

doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur  
ČVUT v Praze, Fakulta stavební  
Katedra hydrotechniky  
Thákurova 7  
166 29 Praha 6

---

### **Oponentní posudek dizertační práce**

Zpracovatel dizertační práce: Ing. Zakaraya Alhasan

Název dizertační práce: Pravděpodobnostní řešení porušení ochranné hráze v důsledku přelítí  
The Probabilistic Solution of Dike Breaching Due to Overtopping

Školitel: prof. Ing. Jaromír Říha, CSc.

Oponent: doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur

Cílem disertační práce Ing. Zakaraya Alhasana je pravděpodobnostní analýza spolehlivosti ochranných protipovodňových hrází. V úvodu dizertant uvádí výčet všech možných příčin poruch ochranných hrází, ze kterých pro svou analýzu vybírá přelítí koruny s následným protržením hráze. Úloha je řešena stochasticky s ohledem na pravděpodobnostní charakter veličin, které vznik porušení ochranné hráze ovlivňují. Pro pravděpodobnostní hodnocení spolehlivosti ochranné hráze je využita metoda Monte-Carlo, kdy generování náhodných vektorů vstupních veličin je realizováno pomocí metody Latin Hypercube Sampling (LHS).

#### **Aktuálnost tématu dizertační práce**

Problematika spolehlivého návrhu ochranných hrází je v současnosti v souvislosti se zvýšenou frekvencí hydrologicky extrémních situací velmi aktuální. Svědčí o tom zvýšená pozornost, která je problematice věnována na úrovni výzkumu, provozu a státní správy.

#### **Splnění cílů dizertační práce**

Základním cílem dizertační práce je hodnocení spolehlivosti zemních ochranných hrází s ohledem na riziko jejich porušení při přelítí koruny. Hodnocení spolehlivosti hráze je realizováno pomocí kvantifikace pravděpodobností předem definovaných stavů v rámci analýzy stromu událostí. Aktivace daných událostí je vyhodnocována pro jednotlivé simulované případy pomocí jednoduchých deterministických modelů, které popisují (i) mechanismus přelítí hráze při překročení kapacity koryta vodního toku, (ii) mechanismus vzniku erozních procesů na vzdušném líci hráze, (iii) mechanismus protržení hráze.

Hodnocení spolehlivosti bylo v souladu se zadáním řešeno pravděpodobnostním přístupem s využitím simulací Monte-Carlo, která je zefektivněna generováním náhodných vzorků vstupních veličin metodou Latin Hypercube Sampling (LHS). Lze tedy konstatovat, že cíl disertační práce byl splněn.

#### **Postupy řešení a výsledky dizertace s uvedením konkrétního přínosu doktoranda**

Zpracování disertační práce předpokládá využití metodických postupů z několika odborných oblastí. Zejména se jedná o postupy z oblasti říční hydrauliky, stochastické hydrologie a mechaniky zemin. V práci je využit původní výzkum školícího pracoviště v souvislosti s hodnocením příčin a průběhu erozních procesů ochranných hrází a jejich protržení. Tyto

postupy dizertant převzal a pomocí jednoduchých matematických modelů je zakomponoval do stochastického simulačního modelu, který umožňuje kvantifikovat pravděpodobnosti jednotlivých větví stromu událostí včetně procesu protržení hráze přelitím.

Za konkrétní přínos doktoranda lze označit využití metody Monte Carlo pro hodnocení spolehlivosti zemních ochranných hrází.

### **Význam pro praxi nebo rozvoj vědního oboru**

Význam výzkumu pro praxi a rozvoj vědního oboru spatřuji zejména v metodické rovině řešení spolehlivosti konstrukcí ochranných hrází pravděpodobnostním přístupem a v praktické rovině přináší zajímavé výsledky kvantifikace spolehlivosti ochranných hrází v závislosti na typu použitého opevnění hráze.

### **Formální úprava dizertační práce a její jazyková úroveň**

Formální a grafická úprava dizertační práce je na dobré úrovni. Práce je napsána v anglickém jazyce, působí přehledně a je logicky členěna.

### **Otázky a připomínky**

1. Pro generování náhodných vektorů vstupních veličin s využitím metody Latin Hypercube Sampling (LHS) je důležité, aby jednotlivé veličiny byly nezávislé. Zde to ale pravděpodobně neplatí, neboť lze očekávat určitou míru závislosti mezi kulminačním průtokem povodně ( $Q_{max}$ ) a dobou vzestupné větve ( $t_k$ ) a dobou kulminace ( $t_d$ ). Chybí zde důkaz o nezávislosti vstupních veličin. Jak by se postupovalo při detekci statisticky významných vazeb mezi vstupy?
2. Pro generování kulminačního průtoku povodně ( $Q_{max}$ ) je využito rozdělení této veličiny do 50 intervalů distribuční funkce se stejnou pravděpodobností. Při generování je každý interval reprezentován pouze střední hodnotou. Při této úvaze je délka intervalu distribuční funkce rovna 0,02 a poslední interval je tedy (0,98; 1) se střední hodnotou 0,99. Z této úvahy a přiloženého výpisu algoritmu v jazyce Matlab potom vyplývá, že model neumožní generovat větší průtok než cca  $Q_{100}$ . Tato okolnost podle mého názoru mohla zkreslit výsledné hodnoty spolehlivosti.
3. Jak dlouhý výpočetní čas byl zapotřebí pro simulaci úlohy s celkem  $5 \cdot 10^6$  iteracemi? Jak dlouhý byl výpočetní časový interval  $\Delta t$  při simulaci jednotlivých povodní? Obecně platí, že smyslem metody Latin Hypercube Sampling (LHS) je efektivní generování vzorů více vstupních veličin pro hodnocení pravděpodobnostních vlastností výstupní veličiny pomocí metody Monte-Carlo. Princip metody LHS je správně uveden v kapitole 9.4, ale v této podobě není následně využit. Pro generování vektorů vstupních veličin jsou využity všechny možné kombinace v síti tvořené rovnoměrně zvolenými intervaly na distribučních funkcích vstupů. Proto jich je  $5 \cdot 10^6$ . Základní princip metody LHS spočívá v urychlení konvergence algoritmu, kdy rozptyl výstupní veličiny klesá významně rychleji a uspokojivých hodnot je dosaženo po výrazně menším počtu iterací než při náhodném generování vstupů (klasické Monte Carlo).
4. Na výslednou hodnotu spolehlivosti ochranné hráze má vliv velké množství faktorů, mezi které se řadí použité deterministické modely pro popis jednotlivých fází porušení a volba typů rozdělení pravděpodobnosti vstupních veličin, které nemusejí být navíc nezávislé. Z uvedeného důvodu se domnívám, že ještě více než absolutní hodnoty získaných spolehlivostí mají význam jejich relativní rozdíly mezi různými typy testovaných opevnění ochranných hrází.

## **Závěrečné zhodnocení**

Závěrem je možné konstatovat, že předložená disertační práce je zpracována na aktuální téma a přináší původní výsledky. Přínos pro rozvoj oboru lze konstatovat a doktorand prokázal schopnost orientace v uvedené problematice.

Dizertační práce splňuje požadavky kladené na doktorské dizertační práce podle zákona o vysokých školách. Dizertační práce prokazuje schopnosti doktoranda k samostatné vědecké práci a obsahuje poznatky, které byly publikovány.

Doporučuji dizertační práci přijmout k obhajobě.

V Praze, dne 10. ledna 2017



doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur