

MASARYKOVA UNIVERZITA  
FAKULTA INFORMATIKY



# **Moderní nástroje pro měření výkonu v praxi**

BAKALÁRSKA PRÁCA

**Tomáš Borčín**

Brno, jeseň 2014

## **Prehlásenie**

Prehlasujem, že táto bakalárska práca je mojím pôvodným autorským dielom, ktoré som vypracoval samostatne. Všetky zdroje, pramene a literatúru, ktoré som pri vypracovaní používal alebo z nich čerpal, v práci riadne citujem s uvedením úplného odkazu na príslušný zdroj.

**Vedúci práce:** Mgr. Marek Grác, Ph.D.

## **Pod'akovanie**

Rád by som sa poďakoval Mgr. Marekovi Grácovi, Ph.D. za vedenie a rady poskytnuté pri písaní tejto práce. Veľká vďaka patrí aj Mgr. Martinovi Večeřovi a Ing. Pavlovi Macíkovi. V neposlednej rade ďakujem mojej rodine, hlavne mojim rodičom, Emílii a Ladislavovi za ich podporu pri štúdiu.

## Zhrnutie

Cílem práce je nastudovat a popsat moderní nástroje na testování výkonu aplikací a velmi detailně porovnat jejich vlastnosti (tj. funkcionalita, použitelnost, podpora v IDE, možnosti nastavení, generování reportů atd.). Student napíše jednoduchou aplikaci, která bude odpovídat na dotazy za použití několika protokolů (především WS, JMS, REST, HTTP), kterou nasadí na JBoss AS 7. Poté navrhne několik testovacích scénářů pro všechny nástroje a spustí měření vyvinuté aplikace. Každé měření musí být provedeno několikrát a bude sledována spolehlivost výsledků. Student by se měl pokusit odhalit příčinu případných rozptýlů ve výsledcích. Dále by měla být změřena teoretická propustnost samotného nástroje.

Nástroje pro porovnání:

- Apache jMeter - [jmeter.apache.org](http://jmeter.apache.org)
- PerfCake - [perfcake.org](http://perfcake.org)
- Faban - [faban.org](http://faban.org)
- Gatling - [gatling-tool.org](http://gatling-tool.org)

## **Kľúčové slová**

performance testy, testovanie, porovnanie nástrojov, Apache JMeter, PerfCake, Faban, Gatling

# Obsah

1	Úvod	1
2	Testy výkonu	2
2.1	Základné testy	2
2.2	Závažové testy	2
2.3	Stresové testy	2
2.4	Testy vytrvalosti	3
2.5	Testy špičky	3
2.6	Konfiguračné testy	3
2.7	Izolačné testy	3
3	Metodika porovnávania nástrojov	4
4	Nástroje	5
4.1	Apache JMeter	5
4.1.1	Inštalácia	5
4.1.2	Používanie	5
4.1.3	Dokumentácia	5
4.1.4	Použiteľnosť vo vývojovom prostredí	6
4.1.5	Generovanie reportov	7
4.2	Faban	8
4.2.1	Inštalácia	8
4.2.2	Používanie	8
4.2.3	Dokumentácia	8
4.2.4	Použiteľnosť vo vývojovom prostredí	9
4.2.5	Generovanie reportov	9
4.3	Gatling	10
4.3.1	Inštalácia	10
4.3.2	Používanie	10
4.3.3	Dokumentácia	10
4.3.4	Použiteľnosť vo vývojovom prostredí	10
4.3.5	Generovanie reportov	11
4.4	Perfcake	12
4.4.1	Inštalácia	12
4.4.2	Používanie	12
4.4.3	Dokumentácia	12
4.4.4	Použiteľnosť vo vývojovom prostredí	12
4.4.5	Generovanie reportov	13

<b>5</b>	<b>Testy</b>	14
5.1	<i>Testovaná aplikácia</i>	14
5.2	<i>Testovacie prostredie</i>	15
5.3	<i>Testy</i>	16
5.4	<i>Automatizácia testov</i>	18
5.4.1	Klient	18
5.4.2	Server	20
5.5	<i>Problémy pri vytváraní testov a testovaní</i>	20
5.5.1	Faban	20
5.5.2	Gatling	21
5.6	<i>Výsledky testov</i>	21
5.6.1	Základný test s jedným klientom	21
5.6.2	Testy s rastúcim počtom klientov	24
5.6.3	Testy s rastúcou veľkosťou správ	39
5.6.4	Základný JMS test so 100 klientmi	54
5.6.5	Základný test so 100 klientmi	56
5.6.6	Vytrvalostný test	59
5.6.7	Test teoretickej priepustnosti nástroja	61
<b>6</b>	<b>Záver</b>	65
6.1	<i>Zhrnutie</i>	65
<b>A</b>	<b>Obsah priloženého CD</b>	70

## Zoznam obrázkov

5.1	Celkový počet vykonaných požiadaviek	22
5.2	Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií	22
5.3	Celkový počet vykonaných požiadaviek	23
5.4	Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií	24
5.5	Celkový počet vykonaných požiadaviek	25
5.6	Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií	25
5.7	Celkový počet vykonaných požiadaviek	26
5.8	Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií	27
5.9	Celkový počet vykonaných požiadaviek	28
5.10	Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií	28
5.11	Celkový počet vykonaných požiadaviek	29
5.12	Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií	30
5.13	Celkový počet vykonaných požiadaviek	31
5.14	Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií	31
5.15	Celkový počet vykonaných požiadaviek	32
5.16	Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií	33
5.17	Celkový počet vykonaných požiadaviek	34
5.18	Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií	34
5.19	Celkový počet vykonaných požiadaviek	35
5.20	Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií	36
5.21	Celkový počet vykonaných požiadaviek	37
5.22	Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií	37
5.23	Celkový počet vykonaných požiadaviek	38



5.24	Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií	39
5.25	Celkový počet vykonaných požiadaviek	40
5.26	Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií	40
5.27	Celkový počet vykonaných požiadaviek	41
5.28	Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií	42
5.29	Celkový počet vykonaných požiadaviek	43
5.30	Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií	43
5.31	Celkový počet vykonaných požiadaviek	44
5.32	Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií	45
5.33	Celkový počet vykonaných požiadaviek	46
5.34	Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií	46
5.35	Celkový počet vykonaných požiadaviek	47
5.36	Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií	48
5.37	Celkový počet vykonaných požiadaviek	49
5.38	Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií	49
5.39	Celkový počet vykonaných požiadaviek	50
5.40	Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií	51
5.41	Celkový počet vykonaných požiadaviek	52
5.42	Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií	52
5.43	Celkový počet vykonaných požiadaviek	53
5.44	Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií	54
5.45	Celkový počet vykonaných požiadaviek	55
5.46	Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií	56
5.47	Celkový počet vykonaných požiadaviek	57
5.48	Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií	57
5.49	Celkový počet vykonaných požiadaviek	58
5.50	Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií	59
5.51	Celkový počet vykonaných požiadaviek	60

5.52	Celkový počet vykonaných požiadaviek	61
5.53	Celkový počet vykonaných požiadaviek	62
5.54	Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií	62
5.55	Celkový počet vykonaných požiadaviek	63
5.56	Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií	64

## Kapitola 1

### Úvod

Obrovský rozvoj informačných technológií so sebou prináša zvyšovanie nárokov na výpočtový výkon [1]. Tento problém sa dá riešiť dvoma spôsobmi. Jednoduchým riešením je neustále zvyšovanie systémových zdrojov spolu s rastúcimi požiadavkami. Treba podotknúť, že toto riešenie je z dlhodobého hľadiska neefektívne, pretože investície do systémových zdrojov budú s ďalším vývojom a údržbou systému rásť, kým neprekročia únosnú hranicu a systém sa stane neudržateľným [2]. Prácejším, ale o to efektívnejším riešením je testovanie aplikácií a analýza ich výkonu [3]. Test výkonu aplikácie sa uskutočňuje s cieľom zistiť, ako daná aplikácia pracuje pod určitou záťažou. Taktiež môže slúžiť na vyšetrovanie, meranie, potvrdzovanie alebo overovanie ďalších vlastností systému, ako rozšíriteľnosť a efektívnosť využívania prostriedkov. Najčastejšie používanými testami výkonu sú záťažové testy, únavové testy, testy výdrže, kulminačné testy, konfiguračné testy a separačné testy [3].

Výber správneho nástroja na testovanie je často náročnou úlohou, pričom kriticky dôležitá funkcionálna závisí od rôznych faktorov. Testovací nástroj určený na občasné testovanie jednoduchej aplikácie nemusí poskytovať detailné informácie o priebehu testov, avšak jednoduchosť používania a rýchlosť prípravy testov môže byť kritická. Toto zadanie môže spĺňať aj nástroj, ktorý nepodporuje najnovšie technológie a jeho vývoj prebieha oproti iným nástrojom veľmi pomaly. Naopak tomu môže byť vo firme s desiatkami zamestnancov, ktorá vyvíja nové aplikácie s použitím najmodernejších technológií. Tím skúsených testerov denne vykonávajúci množstvo testov kladie vysoké požiadavky na automatizáciu, dobrú organizáciu a presnosť testov. Výsledky testov generované v užívateľsky čitateľnej forme môžu byť prezentované vedeniu firmy bez nutnosti ďalšej úpravy. Pravidelná aktualizácia, aktívny vývoj a poskytovaná užívateľská podpora zohráva nemenej dôležitú rolu.

Úlohou tejto práce je porovnať nástroje používané k testovaniu výkonu aplikácií v praxi a poskytnúť tak čitateľovi prehľad pri výbere nástroja. V práci sú popísané klady a zápory jednotlivých nástrojov a čitateľ si na základe svojich kritérií môže zvoliť nástroj, ktorý mu najviac vyhovuje.

## Kapitola 2

### Testy výkonu

Testovanie je dôležitou súčasťou vývoja softvéru. Existuje mnoho testov, ktoré majú za účel odhaliť rôzne typy chýb. Spoločnosti vyvíjajúce softvér si veľmi dobre uvedomujú dôležitosť testovania a preto sú testy nedeliteľnou súčasťou životného cyklu vývoja softvéru. Napriek tomu sú testy výkonu softvéru podceňované a nie je im prikladaný dostatočný dôraz [3]. Testy výkonu sa delia na základné testy, záťažové testy, stresové testy, testy vytrvalosti, testy špičky, konfiguračné testy a izolačné testy.

#### 2.1 Základné testy

Základné testy určujú čas potrebný na vykonanie jednotlivých transakcií jedným klientom. Za účelom získania čo najpresnejších údajov je nutné, aby počas vykonávania testov systém nevykonával žiadne iné aktivity. Pomocou týchto informácií je možné zistiť, v akej miere klesol výkon systému s ohľadom na záťaž systému a počet klientov pracujúcich so systémom.

#### 2.2 Záťažové testy

Najpoužívanejším a najjednoduchším testom je záťažový test. Počas tohto testu je systém vystavený stálej záťaži, pričom je monitorovaná dostupnosť služieb, priepustnosť a čas odozvy. Tento test je najvernejšou reprezentáciou reálneho používania systému. Vkládanie a čítanie dát musí byť oneskorené tak, ako je tomu pri práci užívateľa.

#### 2.3 Stresové testy

Stresové testy vystavujú aplikáciu rastúcej záťaži a tým spôsobia, že celá aplikácia alebo jej časť zlyhajú. Zlyhaním systému môže byť nedostupnosť celej aplikácie, jej služby alebo veľmi dlhý čas odozvy. Následne je možné určiť maximálnu únosnú záťaž systému. Znalosť limitu systému je dôležitá pre budúci vývoj aplikácie. Maximálna záťaž systému by mala poskytovať dostatočnú rezervu v závislosti na spôsobe používania aplikácie a množstvo klientov, ktoré ju používa.

## 2.4 Testy vytrvalosti

Testy vytrvalosti podrobujú systém stálej očakávanej záťaži, pričom sú monitorované rôzne časti systému. Vďaka tomu je možné odhaliť problémy s pamäťou, neuvoľnené zdroje a celkovú degradáciu výkonu v čase. Je potrebné zabezpečiť, aby výkon časom neklesal, ale bol rovnaký ako pri spustení, prípadne sa zvyšoval. Cieľom testu je zistiť, ako sa systém správa pri stálom používaní, tak ako tomu bude po jeho nasadení do praxe.

## 2.5 Testy špičky

Počas testu špičky dochádza k náhlemu zvýšeniu záťaže. Úlohou tohto testu je zistiť ako systém reaguje na náhle zmeny záťaže.

## 2.6 Konfiguračné testy

Konfiguračné testy pozorujú, ako zmeny konfigurácie ovplyvňujú výkon, jednotlivé komponenty a celkové správanie systému. Zmeny konfigurácie môžu systému pomôcť lepšie zvládať zmeny záťaže.

## 2.7 Izolačné testy

Izolačné testy pomáhajú odhaliť chybné komponenty opakovaným spúšťaním neúspešných testov.

## Kapitola 3

### Metodika porovnávania nástrojov

1. Inštalácia, oboznámenie sa s nástrojmi, študovanie dokumentácie, inštalácia nástrojov do vývojových prostredí IntelliJ IDEA, NetBeans Eclipse, nástroja Apache Maven a nastavovanie generovania reportov, pričom sa kladie dôraz na jednoduchosť používania nástroja.
2. Návrh a vytvorenie testov, nastavenie generovania výsledkov. Dôraz sa kladie na jednoduchosť a rýchlosť vytvorenia testovacích scenárov, ako aj prínos dokumentácie pri ich tvorbe a riešení vzniknutých problémov.
3. Vytvorenie testovacej architektúry, ktorá spúšťa a riadi priebeh testov. Tu je dôležité si všímať, nakoľko nástroje podporujú automatizáciu testov a problémy, ktoré pri jej vytváraní vznikli pri jednotlivých nástrojoch.
4. Spustenie testov. Sem patrí monitorovanie testov a sledovanie chýb, ktoré sa pri testovaní vyskytli.
5. Vyhodnotenie výsledkov. Tu je dôležité si všímať nie len výkon nástrojov, ale aj spoľahlivosť výsledkov. Veľký rozptyl vo výsledkoch znamená nie veľmi relevantné výsledky.
6. Konečné zhodnotenie nástrojov na základe hodnotiacich kritérií.

## Kapitola 4

## Nástroje

### 4.1 Apache JMeter

Apache JMeter je písaný v jazyku Java a dostupný pod open-source licenciou. Nástroj poskytuje podporu pre testovanie statických, ako aj dynamických zdrojov a podporuje širokú škálu protokolov [4]. Najnovšia verzia 2.12 je dostupná na stránke [www.jmeter.apache.org/download\\_jmeter.cgi](http://www.jmeter.apache.org/download_jmeter.cgi). Ja som používal verziu 2.11.

#### 4.1.1 Inštalácia

Keďže je Apache JMeter aplikácia písaná v jazyku Java, vyžaduje k svojmu behu systém s nainštalovaným Java behovým prostredím JRE<sup>1</sup> verzie 6 a vyššej. V operačnom systéme Ubuntu je možné Apache JMeter nainštalovať aj cez softvérové centrum alebov termináli pomocou príkazu `sudo apt-get install jmeter`. Inštalácia cez softvérové centrum alebo pomocou príkazu `sudo apt-get install jmeter` je jednoduchšia, ale obsahuje dva roky starú verziu 2.8.1.

#### 4.1.2 Používanie

Spustenie programu je možné z príkazového riadka pomocou príkazu `jmeter.bat` pre Windows a `./jmeter` pre Linux a MacOS, prípadne univerzálnym príkazom `java -jar ApacheJMeter.jar`. Otvorí sa užívateľské rozhranie, v ktorom je možné vytvárať testy a nastavovať generovanie reportov. Dokumentácia nepopisuje vytváranie testov v textovom editore tak, ako pri zvyšných nástrojoch, preto je nutné k tvorbe testov používať toto rozhranie. Spúšťanie testov v prebieha spustením príkazu `./jmeter` s prepínačom `"-n"`, ktorý zabezpečí, aby sa test spustil bez grafického rozhrania.

#### 4.1.3 Dokumentácia

Užívateľská dokumentácia je dostupná na stránke <http://jmeter.apache.org/usermanual/index.html>. Apache JMeter je pomerne robustný nástroj, čo sa odrazilo aj na rozsahu dokumentácie. Ako pozitívum hodnotím wiki stránku <http://>

---

1. Java Runtime Environment(JRE) je prostredie umožňujúce spúšťať Java aplikácie.

[wiki.apache.org/jmeter/](http://wiki.apache.org/jmeter/), ktorá obsahuje tutoriály, popisuje rozšírenia a tiež poskytuje informácie pre vývojárov. Nachádza sa tu aj tutoriál popisujúci nastavenie Apache JMetra pre používanie v Eclipse IDE. Pozitívom je aj FAQ stránka <http://wiki.apache.org/jmeter/JMeterFAQ> ponúkajúca odpovede na najčastejšie problémy, s ktorými sa môže užívateľ pri používaní Apache JMetra stretnúť. Dokumentácia je napriek svojej rozsiahlosti prehľadná a pre každý typ testu poskytuje samostatnú kapitolu popisujúcu vytvorenie testu od úplného začiatku.

#### 4.1.4 Použiteľnosť vo vývojovom prostredí

##### Eclipse

Tutoriál <http://wiki.apache.org/jmeter/JMeterAndEclipseHowTo> z wiki stránky čitateľa hneď v úvode presmeruje na stránku <http://people.apache.org/~mkostrze/jmeter-eclipse/jmeter-eclipse.html>, ktorá bola naposledy upravená 10.03.2004. Stránka odkazuje na neexistujúce zdroje a nepodarilo sa mi podľa nej nastaviť Apache JMeter tak, aby sa dal jednoducho použiť v Eclipse IDE verzii 4.4.1.

##### NetBeans

Apache JMeter doplnok je možné do NetBeans IDE nainštalovať v menu Nástroje (Tools) → Doplnky (Plugins). V okne doplnkov je potrebné vybrať panel Dostupných doplnkov (Available Plugins), vyhľadať JMeter doplnok a spustiť inštaláciu. Následne je možné do projektu pridať nový JMeter plán. Doplnok vytvorí v adresári projektu nový priečinok "jmeter", ktorý obsahuje jednoduchý návrh testu. V okne služieb vznikne nová služba Generátory záťaže (Load Generators) obsahujúca generátor JMeter, ktorému je nutné priradiť testovací plán. Testy je možné spustiť samostatne alebo automaticky pri kompilácii projektu.

##### IntelliJ IDEA

Doplnok pre IntelliJ IDEA je nutné stiahnuť zo stránky <https://plugins.jetbrains.com/plugin/7013>. V IntelliJ IDEA v menu Nastavenia (Settings) → IDE nastavenia (IDE Settings) → Doplnky (Plugins) vyberieme možnosť Nainštalovať doplnok z disku (Install plugin from disk). Po dokončení inštalácie a reštartovaní IDE je nutné nastaviť v menu Nastavenia → Nastavenia projektu (Project settings) → JMeter domovský adresár pre Apache JMeter. Následne je možné do projektu vložiť JMeter súbor a v IDE ho aj upravovať. Po spustení testovacieho súboru sa otvorí okno Apache JMeter, v ktorom je možné spustiť testy.



**Apache Maven<sup>2</sup>**

Chýbajúci doplnok pre Eclipse IDE je možné nahradiť doplnkom pre Maven. Návod je k dispozícii na wiki stránke Apache JMeter <https://wiki.apache.org/jmeter/JMeterMavenPlugin>. Po nastavení doplnku a vytvorení JMeter testovacích scenárov sa tieto testy spúšťajú automaticky pri kompilácii projektu.

**4.1.5 Generovanie reportov**

Apache JMeter poskytuje širokú škálu spôsobov, pomocou ktorých je možné monitorovať priebeh testov. Monitor zaznamenávajúci využitie procesora a pamäte RAM nie je súčasťou Apache JMeter, ale je poskytovaný zdarma ako rozšírenie. Inštalácia doplnku prebieha skopírovaním knižnice JMeterPlugins-Standard.jar do adresára lib/ext, ktorý sa nachádza v domovskom adresári nástroja. Následne je nutné nastaviť aj Apache agenta, ktorý bude na strane servera monitorovať využitie procesora a pamäte. Adresár obsahujúci agenta je nutné priložiť k serveru tak, aby bolo možné pri štarte servera spustiť aj agenta, ktorý sa štartuje spustením skriptu startAgent.sh. Agent používa na komunikáciu port číslo 4444.

---

2. Apache Maven je softvér určený na automatizáciu tvorby aplikácií.

## 4.2 Faban

Faban je napísaný v jazyku Java a jeho licencia je open-source. Skladá sa z dvoch hlavných komponent: Faban Driver Framework a Faban Harness. Driver Framework slúži na definovanie záťaže, riadenie životného cyklu a nastavenie reportovania. Faban Harness poskytuje užívateľské rozhranie k spúšťaniu a kontrolovaniu testov, generovaniu výsledkov a ukladaniu naplánovaných testov do fronty [5]. Aktuálna verzia Fabanu je 1.2 a dá sa získať na stránke projektu [www.faban.org/](http://www.faban.org/). Používam túto verziu Fabanu. Faban sa nachádza aj na GitHub-e: [www.github.com/akara/faban](http://www.github.com/akara/faban).

### 4.2.1 Inštalácia

Faban vyžaduje plnú JDK<sup>3</sup> inštaláciu verzie 1.5 a vyššej. Nutnosť inštalácie JDK hodnotím ako negatívum. Najnovšia verzia programu sa nachádza na stránke [www.faban.org/download.html](http://www.faban.org/download.html).

### 4.2.2 Používanie

Najskôr je nutné spustiť Faban Master, ktorý sa spúšťa v Linuxe pomocou príkazu *./startup.sh*, pre Windows príkazom *startup-using-launcher.bat*. Súbory sa nachádzajú v priečinku *master/bin* a je nutné ich spustiť cez príkazový riadok, pretože po spustení program vypíše adresu, na ktorej beží Faban server. Túto adresu je nutné zadať do prehliadača. Otvorí sa rozhranie, v ktorom je nutné nastaviť vytvorený ovládač definujúci základné parametre testu. Následne je možné upravovať, spúšťať, ukončovať testy a prezerať si vygenerované výsledky testov. Syntax pre spúšťanie testov z príkazového riadku je *FABAN\_HOME/bin/fabancli submit benchmark profile /configuration/run.xml*, kde *FABAN\_HOME* je adresár obsahujúci Faban, *fabancli* je skript umožňujúci interakciu s Faban Harness. Prvý argument spúšťaného skriptu definuje príkaz, ktorý sa má vykonať. V tomto prípade sa má zaregistrovať nový test. Druhý argument určuje ovládač použitý k spúšťaniu testov, nasledujúci argument určuje profil použitý k spusteniu testov a posledným argumentom je konfiguračný súbor, ktorý obsahuje základné informácie o teste, teda dĺžku testu, počet klientov a verziu Javy použitú v testoch.

### 4.2.3 Dokumentácia

Stručný tutoriál popisujúci inštaláciu a spustenie prvých testov je dostupný na stránke <http://faban.org/docs/QuickStartTutorial.html>. Návod popisujúci vytváranie záťaže je k dispozícii na stránke <http://faban.org/docs/CreatingWorkloadTutorial.html>. Ďalšie návody sú k dispozícii na stránke <http://faban.org/1.2/docs/index.html>.

---

3. Java Development Kit (JDK) je vývojová platforma pre programovací jazyk Java. Súčasťou balíka JDK sú komponenty a nástroje umožňujúce vývoj Java aplikácií a JRE umožňujúce ich spúšťanie.

#### 4.2.4 Použitelnosť vo vývojovom prostredí

Žiadne doplnky pre vývojové prostredia Eclipse, NetBeans, IntelliJ IDEA a nástroj Maven som nenašiel.

#### 4.2.5 Generovanie reportov

Vytváranie reportov a logovacích súborov prebieha automaticky. Pri štarte testu dostane každý test identifikačný reťazec, ktorý sa skladá z názvu profilu použitého pri testovaní, bodky, čísla a veľkého písmena. Číslo a písmeno slúži ako jednoznačný identifikátor testu a Faban ho generuje automaticky. Výsledky testu je možné zobrazíť v grafickom prostredí Faban Harness. V menu View Results je nutné vybrať test identifikovaný identifikačným reťazcom, čím sa zobrazí stručný report. Detailnejšie výsledky sú k dispozícii v hornom menu v záložkách Detailed Results, Run Log a Statistics. Výsledky testov sa ukladajú do adresára output, ktorý sa nachádza v adresári Fabanu. Pre každý test Faban vytvára adresár, ktorého názov je zhodný s identifikačným reťazcom testu a do tohto adresára ukladá všetky reporty a logy, ktoré patria k danému testu.

## 4.3 Gatling

Gatling je open-source, podobne ako všetky predchádzajúce nástroje. Kým predchádzajúce nástroje boli písané výhradne, alebo z veľkej časti v jazyku Java, Gatling je vyvíjaný v jazyku Scala. Gatling ako jediný nástroj nepoužíva jazyk XML<sup>4</sup> pre písanie testovacích scenárov. Scenáre sú písané v jazyku Scala. Jadro nástroja nie je závislé na konkrétnom protokole a je ľahko rozširiteľné. V súčasnosti poskytuje podporu pre HTTP a JMS protokol [6]. Stránka projektu [www.gatling-tool.org/](http://www.gatling-tool.org/) je veľmi jednoduchá a obsahuje len pár odkazov, väčšinou na GitHub stránku projektu [www.github.com/excilys/gatling](https://www.github.com/excilys/gatling).

### 4.3.1 Inštalácia

Staré verzie programu sa nachádzajú na stránke [www.github.com/excilys/gatling/wiki/Downloads](https://www.github.com/excilys/gatling/wiki/Downloads). Najnovšia stabilná verzia 2.1.2 je dostupná na stránke <http://gatling.io/download/>. Nachádza sa tu aj verzia 2.2.0-SNAPSHOT, ktorá je vo vývoji. Ja používam verziu 2.0.1. Základným predpokladom pre používanie programu Gatling je JDK verzie 6, pričom sa odporúča mať nainštalovanú najnovšiu verziu JDK.

### 4.3.2 Používanie

Program je možné spustiť v príkazovom riadku príkazom `./gatling.sh` pre Linux a príkazom `gatling.bat` pre Windows. Spúšťacie skripty sa nachádzajú v priečinku `bin`. Gatling nemá grafické rozhranie, preto testy vytváram v textovom editore podľa dokumentácie. Spúšťanie prebieha

### 4.3.3 Dokumentácia

Zoznam užívateľských manuálov je k dispozícii na stránke <http://gatling.io/docs/2.0.1/>. Nachádza sa tu stručný a prehľadný návod popisujúci inštaláciu a spustenie prvých testov, ako aj pokročilejšie tutoriály detailne popisujúce nastavenie nástroja a vytváranie testov. Dokumentácia je prehľadná, dobre sa v nej orientuje a pozitívom je aj vzhľad, ktorý je kvalitne spracovaný.

### 4.3.4 Použiteľnosť vo vývojovom prostredí

#### Eclipse, NetBeans, IntelliJ IDEA

Gatling neposkytuje podporu pomocou samostatných doplnkov pre jednotlivé vývojové prostredia. Integrácia Gatlingu je realizovaná pomocou Maven buildovacieho nástroja, ktorý tieto vývojové prostredia podporujú.

---

4. Extensible Markup Language je obecný značkovací jazyk vyvinutý a štandardizovaný konzorciom W3C.

## Maven

Dokumentácia obsahuje sekciu Extensions, ktorá popisuje nastavenie Maven Plugin a Maven Archetype.

Maven Plugin je možné použiť v každom projekte, ktorý využíva Maven ako buildovací nástroj. Maven je možné použiť v Eclipse, IntelliJ IDEA, ako aj NetBeans. Pri nastavovaní Maven konfiguračného súboru podľa stránky [http://gatling.io/docs/2.0.1/extensions/maven\\_plugin.html](http://gatling.io/docs/2.0.1/extensions/maven_plugin.html) je nutné zmeniť hodnotu *io.gatling* v elemente *groupId* na hodnotu *io.gatling.highcharts*, pretože závislosť (Dependency) s hodnotou *io.gatling* v maven repozitári nebola k dispozícii.

Gatling je možné pomocou Maven Archetype iba do vývojových prostredí podporujúcich jazyk Scala a obsahujúcich Maven. Aj keď testované vývojové prostredia neobsahujú natívnu podporu jazyka Scala je možné túto funkcionality implementovať pomocou doplnkov dostupných pre každé vývojové prostredie. Manuál popisujúci integráciu Gatling do vývojového prostredia pomocou Maven Archetype sa nachádza na stránke [http://gatling.io/docs/2.0.1/extensions/maven\\_archetype.html](http://gatling.io/docs/2.0.1/extensions/maven_archetype.html).

### 4.3.5 Generovanie reportov

Po spustení testu sú výsledky priebežne vypisované do terminálu a zároveň sa vytvorí adresár, ktorý umožňuje zobraziť výsledky v prehľadnej grafickej podobe. Adresár obsahuje aj logovací súbor, ktorý zaznamenáva výsledok každej pre každú vykonanú požiadavku. Výsledky som z terminálu presmeroval do súboru a pri spúšťaní testu nastavujem umiestnenie adresára s výsledkami na adresár, v ktorom sa spúšťa daný test.

## 4.4 Perfcake

PerfCake je open-source nástroj písaný v jazyku Java. V súčasnosti je k dispozícii verzia 3.3, ktorú aj používam. Dátum vydania verzie 4.0 je naplánovaný na 20.3.2015. Stránka projektu: [www.perfcake.org/](http://www.perfcake.org/). Github: [www.github.com/PerfCake/PerfCake](https://github.com/PerfCake/PerfCake). Na stránke [www.github.com/PerfCake](https://github.com/PerfCake) sú dostupné pluginy pre Maven, IntelliJ IDEA, Eclipse a rôzne ukážkové testovacie scenáre.

### 4.4.1 Inštalácia

Základným predpokladom pre používanie PerfCake je systém s Java Runtime Environment verzie 7 alebo vyššej. Tiež je nutné mať správne nastavenú \$JAVA\_HOME premennú prostredia. Pre operačné systémy Windows a Linux je na stránke [www.perfcake.org/download/](http://www.perfcake.org/download/) pripravená binárna distribúcia, ktorú je možné používať hneď po stiahnutí a rozbalení archívu. Užívatelia operačného systému Mac si musia stiahnuť zdrojový kód a skompilovať ho. Týmto je program pripravený na používanie. Inštalácia je veľmi jednoduchá, prebehla bez komplikácií a zaberie len pár minút.

### 4.4.2 Používanie

Práca s programom prebieha prostredníctvom príkazového riadka. V systéme Windows spustíme PerfCake príkazom *perfcake.bat*, v systémoch Linux a MacOS *./perfcake.sh*. Po spustení týchto príkazov sa zobrazia argumenty, ktoré je možné používať pri spúšťaní programu.

### 4.4.3 Dokumentácia

Užívateľská dokumentácia sa nachádza na stránke [www.perfcake.org/docs/perfcake-user-pdf](http://www.perfcake.org/docs/perfcake-user-pdf). Skladá sa zo siedmich kapitol, v ktorých popisuje architektúru, vytváranie scenárov, generovanie záťaže, posielanie správ, generovanie reportov, validáciu a rozšírenia PerfCake. Pre každú komponentu testu obsahuje jednoduchý príklad.

### 4.4.4 Použiteľnosť vo vývojovom prostredí

#### Eclipse

Perfcake obsahuje doplnok pre vývojové prostredie Eclipse Kepler. Doplnok je možné nainštalovať cez Eclipse Marketplace v menu Help. Doplnok obsahuje aj jednoduché užívateľské prostredie, pomocou ktorého je možné vytvárať testy.

**Apache Maven** Doplnok pre Maven a návod k jeho inštalácii je k dispozícii na stránke <https://github.com/PerfCake/PerfCakeMavenPlugin>. Maven doplnok nahrádza chýbajúce doplnky pre vývojové prostredia NetBeans a IntelliJ IDEA.

### 4.4.5 Generovanie reportov

V prípade nástroja Perfcake sú všetky informácie vypisované do príkazového riadku v časových intervaloch, ktoré sa nastavujú v testovacích scenároch. Reporty som vytvoril presmerovaním výstupu z terminálu do súboru. Všetky informácie sú prehľadne umiestnené v jednom súbore.

## Kapitola 5

### Testy

#### 5.1 Testovaná aplikácia

K vytvoreniu testovanej aplikácie som použil programovací jazyk Java vo verzii 7 a ako vývojové prostredie NetBeans 8.0.1. Aplikácia sa skladá z dvoch častí: webových služieb a triedy obsluhujúcej Java Message Services (ďalej len JMS). Webové služby som naimplementoval pomocou Java aplikačného programovacieho rozhrania pre REST<sup>1</sup> webové služby, ktoré sa v skratke označuje ako JAX-RS. Aplikácia pozostáva zo siedmich webových služieb, ktoré sú volané pomocou HyperText Transfer Protocol (ďalej len HTTP) protokolu. HTTP je protokol umožňujúci prenos dokumentov vo formáte značkovacieho jazyka HyperText Markup Language (HTML).

Druhá časť aplikácie implementuje JMS rozhranie pre posielanie správ medzi dvomi klientami. Testovacie nástroje posielajú správy do fronty a tieto správy sú preposielané do druhej fronty, odkiaľ správu vyberie testovací nástroj.

Webová služba main prijíma na vstupe reťazec znakov a za použitia zvyšných webových služieb vypíše na výstup pôvodný reťazec, otočený reťazec, dĺžku reťazca, počet samohlások, spoluhlások, číslic a nakoniec veľkosť pôvodného reťazca v bajtoch. Pre účely testov som službu upravil tak, aby po zadaní reťazca "generate: x" vygenerovala reťazec o dĺžke x znakov, pričom každý vygenerovaný znak má veľkosť jeden bajt. Veľkosťou správy rozumieme veľkosť vygenerovaného reťazca.

Služba memoryLeak sa od služby main líši len v tom, že simuluje únik pamäte. Simuláciu som naprogramoval pomocou mapy, ktorá nemá naimplementované metódy equals a hashCode. Správne naprogramovaná mapa musí mať tieto metódy korektne naimplementované, pretože pomocou nich rozhoduje, či sa vkladaná hodnota v mape už nachádza. Bez týchto metód moja mapa nedokáže detekovať duplicity a preto do mapy vkladá stále nové a nové hodnoty, a tým sa vytvorí únik pamäte. Službu používam len pri vytrvalostných testoch, ktoré sa skladajú z dvoch častí: Bez memory leaku a S memory leakom. Pri testovaní Bez memory leaku používajú testy službu main a pri testovaní S memory leakom volajú službu memoryLeak.

Poslednou priamo volanou službou je echo, ktorú používam pri testovaní teoretickej priepustnosti jednotlivých nástrojov. Táto služba vracia jednoduchý reťazec "echo", vďaka čomu dokáže server veľmi rýchlo vrátiť odpoveď a tým sa teoretické hrdlo fľaše

---

1. Representational state transfer je abstraktný architekturný vzor pre distribuované prostredie.



presunie od služby k testovaným nástrojom. Hrdlo fľaše v softvérovom inžinierstve označuje tú časť systému, ktorá výrazne limituje priepustnosť celého systému.

## 5.2 Testovacie prostredie

K testovaniu sú použité dva samostatné počítače. Aplikácia je nasadená na aplikačnom serveri JBoss Application Server 7.1.1.Final "Brontes". Server beží na počítači Acer Aspire 4830TG s procesorom Intel Core i5-2410 a 8GB RAM pamäťou. Na počítači je nainštalovaná 64-bitová verzia operačného systému Ubuntu 14.04 LTS. Generovanie záťaže prebieha na počítači **RED HAT PC, alebo moj PC**.

### 5.3 Testy

Pre potreby porovnania nástrojov som navrhol 7 typov testov. Medzi jednotlivými testami JBoss server reštartujem. Výsledky testov zaznamenávam pomocou generátorov výsledkov, ktoré ponúkajú jednotlivé nástroje. Medzi požiadavkami klientov nenastávajú oneskorenia.

1. **Základný test s jedným klientom**

Prvý test má za úlohu simulovať maximálnu možnú záťaž systému jedným klientom, pričom je vykonávaný po dobu piatich minút. Na základe tohto testu je možné sledovať efektivitu generovania maximálnej záťaže, generovanie výsledkov a spotrebu zdrojov jedným klientom.

2. **Testy s rastúcim počtom klientov**

K simulácii stresového typu testu slúži postupné zvyšovanie nárokov na systém. Test sa preto skladá zo série testov, pričom rastie množstvo klientov využívajúcich systém. Klienti zasielajú správy o veľkosti 100 znakov po dobu piatich minút. Je spustených päť druhov testov, z nich každý päťkrát, celkovo je spustených dvadsaťpäť testov pre každý nástroj. Množstvo klientov v testoch je: desať, päťdesiat, sto, stopäťdesiat a dvesto. Test slúži k identifikácii optimálneho množstva klientov využívajúcich systém a monitorovaniu efektivity nástrojov pri rôznych počtoch klientov.

3. **Testy s rastúcou veľkosťou správ**

Stresový typ testu je možné nasimulovať aj pomocou rastúcej veľkosti generovaných správ pri fixnom počte klientov. Podobne ako v predchádzajúcom prípade sa test skladá zo série testov, pričom sa postupne zväčšuje veľkosť správ. Dĺžka každého testu je päť minút. Zasielaných je päť druhov správ pre každý testovaný nástroj. Počet klientov v každom teste je 50 a veľkosti správ sú: 5 znakov, 1024 znakov (1 KB), 5120 znakov (5 KB), 51200 znakov (50 KB) a 512000 znakov (500 KB). Veľkosťou správy myslím dĺžku reťazca, ktorý generuje server.

**4. Základný JMS test so 100 klientmi**

Počas JMS testu nástroje zasielajú správy do vstupnej JMS fronty na serveri. Server správy preposiela do výstupnej fronty, odkiaľ ich vyberajú nástroje. Test prebieha po dobu 5 minút. Hlavným účelom testu je overiť schopnosť nástrojov pracovať s JMS. Samozrejmosťou je sledovanie a porovnanie výkonu nástrojov.

**5. Základný test so 100 klientmi**

Najčastejšie používaný typ testov výkonu je reprezentovaný pomocou základného testu so 100 klientmi. Po dobu 5 minút 100 klientov zasiela správy o dĺžke 5120 znakov (5 KB).

**6. Vytrvalostný test**

Dlhodobé monitorovanie systému je realizované pomocou vytrvalostných testov. Systém je vystavený záťaži generovanej sto klientmi po dobu jednej hodiny. Veľkosť správy je rovnaká ako v predchádzajúcom teste, t.j. 5120 znakov. Test sa skladá z dvoch častí. V prvej časti je testovaná služba použitá v predchádzajúcich testoch a v druhej časti upravená služba simulujúca únik pamäte. Druhá časť testu ukáže rastúcu spotrebu pamäte a v porovnaní s prvou časťou tak bude možné odhaliť vzniknutý únik pamäte. Pre tento test som musel nastaviť v nástrojoch monitorovanie operačnej pamäte na serveri.

**7. Test teoretickej priepustnosti nástroja**

Teoretická priepustnosť nástroja určuje, ako rýchlo dokáže nástroj generovať záťaž. Vysoká priepustnosť nástroja umožňuje generovať vyššiu záťaž za využitia menšieho objemu zdrojov. Test prebieha generovaním maximálnej možnej záťaže aplikácie, ktorá ako odpoveď vracia vždy rovnaký reťazec. Server je schopný odpovedať na požiadavku v čase kratšom, ako je čas potrebný na vygenerovanie požiadavky. Celková priepustnosť systému je tak limitovaná samotným nástrojom. Na generovanie záťaže je použitých 100 klientov.

## 5.4 Automatizácia testov

Pre účely testu bola vytvorená architektúra obsahujúca zložená z klientskej a serverovej časti. Architektúra je vytvorená tak, aby bolo možné spúšťať testy v Linuxových operačných systémoch.

### 5.4.1 Klient

Klient obsahuje adresáre so spúšťacími skriptami a testami, symbolické linky adresárov, testovacie nástroje a skripty spúšťajúce testy a upravujúce testy. Názov adresára obsahuje číslo a popis spúšťaného testu. V každom adresári sú umiestnené podadresáre Apache JMeter, Faban, Gatling a Perfcake, ktoré obsahujú testy pre daný nástroj a skript, ktorý riadi spúšťanie testu. V adresároch druhého, tretieho a šiesteho testu sa nachádzajú podadresáre obsahujúce modifikácie daného testu, tak ako je to uvedené v ich definícii. Tieto testy navyše obsahujú skript, ktorý spúšťa jednotlivé modifikácie daných testov. Nasleduje popis skriptov, ktoré sa nachádzajú v koreňovom adresári.

- **change\_runtime.sh**

Slúži na nastavenie dĺžky testov. Prijíma dva prepínače: "-b" a "-t". Prepínač -t prijíma ako argument číslo, ktoré reprezentuje dĺžku trvania vytrvalostných testov v minútach a argument prepínača -b reprezentuje dĺžku trvania zvyšných testov v sekundách. Implicitná hodnota pre prepínač -t je 60, čiže jedna hodina a pre prepínač -b 300, teda 5 minút. Tieto hodnoty sa použijú v prípade, ak je skript spustený bez argumentov. Skript sa automaticky volá v skripte run\_all.sh, ktorým sa spúšťajú všetky testy. Tým sa zabezpečí korektné nastavenie času v testoch.

**Použitie:** ./change\_runtime.sh -b 10 -t 120

- **change\_server\_and\_port.sh**

Skript nastavuje adresu servera, číslo portu pre webové služby a číslo JMS portu. Na vstupe berie tri prepínače: "-s", "-p" a "-m". Argumentom prepínača -s je adresa servera, ktorá môže byť reprezentovaná IP adresou. IP adresa môže byť reprezentovaná číslom, pomocou ktorého je možné jednoznačne identifikovať server v počítačovej sieti alebo aliasom, ktorý je k danej IP adrese pridelený. Prepínač -p prijíma ako argument číslo portu, pomocou ktorého je možné komunikovať s webovými službami aplikácie. A nakoniec prepínač -m, ktorý nastavuje port pre JMS. V prípade, že nie sú pri spustení skriptu použité argumenty, použije sa pre server implicitná hodnota "localhost", pre port webových služieb hodnota "8080" a port JMS sa nastaví na hodnotu "4447". Použité čísla portov sú východiskovými portmi JBoss AS servera pre dané komunikačné technológie.

**Použitie:** ./change\_server\_and\_port.sh -s 192.168.0.2 -p 18080 -p 14447

- **open\_scenarios.sh**

Po spustení skriptu sa otvoria všetky testovacie scenáre v textovom editore gedit.

Skript často používam pri kontrole správneho nastavenia scenárov.

**Použitie:** *./open\_scenarios.sh*

- **remove\_all\_logs.sh**

Tento skript slúži na vymazanie všetkých záznamov a logovacích súborov, ktoré vznikli pri testovaní. Vygenerované záznamy a logovacie súbory majú značnú veľkosť, čo spôsobuje problémy pri kopírovaní testov.

**Použitie:** *remove\_all\_logs.sh*

- **remove\_big\_logs.sh**

Podobne ako v predchádzajúcom prípade odstraňuje skript súbory, ktoré vznikli pri testovaní. Na rozdiel od predchádzajúceho prípadu odstraňuje len najväčšie súbory. V prípade nástroja Apache JMeter sú to súbory s príponou ".jtl" a v prípade nástroja Gatling súbory "simulation.log". Tieto súbory obsahujú záznam pre každú prijatú odpoveď, čo je užitočné v prípade výskytu chyby, pretože je možné presne identifikovať kedy chyba nastala. Súbory neobsahujú informácie dôležité pre vyhodnotenie a porovnanie testov, preto je žiadúce ich zmazanie po úspešnom ukončení testov.

**Použitie:** *remove\_big\_logs.sh*

- **restart\_faban.sh**

Nástroj Faban sa skladá z dvoch hlavných komponent: Faban Driver Framework a Faban Harness. Kým Faban Driver Framework slúži k vytváraniu testov a definovaniu testovacej záťaže, Faban Harness slúži k samotnému spúšťaniu a monitorovaniu testov. Komponenta beží na Apache serveri, ktorý je reštartovaný pred každým spustením Faban testu. Cieľom tohto reštartu je minimalizovanie vplyvu predchádzajúcich testov.

**Použitie:** *restart\_faban.sh*

- **run\_all.sh**

K spusteniu všetkých testov slúži tento skript, ktorý prijíma 7 prepínačov: "-s", "-p", "-m", "-t", "-b", "-u" a "-d". Pred samotným spustením všetkých testov sú spustené skripty *change\_runtime.sh* a *change\_server\_and\_port.sh*, ktorým sú predané argumenty prepínačov pre nastavenie dĺžky trvania testov, adresy servera, čísla portu webových služieb a čísla portu pre JMS. Prepínač -u prijíma ako argument meno užívateľa, cez ktorého klient pomocou príkazu *ssh* reštartuje JBoss AS server, ktorý beží na inom stroji. Pokiaľ tento atribút nie je definovaný, skript skončí s chybou. Argument posledného prepínača reprezentuje adresár, v ktorom je umiestnený koreňový adresár obsahujúci server JBoss AS a skript potrebný na jeho obsluhu. V prípade, že adresár nie je definovaný, použije sa implicitná hodnota */home/user*, kde *user* je meno užívateľa nastavené prepínačom -u.

**Použitie:** *run\_all.sh -s 192.168.0.2 -p 18080 -m 14447 -b 10 -t 120 -u tomas -d /home/tomas/server*

### 5.4.2 Server

Na strane servera sa nachádza adresár obsahujúci server JBoss AS, skript potrebný k jeho reštartovaniu a agenti Apache JMeter a Perfcake, ktorí slúžia k monitorovaniu využitia pamäte na strane servera.

- **ssh\_restart\_jboss.sh**

Skripty spúšťajúce testy na strane klienta reštartujú JBoss AS server pred každým spustením testu. K tomu dochádza spustením skriptu `ssh_restart_jboss.sh` príkazom `ssh` na strane klienta. Tento skript prijíma dva argumenty. Prvým argumentom je adresár, v ktorom je umiestnený koreňový adresár. Ako druhý argument je potrebné uviesť IP adresu servera. Adresa sa používa pri spustení servera a server pomocou nej komunikuje s klientom. Server sa vždy spúšťa na porte 8080.

**Použitie:** `ssh user@192.168.0.2 "/user/dir/ssh_restart_jboss.sh /user/dir 192.168.0.2"`

## 5.5 Problémy pri vytváraní testov a testovaní

Táto sekcia popisuje problémy, s ktorými som sa stretol pri vytváraní testov a testovaní.

### 5.5.1 Faban

- **Generovanie výsledkov testov**

Problém vytvárania reportov spočíva v tom, že Faban ukladá výsledky do adresára output, ktorý sa nachádza v domovskom adresári nástroja. Dokumentácia nepopisuje spôsob, ktorým by som mohol zmeniť tento implicitný adresár pre ukladanie výsledkov. Preto som po každom teste musel adresár pomocou skriptu presunúť do adresára daného testu a zmeniť jeho meno v súlade s číslom testu a iteráciou testu. Ďalší problém, ktorý som musel riešiť je spojený so spôsobom spúšťania testov. Faban testy ukladá do fronty a testy spúšťa postupne. Do skriptu, ktorý spúšťa testy som preto musel pridať príkaz, ktorý zastavil beh skriptu na dobu potrebnú pre vykonanie testu a vygenerovanie reportov a logovacích súborov z testu. Až potom som mohol presunúť adresár s výsledkami a zmeniť jeho meno. Doba, počas ktorej skript čaká je nastavená na dĺžku testu plus 100 sekúnd, ktoré sú potrebné na naštartovanie testu a vygenerovanie výsledkov. Z tohto dôvodu musím dobu čakania upravovať pri každej zmene dĺžky trvania testu. Pri veľkom počte krátkych testov spôsobí toto čakanie značné predĺženie doby testovania.

- **Faban Harness**

K spúšťaniu testov je nutné najskôr spustiť Faban Harness. Táto komponenta Fabanu je reprezentovaná serverom, ktorý som musel pred každým testom reštartovať, aby som tak zabezpečil rovnaké vstupné podmienky pre každý test. K tomu som musel vytvoriť skript `restart_faban.sh`, ktorý som spúšťal pred každým testom.

- **Monitorovanie využitia operačnej pamäte**  
Fabian implicitne monitoruje využitie procesora počas testu. Pre potreby Vytrvalostného testu som potreboval monitorovať využitie operačnej pamäte na serveri. Dokumentácia neobsahuje žiadne informácie o monitorovaní operačnej pamäte. Nepodarilo sa mi vyhľadať žiadne informácie, ako toto monitorovanie nastaviť a preto usudzujem, že to nie je možné.

### 5.5.2 Gatling

- **Monitorovanie využitia operačnej pamäte**  
Dokumentácia obsahuje návod, pomocou ktorého je možné nastaviť zaznamenávanie využitia operačnej pamäte. Napriek veľkej snahe sa mi podľa tohto návodu nepodarilo nastaviť zaznamenávanie využitia pamäte. Nastavenie vyžadovalo zmenu konfiguračného súboru Gatlingu a inštaláciu programov tretích strán. Po zmene konfiguračného súboru sa stal nástroj nepoužiteľným a nástroj som musel inštalovať odznova. V dokumentácii navyše chýbal návod k inštalácii programov tretích strán. Návod je k dispozícii na stránke: [http://gatling.io/docs/2.1.1/realtime\\_monitoring/index.html](http://gatling.io/docs/2.1.1/realtime_monitoring/index.html).

## 5.6 Výsledky testov

### 5.6.1 Základný test s jedným klientom

- Apache JMeter
- Fabian

Všetých päť iterácií prvého testu prebehlo bez problémov a poskytlo relevantné informácie o priebehu testu. Zaujímavá je spoľahlivosť výsledkov jednotlivých iterácií testu, keď medzi najlepším a najhorším výsledkom je rozdiel len 2102 vykonaných požiadaviek.

#### 1. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 166362

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 554,540

#### 2. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 167141

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 557,137

#### 3. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 167346

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 557,820

**4. iterácia**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 166108

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 553,693

**5. iterácia**

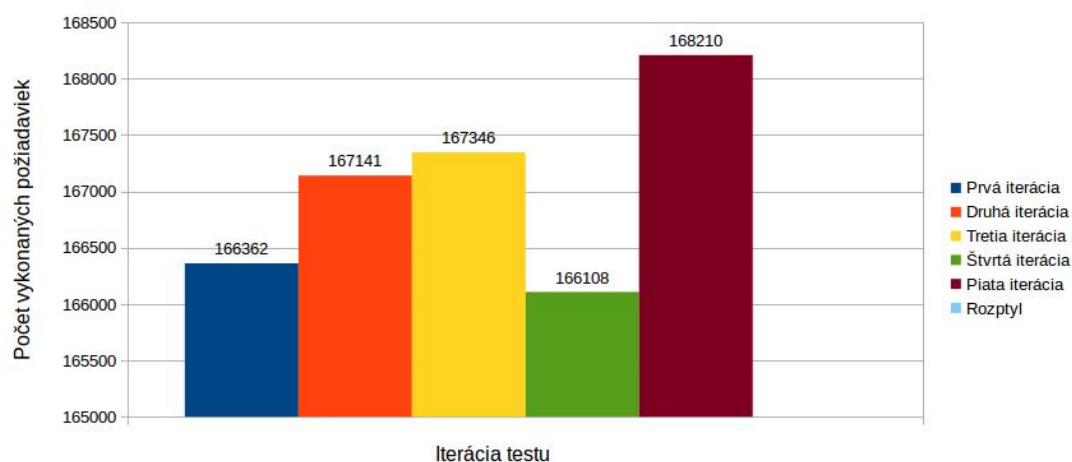
Celkový počet vykonaných požiadaviek: 168210

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 560,700

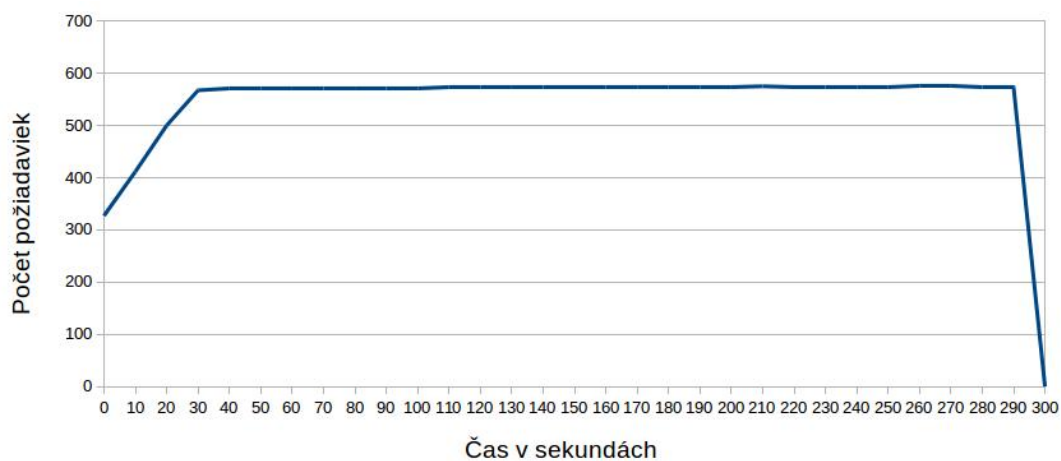
**Priemer**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 167033,4

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 556,778



Obr. 5.1: Celkový počet vykonaných požiadaviek



Obr. 5.2: Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií



- Gatling

Podobne ako v prípade Fabanu všetkých päť iterácií prvého testu prebehlo bez problémov. Gatling vykonal viac požiadaviek, ako Faban. Negatívom je horšia spoľahlivosť výsledkov, keď medzi najlepším a najhorším výsledkom je rozdiel 14870 vykonaných požiadaviek. Gatling má slabší štart testu v porovnaní s Fabanom, keď sa na svoje maximum dostal až 50 sekúnd po štarte, čo je pri 300 sekundovom teste veľmi dlhá doba štartu.

#### 1. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 302827

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 1009,423

#### 2. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 296602

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 988,673

#### 3. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 311472

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 1038,24

#### 4. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 303419

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 1011,397

#### 5. iterácia

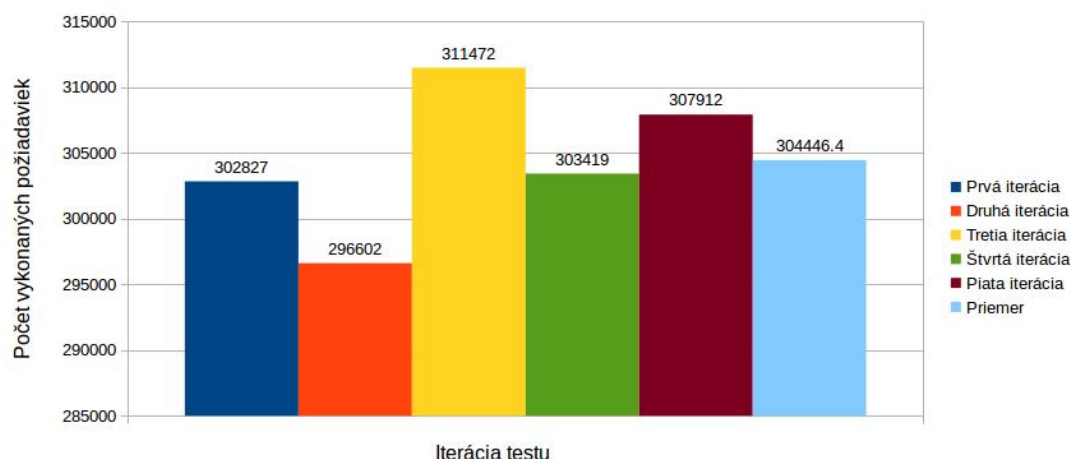
Celkový počet vykonaných požiadaviek: 307912

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 1026,373

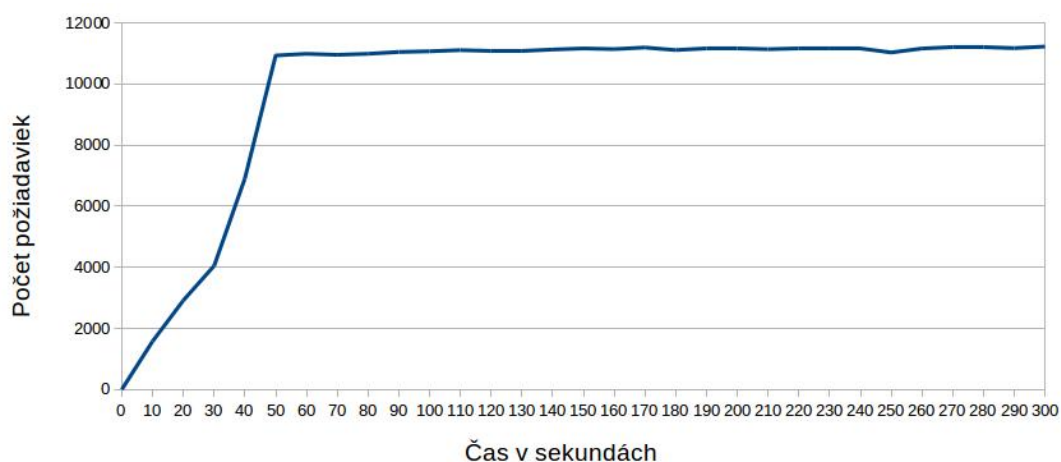
#### Priemer

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 304446,4

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 1014,821



Obr. 5.3: Celkový počet vykonaných požiadaviek



Obr. 5.4: Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií

- Perfcake

#### 5.6.2 Testy s rastúcim počtom klientov

- Apache JMeter
- Faban

##### Prvý test - 10 klientov

##### 1. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 1608896

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 5362,987

##### 2. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 1614361

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 5381,203

##### 3. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 1614381

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 5381,270

##### 4. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 1616067

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 5386,890

##### 5. iterácia

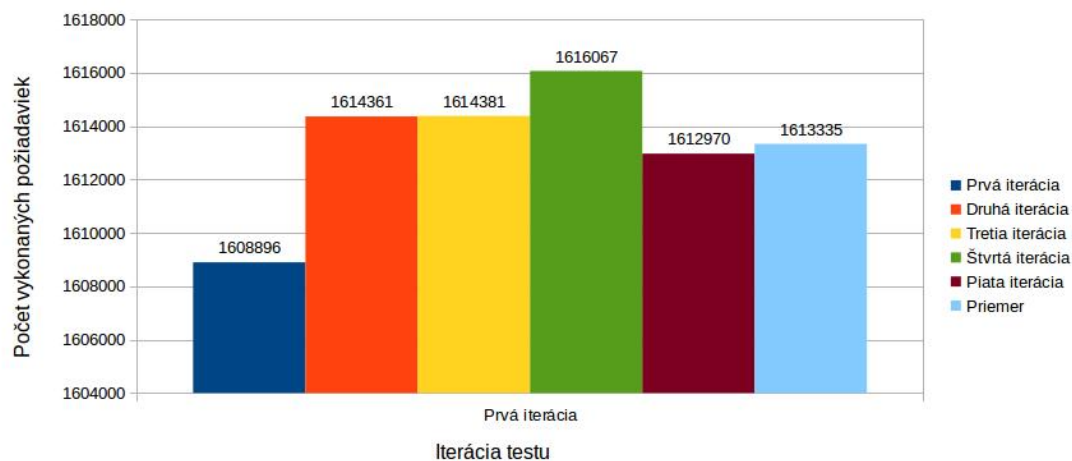
Celkový počet vykonaných požiadaviek: 1612970

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 5376,567

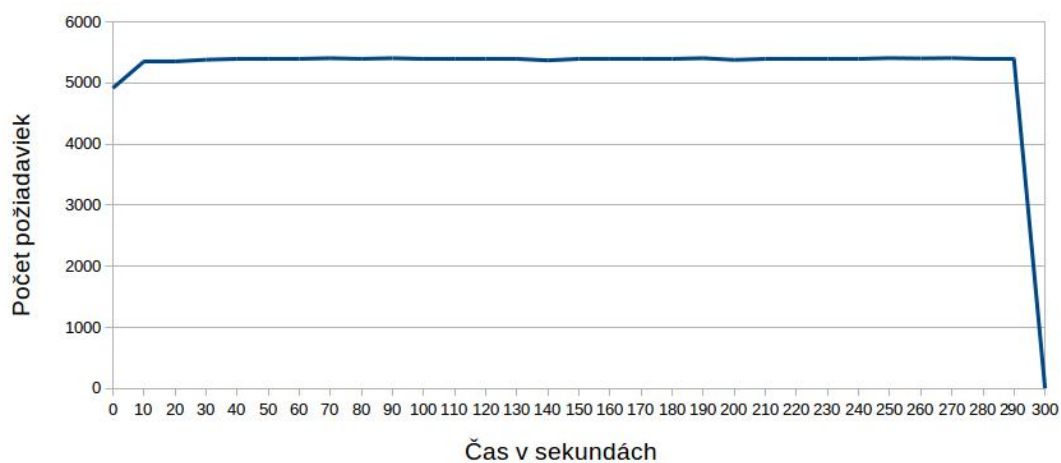
**Priemer**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 1613335

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 5377,783



Obr. 5.5: Celkový počet vykonaných požiadaviek



Obr. 5.6: Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií

**Druhý test - 50 klientov****1. iterácia**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 3300257

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 11000,857

**2. iterácia**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 3304396

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 11014,653

**3. iterácia**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 3286365

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 10954,550

**4. iterácia**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 3280246

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 10934,153

**5. iterácia**

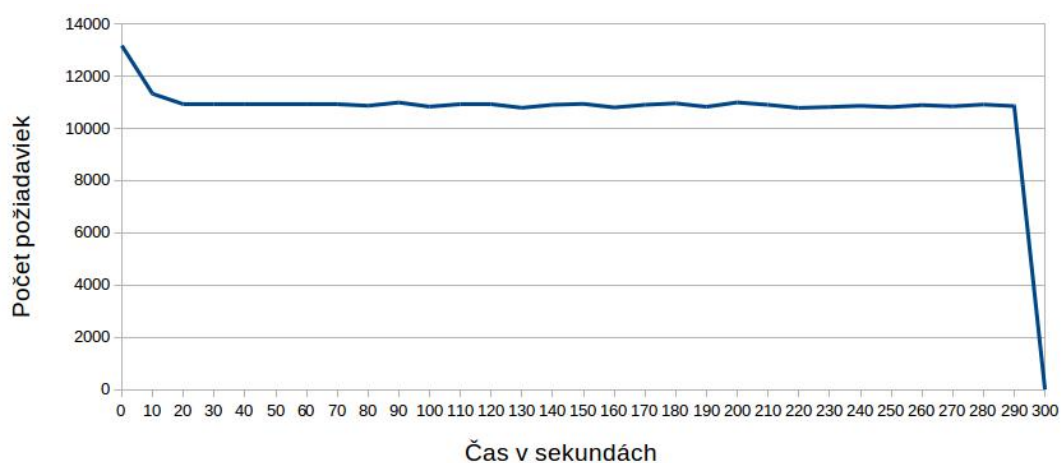
Celkový počet vykonaných požiadaviek: 3303527

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 11011,757

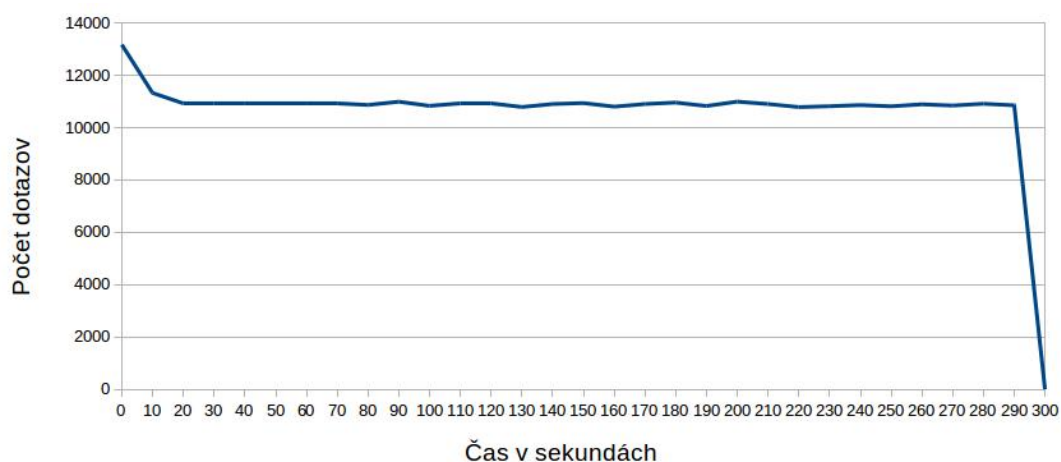
**Priemer**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 3294958,2

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 10983,194



Obr. 5.7: Celkový počet vykonaných požiadaviek



Obr. 5.8: Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií

### Tretí test - 100 klientov

#### 1. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 3208731

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 10695,770

#### 2. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 3232719

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 10775,730

#### 3. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 3220658

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 10735,527

#### 4. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 3225564

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 10751,880

#### 5. iterácia

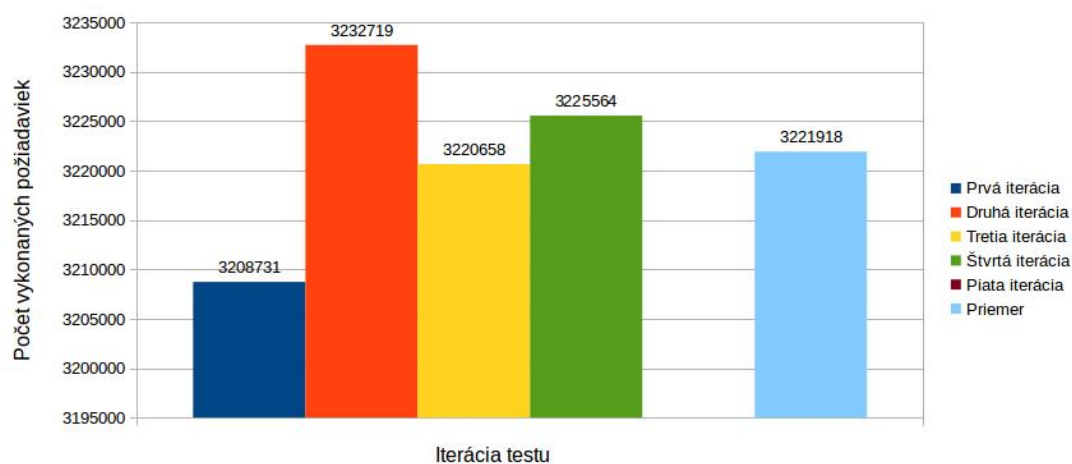
Test zlyhal, objavila sa chyba: Error initializing driver object. com.sun.fabandriver.ConfigurationException: Only single host:port currently supported.

Chyba sa vyskytla len pri jednej iterácii a týka sa inicializácie testu Fabanom.

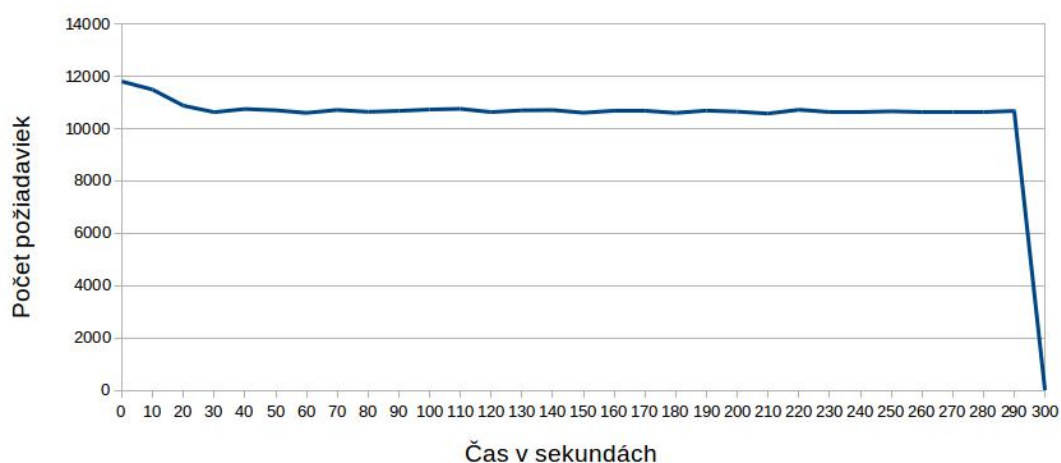
#### Priemer

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 3221918

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 10739,727



Obr. 5.9: Celkový počet vykonaných požiadaviek



Obr. 5.10: Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií

### Štvrtý test - 150 klientov

#### 1. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 3189387

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 10631,290

#### 2. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 3186480

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 10621,600

**3. iterácia**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 3184917

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 10616,390

**4. iterácia**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 3187227

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 10624,090

**5. iterácia**

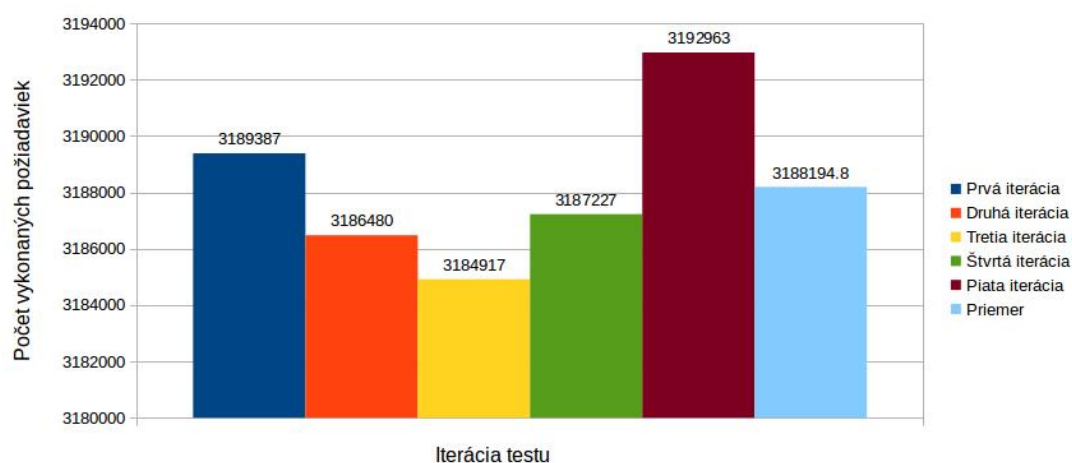
Celkový počet vykonaných požiadaviek: 3192963

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 10643,210

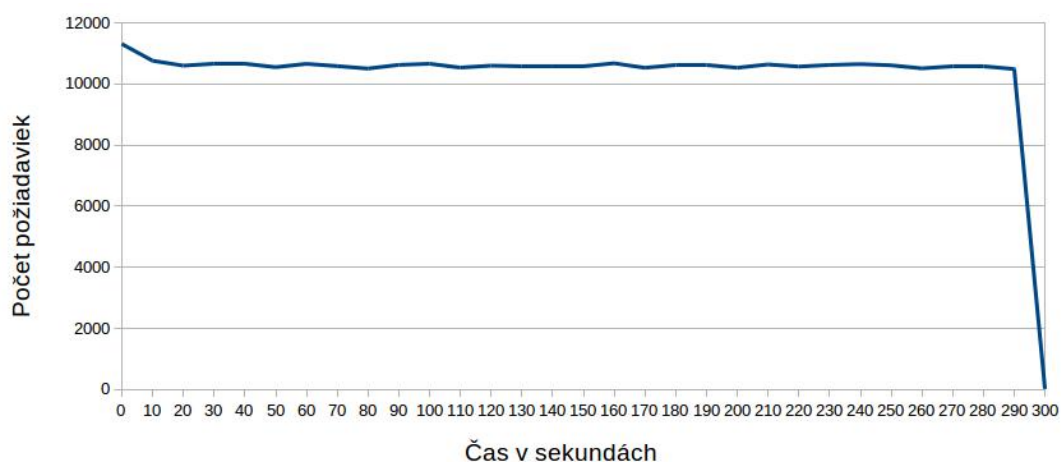
**Priemer**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 3188194,8

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 10627,316



Obr. 5.11: Celkový počet vykonaných požiadaviek



Obr. 5.12: Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií

### Piaty test - 200 klientov

#### 1. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 3186355

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 10621,183

#### 2. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 3206037

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 10686,790

#### 3. iterácia

Rovnaká chyba ako v **piatej iterácii tretieho testu**.

#### 4. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 3187980

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 10626,600

#### 5. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 3217781

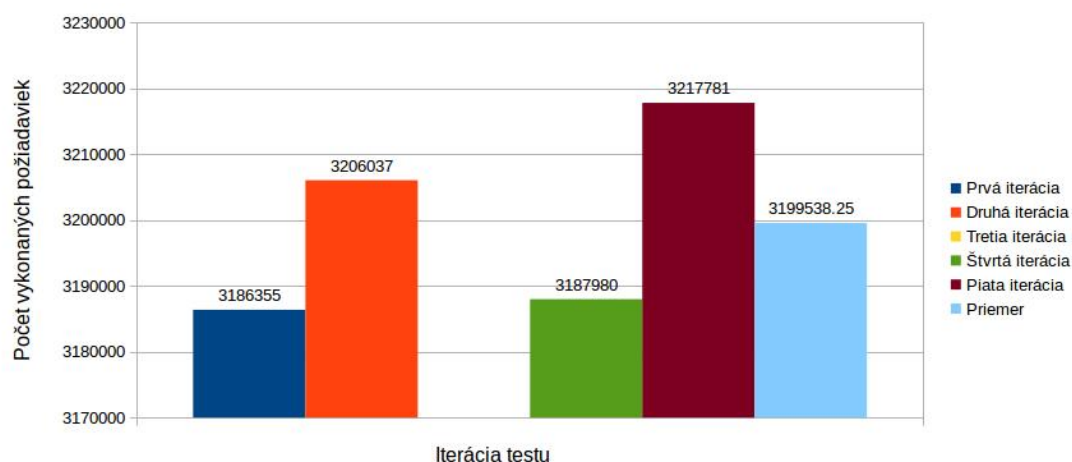
Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 10725,937

#### Priemer

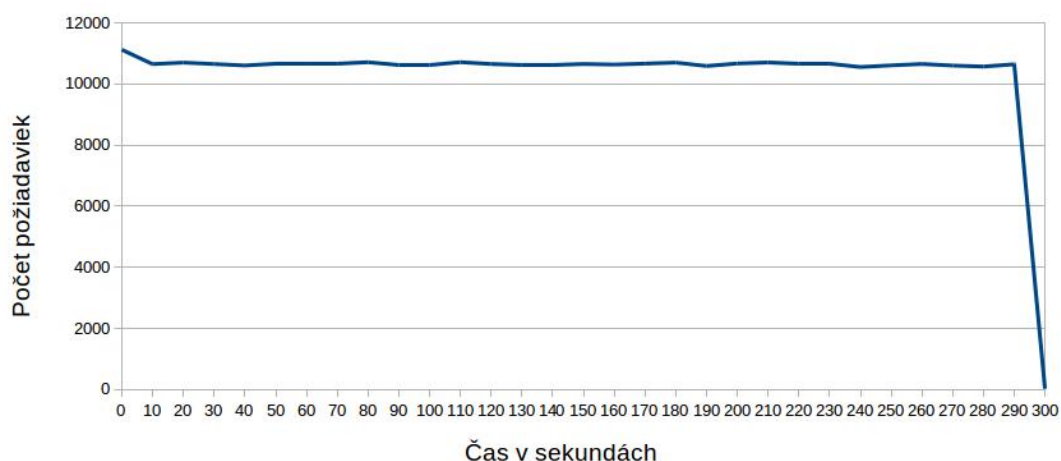
Celkový počet vykonaných požiadaviek: 3199538,25

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 10665,128





Obr. 5.13: Celkový počet vykonaných požiadaviek



Obr. 5.14: Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií

Z výsledkov testu je jasne vidieť, že Faban dosiahol najvyšší výkon počas testu s 50 klientmi. Testy so 100, 150 a 200 klientmi majú slabšie výsledky. Ako veľké negatívum hodnotím zlyhanie poslednej iterácie testu so 100 klientmi a zlyhanie 3. iterácie testu s 200 klientmi. Chybu som spozoroval už pri spúšťaní testov na nečisto. Vyskytuje sa úplne náhodne a nepodarilo sa mi zistiť, prečo k nej dochádza.

Na druhej strane oproti základnému testu s jedným klientom klesol čas potrebný k dosiahnutiu maximálneho výkonu. V teste s 10 klientmi Faban potreboval len 10 sekúnd na dosiahnutie maximálneho výkonu, pričom rozdiel v počte požiadaviek

tvoril len 8%, kdežto v základnom teste to bolo až 20%. Zvyšné modifikácie dokonca zaznamenali najvyšší výkon hneď pri štarte.

- Gatling

#### Prvý test - 10 klientov

##### 1. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 1831121

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 6103,737

##### 2. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 1818769

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 6062,563

##### 3. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 1835757

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 6119,190

##### 4. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 1812333

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 6041,110

##### 5. iterácia

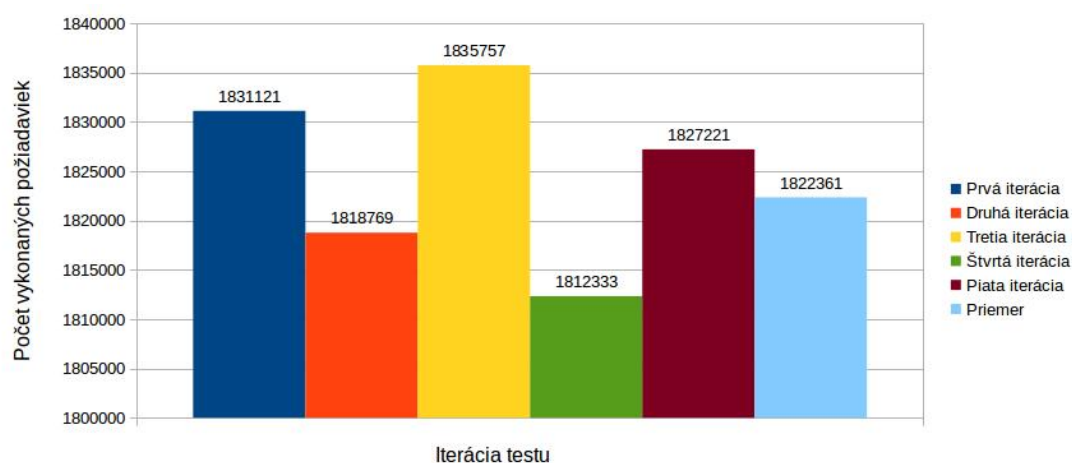
Celkový počet vykonaných požiadaviek: 1827221

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 6090,737

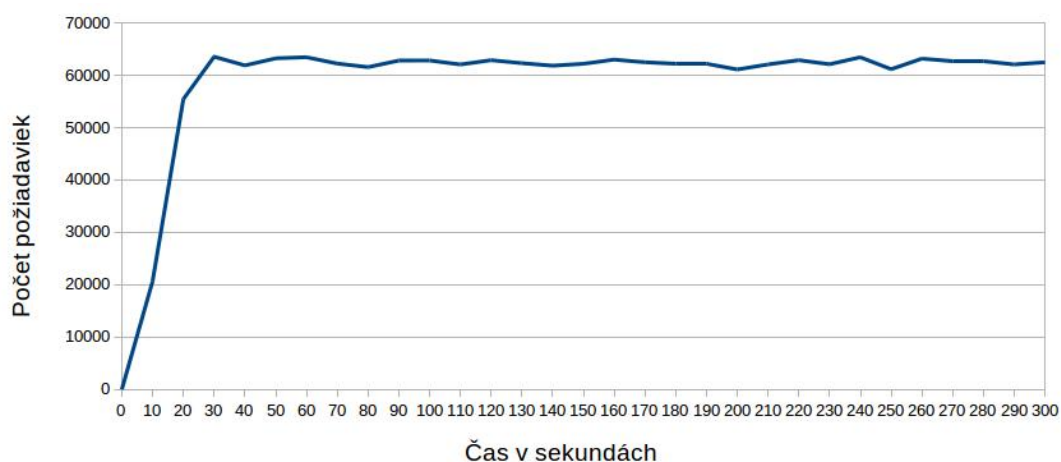
##### Priemer

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 1822361

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 6074,537



Obr. 5.15: Celkový počet vykonaných požiadaviek



Obr. 5.16: Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií

### Druhý test - 50 klientov

#### 1. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 1918599

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 6395,330

#### 2. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 1952562

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 6508,540

#### 3. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 1913446

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 6378,153

#### 4. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 1935923

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 6453,077

#### 5. iterácia

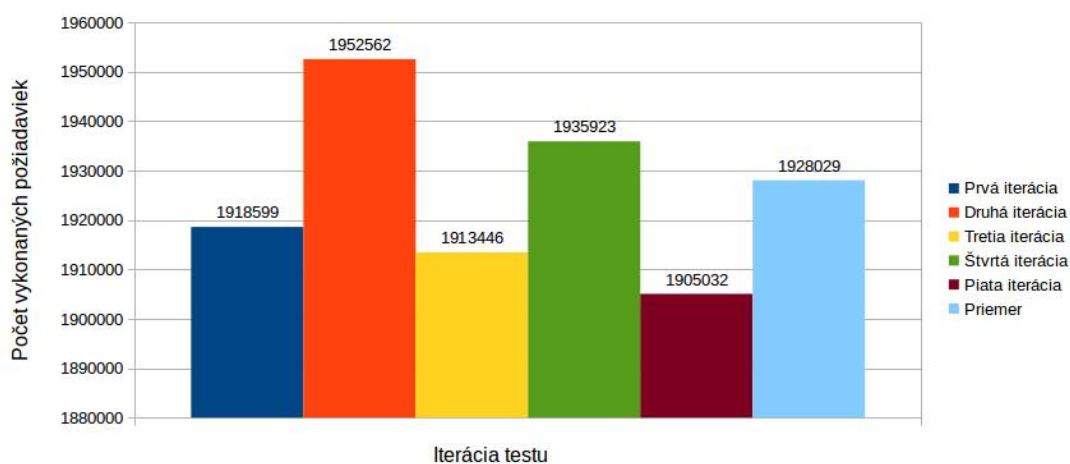
Celkový počet vykonaných požiadaviek: 1905032

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 6350,107

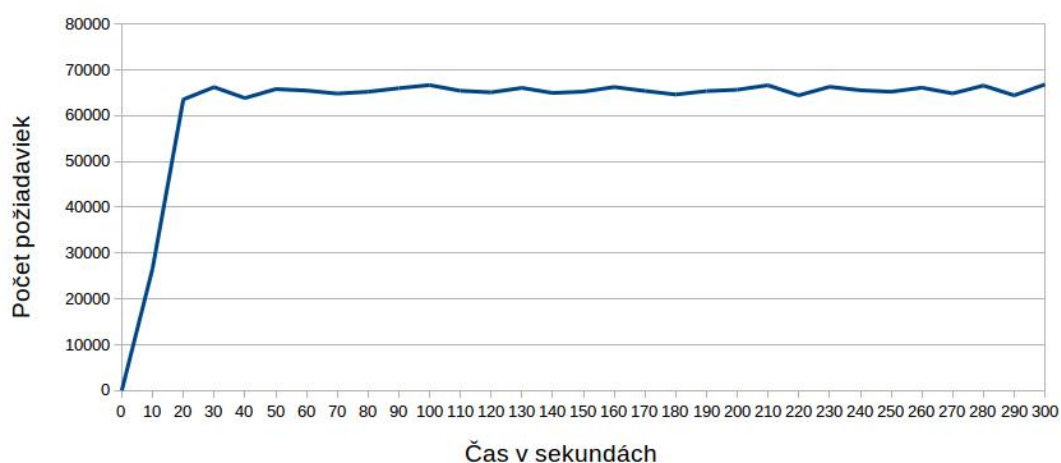
#### Priemer

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 1928029

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 6426,763



Obr. 5.17: Celkový počet vykonaných požiadaviek



Obr. 5.18: Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií

### Tretí test - 100 klientov

#### 1. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 2136292

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 7120,973

#### 2. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 2167595

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 7225,317

**3. iterácia**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 2128423

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 7094,743

**4. iterácia**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 2108157

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 7027,190

**5. iterácia**

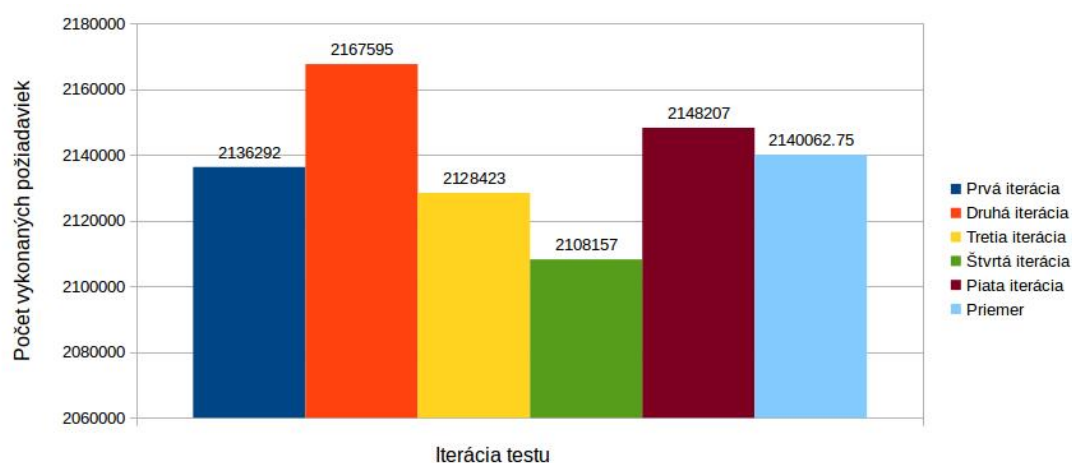
Celkový počet vykonaných požiadaviek: 2148207

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 7160,690

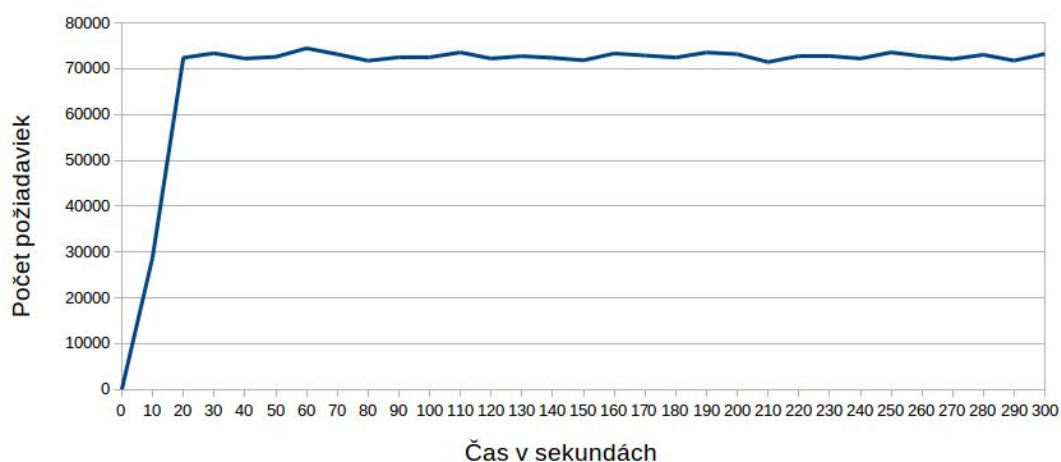
**Priemer**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 2140062,75

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 7133,543



Obr. 5.19: Celkový počet vykonaných požiadaviek



Obr. 5.20: Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií

#### Štvrtý test - 150 klientov

##### 1. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 2323968

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 7746,560

##### 2. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 2322686

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 7742,287

##### 3. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 2336059

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 7786,863

##### 4. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 2334234

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 7780,780

##### 5. iterácia

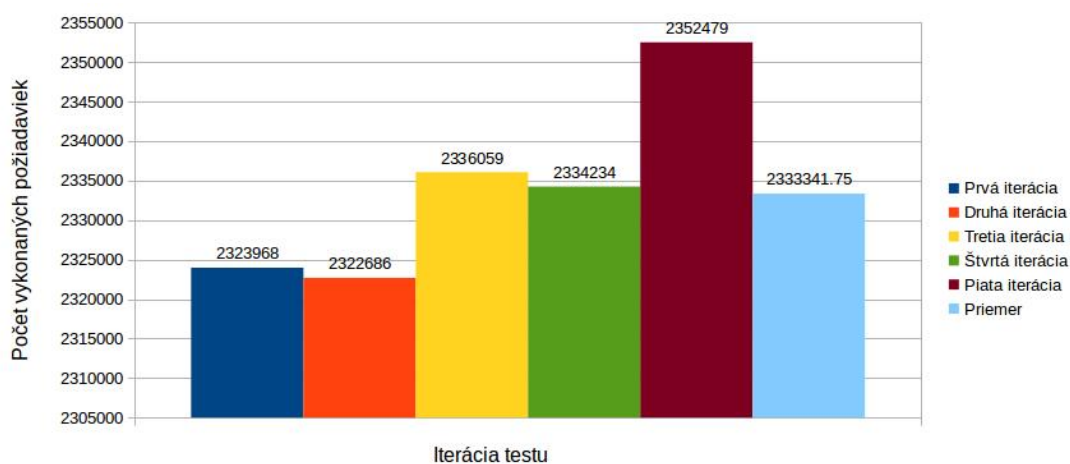
Celkový počet vykonaných požiadaviek: 2352479

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 7841,597

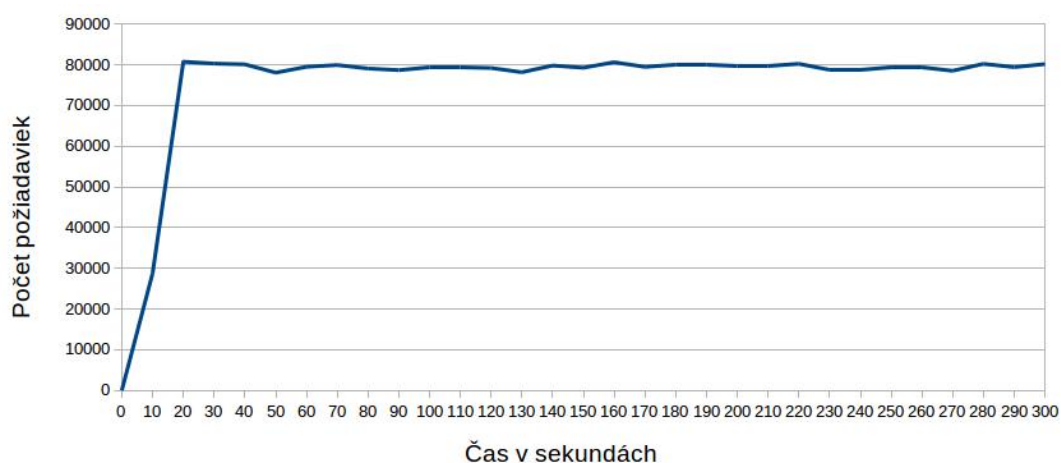
##### Priemer

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 2333341,75

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 7777,806



Obr. 5.21: Celkový počet vykonaných požiadaviek



Obr. 5.22: Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií

### Piaty test - 200 klientov

#### 1. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 2508025

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 8360,083

#### 2. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 2511472

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 8371,573

**3. iterácia**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 2490477

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 8301,590

**4. iterácia**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 2536607

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 8455,357

**5. iterácia**

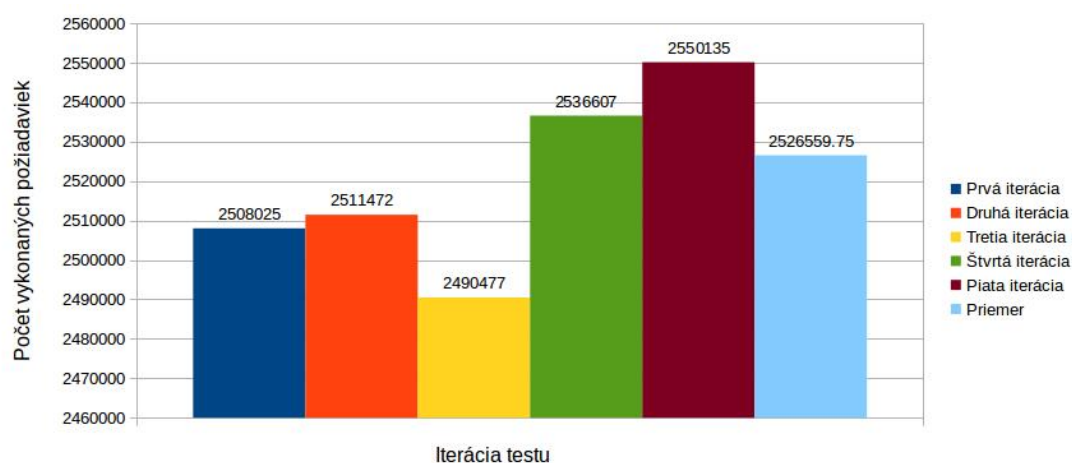
Celkový počet vykonaných požiadaviek: 2550135

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 8500,450

**Priemer**

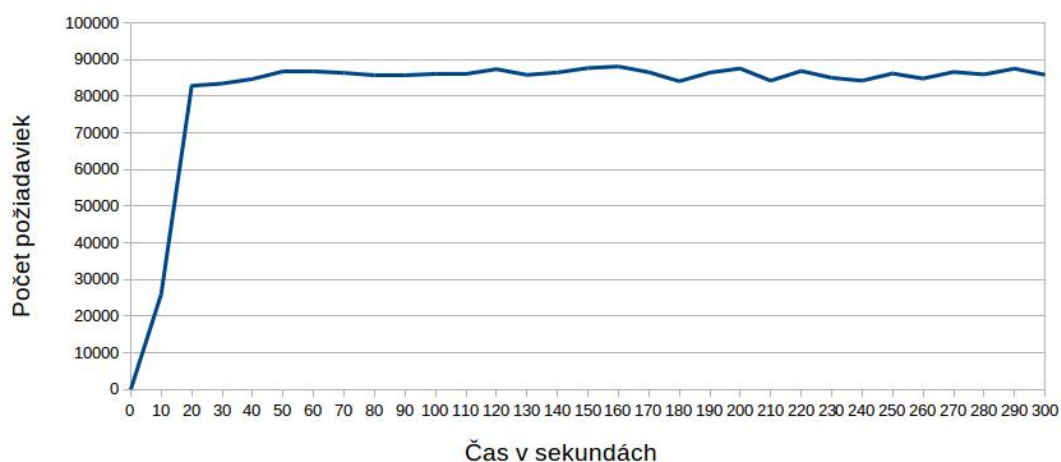
Celkový počet vykonaných požiadaviek: 2526559,75

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 8421,866



Obr. 5.23: Celkový počet vykonaných požiadaviek





Obr. 5.24: Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií

- Perfcake

### 5.6.3 Testy s rastúcou veľkosťou správ

- Apache JMeter
- Faban

#### Prvý test - 5 znaková správa

##### 1. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 6807453

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 22691,510

##### 2. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 6802899

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 22676,330

##### 3. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 6857271

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 22857,570

##### 4. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 6831598

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 22771,993

##### 5. iterácia

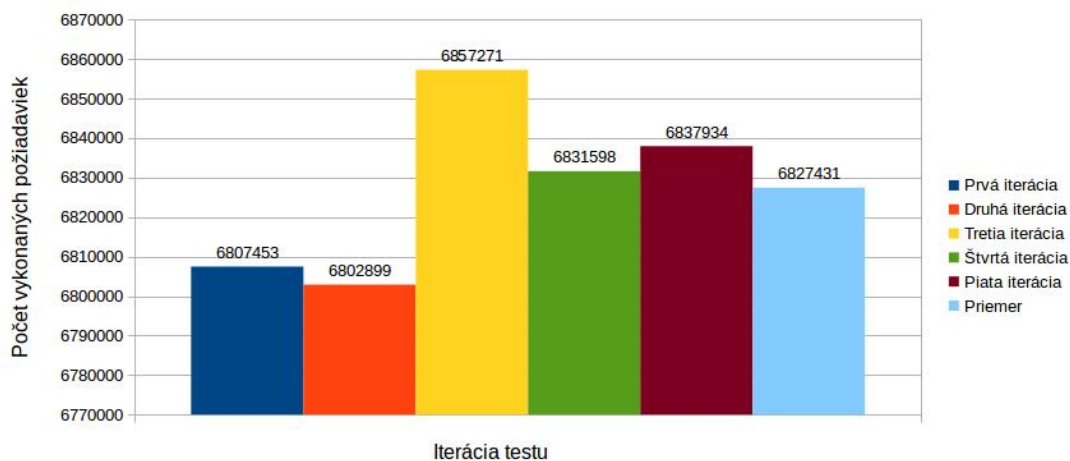
Celkový počet vykonaných požiadaviek: 6837934

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 22793,113

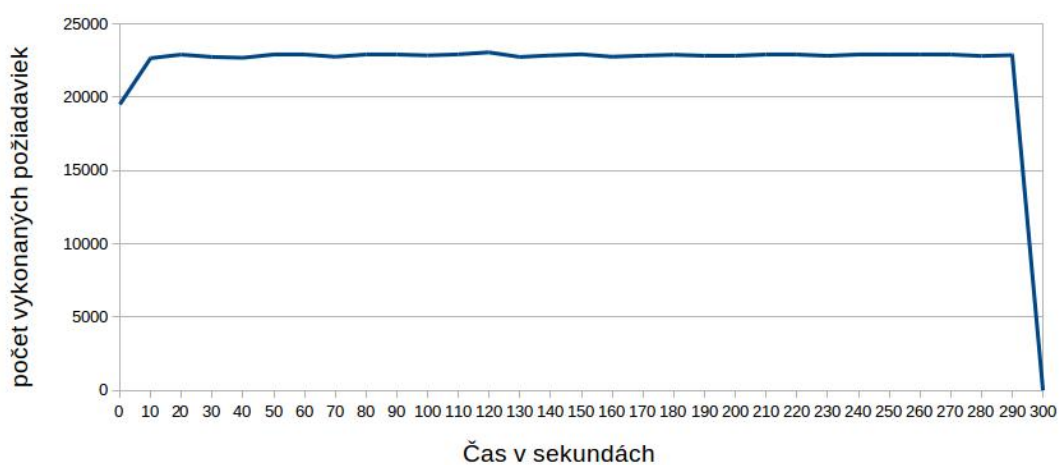
**Priemer**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 6827431

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 22758,103



Obr. 5.25: Celkový počet vykonaných požiadaviek



Obr. 5.26: Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií

**Druhý test - 1024 znaková správa (1 KB)****1. iterácia**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 339326

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 1131,087

**2. iterácia**

Chyba, vid'. test 2.3.5.

**3. iterácia**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 339615

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 1132,050

**4. iterácia**

Chyba, vid'. test 2.3.5.

**5. iterácia**

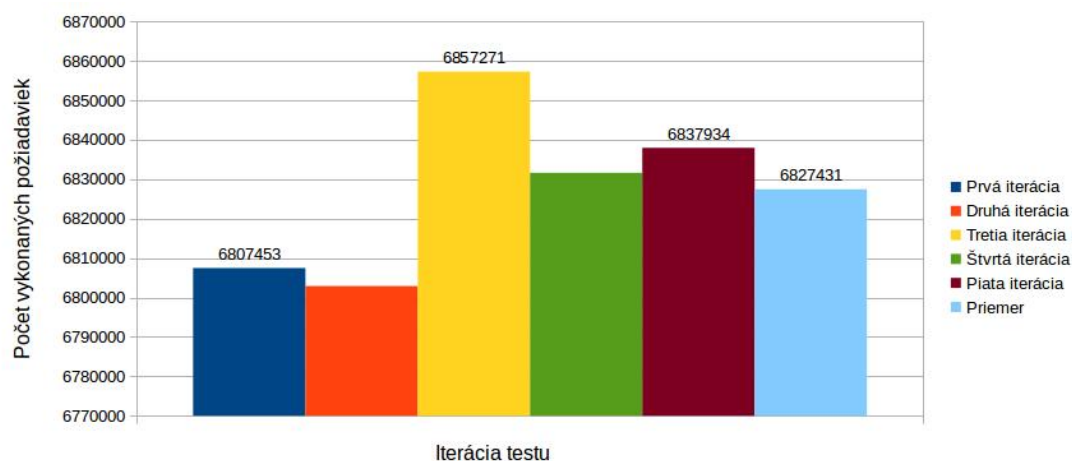
Celkový počet vykonaných požiadaviek: 336776

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 1122,587

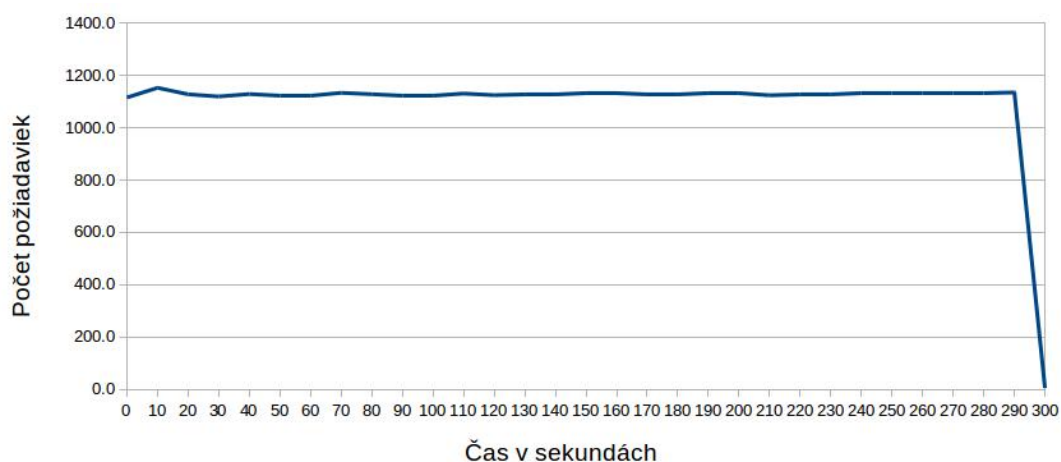
**Priemer**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 338572,3

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 1128,574



Obr. 5.27: Celkový počet vykonaných požiadaviek



Obr. 5.28: Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií

### Tretí test - 5120 znaková správa (5 KB)

#### 1. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 68625

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 228,750

#### 2. iterácia

Chyba, **viď. test 2.3.5.**

#### 3. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 68748

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 229,160

#### 4. iterácia

Chyba, **viď. test 2.3.5.**

#### 5. iterácia

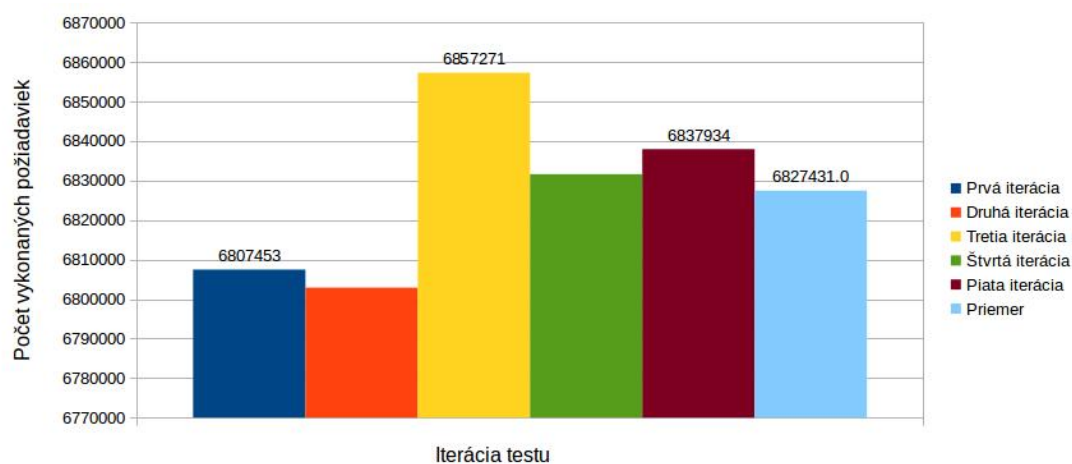
Celkový počet vykonaných požiadaviek: 68932

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 229,773

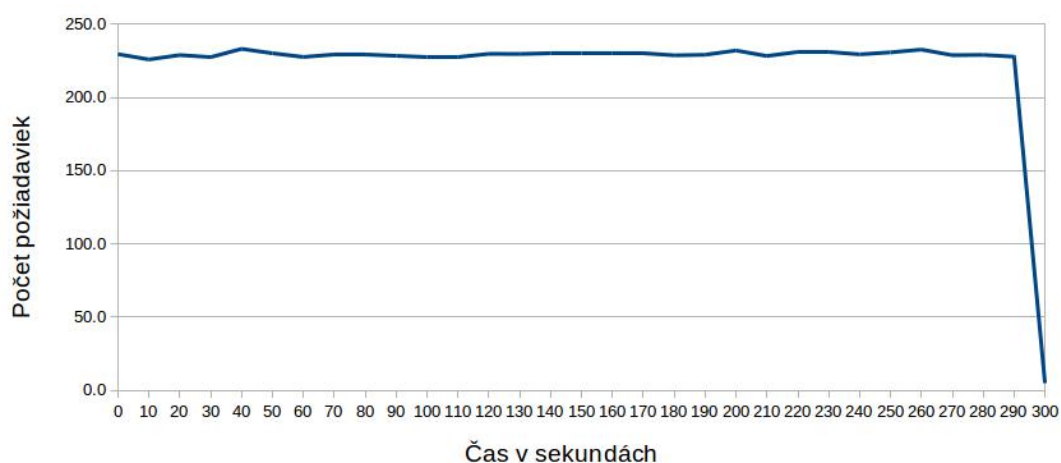
#### Priemer

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 68768,3

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 229,228



Obr. 5.29: Celkový počet vykonaných požiadaviek



Obr. 5.30: Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií

### Štvrtý test - 51200 znaková správa (50 KB)

#### 1. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 6794

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 22,647

#### 2. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 6743

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 22,477

**3. iterácia**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 6752

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 22,507

**4. iterácia**

Chyba, **viď. test 2.3.5.**

**5. iterácia**

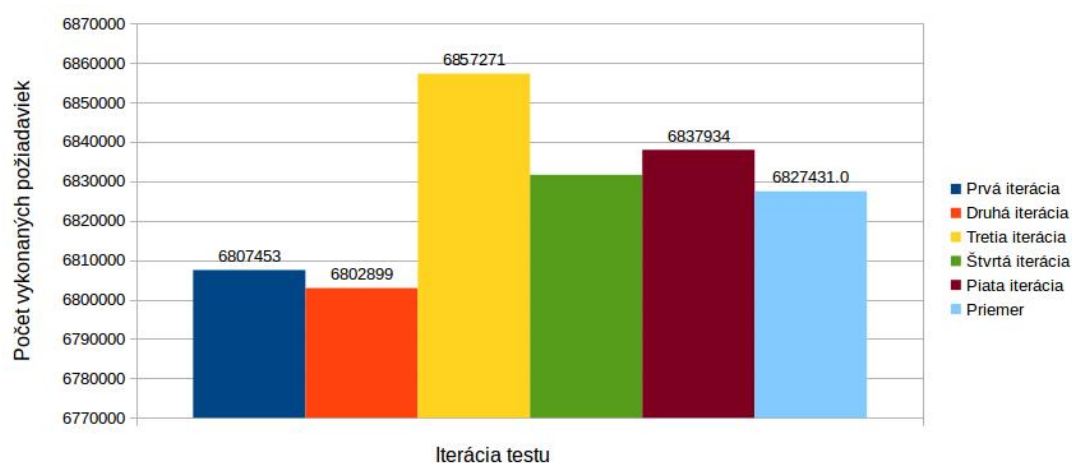
Celkový počet vykonaných požiadaviek: 6772

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 22,573

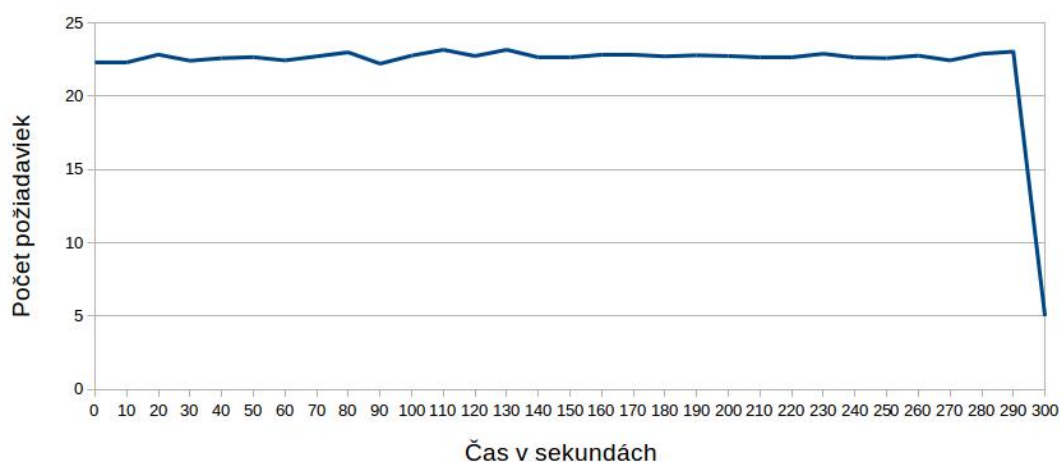
**Priemer**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 6765,3

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 22,551



Obr. 5.31: Celkový počet vykonaných požiadaviek



Obr. 5.32: Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií

### Piaty test - 512000 znaková správa (500 KB)

#### 1. iterácia

Chyba, **viď. test 2.3.5.**

#### 2. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 610

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 2,033

#### 3. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 612

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 2,040

#### 4. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 613

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 2,043

#### 5. iterácia

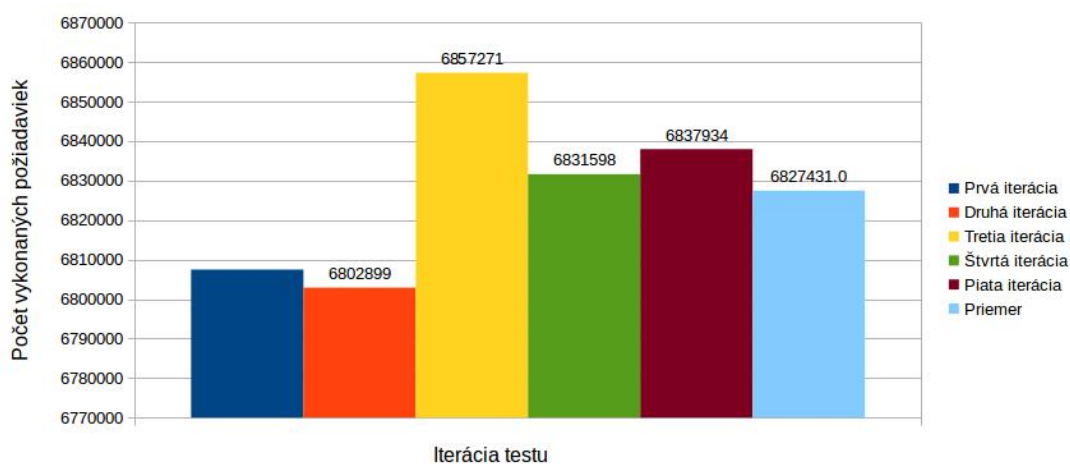
Celkový počet vykonaných požiadaviek: 615

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 2,050

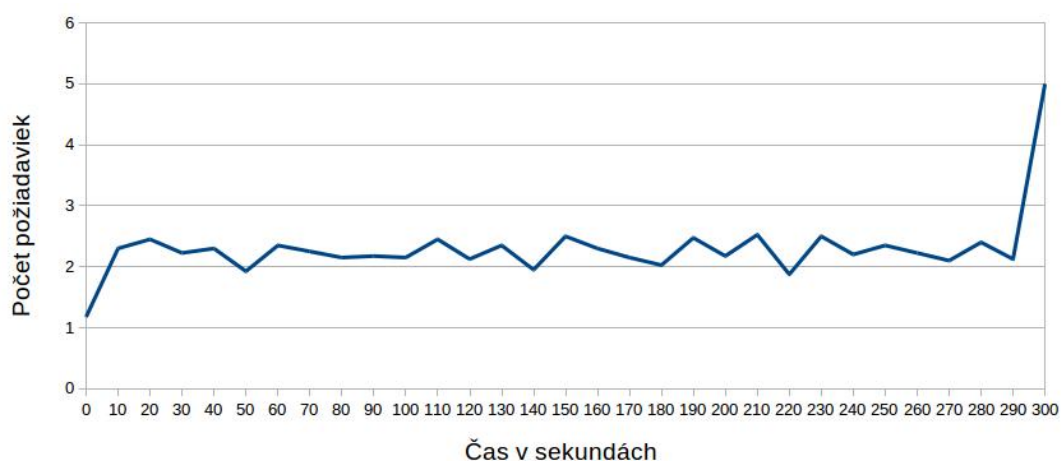
#### Priemer

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 612,5

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 2,042



Obr. 5.33: Celkový počet vykonaných požiadaviek



Obr. 5.34: Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií

- Gatling

### Prvý test - 5 znaková správa

#### 1. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 2578507

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 8595,023

#### 2. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 2606448

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 8688,160



**3. iterácia**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 2609597

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 8698,657

**4. iterácia**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 2516099

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 8386,997

**5. iterácia**

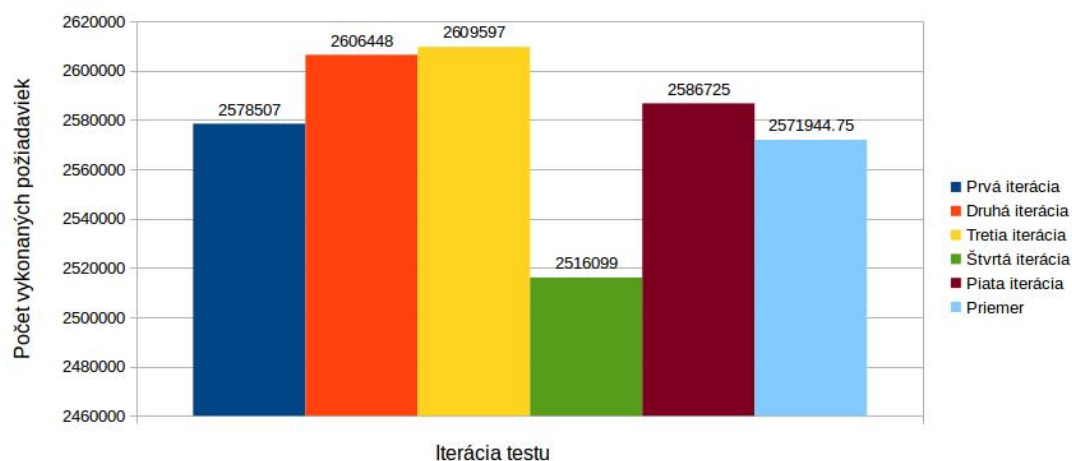
Celkový počet vykonaných požiadaviek: 2586725

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 8622,417

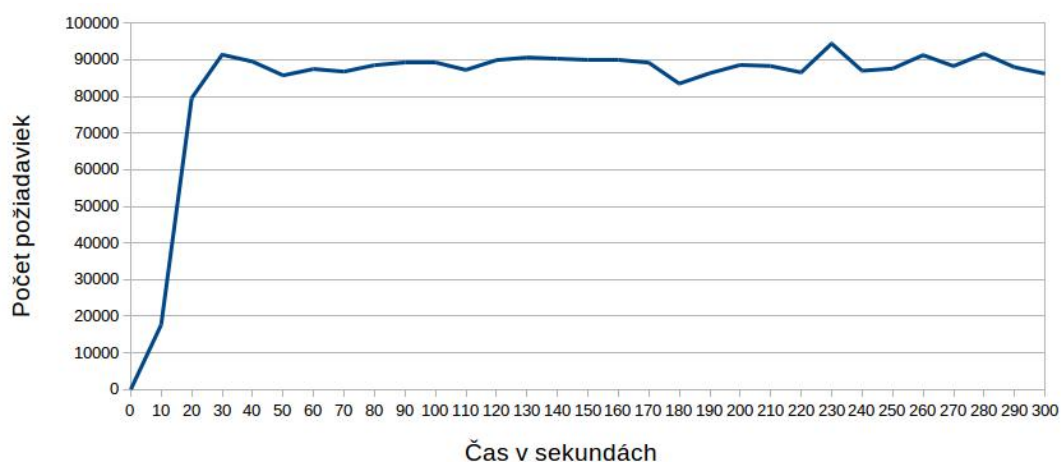
**Priemer**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 2571944,75

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 8573,149



Obr. 5.35: Celkový počet vykonaných požiadaviek



Obr. 5.36: Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií

## Druhý test - 1024 znaková správa (1 KB)

### 1. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 334502

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 1115,007

### 2. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 337257

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 1124,190

### 3. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 337315

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 1124,383

### 4. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 334833

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 1116,110

### 5. iterácia

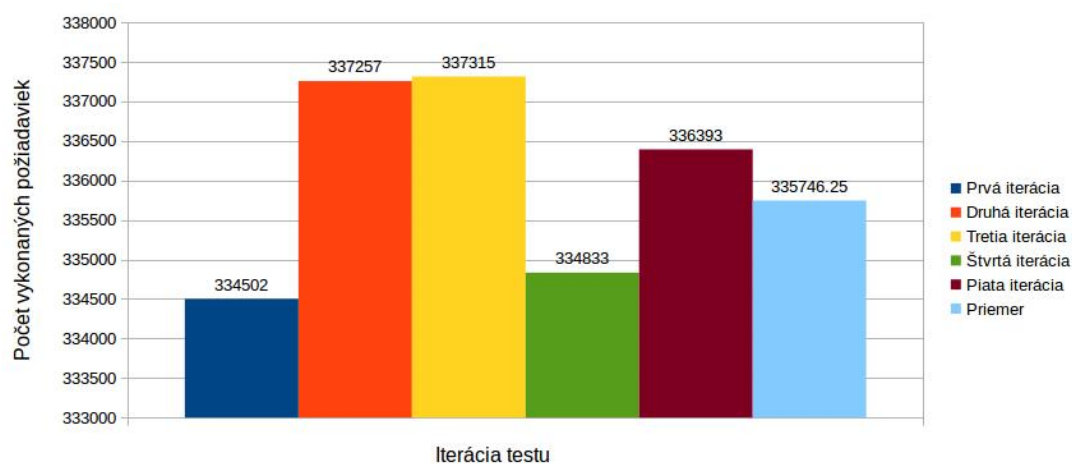
Celkový počet vykonaných požiadaviek: 336393

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 1121,310

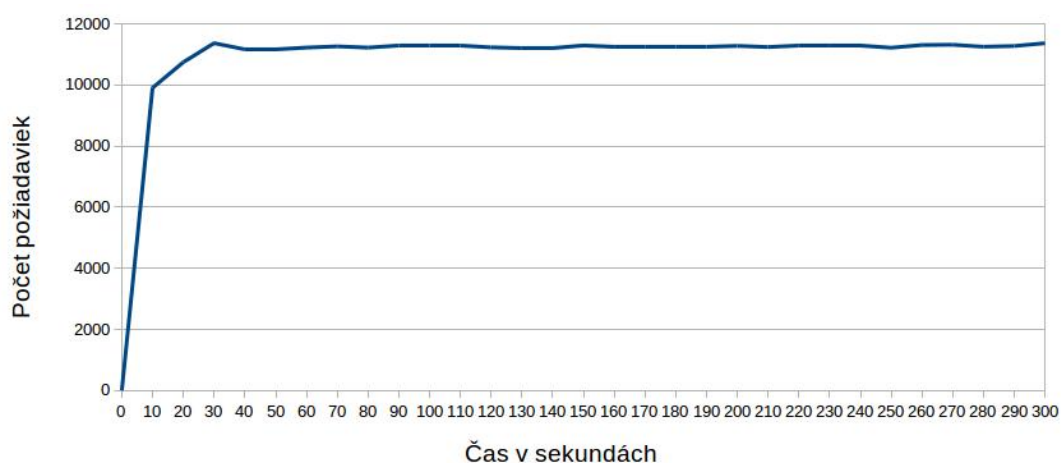
### Priemer

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 335746,25

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 1119,154



Obr. 5.37: Celkový počet vykonaných požiadaviek



Obr. 5.38: Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií

### Tretí test - 5120 znaková správa (5 KB)

#### 1. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 68448

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 228,160

#### 2. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 68762

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 229,207

**3. iterácia**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 68519

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 228,397

**4. iterácia**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 68745

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 229,150

**5. iterácia**

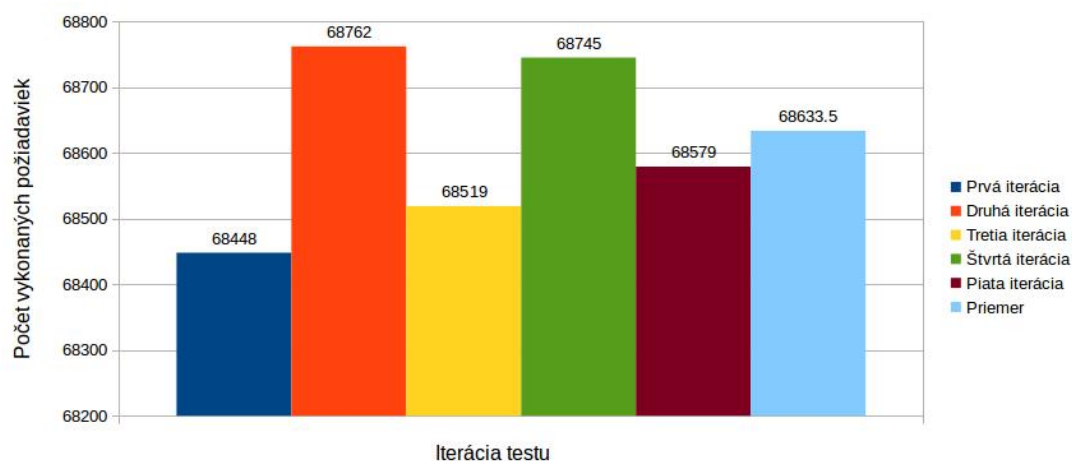
Celkový počet vykonaných požiadaviek: 68579

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 228,597

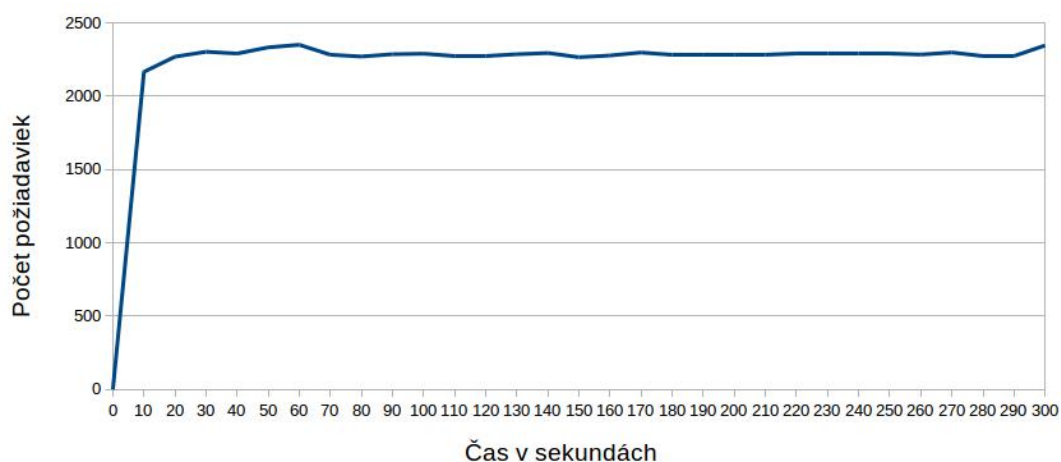
**Priemer**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 68633,5

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 228,778



Obr. 5.39: Celkový počet vykonaných požiadaviek



Obr. 5.40: Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií

#### Štvrtý test - 51200 znaková správa (50 KB)

##### 1. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 6829

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 22,763

##### 2. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 6832

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 22,773

##### 3. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 6818

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 22,727

##### 4. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 6806

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 22,687

##### 5. iterácia

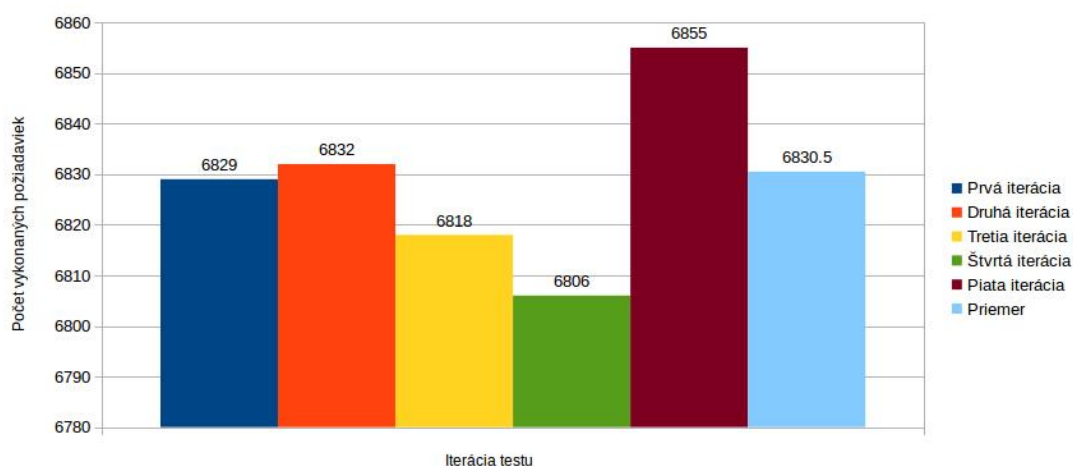
Celkový počet vykonaných požiadaviek: 6855

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 22,850

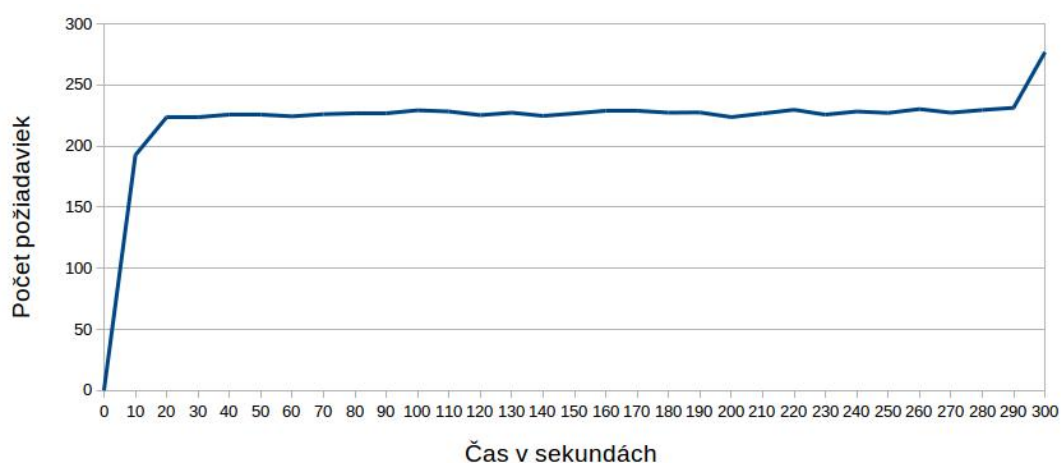
##### Priemer

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 6830,5

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 22,768



Obr. 5.41: Celkový počet vykonaných požiadaviek



Obr. 5.42: Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií

### Piaty test - 512000 znaková správa (500 KB)

#### 1. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 692

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 2,307

#### 2. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 692

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 2,307

**3. iterácia**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 689

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 2,297

**4. iterácia**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 693

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 2,310

**5. iterácia**

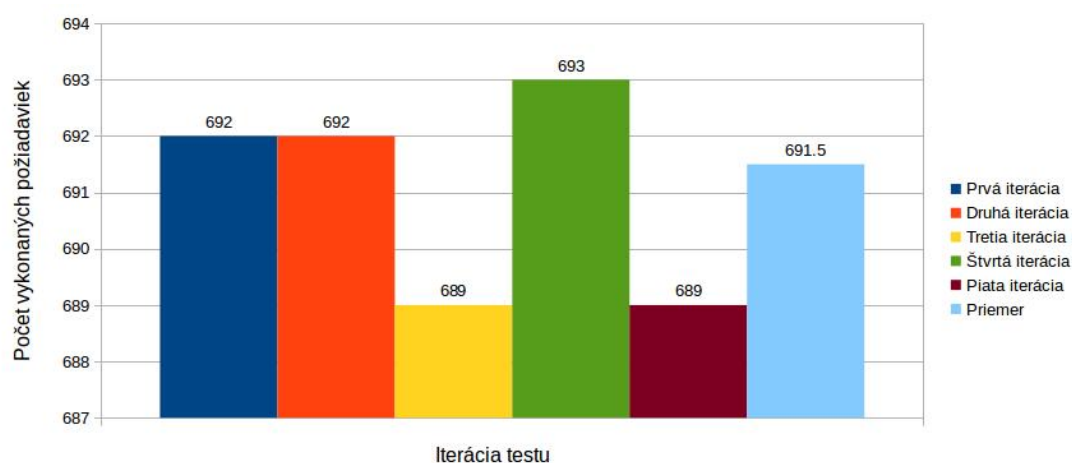
Celkový počet vykonaných požiadaviek: 689

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 2,297

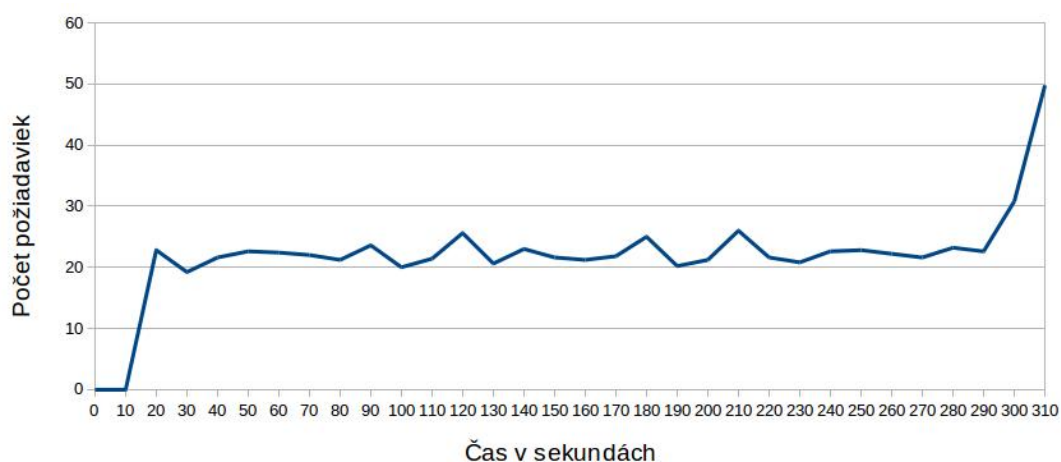
**Priemer**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 691,5

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 2,305



Obr. 5.43: Celkový počet vykonaných požiadaviek



Obr. 5.44: Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií

- Perfcake

#### 5.6.4 Základný JMS test so 100 klientmi

- Apache JMeter
- Faban

Dokumentácia Fabanu neobsahovala žiadne informácie o testovaní JMS. S vynaložením nemalého úsilia sa mi podarilo nájsť na internete blog, ktorý popisoval nastavenie Fabanu, tak aby s ním bolo možné testovať JMS. Článok neobsahoval informácie o nastavení atribútov potrebných pre testovanie JMS. Nadpis článku naznačoval, že existuje pokračovanie, ktoré sa mi nepodarilo nájsť. Z toho usudzujem, že Faban nepodporuje testovanie JMS. Článok bol publikovaný 21.4.2009[7].

- Gatling

Gatling dokumentácia obsahuje nastavenie testovacieho scenára pre testovanie JMS. Po nastavení všetkých parametrov testu sa pri testovaní objavuje výnimka "User NULL" naznačujúca, že nie je možné identifikovať užívateľa, pomocou ktorého je možné pristupovať k JMS frontám JBoss AS servera. Meno a heslo užívateľa som nastavil v súlade s návodom a tieto údaje sú rovnaké, ako pri nástrojoch Apache JMeter a Perfcake, u ktorých testy fungujú. Návod je k dispozícii na stránke <http://gatling.io/docs/2.1.1/jms.html>.

- Perfcake

Všetých päť iterácií JMS testu prebehlo bez problémov. Rozptyl medzi maximom a minimom je 2900 vykonaných požiadaviek.



**1. iterácia**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 113714

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 394.867

**2. iterácia**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 112162

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 413.784

**3. iterácia**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 112527

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 388.142

**4. iterácia**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 115062

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 397.234

**5. iterácia**

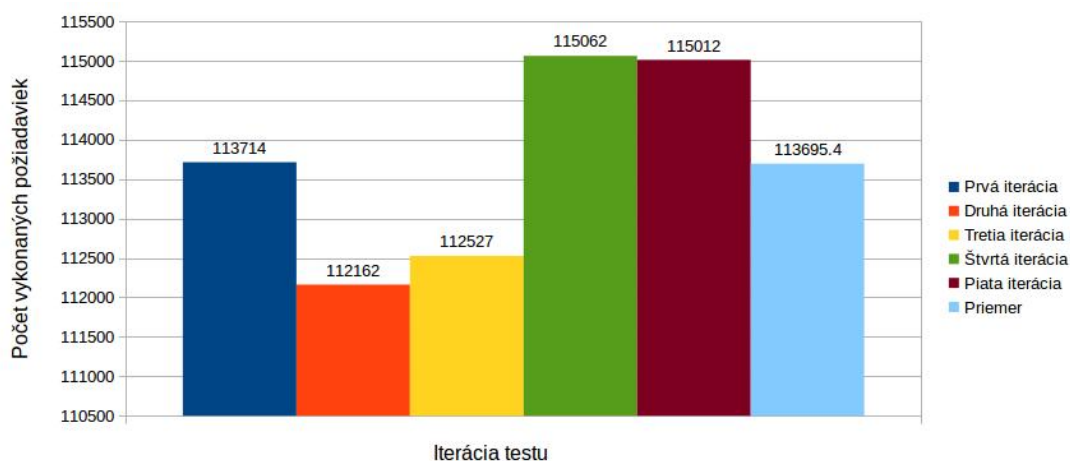
Celkový počet vykonaných požiadaviek: 115012

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 377.893

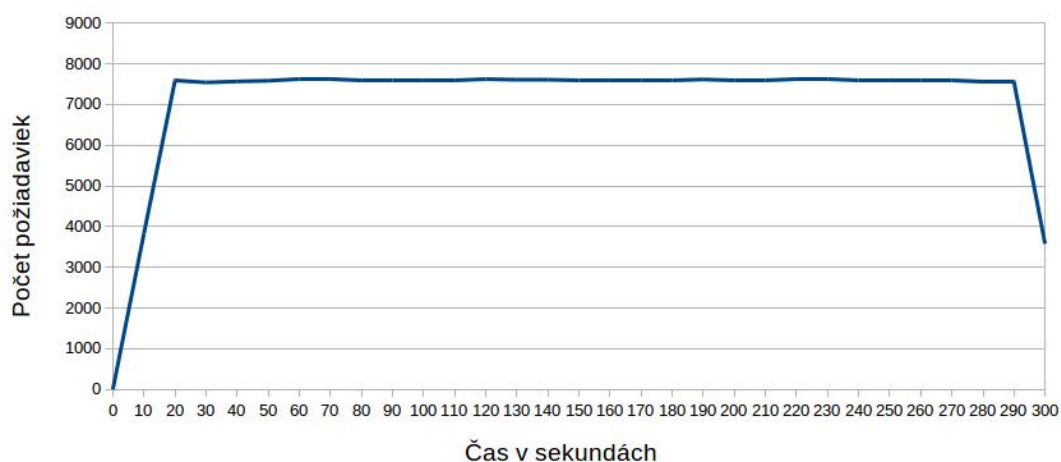
**Priemer**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 113695.4

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 378,985



Obr. 5.45: Celkový počet vykonaných požiadaviek



Obr. 5.46: Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií

#### 5.6.5 Základný test so 100 klientmi

- Apache JMeter
- Faban

##### 1. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 68286

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 227,620

##### 2. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 68590

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 228,633

##### 3. iterácia

Chyba, **viď. test 2.3.5.**

##### 4. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 67874

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 226,247

##### 5. iterácia

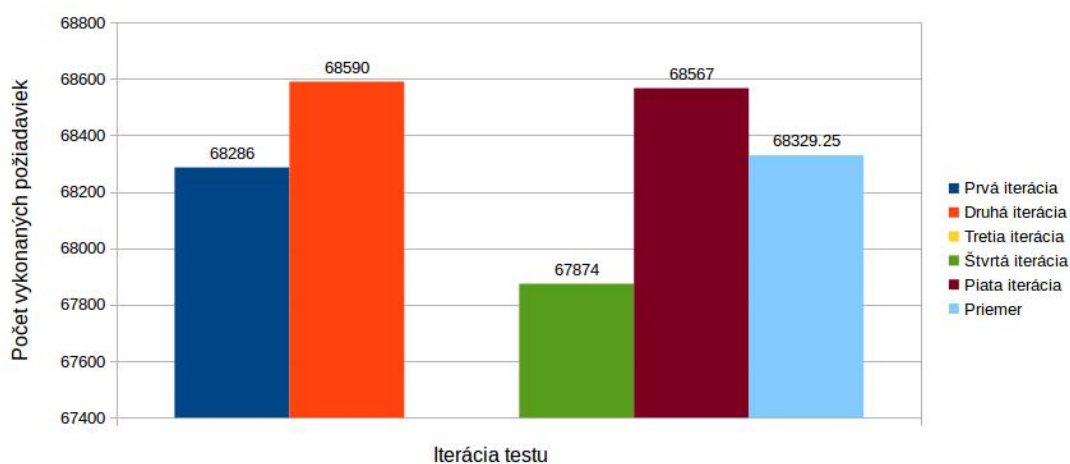
Celkový počet vykonaných požiadaviek: 68567

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 228,557

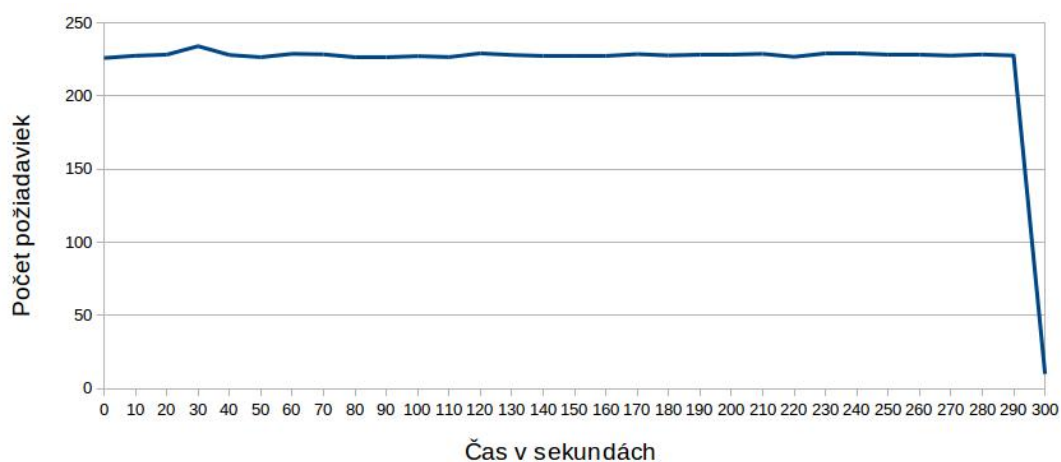
##### Priemer

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 68329,25

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 227,764



Obr. 5.47: Celkový počet vykonaných požiadaviek



Obr. 5.48: Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií

- Gatling

### 1. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 68775

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 229,250

### 2. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 68452

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 228,173

**3. iterácia**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 68495

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 228,317

**4. iterácia**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 68273

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 227,577

**5. iterácia**

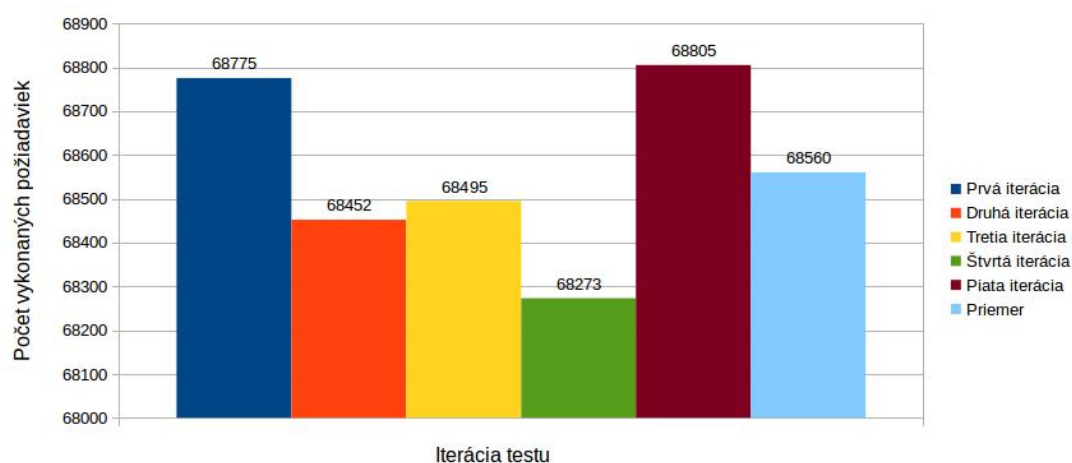
Celkový počet vykonaných požiadaviek: 68805

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 229,350

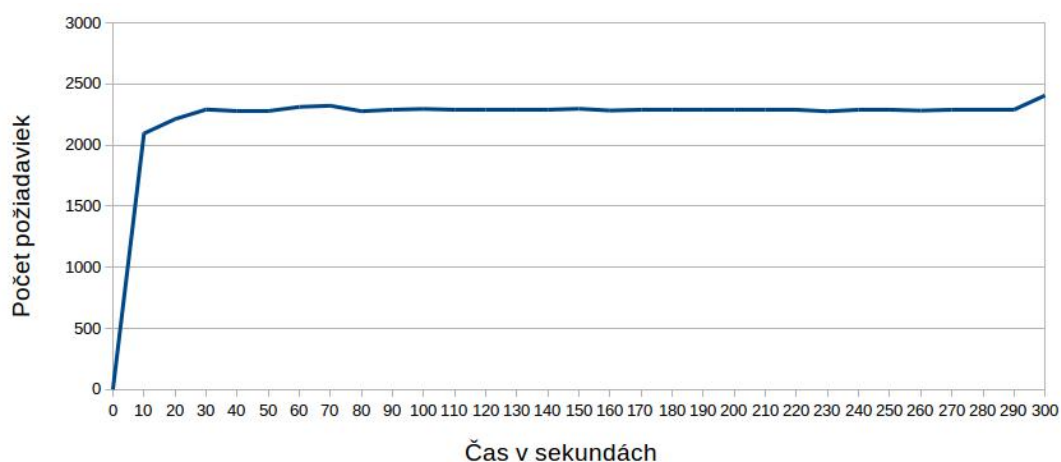
**Priemer**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 68560

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 228,533



Obr. 5.49: Celkový počet vykonaných požiadaviek



Obr. 5.50: Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií

- Perfcake

### 5.6.6 Vytrvalostný test

- Apache JMeter
- Faban

#### Bez úniku pamäte

##### 1. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 818265

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 227,296

##### 2. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 823862

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 228,851

##### 3. iterácia

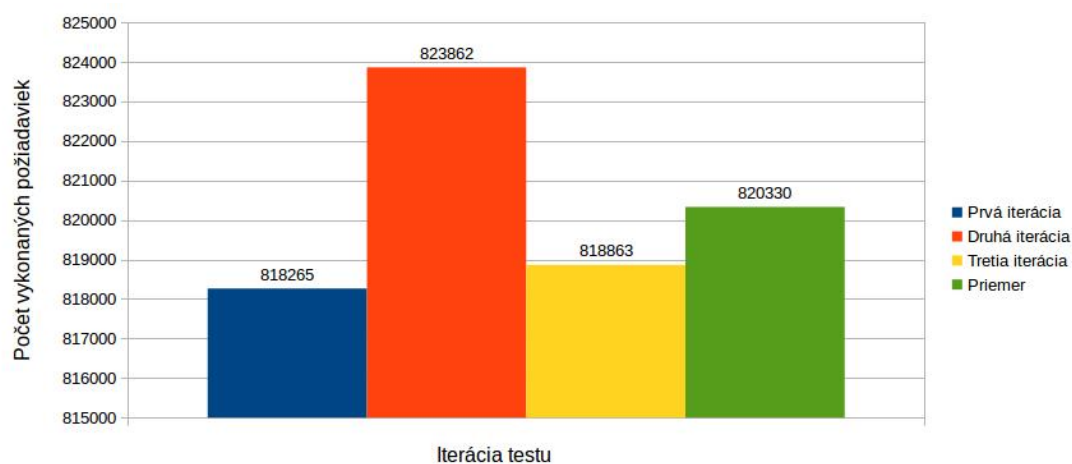
Celkový počet vykonaných požiadaviek: 818863

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 227,462

#### Priemer

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 820330

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 227,869



Obr. 5.51: Celkový počet vykonaných požiadaviek

## S únikom pamäte

### 1. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 822346

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 228,429

### 2. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 817627

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 227,119

### 3. iterácia

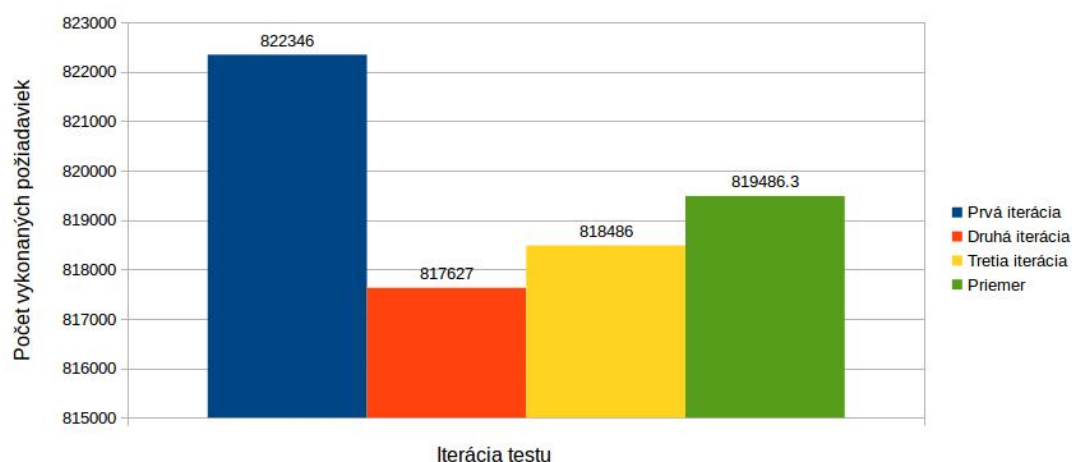
Celkový počet vykonaných požiadaviek: 818486

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 227,357

### Priemer

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 819486,3

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 227,635



Obr. 5.52: Celkový počet vykonaných požiadaviek

- Gatling
- Perfcake

### 5.6.7 Test teoretickej priepustnosti nástroja

- Apache JMeter
- Faban

#### 1. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 8385444

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 27951,480

#### 2. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 8670415

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 28901,383

#### 3. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 8810458

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 29368,193

#### 4. iterácia

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 8775981

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 29253,270

#### 5. iterácia

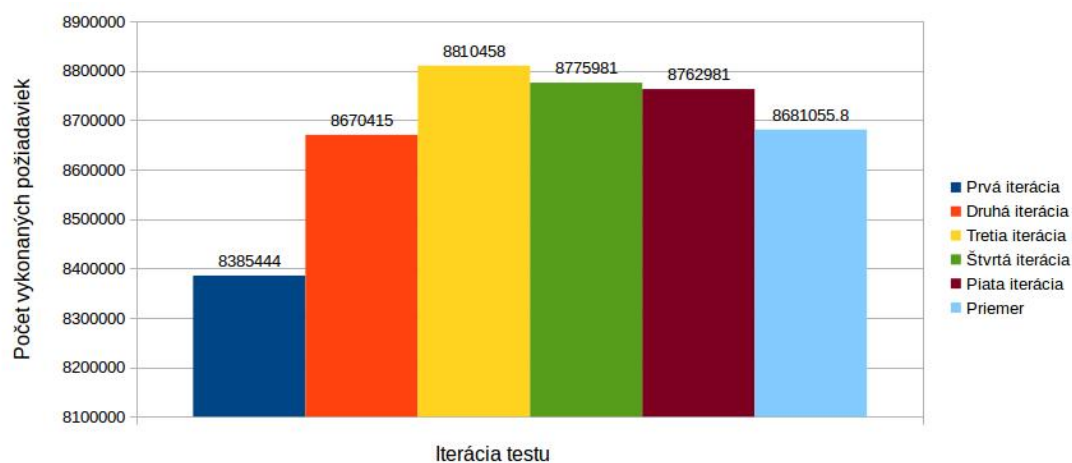
Celkový počet vykonaných požiadaviek: 8762981

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 29209,937

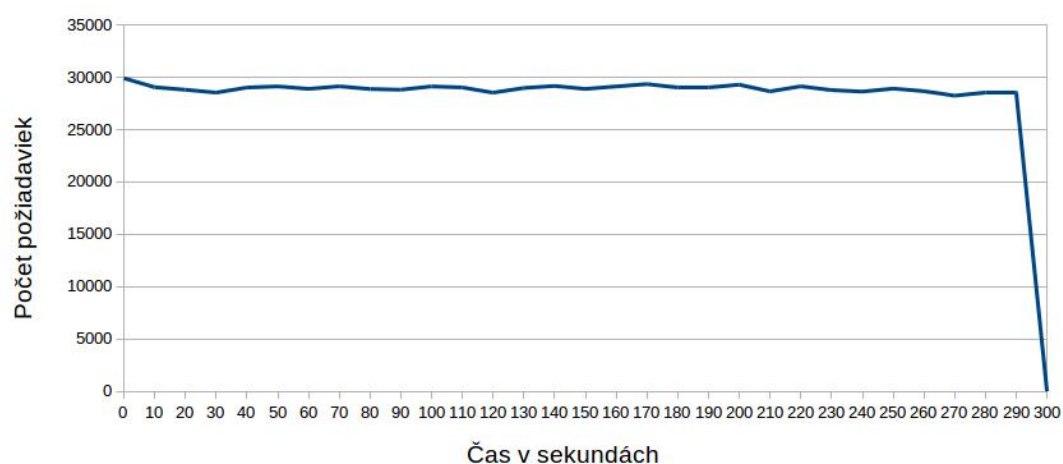
**Priemer**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 8681055,8

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 28936,853



Obr. 5.53: Celkový počet vykonaných požiadaviek



Obr. 5.54: Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií

- Gatling

**1. iterácia**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 3044179

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 10147,263



**2. iterácia**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 2846062

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 9486,873

**3. iterácia**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 2989634

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 9965,447

**4. iterácia**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 3034939

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 10116,463

**5. iterácia**

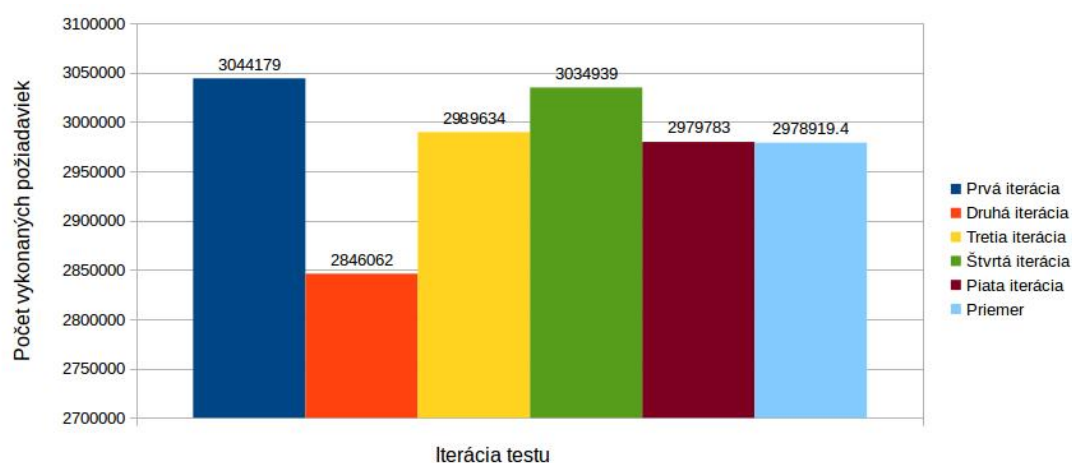
Celkový počet vykonaných požiadaviek: 2979783

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 9932,610

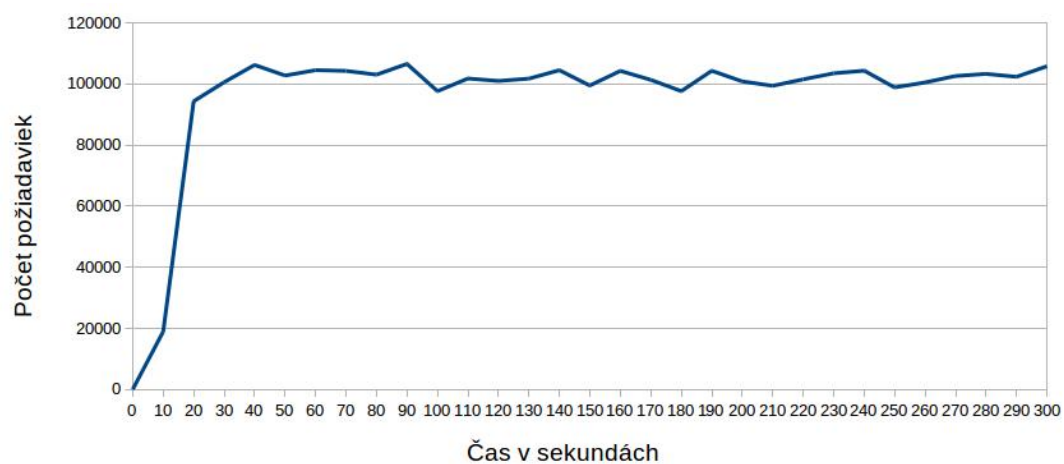
**Priemer**

Celkový počet vykonaných požiadaviek: 2978919,4

Priemerný počet vykonaných požiadaviek za sekundu: 9929,731



Obr. 5.55: Celkový počet vykonaných požiadaviek



Obr. 5.56: Časový priebeh vykonaných požiadaviek - aritmetický priemer všetkých iterácií

- Perfcake

## Kapitola 6

### Záver

#### 6.1 Zhrnutie

Cieľom práce bolo porovnanie nástrojov, ich vlastností a porovnanie výsledkov testov. Vďaka tomu si čitateľ môže vybrať jemu vyhovujúci nástroj. Pre zjednodušenie výberu na záver poskytujem stručné zhrnutie a porovnanie všetkých hodnotených kategórií. Súčasťou hodnotenia je aj tabuľka, ktorá pre každú kategóriu obsahuje známku od 1 do 4 reprezentujúcu umiestnenie nástroja v danej kategórii. Nižšie číslo znamená lepšie umiestnenie a ak nástroje dosiahli rovnaké výsledky, hodnotím ich rovnakou známkou.

- **Inštalácia**

V prvej kategórii hodnotím Apache JMeter a Perfcake známkou 1 a Gatling s Fabanom známkou 2. Všetky nástroje sa inštalujú veľmi jednoducho, stačí ich stiahnuť a rozbaliť. Gatling a Faban majú nižšiu známku, lebo požadujú JDK a nie JRE ako v prípade Apache JMeter a Perfcake.

- **Používanie**

Víťazmi kategórie sa stávajú Apache JMeter, Gatling a Perfcake. Práca s nimi je jednoduchá a rýchla. Vytvorené testy sa spúšťajú jedným príkazom. Faban vyžaduje pred spustením testov naštartovanie servera.

- **Dokumentácia**

Nebyť problému s JMS testami, víťazom by bol Gatling. Jeho dokumentácia je najprehľadnejšia a najlepšie sa v nej orientuje. Problém s nastavením JMS Gatling posunul za Apache JMeter a Perfcake, ktoré sa umiestnili na spoločnom prvom mieste. Dokumentácia oboch nástrojov dostačovala k riešeniu všetkých problémov a orientovalo sa v nej rovnako dobre. Posledný skončil Faban. Jeho dokumentácia je najmenej prehľadná.

- **Vývojové prostredia**

Kategóriu použiteľnosti vo vývojových prostrediach suverénne vyhráva Apache JMeter, ktorý poskytuje doplnok pre NetBeans, IntelliJ IDEA a Maven. Nasleduje Perfcake s podporou pre Eclipse Kepler a Maven, potom Gatling s podporou pre Maven a nakoniec Faban neposkytujúci žiadnu podporu pre vývojové prostredia.

- **Generovanie reportov**  
Generovanie reportov Gatlingu a Perfcake prebieha v scenároch, je jednoduché a rýchle. JMeter reporty je nutné nastaviť v grafickom užívateľskom rozhraní a dokumentácia nepopisuje nastavenie v scenároch, čo je jednoduchšia, ale hlavne rýchlejšia cesta. Najhoršie skončil Faban, v ktorom nie je možné zmeniť východiskový adresár pre ukladanie reportov a tým vzniká problém, ktorý som musel riešiť pomocou skriptov.
- **Tvorba testov**  
Perfcake testy sa tvoria najjednoduchšie a najrýchlejšie. Nasleduje Gatling s jazykom Scala, na ktorý som si musel chvíľu zvykať. Apache JMeter testy som musel vytvárať v grafickom užívateľskom prostredí, ktoré nie je také rýchle, ako písanie a upravovanie testov v textovom editore. Posledným je Faban, pre ktorý som musel vytvoriť Driver, profil testu a nakoniec samotný scenár.
- **JMS testy**
- **Monitorovanie pamäte**
- **Výsledky testov**
- **Spôľahlivosť výsledkov**
- **Teoretická priepustnosť**
- **Priemer**  
Priemer je vypočítaný ako súčet všetkých známok vydelený počtom hodnotených kategórií. Tým získam priemernú známku a na jej základe určujem najlepší nástroj.

### Apache Jmeter

#### Plusy

- + Podpora pre IDE
- + Wiki a FAQ stránky
- + Je súčasťou ubuntu softvérového centra

#### Mínusy

Kategória	Apache JMeter	Faban	Gatling	Perfcake
Inštalácia	1	2	2	1
Používanie	1	2	1	1
Dokumentácia	1	4	3	1
Vývojové prostredia	1	4	3	2
Generovanie reportov	2	3	1	1
Tvorba testov	3	4	2	1
JMS testy				
Monitorovanie pamäte				
Výsledky testov				
Spoľahlivosť výsledkov				
Teoretická priepustnosť				
Priemer				

Tabuľka 6.1: Gatling argumenty

- Chýbajúce informácie o ďalšom vývoji
- Miestami zastaralá dokumentácia

### Perfcake

#### Plusy

- + Aktívny vývoj nových verzií
- + Prehľadná dokumentácia
- + Strmá krivka učenia

### Mínusy

- Neexistuje grafické prostredie
- Potrebná základná znalosť značkových jazykov

### **Faban**

#### Plusy

- + SPECS

#### Mínusy

- Chýbajúca podpora pre IDE
- Neaktívny vývoj
- Port 9999 používa Faban, aj JBoss AS
- Najaktuálnejšia verzia bola vydaná 26.9.2013
- Zložitá tvorba a upravovanie scenárov

### **Gatling**

#### Plusy

- + Dokumentácia
- + Výsledky zobrazené v grafickom prostredí

#### Mínusy

- Chýbajúce informácie o ďalšom vývoji
- Úprava a tvorba scenárov vyžaduje znalosti jazyka Scala
- Neexistuje grafické prostredie

## Literatúra

- [1] W. Garside. Computing power: capacity on demand. [www.computerweekly.com/feature/Computing-power-capacity-on-demand](http://www.computerweekly.com/feature/Computing-power-capacity-on-demand). Navštívené: 22.6.2014.
- [2] J. Sochor. ÚVT MU zpravodaj. [www.ics.muni.cz/bulletin/articles/61.html](http://www.ics.muni.cz/bulletin/articles/61.html). Navštívené: 22.6.2014.
- [3] Ian Molyneaux. *The Art of Application Performance Testing*. O'Reilly Media, Inc., Sebastopol, first edition edition, 2009.
- [4] Apache Software Foundation. Apache jmeter. <http://jmeter.apache.org/index.html>. Navštívené: 19.12.2014.
- [5] Faban. <http://faban.org/about.html>. Navštívené: 19.12.2014.
- [6] Gatling. <http://gatling.io/docs/2.1.1/>. Navštívené: 19.12.2014.
- [7] Kim LiChong. How to write a jms faban driver (part one). [https://blogs.oracle.com/klc/entry/using\\_faban\\_as\\_an\\_asynchronous](https://blogs.oracle.com/klc/entry/using_faban_as_an_asynchronous). Navštívené: 22.6.2014.

## Dodatok A

### Obsah priloženého CD

Súčasťou tejto práce je aj CD obsahujúce všetky materiály, ktoré boli vytvorené v rámci písania práce. Adresárová štruktúra CD vyzerá nasledovne:

```
/
├── Bakalárska práca
│   ├── img..... Adresár s obrázkami použitými v práci
│   ├── bibliografie.bib..... Bibliografická databáza práce
│   ├── bp.tex..... Zdrojový kód práce
│   └── bp.pdf..... Hotová práca
├── klient.zip..... Archív obsahujúci klientskú časť testov
│   ├── 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7..... Symbolické odkazy k adresárom
│   ├── 1.Zakladny test s jednym klientom..... Adresár s testom
│   ├── 2.Rastuce mnozstvo klientov..... Adresár s testom
│   ├── 3.Rastuca velkost spravy..... Adresár s testom
│   ├── 4.JMS zakladny test so 100 klientmi..... Adresár s testom
│   ├── 5.Zakladny test so 100 klientmi..... Adresár s testom
│   ├── 6.Vytrvalostny test..... Adresár s testom
│   ├── 7.Test teoretickej priepustnosti nastrojov... Adresár s testom
│   └── Nastroje..... Adresár obsahujúci nástroje
│       ├── apache-jmeter-2.11..... Nástroj Apache JMeter
│       ├── faban..... Nástroj Faban
│       ├── gatling-charts-highcharts-2.0.1..... Nástroj Gatling
│       ├── change_runtime.sh..... Skript meniaci čas testov
│       ├── change_server_and_port.sh..... Skript meniaci server a port
│       ├── open_scenarios.sh..... Skript otvárajúci scenáre
│       ├── remove_all_logs.sh..... Skript odstraňujúci všetky logy a reporty
│       ├── remove_big_logs.sh..... Skript odstraňujúci veľké logy a reporty
│       ├── restart_faban.sh..... Skript reštartujúci Faban server
│       └── run_all.sh..... Skript spúšťajúci testy
├── server.zip..... Archív obsahujúci serverovú časť testov
│   ├── Nastroje..... Adresár obsahujúci JBoss AS server
│   │   └── jboss-as-7.1.1.Final..... JBoss AS server
│   └── ssh_restart_jboss.sh..... Skript reštartujúci JBoss AS server
```