11							Okna	Popis	Šířka [m]	Výška [m]	Parapet [m]	Zasaženo	
12				Materiály			1.	-					
13							2.	-					
14				Podlaha			3.	-					
15				Omítka			4.	-					
16													
17													
18				Škoda bez započítání otvorů			Škoda se započítáním otvorů						
19				na 1 m ²	- Kč bez DPH		na 1 m ²	- Kč bez DPH					
20				celková	- Kč bez DPH		celková	- Kč bez DPH					
21													
22													

Obrázek 37: Postup vyplnění výpočtové tabulky – dveře. Zdroj: vlastní zpracování.

U výplní dveří je velmi důležité určit, zda se budou započítávat do dané místnosti či nikoliv (L6). Jde totiž o to, že jedny dveře mohou mít společné i dvě místnosti. Pokud tomu tak je, je nutné dveře započítat pouze do jedné z místností. Jinými slovy, dveře se vyplní u obou

místností, ve kterých se nachází, avšak pouze u jedné z místností se dveře započítají v kolonce (L6) jako tomu je na Obrázek 38.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2													
3			Místnost				Otvory						
4													
5			Název	B4 - obývací pokoj		Dveře	Popis	Velikost	Počet	Zárubeň	Započítat		
6			Plocha	54,59 m ²		1.	-					ano	
7			Délka	7,70 m		2.	-	600x1970				ne	
8			Šířka	7,09 m		3.	-	900x1970				-	
9			Poměr	0,92		4.	-	-					
10			Hloubka v	0,75 m									
11						Okna	Popis	Šířka [m]	Výška [m]	Parapet [m]	Zasaženo		
12			Materiály				1.	-					
13						2.	-						
14			Podlaha			3.	-						
15			Omítka			4.	-						
16													
17													
18			Škoda bez započítání otvorů				Škoda se započítáním otvorů						
19													
20			na 1 m ²	- Kč bez DPH		na 1 m ²	- Kč bez DPH						
21			celková	- Kč bez DPH		celková	- Kč bez DPH						
22													

Obrázek 38: Postup vyplnění výpočtové tabulky – dveře. Zdroj: vlastní zpracování.

- 5) Následuje vyplnění údajů o oknech – popis (H12); šířka (I12), výška (J12) a výška parapetu (K12). Stanovení výšky parapetu je velmi důležitá hodnota, protože na základě skutečné hloubky zatopení se automaticky stanoví, zdali dané okno bylo zaplaveno, či nikoliv. Ověření zasažení se potvrdí ve sloupečku „zasaženo“ (L12) automaticky jak je vidět na Obrázek 39.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													

Obrázek 39: Postup vyplnění výpočtové tabulky – okna. Zdroj: vlastní zpracování.

- 6) Předposlední úkonem je stanovení materiálu podlahové krytiny (D14) – výběr probíhá opět z roletkové nabídky jako je na Obrázek 40.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													

Obrázek 40: Postup vyplnění výpočtové tabulky – podlahy. Zdroj: vlastní zpracování.

- 7) Poslední úkonem je stanovení materiálu omítek (D15) z roletkové nabídky jako je na Obrázek 41.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													

Obrázek 41: Postup vyplnění výpočtové tabulky – omítky. Zdroj: vlastní zpracování.

Tímto krokem je ze strany řešitele vše dokončeno a nástroj již automaticky dopočítá pomocí THP algoritmu škodu na 1,00 m² řešené místnosti (buňka H20) a také celkovou škodu na řešené místnosti (buňka H21) viz Obrázek 42.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													

Obrázek 42: Výsledný výpočet škody na uvažované místnosti v nástroji MS Excel pomocí THP algoritmu. Zdroj: vlastní zpracování.

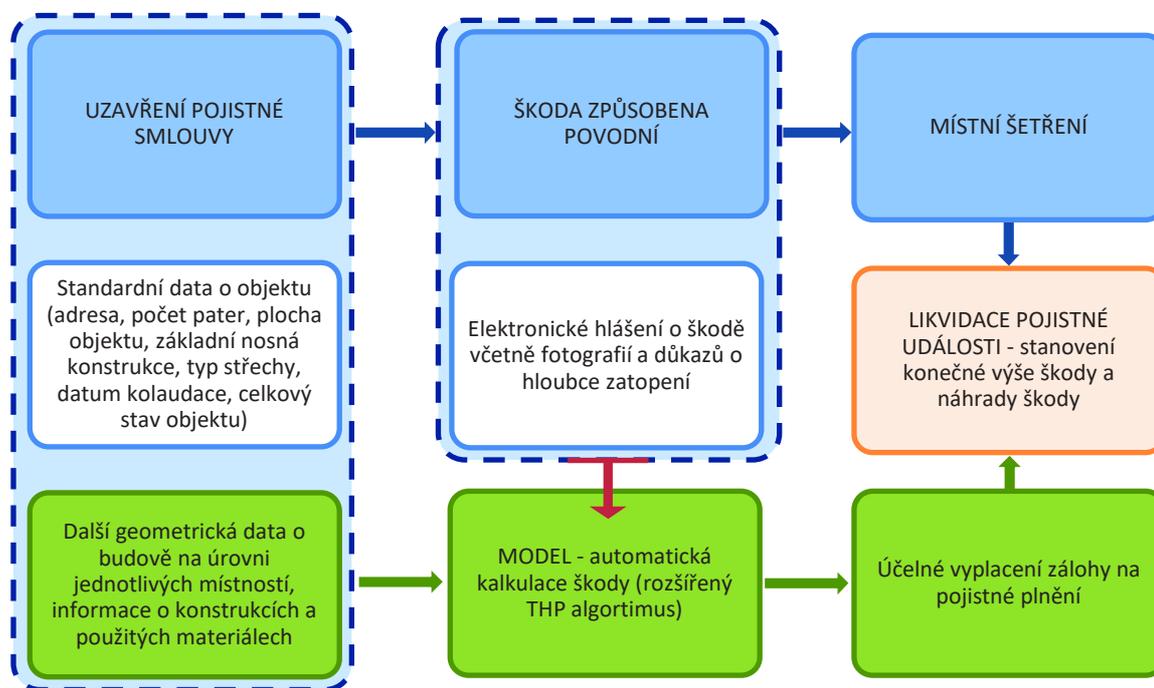
5.11.3 Hlavní benefity navrženého nástroje

Tento nástroj je velmi dobře a prakticky okamžitě využitelný pro praxi. Pro praktické využití disponuje hned několika přínosy:

- I. V průběhu výzkumu bylo prokázáno, že při zadání reálných jednotkových cen dokáže nástroj výrazně přesněji, než jiné dosud využívané nástroje (např. škodní koeficienty), počítat výši reálné škody a to s využitím výrazně kratšího času řešitele, než jak je tomu u jiných metod – např. metodou rozpočtů, kterou pojišťovny v dnešní praxi používají.
- II. Autor vidí největší přínos právě v úsporách pracovního času a s tím spojených úsporách nákladů nejen na lidské zdroje pro pojišťovny. Pro ilustraci, ušetřený čas může při výpočtu škody na jednu místnost dosahovat přibližně 50 % času potřebného pro řešení standardním způsobem. S ohledem na průměrný počet povodní zasažených místností u rodinných domů se tedy úspora na výpočtu škody jednoho domu může pohybovat v řádu desítek minut. Zároveň je třeba opět zdůraznit, že nástroj stanoví výši škody s dostatečnou přesností, čím je současně splněn požadavek na reálné krytí vzniklých nákladů na likvidaci škody.
- III. Dalším přínosem pro pojišťovnu může být schopnost rychle spočítat maximální a minimální výši škody a z toho lépe určit výši pojistného. Zároveň tyto údaje pomohou pojistníkovi při utvoření představy, jakou částku může pojišťovna vyplatit při vzniklé škodě a jaké budou na takové pojištění jeho roční náklady za pojistné. Zároveň bude vše probíhat velmi rychle a pružně.¹ – viz Obrázek 43
- IV. Další výhodou nástroje je fakt, že s ním mohou pracovat i řešitelé, kteří nejsou odborníky na oceňování staveb pomocí rozpočtů. Za předpokladu, že existuje pozice

¹ Ideálním případem by bylo v případě sjednávání pojištění pro nemovitou věc provedení hrubého zaměření a zakreslení dispozice dotčeného objektu. Zároveň by bylo nutné popsat materiálovou charakteristiku konstrukcí. Tento dokument by s rozkreslením a materiálovou charakteristikou pojištěnec potvrdil a dokument by byl přiřazen k dané smlouvě. Pojišťovna by následně toto schéma s informacemi převedla do svého softwaru, který by na základě zadaných parametrů vypočítal předpokládané škody pomocí THP algoritmu. V případě nějaké konstrukční změny v podobě změny dispozice nebo změny materiálů by pojištěnec byl povinen pojišťovnu kontaktovat, a to z důvodu aktualizace schématu. V případě zasažení dané nemovitosti povodní či záplavou, by pojištěnec pouze kontaktoval pojišťovnu s pojistnou událostí, zaslal by pojišťovně fotodokumentaci se zasažením nemovité věci a s měřitelnou hloubkou zatopení a na základě těchto parametrů by pojišťovna během chvíle spočítala předpokládanou škodu. Tím pádem by pojištěnec obdržel pojistné plnění v co nejkratší době, bez nutnosti čekání na likvidátora vyslaného pojišťovnou. Touto úsporou času by pojištěnec mohl ihned odstraňovat škody způsobené živelní pohromou. Zároveň by pojišťovna ušetřila za řešení pojistné události a za likvidátora v terénu.

správce nástroje, který vždy doplní aktuální ceny jednotlivých položek stavebních materiálů a prací, může škodu na objektu spočítat prakticky i laik, který obdrží základní informace o pojišťovaném/poškozeném objektu.



Obrázek 43: Postup možného propojení modelu a informačního systému pojišťovny. [67]

5.11.4 Konfrontace s velkou pojišťovnou

V rámci řešení praktického využití THP algoritmu byl osloven zástupce jedné z velkých pojišťoven. S tímto zástupcem byl veden rozhovor nad pojistnou problematikou a řešení pojistných událostí. Dále byl zástupci představen THP algoritmus a scénář, kterým by byl algoritmus semknut s pojistnou smlouvou. Zástupcem pojišťovny bylo potvrzeno, že velké pojišťovny mají svůj uzpůsobený rozpočtový program, ve které se kalkulují pojistné události, jak tomu bylo popsáno v kapitole 4.3.1. Tento software vycházel z klasického rozpočtový programu operující s databází RTS a tak jak je tomu i u klasického rozpočtového programu, musely se do něj vepisovat výměry v podobě plochy podlah, obvody stěn a výšky místností. Tím, že byl program připraven na živelní pohromy, obsahoval malou databázi položek v podobě prací a materiálů, které se mohou při pojistném plnění vyskytovat. Zjednodušeně řečeno se jednalo o klasickou rozpočtovou činnost.

Po představení jednoduché tabulky v MS Excelu, která po zadání základních hodnot vykalkulovala pomocí THP algoritmu celkovou škodu, bylo zástupcem pojišťovny konstatováno, že daný proces v sobě skýtá nemalou úsporu času. Avšak v rámci začlenění daného procesu do celého systému pojišťovny neviděl zástupce pojišťovny jako možný, protože by se jednalo o kompletní restrukturalizaci řešení pojistných škod v podobě povodně nebo záplavy,

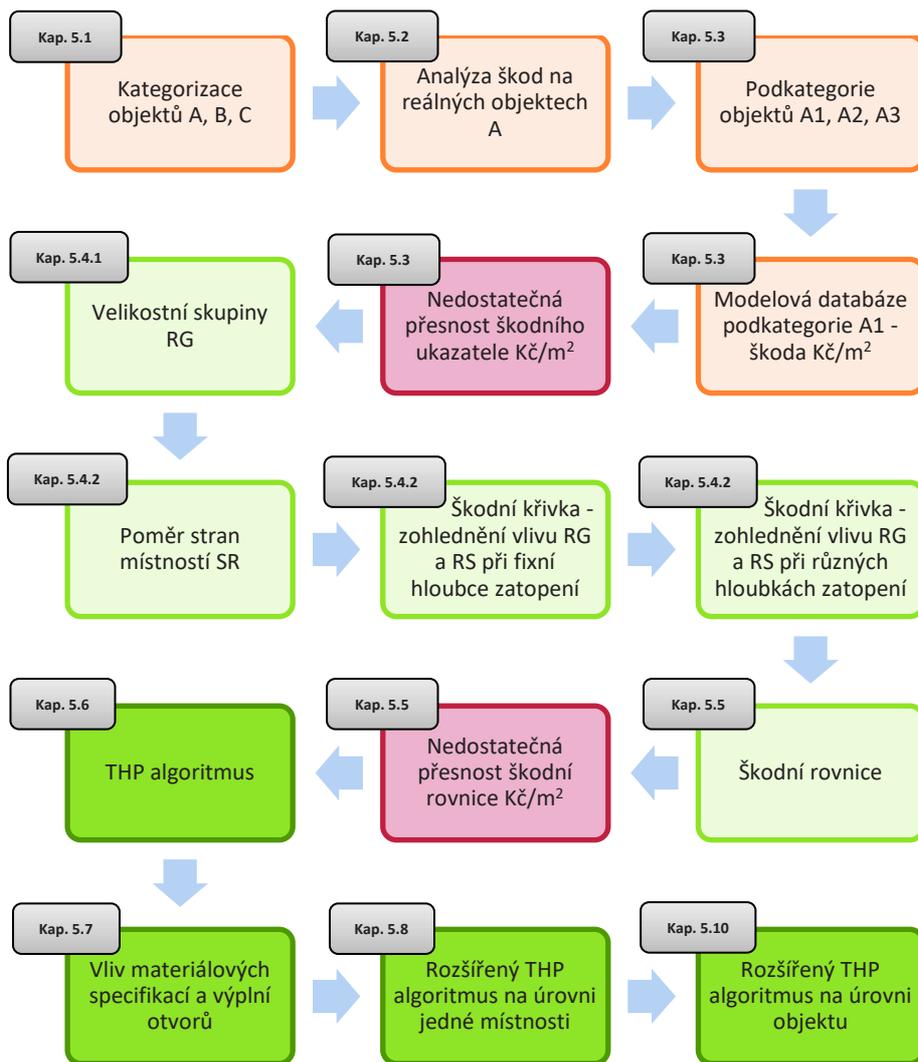
kdy by se musela investovat nemalá částka do školení pojišťovacích agentů, kteří dané smlouvy v terénu řeší. A právě schopnosti těchto zaměstnanců by narážely na své omezení a nemožnost využít daného procesu naplno a správně.

6 ZÁVĚR

V průběhu provádění výzkumu bylo původně širší tematické zaměření práce postupně směřováno a zužováno ke konkrétní problematice. Disertační práce se zabývala především oceňováním škod způsobených povodněmi na stavebních objektech určených k bydlení a hledala metodu pro urychlení a zpřesnění tohoto procesu.

V rámci rešerše byly definovány základní pojmy týkající se povodní – jejich charakteristika, typologie, parametry, riziko, které povodně představují a vznik škod, které povodně způsobují. Dále byly zmíněny možnosti ochrany proti tomuto riziku a také přístup k tomuto riziku ze strany pojišťoven. V další části se rešerše zaměřila na aktuálně užívané metody pro určení výše těchto povodňových škod a souvislosti cen prací s geometrií budov. V neposlední řadě byl popsán genetický algoritmus, který byl využit ve výzkumné části této práce jako metoda hledání základních parametrů v komplexním propočtu výše škod.

Výzkumná část práce se zaměřila na hledání metodiky pro urychlení a zkvalitnění procesu oceňování povodňových škod, konkrétněji na oceňování škod způsobených na stavebních objektech pro bydlení – rodinné domy. Tato část práce popisuje cestu, která vedla k závěrečnému modelu, ale také cesty přes nepřijaté varianty, které nesplňovaly požadované vlastnosti nové metodiky – viz Obrázek 44.



Obrázek 44: Schéma postupu zkoumané metodiky.

Navržený THP algoritmus pro výpočet povodňových škod má ale své omezení. V rámci řešení daného problému byl přijat zjednodušený model, ve kterém se řeší škody ve vnitřním prostoru objektu a na vybraných konstrukcích. Dále řeší škody pouze pro hloubku zatopení v rámci prvního nadzemního podlaží a veškeré modelové situace byly simulovány pouze na objektech rodinných domů. Konečný stav THP algoritmu však položil základ metodiky, kterou lze dále rozšířit jak o škody na dalších vnitřních konstrukcích či na venkovních konstrukcích, tak i pro jiné typy objektů a díky tomu umět stanovit škodu s poměrně velkou přesností a s menším časovým vytížením, než jak je tomu doposud.

Autor rozdělil celý proces hledání nové metodiky do několika kroků, které měly vést k nalezení metodiky. Na začátku všeho byla databáze reálných povodňových škod, které autor osobně řešil. Tato databáze byla zanalyzována a proběhly první výpočty pro stanovení škodního ukazatele. Databáze reálných případů však neposkytla žádné řešení, pouze poukázala na další nejasnosti v nově navrhované metodice. Proto byla sestavena první

modelová řada a ta byla podrobena simulacím zatopení a vlivu různých hloubek na celkové stanovení škody pro řešení objekty. Ani tato metoda neposkytla kýžené výsledky, ale poukázala na nutnost analyzovat vliv geometrie místnosti na výši škody. Na základě nově vytvořené databáze místností byla stanoven první návrh škodní rovnice. Jak se ale ukázalo následně, tak tato škodní rovnice vykazovala velké nepřesnosti při zpětném ověřování správnosti matematických výstupů. Proto bylo přistoupeno k návrhu nové škodní rovnice a to v podobě genetického algoritmu. Tento algoritmus již poskytoval kýžené výsledky s minimální chybovostí při zpětném ověřování výsledků. Tento algoritmus byl následně otestován na několika materiálových variantách a následně byl rozšířen o vliv ploch stěn a výplní otvorů. Správnost celého modelu byla následně testována na modelových příkladech a zároveň byl navržen software pro automatizace výpočtu.

V průběhu výzkumu byly postupně naplňovány výše zmíněné kroky a výzkum se zaměřil na jednu z několika kategorií staveb – konkrétně se jednalo o bungalovy bez podsklepení a garáží. Identifikovány byly hlavní faktory ovlivňující výši škody (respektive škodní křivky) na těchto objektech, které byly následně implementovány do škodní rovnice pro výpočet škody L na $1,00 \text{ m}^2$. Tyto faktory jsou:

- a) plocha zatopené místnosti;
- b) hloubka zatopení vodou;
- c) geometrie objektu – poměr délky a šířky stran;
- d) materiálové provedení jednotlivých konstrukčních prvků, především skladba podlah a omítek;
- e) plocha otvorů stěn a jejich výplní.

Na základě znalostí těchto faktorů byla postupnými úpravami získána prvotní rovnice výše škody na 1 m^2 – viz rovnice (5).

Pro rovnici bylo nutné určit výše uvedené parametry. Pro dosažení minimální odchylky vypočtené škody od skutečné výše škody byly tyto parametry hledány aplikací kombinace genetického programování a metody nejmenších čtverců. Genetickým přístupem byla hledána pouze základní část parametrů, přičemž v každém cyklu genetického algoritmu byly následně dopočítány zbylé hodnoty metodou nejmenších čtverců. Tato kombinace byla autorem nazvána THP algoritmus. Po dopočítání jednotlivých parametrů rovnice byla přichystána rovnice a vytvořen nástroj v MS Excel, který po zadání několika základních údajů o poškozeném objektu spočítá s přesností $\pm 1 \%$ výši povodňové škody na $1,00 \text{ m}^2$ zatopené plochy a také celkovou škodu na postižené místnosti, respektive objektu.

Hlavním přínosem tohoto nástroje je dle autora úspora času při určení výše škody na postiženém objektu, která může průměrně dosahovat až 50 % času na jeden zatopený objekt.

Dalším velkým přínosem je možnost využití nástroje řešitelem, který není odborně seznámen s oceňováním stavebních prací rozpočtem.

Sekundárním přínosem je potom možnost využití rychlého výpočtu maximální a minimální škody na pojišťovaném objektu pojišťovnou pro stanovení odpovídajícího pojistného a obeznámení pojistníka o výši případného pojistného plnění.

Řešená výzkumná otázka byla položena jedna a autorovi se podařilo v rámci této práce nalézt odpovědi ve výsledcích provedených analýz a modelových příkladů.

VO1: Využitím matematických postupů lze přesně predikovat a kalkulovat škodu způsobenou vlivem povodní na rodinných domech s přihlédnutím možné odchylky v rozsahu $\pm 10 \%$.

Odpověď:

Ano – jak bylo uvedeno v podkapitole 5.10, pomocí THP algoritmu, který využívá principu škodních křivek pro stanovení výše škody, byla stanovena škoda blízká se výši škody kalkulované položkovým rozpočtem, jenž je považován za nejpřesnější postup stanovení výše škody na stavebním objektu. Přesnost takového stanovení výše škody byla dosažena u modelových příkladů na úrovni objektů v rozmezí $\pm 1,11 \%$. Na úrovni místností v rozmezí do cca $+ 2,00 \%$.

Autor na základě svých zjištění doporučuje pro další bádání tyto oblasti:

- Rozšíření algoritmu na další typy staveních objektů – ostatní kategorie domů či obecně budov, tedy kromě rezidenčních také např. na podnikatelské objekty či objekty občanské vybavenosti.
- Přizpůsobení nástroje / programu praxi pojišťoven.
- Aplikace algoritmu na jiné než povodňové škody – rozšíření modelu na škody způsobené např. požárem.

6.1 Přínos pro vědní obor

Tato práce a výsledky výzkumu přináší pro vědní obor Management stavebnictví především tyto poznatky:

- I. Stanovení stěžejních faktorů majících vliv na výši škody způsobené povodní na stavebních objektech, tj. především a) hloubka, b) materiálové a konstrukční řešení a c) geometrie objektu.

- II. Porovnání přesnosti výpočtu škody způsobené povodní na stavebních objektech pomocí různých nástrojů (škodní ukazatele, škodní křivky, hybridní genetický algoritmus)
- III. Vytvoření THP algoritmu, tedy kombinace genetického algoritmu a metody nejmenších čtverců pro nalezení parametrů škodní rovnice.

6.2 Přínos pro praxi

Tato práce navrhla nástroj využitelný v praxi např. ze strany pojišťoven a to s těmito hlavními přínoy:

- I. Urychlení a automatizace výpočtu výše škody po povodni s přesností výpočtu škody v řádu <-1 %; 2 %>.
- II. Úspory na spotřebě času a nákladů na lidské zdroje při stanovení výše povodňových škod a následného pojistného plnění.
- III. Možnost určit maximální a minimální výši teoretické škody pro stanovení pojistného na nemovitých objektech.
- IV. Využitelnost nástroje i pro řešitele bez odborného vzdělání v oboru oceňování staveb.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] GRAHN, T.; NYBERG, L. Assessment of pluvial flood exposure and vulnerability of residential areas, *International Journal of Disaster Risk Reduction* vol. 21 (2017), pages 367-375.
- [2] NIED, M.; PORDOWITZ, T.; NISSEN, K.; ULBRICH, U.; HUNDECHA, Y.; MERZ, B. On the Relationship between hydrometeorological patterns and flood types, *Journal of Hydrology* vol 519 (2014), pages 3249-3262.
- [3] Charakteristiky průběhu povodně – Možnosti řešení povodňových situací v České republice [online]. [cit. 2020-08-25] Dostupné z <http://www.cs-povodne.eu/Pojmy/Charakteristiky-prubehu-povodne>.
- [4] Vyhláška č. 79/2018 Sb. Vyhláška o způsobu a rozsahu zpracování návrhu a stanovování záplavových území a jejich dokumentace. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2018.
- [5] Český hydrometeorologický ústav – Typy povodní [online]. [cit. 2020-08-08] Dostupné z <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/ruzne/vyuka/HYDRO/14.pdf>.
- [6] SIVS – k'd VII. Povodňové jevy - [online] [cit. 2020-09-03] Dostupné z <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/om/sivs/povodne.html>.
- [7] Different Flood Types & Advisories [online] [cit. 2020-09-03] Dostupné z <http://www.weatherboy.com/different-flood-types-advisories/>
- [8] Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky – Regionální pracoviště Střední Čechy [online]. [cit. 2020-08-12] Dostupné z <https://strednicechy.ochranaprirody.cz/pece-o-vodni-rezim-krajiny/vodohospodarska-opatreni-po-povodnich/>
- [9] Povodeň [online]. [cit. 2020-08-15] Dostupné z https://www.gyamberoun.cz/uploads/web_files/dud/dud2013/duskovahendrychova/.
- [10] DRBAL, K. a kol. Metodika stanovování povodňových rizik a škod v záplavovém území. Brno: Ministerstvo životního prostředí, 2008.
- [11] Zákon 254/2001 Sb. *Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)*.
- [12] Hlásná a předpovědní povodňová služba [online] [cit. 2020-09-12] Dostupné z http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/verejnost_povodnov_a_ochrana.html.
- [13] ČESKÁ POJIŠŤOVNA A.S. Pojištění majetku a osob. Pojištění DOMOVA: 9837 9/2012 MHA. 2005. Všeobecné pojistné podmínky. [online] [cit. 2020-08-27] Dostupné z: <http://www.ceskapojistovna.cz/p?pojisteni-domu>
- [14] Česká asociace pojišťoven, Únor měsíc pojištění 2014 – Jak se pojišťuje proti živlům? Průzkum veřejnosti, tisková konference 2014 [online] [cit. 2020-09-12] Dostupné z <https://slideplayer.cz/slide/2697875/>
- [15] Katastrofální povodeň v České republice v srpnu 2002 [online] [cit. 2020-08-27] Dostupné z

[https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/B6D9A32B97767AC7C1256FC5003B9AFF/\\$file/POVODNOVA%20PUBLIKACE.PDF](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/B6D9A32B97767AC7C1256FC5003B9AFF/$file/POVODNOVA%20PUBLIKACE.PDF).

- [16] Povodně 1997: nejtragičtější v Česku ve 20. století, zahynulo 50 lidí [online] [cit. 2020-08-29] https://www.lidovky.cz/domov/cervencove-zaplavy-v-roce-1997-byly-nejtragictejsi-ve-20-stoleti.A170704_141508_In_domov_ele.
- [17] ČAMROVÁ, L.; JÍLKOVÁ, J. a kol. *Povodně jako průřezový problém státní politiky*. Institut pro ekonomickou a ekologickou politiku (IEEP) Fakulty národohospodářské, Vysoká škola ekonomická v Praze, IREAS 2004, ISBN 80-86684-09-1.
- [18] *Flood data from 500 years: Rivers and climate change in Europe*. Vienna University of Technology 2020.
- [19] HATTERMANN, F., F. Modeling flood damages under climate change – a case study for Germany. *Natural Hazards and Earth System Sciences* vol 12 (2014), pages 1142-1146.
- [20] JONGMANN, B.; KOKS, E. E.; HUSBY, T. G.; WARD, P. J. Increasing flood exposure in the Netherlands: Implications for risk financing. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. Vol. 5 (2014), pages 1245-1255.
- [21] CHAOCHAO, L.; CHENG, X.; LI, N.; LIANG, Z.; WANG, Y.; HAN, S. A Three-Parameter S-Shaped Function of Flood Return Period and Damage. *Hindawi Publishing Corporation, Advances in Meteorology*. Vol. 2016, Article ID 6583906.
- [22] JIANG, Y.; XU, L.; WANG, H.; WANG, H. Influencing factors for predicting financial performance based on genetic algorithms. *Systems research and behavioral science* vol. 26 (2009), pages 661-673.
- [23] TINGSANCHALI, T.; KARIM, F. Flood-hazard assessment and risk-based zoning of a tropical flood plain: case study of the Yom River, Thailand. *Hydrological Science Journal* vol. 55 (2010), pages 145-161.
- [24] RUŽIĆ, I.; MAROVIĆ, I.; BENAC, Č.; ILIĆ, S. Coastal cliff geometry derived from structure-from-motion photogrammetry at Stra Baška, Krk, Island, Croatia. *Geomarine Letters*. Vol 34 (2014), pages 555-565.
- [25] Česká asociace pojišťoven – povodňové mapy [online] [cit. 2020-08-29] Dostupné z <http://www.cap.cz/kalkulacky-a-aplikace/povodnove-mapy>.
- [26] Ministerstvo životního prostředí – Povodňové mapy a stanovené záplavové území [online] [cit. 2020-09-15] Dostupné z https://www.mzp.cz/cz/povodnove_mapy_stanovene_zaplavove_uzemi
- [27] GIS portal [online] [cit. 2020-09-15] Dostupné z <https://gisportal.cz/povodnove-mapy-na-webu-cap/>
- [28] Směrnice Evropského parlamentu a rady 2007/60/ES, o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik. Praha., říjen 2007.
- [29] SPILKA, T. Revitalizace toků – Loděnice. *Seminární práce*. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební 2017.

- [30] Ministerstvo životního prostředí – aktualizované mapy povodňového nebezpečí a povodňových rizik [online] [cit. 2020-09-15] Dostupné z Mapa | CDS 2 (mzp.cz).
- [31] KORYTÁROVÁ, J.; HROMÁDKA, V. Protipovodňová ochrana osídlených území a jejich efektivnost. *Nehnuťelnosti a Bývanie* ISSN 1336-944X, 2009.
- [32] Česká asociace pojišťoven – Protipovodňová ochrana a povodně [online] [cit. 2020-09-12] Dostupné z <http://www.cs-povodne.eu/Protipovodnova-ochrana-a-povodne/Protipovodnova-opatreni>.
- [33] ŠARMANOVÁ, A. Způsoby vyhodnocování povodňových a souvisejících infrastrukturních rizik. *Říční inženýrství a morfologie*. Ústav územního rozvoje, 2009.
- [34] ČAMROVÁ, L.; JÍLKOVÁ, J. a kol. *Povodňové škody a nástroje k jejich snížení*. Institut pro ekonomickou a ekologickou politiku (IEEP) Fakulty národohospodářské, Vysoká škola ekonomická v Praze, Praha 2006, ISBN 80-86684-35-0.
- [35] Národní památkový ústav - [online] [cit. 2020-09-03] Dostupné z <http://ftp.npu.cz/pro-odborniky/narodni-pamatkovy-ustav/tiskove-zpravy/news/12437-povodnove-skody-na-pamatkovem-fondu-cr-a-pamatkovych-objektech-ve-sprave-npu/>.
- [36] KREIBICH, R.; Was ist zu tun, um zukunftsfähig zu bleiben - Zukunft durch Nachhaltige Entwicklung *Vortrag anlässlich des 50-jährige Jubiläums der BAKA - Bundesverband Altbau erneuerung E.V.* (2019), Jubiläumsband.
- [37] KELMAN, I.; SPENCE, R. An overview of flood actions on buildings. *Engineering Geology* vol. 73 (2004), pages 297-309.
- [38] Povodně: První oběť, stržený dům, zatopené silnice [online] [cit. 2020-08-15] Dostupné z POVODNĚ: První oběť, stržený dům, zatopené silnice | POŽÁRY.cz - ohnisko žhavých zpráv | hasiči aktuálně (pozary.cz).
- [39] KORYTÁROVÁ, J.; HROMÁDKA, V. Assessment of the flood damages on the real estate property in the Czech Republic area. *Agricultural Economics (AGRICECON)*, 2010, vol. 56, no. 7, pages 317-324. ISSN: 0139-570X.
- [40] GJUNSBURGS, B.; PAŘÍLKOVÁ, J. Unsteady Flow and River Bed Stratification Mutual Impact on Scour at the Abutments. *International Journal for Engineering Modelling*, 2020, vol. 33, pages 49-57. ISSN: 1849-8671.
- [41] KORYTÁROVÁ, J. Povodně a nemovitý majetek v území. *Práce a studie*, Vysoké učení technické v Brně, Ústav stavební ekonomiky a řízení, Akademické nakladatelství CERM, 2007, ISBN 8072045733, počet stran 181.
- [42] HAMMOND, M., J.; CHEN, A., S.; DJORDJEVIĆ, S.; BUTLER, D.; MARK, O. Urban flood impact assessment: A state-of-the-art review. *Urban Water Journal* vol. 12 (2013), pages 14-29.
- [43] HUIZINGA, J.; MOEL, H.; SZECZYK, W. Global flood depth-damage functions. *Methodology and the database with guidelines*. JRC Technical reports, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017, ISBN 978-92-79-67781-6, ISSN 1831-9424.

- [44] DIAS, P.; ARAMBEPOLA, N., M.N, S., I.; WEERASINGHE, K.; WEERASINGHE, K., D, N.; WAGENAAR, D.; BOWER, L., M.; GEHRELS, H. Development of damage functions for flood risk assessment in the city of Colombo (Sri Lanka). *Procedia Engineering* vol. 212 (2018), pages 332-339.
- [45] OLESSEN, L.; LÖWE, R.; ARNBJERG-NIELSEN, K. Flood Damage Assessment. *Literature review and recommended procedure*. ISBN 978-1-921912-39-9.
- [46] JETHMALANI, R. C. H.; SIMON, S.P.; SUNDARESWARAN, K.; SRINIVASA R.; NAYAK, P.; PADHY, N.P. Real coded genetic algorithm based transmission system loss estimation in dynamic economic dispatch problem. *Alex. Eng. J.* 2018,57, 3535–3547.
- [47] WANG, Z.; GU, C.; ZHANG, Z. Evaluation method of loss-of-life caused by dam breach based on GIS and neural networks optimized by genetic algorithms. *Wuhan Daxue Xuebao (Xinxi Kexue Ban)/Geomat. Inf. Sci. Wuhan Univ.* 2010,35, 64–68.
- [48] AFSHAR, A.; RASEKH, A.; AFSHAR, M.H. Risk-based optimization of large flood-diversion systems using genetic algorithms. *Eng. Optim.* 2009,41, 259–273.
- [49] LI, J.; LIAO, B.; HUANG, M. Structural damage identification via modal data based on genetic algorithm. Presented at the 2010 International Conference on Computational Intelligence and Software Engineering, Wuhan, China, 10–12 December 2010.
- [50] KHEIRI, F. A review on optimization methods applied in energy-efficient building geometry and envelope design. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* vol. 92 (2018), pages 897-920.
- [51] MORA, T., D.; RIGHI, A.; PERON, F.; ROMAGNONI, P. Cost-Optimal measures for renovation of existing school buildings towards nZEB. *Energy Procedia* vol. 140 (2017), pages 288-302.
- [52] HUMMEL, M.; BÜCHELE, R.; AUCHUBGER, E.; KRANZL, L.; TOLEIKYTE, A.; FORTHUBER, S. Cost curves for heat savings in buildings. *Energy Economics Group, TU Wien* 2018, Austria.
- [53] BELNIAK, S.; LEŚNIAK, A.; PLEBANKIEWICZ, E.; ZIMA, K. The influence of the building shape on the costs of its construction. *Journal of financial Management of Property and Construction* vol. 18 (2013), pages 90-102.
- [54] Genetický algoritmus [online] [cit. 2020-10-12] Dostupné z <http://vocho.eu/geneticky-algoritmus/>.
- [55] OBITKO, M. Genetický algorithm [online] [cit. 2020-10-15] Dostupné z <http://cs.felk.cvut.cz/~xobitko/ga/main.html>.
- [56] PILÁT, M. Jednoduchý genetický algoritmus [online] [cit. 2020-10-15] Dostupné z <https://martinpilat.com/cs/evolucni-algoritmy/jednoduchy-geneticky-algoritmus>.
- [57] Metoda nejmenších čtverců - [online] [cit. 2020-09-23] Dostupné z Metoda nejmenších čtverců (algoritmy.net).

- [58] Matykání: regrese a korelace – to se nasmějeme- [online] [cit. 2020-09-23]
Dostupné z Matykání: regrese a korelace - to se nasmějeme - Blog iDNES.cz.
- [59] Metodické vysvětlivky - Český statistický úřad – Metodický úvod k základním ukazatelům konjunkturální statistiky průmyslu [online] [cit. 2020-08-30] Dostupné z Metodické vysvětlivky | ČSÚ (czso.cz).
- [60] TUSCHER, M.; HANÁK, T. Issues of Assessment of Flood Losses from the Perspective of Insurance Surancecompany by Using Loss Indicator. *In Juniorstav 2014*. Brno: VUT v Brně, FAST, 2014. s. 1-5. ISBN: 978-80-214-4851- 3.
- [61] TUSCHER, M.; HANÁK, T. Assessing Floo Losses From the Perspective of Insurance Companies Using Loss Indicator. *In PBE PhD FORUM 2014*. Brno: VUT v Brně, FAST. EKŘ, 2014. s. 214-220. ISBN: 978-80-214-5050- 9.
- [62] TUSCHER, M.; HANÁK, T. Modelling Flood Losses to Buildings: a Research Design. *In Scientific Conference INDIS 2015: Planning, Design, Construction and Building Renewal*. Novi Sad, Srbsko: Department of Civil Engineering and Geodesy - Faculty of Technical Sciences, 2015. s. 426-434. ISBN: 978-86-7892-750- 8.
- [63] TUSCHER, M.; HANÁK, T. Modelling Flood Losses to Buildings: Relationship between Room Dimensions and Depth of Flooding. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2015*, vol. 96, no. 1, pages 1-6. ISSN: 1757-8981.
- [64] TUSCHER, M.; HANÁK, T. Evaluation of Flood Losses to Buildings: Effect of Room Dimensions. *Periodica Polytechnica, Social and Management Sciences, 2016*, vol. 24, no. 1, pages 60-64. ISSN: 1416-3837.
- [65] TUSCHER, M.; PŘIBYL, O.; HANÁK, T. Theoretical model for refining flood economic loss modelling on buildings. *In INTERNATIONAL CONFERENCE OF NUMERICAL ANALYSIS AND APPLIED MATHEMATICS (ICNAAM 2017)*. Greece: American Institute of Physics, 2018, pages 1-4. ISBN: 978-0-7354-1690-1.
- [66] TUSCHER, M.; PŘIBYL, O.; HANÁK, T. Influence of Material Composition of Structures on the Accuracy of Flood Loss Evaluation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019*, vol. 2019, no. 222, pages 1-6. ISSN: 1755-1307.
- [67] HANÁK, T.; TUSCHER, M.; PŘIBYL, O. Hybrid Genetic Algorithm-Based Approach for Estimating Flood Losses on Structures of Buildings. *Sustainability, 2020*, vol. 12, no. 7, pages 1-16. ISSN: 2071-1050.
- [68] ÚRS Praha. Kalkulační a rozpočtovací program KROS plus.

8 OSTATNÍ SEZNAMY

Použité zkratky:

ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
ČSÚ	Český statistický úřad
KROS	Program pro oceňování a řízení stavební výroby firmy ÚRS Praha, a.s.
MS	Microsoft
PM	Poměr stran
RG	Room Group, velikostní skupina místností
RTS	Program pro oceňování a řízení stavební výroby firmy RTS, a.s.
THP	Tuscher-Hanák-Příbyl algoritmus
ÚRS	Cenová databáze SW KROS
VOLM index	Volume block compactness index
VS	Variantní řešení

Seznam vzorců:

- (1) Míra rizika výskytu nežádoucího jevu
- (2) Výpočet dílčí škody
- (4) Poměr stran místnosti
- (5) Obecná rovnice škodní křivky
- (6) Základní model rovnice škodní křivky

Seznam tabulek:

Tabulka 1: Porovnání následků katastrofálních povodní v letech 1997 a 2002.

Tabulka 2: Simulace výsledků povodňových škod.

Tabulka 3: Úroveň detailu systému zón.

Tabulka 4: Členění škod

Tabulka 5: Rozsah škod na stavebních objektech při povodních v roce 2010..

- Tabulka 6: Indexy VOLM pro jednotlivé tvarové charakteristiky budov.
- Tabulka 7: Nejčastěji se vyskytující práce a materiály.
- Tabulka 8: Databáze zasažených podlahových ploch a vzniklých škod na 12 rodinných domech.
- Tabulka 9: Poměrové zastoupení dílčích škod ke škodám celkovým.
- Tabulka 10: Škodní ukazatel – průměrná výše škody dle intervalu hloubky zatopení.
- Tabulka 11: Porovnání stanovení škod rozpočtem a ukazatelem.
- Tabulka 12: Škodní ukazatel pro kategorii A1 – průměrná výše škody dle intervalu hloubky zatopení.
- Tabulka 13: Vyhodnocení analýzy pro modelové objekty kategorie A1.
- Tabulka 14: Škodní ukazatel pro kategorii A1 do 100 m² – průměrná výše škody dle intervalu hloubky zatopení.
- Tabulka 15: Škodní ukazatel pro kategorii A1 nad 100 m² – průměrná výše škody dle intervalu hloubky zatopení.
- Tabulka 16: Vyhodnocení analýzy pro modelové objekty kategorie A1 (rozdělení dle plochy)
- Tabulka 17: Modelové skupiny místností a varianty poměrů stran.
- Tabulka 18: Vyhodnocení analýzy modelové skupiny místností.
- Tabulka 19: Rozdělení poměrů – příklad RG1.
- Tabulka 20: Charakteristika zkoumaného vzorku místností a PM
- Tabulka 21: Rozdíl jednotkových škod na m² pro různé poměry stran a velikostní skupiny pro hloubku 1,00 m.
- Tabulka 22: Srovnání přesnosti výstupů starého a nového modelu.
- Tabulka 23: Použité položky pro varianty VS1, VS2 a VS3 s povrchovou úpravou stěn PV1.
- Tabulka 24: Výsledná analýza chybovosti pro jednotlivé varianty materiálu.
- Tabulka 25: Podrobný popis objektu.
- Tabulka 26: Porovnání výše škod [Kč] určených rozšířeným THP algoritmem a položkovým rozpočtem.

Seznam obrázků:

Obrázek 1: Bleskové povodně (vlevo) a říční povodně (vpravo).

Obrázek 2: Matice povodňového rizika.

Obrázek 3: SPA (stupně povodňové aktivity).

Obrázek 4: Historický přehled škod ve světě způsobených různými živly.

Obrázek 5: Škody způsobené povodněmi v srpnu 2002 (mld. EUR).

Obrázek 6: Mapy povodňového nebezpečí, ohrožení a povodňových rizik. [30]

Obrázek 7: Dům stržený povodní v Moravskoslezském kraji. [38]

Obrázek 8: Proces určení výše škody pomocí škodní křivky či koeficientu. Zdroj: Vlastní zpracování dle [33]

Obrázek 9: Křivky poškození pro zástupce majetku rodinného domu, souvislá řadová zástavba [39]

Obrázek 10: Zdroje financování povodňových škod.

Obrázek 11: Škodní křivky – funkce výše škody a hloubky zatopení.

Obrázek 12: Výše škody v EUR/m² dle hloubky zatopení pro rezidenční budovy dle regionu - Afrika.

Obrázek 13: Škodní křivky – index škody v závislosti na hloubce zatopení.

Obrázek 14: Škodní křivky na objektech a jejich vybavení dle hloubky zatopení.

Obrázek 15: Křivky mezních nákladů na úsporu energie (MESC). [52]

Obrázek 16: Členění budov pro VOLM index dle tvaru a rozměrů. [53] Vysvětlivky: a – délka budovy, b – šířka budovy, h – výška budovy, Shape 1-5 = tvar.

Obrázek 17: Ilustrace operátoru křížení.

Obrázek 18: Ilustrace operátoru mutace.

Obrázek 19: Ukázka aproximace využitím metody nejmenších čtverců. [58]

Obrázek 20: Závislost hloubky vody a výše škody v Kč/m² na rodinných domech. Zdroj: vlastní zpracování.

Obrázek 21: Vykreslení dílčí škody R a ŠU pro kategorii objektů do 100,00 m² podlahové plochy. Zdroj: Vlastní zpracování.

Obrázek 22: Vykreslení dílčí škody R a ŠU pro kategorii objektů nad 100,00 m² podlahové plochy. Zdroj: Vlastní zpracování.

Obrázek 23: Škodní křivky pro PM = 0,1. Zdroj: Vlastní zpracování.

Obrázek 24: Škodní křivky pro PM = 1,0. Zdroj: Vlastní zpracování.

Obrázek 25: Porovnání škodních křivek pro RG1 a RG14 při $PM = 1,0$ a $PM = 0,1$. Zdroj: Vlastní zpracování.

Obrázek 26: Průběh výše jednotkové škody v návaznosti na poměr stran místnosti (hloubka zatopení 1,00 m). Zdroj: vlastní zpracování.

Obrázek 27: Průběh výše jednotkové škody [Kč] v návaznosti na poměr stran místnosti a ploše místnosti [m^2] (hloubka zatopení 1,00 m). Zdroj: vlastní zpracování.

Obrázek 28: Schéma podlahového souvrství varianty VS1, VS2 a VS3. Zdroj: vlastní zpracování.

Obrázek 29: Přesné vymezení relativních chyb pro varianty VS1, VS2 a VS3. Zdroj: vlastní zpracování.

Obrázek 31: Půdorysy budov: a) budova použitá ve variantě A, b) budova použitá ve variantě B, c) budova použitá ve variantě C. Zdroj: vlastní zpracování.

Obrázek 32: Základní schéma výpočtové tabulky. Zdroj: vlastní zpracování.

Obrázek 33: Tabulka parametrů THP algoritmu. Zdroj: vlastní zpracování.

Obrázek 34: Tabulka kalkulace výplně otvorů. Zdroj: vlastní zpracování.

Obrázek 35: Tabulka kalkulace souvrství omítek. Zdroj: vlastní zpracování.

Obrázek 36: Postup vyplnění výpočtové tabulky – výměry místnosti a hloubka vody. Zdroj: vlastní zpracování.

Obrázek 37: Postup vyplnění výpočtové tabulky – dveře. Zdroj: vlastní zpracování.

Obrázek 38: Postup vyplnění výpočtové tabulky – dveře. Zdroj: vlastní zpracování.

Obrázek 39: Postup vyplnění výpočtové tabulky – okna. Zdroj: vlastní zpracování.

Obrázek 40: Postup vyplnění výpočtové tabulky – podlahy. Zdroj: vlastní zpracování.

Obrázek 41: Postup vyplnění výpočtové tabulky – omítky. Zdroj: vlastní zpracování.

Obrázek 42: Výsledný výpočet škody na uvažované místnosti v nástroji MS Excel pomocí THP algoritmu. Zdroj: vlastní zpracování.

Obrázek 44: Schéma postupu zkoumané metodiky.

9 SEZNAM VLASTNÍ PUBLIKAČNÍ ČINOSTI

HANÁK, T.; TUSCHER, M.; PŘIBYL, O. Hybrid Genetic Algorithm-Based Approach for Estimating Flood Losses on Structures of Buildings. *Sustainability*, 2020, roč. 12, č. 7, s. 1-16. ISSN: 2071-1050.

TUSCHER, M.; PŘIBYL, O.; HANÁK, T. Influence of Material Composition of Structures on the Accuracy of Flood Loss Evaluation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, roč. 2019, č. 222, s. 1-6. ISSN: 1755-1307.

TUSCHER, M.; PŘIBYL, O.; HANÁK, T. Theoretical model for refining flood economic loss modelling on buildings. In *INTERNATIONAL CONFERENCE OF NUMERICAL ANALYSIS AND APPLIED MATHEMATICS (ICNAAM 2017)*. Řecko: American Institute of Physics, 2018. s. 1-4. ISBN: 978-0-7354-1690-1.

TUSCHER, M.; HANÁK, T. Evaluation of Flood Losses to Buildings: Effect of Room Dimensions. *Periodica Polytechnica, Social and Management Sciences*, 2016, roč. 24, č. 1, s. 60-64. ISSN: 1416-3837.

TUSCHER, M.; HANÁK, T. Modelling Flood Losses to Buildings: Relationship between Room Dimensions and Depth of Flooding. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2015, roč. 96, č. 1, s. 1-6. ISSN: 1757-8981.

TUSCHER, M.; HANÁK, T. MODELOVÁNÍ ŠKODNÍCH KŘIVEK PRO OCEŇOVÁNÍ POVODŇOVÝCH ŠKOD. In *Juniorstav 2015*. Brno: VUT v Brně, FAST, 2015. s. 1-5. ISBN: 978-80-214-5091- 2.

TUSCHER, M.; HANÁK, T. Modelling Flood Losses to Buildings: a Research Design. In *Scientific Conference INDIS 2015: Planning, Design, Construction and Building Renewal*. Novi Sad, Srbsko: Department of Civil Engineering and Geodesy - Faculty of Technical Sciences, 2015. s. 426-434. ISBN: 978-86-7892-750- 8.

TUSCHER, M.; HANÁK, T. ASSESSING FLOOD LOSSES FROM THE PERSPECTIVE OF INSURANCE COMPANIES USING LOSS INDICATOR. In *PBE PhD FORUM 2014*. Brno: VUT v Brně, FAST. EKŘ, 2014. s. 214-220. ISBN: 978-80-214-5050- 9.

TUSCHER, M.; HANÁK, T. ISSUES OF ASSESSMEN OF FLOOD LOSSES FROM THE PERSPECTIVE OF INSURANCECOMPANY BY USING LOSS INDICATOR. In *Juniorstav 2014*. Brno: VUT v Brně, FAST, 2014. s. 1-5. ISBN: 978-80-214-4851- 3.

10 PŘÍLOHY

Příloha 1 – Modelová řada objektu BUN-01 – viz kapitola 5.3

Příloha 2 – Položkový rozpočet – varianta laminátová podlaha – viz kapitola 5.4.2