

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

Modelování a simulace
Model infrastruktury voleb v ČR

Obsah

1. Úvod	1
1.1 Autoři a zdroje informací	1
1.2 Ověřování validity modelu	1
2. Rozbor tématu a použitých metod/technologií	1
2.1 Popis použitých postupů	2
2.2 Popis původu použitých metod a technologií	2
2.3 Generátor příchodů	2
2.4 Volební místnost	3
2.5 Sčítání a odvoz hlasů	4
3. Koncepce	4
3.1 Popis modelu	4
3.2 Důležité části modelu	5
4. Architektura simulačního modelu/simulátoru	6
4.1 Struktura simulačního modelu	6
4.2 Výstupy simulátoru	7
5. Podstata simulačních experimentů a jejich průběh	7
5.1 Postup experimentování	7
5.2 Dokumentace jednotlivých experimentů	8
5.3 Závěry experimentů	10
6. Shrnutí simulačních experimentů a závěr	11
Reference	11
Přílohy	13

1. Úvod

Tato technická zpráva vznikla jako součást projektu do předmětu Modelování a simulace. Jejím obsahem je popis návrhu a implementace modelu (viz [1], slajd č. 7) infrastruktury voleb v České republice a následně popis průběhu řady experimentů prováděných nad tímto systémem (viz [1], slajd č. 7), které jsou zaměřené na časový průběh zpracování výsledků voleb. Model využívá rozdělení republiky na 76 okresů, přičemž jsou v každém z okresů volební místnosti (odpovídající jednotlivým volebním okrskům) agregovány do jedné volební místnosti s příslušným počtem voličů a volebních komisařů. Pro vytvoření abstraktního modelu (viz [1], slajd č. 42) bylo potřeba získat informace o rozdělení voličů do okresů, rozložení příchodů voličů v čase, průběhu volení a sčítání a svozu hlasů. Cílem této práce je zkoumat závislosti mezi účastí a dobou potřebnou k vyhodnocení výsledků a ověřit, do jaké míry je volební infrastruktura v České republice schopná zvládat volby s nadprůměrnou volební účastí.

1.1 Autoři a zdroje informací

Autory práce jsou studenti Fakulty informačních technologií Vysokého učení technického v Brně Nikola Valešová (xvales02) a Ondřej Valeš (xvales03). Průběh jednotlivých částí voleb a také délky jejich trvání byly konzultovány s pravidelnými členy volební komise – panem Martinem Řezaninou, který působí v obci Ostrovačice, a slečnou Lenkou Kubovou, která je členkou volební komise ve městě Zábřeh. Informace jsou čerpány z databáze ČSÚ a z materiálů poskytnutých členy volebních komisí. Experimentálně určit délku trvání voleb nebylo možné, protože v době vytváření modelu se žádné volby nekonaly.

1.2 Ověřování validity modelu

Validita (viz [1], slajd č. 37) vytvářeného modelu byla průběžně ověřována experimentálně, tedy opakovaným spouštěním simulace (viz [1], slajd č. 8) a srovnáváním výsledků a statistik simulace se získanými údaji o průběhu voleb v roce 2013 a 2016. Ke statistikám o průběhu jiných voleb se nám bohužel nepodařilo získat přístup. Pro ověření validity byl model rozdělen na tři části: generátor příchodů, model volební místnosti a model sčítání a svozu hlasů.

Výsledky generátoru příchodů byly porovnávány s údaji o volební účasti z veřejné databáze ČSÚ (viz příloha Základní údaje o volební účasti). Modely volební místnosti a sčítání a svozu hlasů byly konzultovány se členy volební komise.

Ověření validity modelu jako celku bylo provedeno porovnáním s časovým průběhem voleb z roku 2013 poskytnutým ČSÚ (viz příloha Základní údaje o průběhu voleb).

2. Rozbor tématu a použitých metod/technologií

Volby v České republice probíhají vždy v pátek od 14:00 do 22:00 a v sobotu od 8:00 do 14:00. Každý volič musí být zaregistrován volební komisí, které předloží platný průkaz totožnosti nebo voličský průkaz (člen komise zkontroluje platnost průkazu a příslušnost voliče k volebnímu okrsku). Pokud je volič oprávněn v daném okrsku hlasovat, obdrží úřední obálku. Potom za plentou vloží svůj hlas do úřední obálky, kterou vhodí do urny.

Po skončení voleb jsou hlasy komisí sečteny a je vyhotoven protokol obsahující výsledky. Pokud při sčítání dojde k chybě (nesouhlasí počet hlasů a vydaných úředních obálek, rozdělení hlasů jednotlivým stranám), je sčítání opakováno. Po sečtení hlasů jsou výsledky odeslány do sběrného centra ČSÚ [5].

Z pohledu modelování a simulace se jedná o diskrétní simulaci (viz [1], slajd č. 32).

2.1 Popis použitých postupů

Pro implementaci byl použit jazyk C++, protože jeho rozšířením je simulační knihovna SIMLIB, která obsahuje nástroje pro definici modelu, řízení simulace a sběr výsledků experimentů. Další výhodou je možnost využití objektově orientovaného programování.

2.2 Popis původu použitých metod a technologií

Knihovna SIMLIB je dostupná na <http://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/> a je šířena pod licencí GNU LGPL.

2.3 Generátor příchodů

Intervaly mezi příchody jednotlivých voličů musí respektovat počet voličů v jednotlivých okresech a předpokládanou volební účast. Průměrnou dobu mezi příchody můžeme určit ze vztahu:

$$A = \frac{t}{p}$$

kde t je celková doba po kterou se volí a p je počet voličů, kteří se volby účastní (určeno na základě celkového počtu voličů a účasti). Průměrná doba mezi příchody A je potom použita jako parametr generátoru s exponenciálním rozložením, který simuluje příchody jednotlivých voličů.

Takovýto generátor nerespektuje různou četnost příchodů v danou denní dobu (voliči přicházejí častěji po skončení pracovní doby), proto je třeba jej upravit tak, aby v době se zvýšenou četností příchodů používal jiný parametr A než v době s normální četností příchodů.

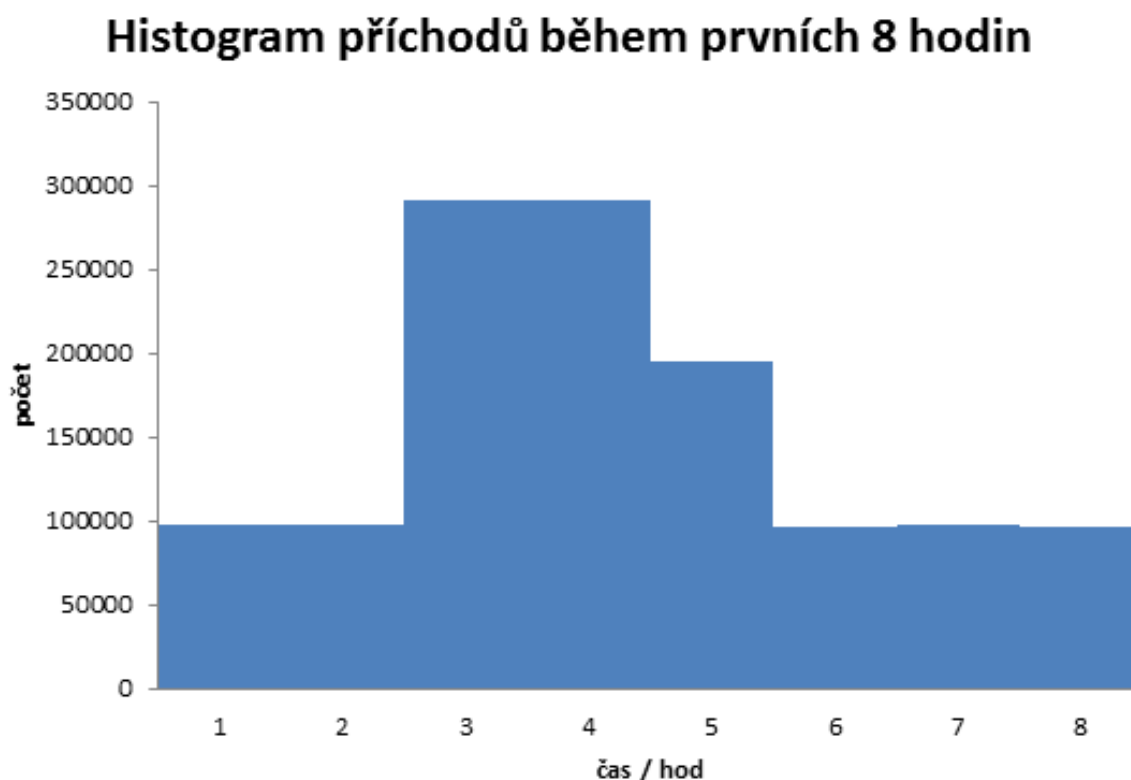
Průměrná doba mezi příchody ve špičce a mimo ni:

$$\frac{l}{B} + \frac{h}{B/n} = \frac{t}{A}$$

kde l je doba po kterou přicházejí voliči s normální četností, h je doba po kterou přicházejí voliči se zvýšenou četností, B je průměrná doba mezi příchody mimo špičku a n udává poměr mezi počtem příchodů ve špičce a mimo ni (B/n je potom průměrná doba mezi příchody ve špičce – za stejný časový úsek má přijít n krát více lidí, doba mezi příchody tedy musí být n krát menší). Výsledný generátor umožňuje modelovat dvě četnosti příchodů se zachováním celkového počtu voličů.

Přesné informace o příchodech voličů v čase se nám nepodařilo získat. Proto jsme se rozhodli pro návrh generátoru použít příchody zákazníků do obchodu. Předpokládáme, že příchody voličů a zákazníků se řídí stejnými zákonitostmi a že špička nastává ve stejnou dobu (lidé k volbám budou přicházet ve svém volném čase stejně jako do obchodu, tedy hlavně v pátek po pracovní době).

Na základě konzultace se zaměstnancem obchodního domu Lidl (viz příloha Konzultace) bylo určeno, že špička nastává v pátek mezi 16:00 a 18:30 a v sobotu od 10:00 do 12:00. Během špičky přichází přibližně třikrát více lidí než mimo ni.



Graf 1 – Ukázka rozložení příchodů v čase

Na grafu 1 je ukázka výsledků generátoru příchodů, který modeluje špičku od začátku třetí hodiny do poloviny páté hodiny od začátku voleb (pátek mezi 16:00 a 18:30), přičemž ve špičce mají voliči přicházet s třikrát větší četností. Můžeme si všimnout, že mimo špičku přijde přibližně 100 tisíc lidí za hodinu, během špičky 300 tisíc, což odpovídá předpokladu, podle kterého byl generátor vytvořen. Pátá hodina voleb spadá z poloviny do špičky a z poloviny mimo ni, počet příchodů v páté hodině je tedy průměrem příchodů během a mimo špičku.

2.4 Volební místnost

Na každý volební okrsek připadá volební místnost s komisí. Po příchodu do místnosti se volič nejprve zaregistruje u komise (tento úkon se skládá z vyhledání voliče v abecedním seznamu jmen, ověření totožnosti a vydání úřední obálky). Celý tento proces trvá přibližně 10 až 20 sekund (viz příloha Konzultace). V každé volební místnosti se nachází několik kabin s plentou (informace o průměrném počtu kabin ve volebních místnostech se nám nepodařilo získat, pro účely modelování byla jako vzor použita volební místnost okrsku Zastávka obsahující 2 volební kabiny), za kterou volič vloží vybraný list do úřední obálky. Tento úkon zabere v průměru 2 minuty (viz příloha Konzultace). Nakonec volič odevzdá svůj hlas vhozením úřední obálky do urny (zanedbatelná doba).

2.5 Sčítání a odvoz hlasů

Po skončení voleb jsou hlasy sečteny. Sčítání probíhá v několika krocích. Nejprve jsou odstraněny neplatné hlasy, potom je určen celkový počet platných hlasů, dále jsou hlasy rozděleny mezi jednotlivé strany a nakonec se určují kontrolní součty (součet hlasů přidělených jednotlivým stranám odpovídá celkovému počtu platných hlasů, počet platných hlasů nepřesahuje počet voličů v okrsku) [5]. Doba potřebná k sečtení hlasů závisí na počtu odevzdaných hlasů, sečtení 10 hlasů zabere přibližně 3 až 7 minut (viz příloha Konzultace). Pokud je při kontrolních součtech odhalena nesrovnalost, celý proces sčítání se opakuje. Po úspěšném sečtení jsou výsledky odeslány do centra, čekání na auto 20 minut a odvoz hlasů 75 minut.

3. Koncepce

Cílem projektu je navrhnout model voleb pro diskrétní simulaci v jazyce C++/SIMLIB a dále experimentováním s tímto modelem zkoumat, jak se při různé volební účasti bude měnit čas potřebný k sečtení hlasů a jestli volební infrastruktura ČR zvládne i volby s nadprůměrnou účastí (zvláště na základě tvoření front v jednotlivých místnostech).

Systém (viz [1], slajd č. 7) voleb lze rozdělit na tři hlavní části: generátor příchodů, systém obsluhující voliče (volební místnost) a sčítání a odvoz hlasů.

3.1 Popis modelu

Model bude použit pro zjišťování celkové doby vyhodnocování výsledků, proto neobsahuje jednotlivé volební okrsky, ale agreguje je do okresů. Každému okresu tak připadá jedna volební místnost, do které přicházejí voliči z celého okresu. Agregovaná místnost obsahuje komise, plenty a urny ze všech okrsků. Volič využije libovolnou dostupnou komisi/plentu/urnu v místnosti, není tedy omezován svou příslušností k okrsku. Při sčítání jsou hlasy rovnoměrně rozděleny mezi komise ve volební místnosti. Doba sčítání, pravděpodobnost udělení chyby a odvoz do centra je pro celou agregovanou místnost společný.

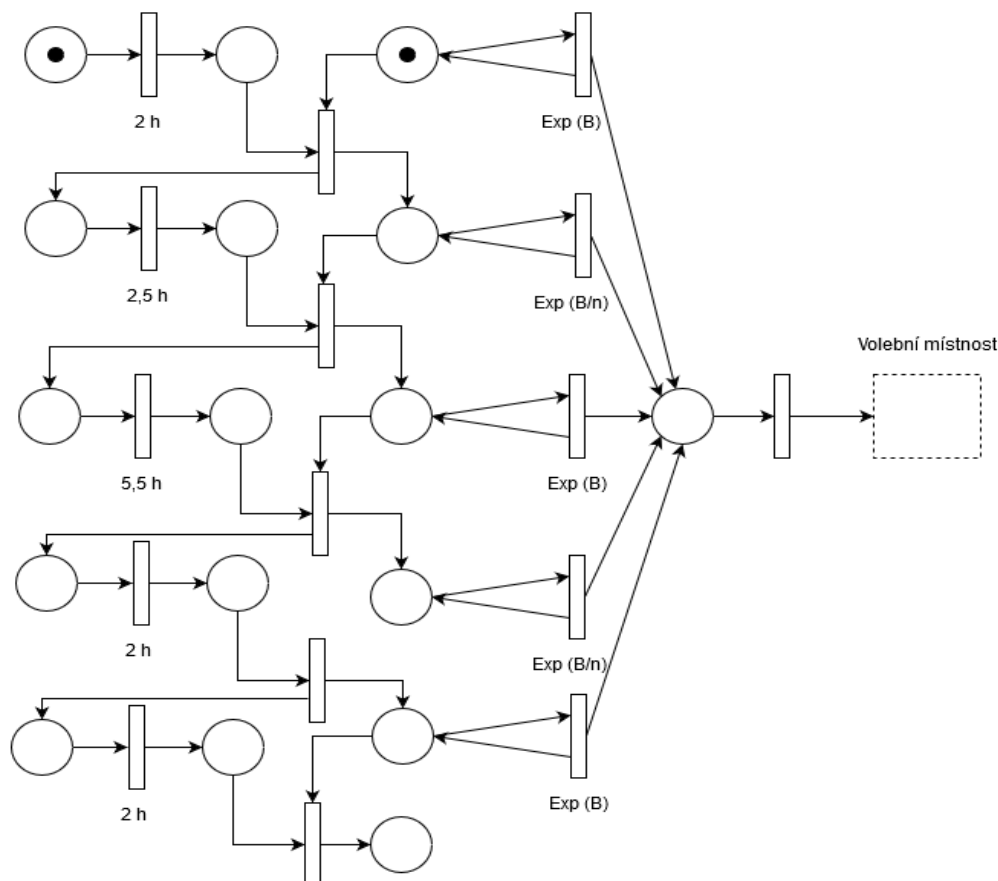
Celý model se skládá ze 76 agregovaných volebních místností odpovídajících jednotlivým okresům. Údaje o okresech (počet okrsků, počet voličů a název) jsou převzaty z veřejné databáze ČSÚ (viz příloha Základní údaje o volební účasti).

Celé volby probíhají ve dvou dnech, pro účely simulace byly tyto dva volební dny sloučeny do jediného dlouhého volebního okna. Tuto abstrakci jsme si mohli dovolit, protože používáme diskrétní simulaci a po uzavření volební místnosti by se modelový čas (viz [1], slajd č. 21) okamžitě posunul na čas otevření další den. Pro tyto účely bylo přepočítány intervaly ve kterých přichází více voličů.

Výstupem experimentování s modelem jsou informace o maximálních délkách front v jednotlivých místnostech a doby sčítání, odvozu a odevzdání hlasů.

3.2 Důležité části modelu

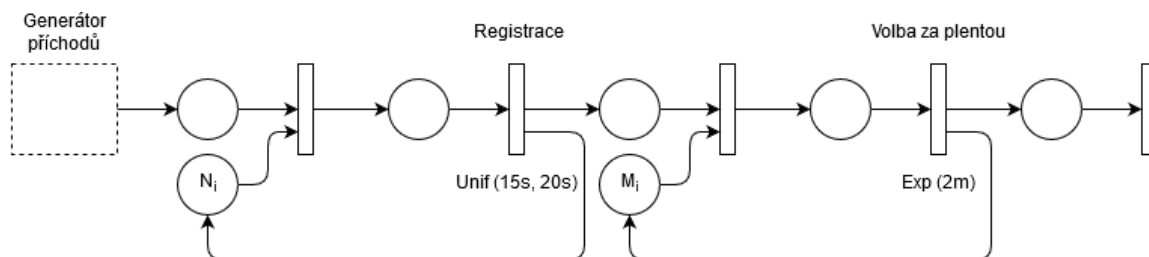
Generátor příchodů:



Obrázek 1 – Generátor příchodů

Generátor příchodů umožňuje generovat příchody se dvěma různými četnostmi, vyšší četnost ve špičce, nižší mimo ni. Volby začínají v pátek ve 14:00, do 16:00 je období mimo špičku (2 hodiny), od 16:00 do 18:30 nastává období páteční špičky (2,5 hodiny), volební místnosti se uzavírají ve 22:00. V sobotu se volí od 8:00, do 10:00 je období mimo špičku (celkem 5,5 hodiny – 3,5 hodiny v pátek večer, 2 hodiny v sobotu ráno). Špička nastává v sobotu mezi 10:00 a 12:00 (2 hodiny), volební místnosti se uzavírají v 14:00 (2 hodiny). Poměr n příchodů voličů ve špičce a mimo ni je 3.

Agregovaná volební místnost:



N_i – počet volebních okrsků v okrese (= počet komisí)

M_i – počet volebních kabin (= $N_i * 2$)

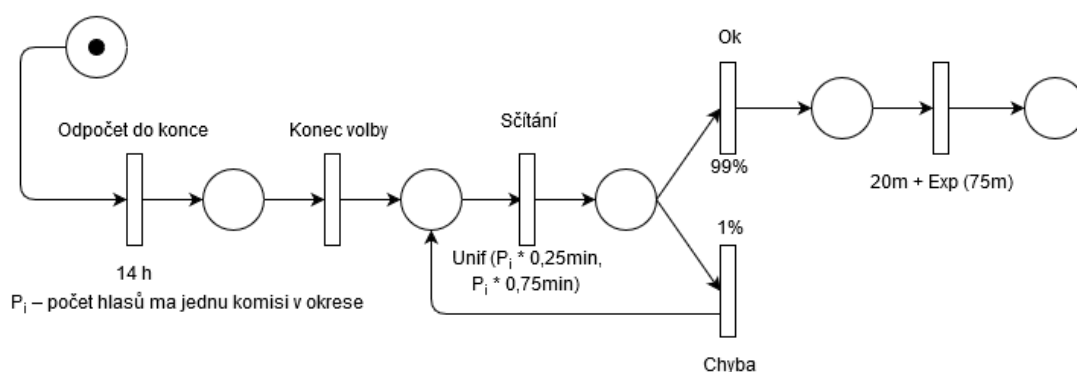
Vhazování lístku do urny není do modelu zahrnuto

Obrázek 2 – Agregovaná volební místnost

Každá volební místnost obsahuje jednu komisi a urnu (urny nejsou zahrnuty v obrázku 1) za každý volební okrsek v okrese (např. do okresu České Budějovice patří 307 volebních okrsků, agregovaná volební místnost tedy obsahuje 307 komisí, u kterých se voliči mohou registrovat), počet volebních plent je dvakrát větší (modelování podle volební místnosti okrsku Zastávka).

Voliči přicházejí v časových intervalech určeným generátorem příchodů, nejprve se zaregistrují (modelováno čekáním v rozsahu 15 až 20 sekund), potom jde volit za plentu (čekání s exponenciálním rozložením se středem 2 minuty), exponenciální rozložení bylo vybráno, protože se používá pro rozložení dob obsluhy (viz [1], slajd č. 91). Doba vhození hlasu do urny je oproti době strávené za plentou mnohem menší, pro účely zkoumání doby sčítání hlasů je nevýznamná (pokud bude docházet k tvoření front, bude se tak dít u volebních plent nebo registrace).

Sčítání a odvoz hlasů:



Obrázek 3 – Sčítání a odvoz hlasů

Sčítání je zahájeno po skončení hlasování, hlasy odevzdané ve volební místnosti jsou rozděleny mezi komise. Na základě P_i je potom určena doba potřebná k sečtení hlasů v okrese (sečtení jednoho hlasu trvá mezi 15 a 45 sekundami). Při sčítání je pravděpodobnost 1%, že dojde k chybě. V takovém případě se sčítání opakuje. Po úspěšném sečtení jsou vyplněny dokumenty o volbách a hlasy jsou odvezeny do centra (20 minut na vyplnění dokumentů, čekání na auto a náhodně generovaná doba na odvoz).

4. Architektura simulačního modelu/simulátoru

Ze získaných informací byl vypracován abstraktní model a na jeho základě byl vytvořen model simulační (viz [1], slajd č. 44). Simulační model byl implementován v jazyce C++ s využitím prostředků, které poskytuje knihovna SIMLIB. Při implementaci bylo využito objektově orientované paradigma.

4.1 Struktura simulačního modelu

Model obsahuje tři pole sestávající z obslužných linek typu *Store* (viz [1], slajd č. 146), přičemž počet obslužných linek je roven počtu volebních okrsků. Prvním je pole *Register*, jehož položky nesou název příslušného volebního okrsku a mají danou kapacitu, která představuje počet volebních komisařů v daném okrese. Dále je implementováno pole *Booths*, jehož položky také nesou název příslušného volebního okrsku a jejich kapacita vyjadřuje počet volebních plent ve volební místnosti, za kterými volič vkládá svůj lístek do obálky. Třetí pole má název *Urn*, pro názvy jeho položek platí to samé, co u předchozích polí, a kapacita položek vyjadřuje počet urn ve volební místnosti.

Jednou z nejdůležitějších částí programu je třída *VoterGenerator*, která slouží ke generování přicházejících voličů. Poprvé je její metoda *Behavior* aktivována v čase spuštění simulace a poté vždy po uplynutí doby dané exponenciálním rozložením se středem závislým na aktuálním čase. Pokud se simulace momentálně nachází v době zvýšené frekvence příchodu voličů, je střed exponenciálního rozložení $B/3$, v opačném případě B .

Třída *VoterGenerator* generuje a aktivuje instance třídy *Voter*, tedy jednotlivé přicházející voliče. Každý proces voliče nejprve čeká, dokud není volný některý ze členů volební komise, poté jsou zkontrolovány voličovy údaje a je odškrtnut ze seznamu, přičemž tato akce trvá 30 až 90 sekund s rovnoměrným rozložením. Následně volič vstoupí za volnou plentu, kde předá volební lístek do obálky, což je modelováno exponenciálním rozložením se středem 2 minuty. Poté volič opouští plentu, vhodí obálku do urny (průměrná doba je 25 sekund) a odchází z volební místnosti.

Poslední implementovanou třídou je třída *Counting*, která představuje děj po uzavření volebních místností. Nejprve proběhne sčítání hlasů, jehož délka trvání je závislá na počtu hlasů v urně. Pokud je po dokončení sčítání detekována chyba, je celé sčítání provedeno znovu. Po úspěšném sečtení je volán automobil z místního sběrného místa, jakmile přijede, jsou naloženy volební lístky a odvezeny na centrálu.

4.2 Výstupy simulátoru

Histogramy popisující průběh simulace se po jejím dokončení nacházejí v .log souborech.

- *MaxQueue.log* obsahuje informace o největších délkách front v jednotlivých okresech, má poskytnout informace o vytížení volebních místností, pokud dojde k velkému nárůstu délek front, znamená to, že volební místnosti přestávají zvládat nápor voličů.
- *ArrivalsHist.log* ukazuje rozložení příchodů voličů v čase.
- *FinishTime.log* zobrazuje statistiky o celkové době průběhu voleb od okamžiku uzavření volebních místností.
- *TotalCounts.log* prezentuje, kolikrát byly hlasy sčítány, a tedy v kolika případech byla provedena chyba a sčítání bylo nutné opakovat.
- *ShippingTime.log* obsahuje statistiky o délce trvání převozu volebních lístků z volební místnosti na centrálu.
- *FinishCountingTime.log* ukazuje statistiky doby potřebné k sečtení hlasů.

5. Podstata simulačních experimentů a jejich průběh

Cílem provádění simulačních experimentů je zjistit vytíženost volebních plent, dále také určit dobu potřebnou k sečtení hlasů a jejich odvozu na centrálu, tedy dobu potřebnou ke zjištění výsledků voleb od uzavření volebních místností. Při provádění experimentů byla měněna hodnota volební účasti a sledovány výše zmíněné aspekty.

Všechny časy jsou uváděny v minutách a měřeny od uzavření volebních místností (sobota 14:00).

5.1 Postup experimentování

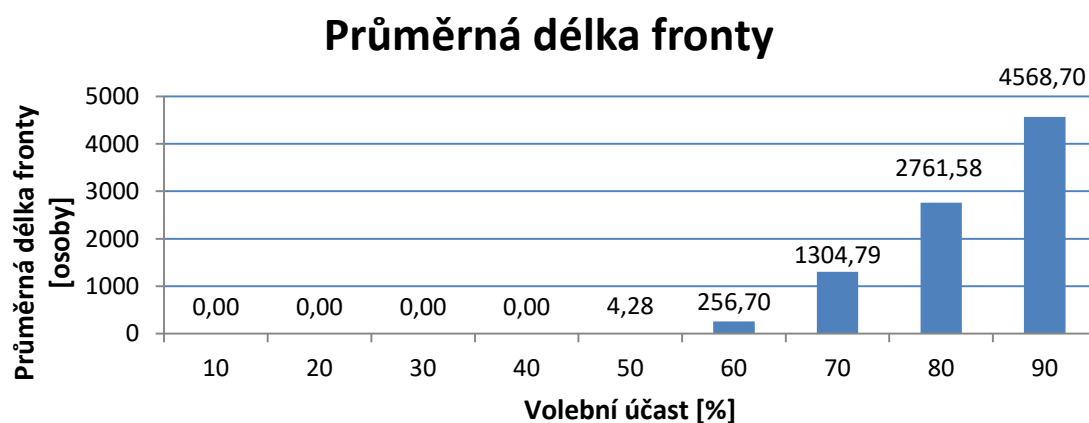
Nejprve byl simulační model postupně spouštěn se vzrůstající procentuální volební účastí v rozmezí 10–90 % s krokem 10 %. Krajní hodnoty byly vynechány, jelikož jsou velmi nepravděpodobné. Histogramy ze všech provedených experimentů byly uchovány a důkladně prozkoumány, na jejich základě je doporučeno, kolik volebních plent by mělo být použito při jaké očekávané volební účasti.

V další části experimentování byla simulace spouštěna opět se vzrůstající mírou volební účasti a byla sledována celková doba potřebná zpracování hlasů, její závislost na počtu hlasů a následně i vliv počtu volebních plent na tuto dobu.

5.2 Dokumentace jednotlivých experimentů

- Průměrná délka fronty

Prvním sledovaným aspektem byla průměrná délka fronty. Z experimentu je patrné, že pokud je volební účast 40 % a nižší, tak se fronty netvoří vůbec, kapacita všech obslužných linek je v takovém případě dostatečná. Při volební účasti 50–70 % je průměrná délka fronty stále přijatelná (vzhledem k počtu volebních plent na místnost), avšak pro volební účast 80 % a více je kapacita obslužných linek nedostačující. Konkrétní hodnoty průměrných délek front při proměnné volební účasti jsou znázorněny v grafu 2.



Graf 2 – Histogram průměrné délky fronty

Jedná se o situaci, kdy je volebních plent v místnosti dvakrát více než komisařů. Další fází experimentů je hledání ideálního počtu plent v závislosti na počtu občanů spadajících do dané volební místnosti a na procentuální volební účasti. Za ideální je v tomto případě považován stav s nízkou hodnotou průměrné fronty a zároveň co nejnižšího počtu volebních plent. Nejprve byla experimentálně zjištěna nejnižší hodnota, pro kterou se netvoří fronty při volební účasti 10 %. Tato hodnota je rovna počtu komisařů v dané volební místnosti vynásobené koeficientem 0,61. Poté byla stejným způsobem určena nejnižší hodnota, pro kterou se netvoří fronty při nejvyšší zkoumané volební účasti. V tomto případě vyšel koeficient násobení 3,86. Pro určení typu závislosti byl tento postup zopakován potřetí pro volební účast 50 %, kdy byl zjištěný koeficient roven hodnotě 2,3. Závislost lze tedy považovat za lineární. S využitím získaných údajů byla sestavena následující soustava dvou rovnic o dvou neznámých:

$$0,1 \cdot a + b = 0,61$$

$$0,9 \cdot a + b = 3,86$$

Po jejich vyřešení byla nalezena rovnice pro vypočtení optimálního počtu volebních plent na místnost:

$$(x \cdot 40 + 0,21) \cdot y,$$

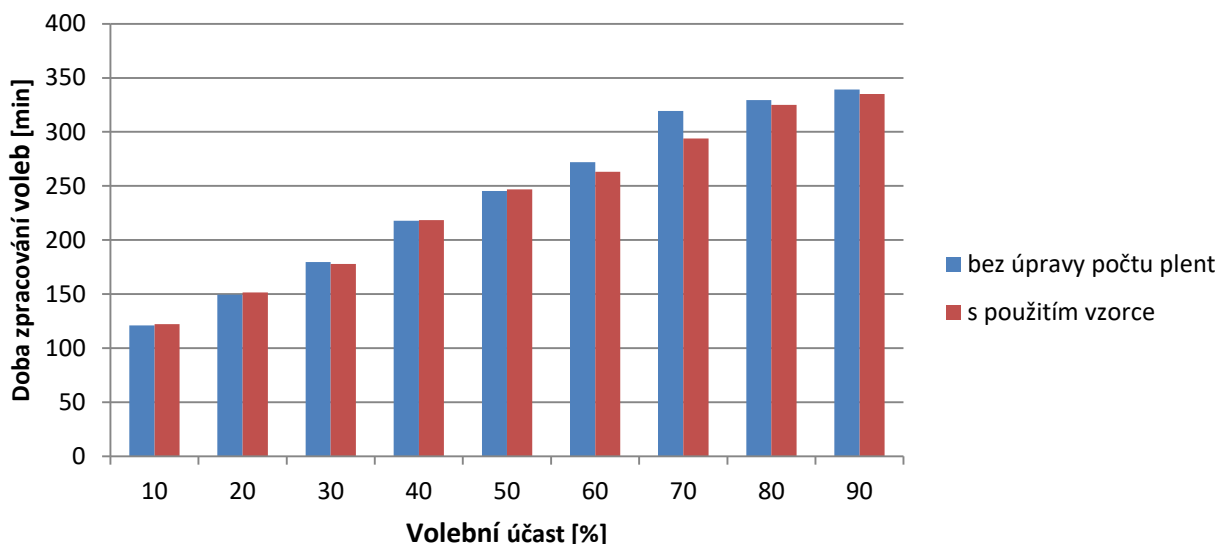
kde x je zadaná volební účast a y představuje počet komisařů v konkrétní místnosti.

- Doba zpracování voleb

Po určení optimálního počtu volebních plent v místnosti byl započat druhý experiment zaměřený na zjištění celkové doby zpracování voleb, tedy doby od uzavření volebních místností do získání kompletních výsledků voleb. Tato fáze zahrnuje sčítání hlasů a jejich odvoz na centrálu. Dalším neopomenutelným faktorem ovlivňujícím délku trvání této části voleb je délka front, jelikož náš model umožňuje odvolit všem voličům, kteří vejdou do místnosti do okamžiku jejího uzavření. Dlouhá fronta by tedy v tomto momentě mohla oddálit začátek sčítání i o pár desítek minut.

Nejprve byl ponechán standardní způsob výpočtu počtu volebních plent na místnost, tedy dvojnásobek počtu komisařů, a bylo prováděno experimentování. Simulace byla spouštěna postupně pro volební účast 10–90 % a poté byla zaznamenána průměrná doba zpracování voleb při jednotlivých úrovních účasti (viz graf 3). Lze vypořadovat, že doba zpracování téměř lineárně narůstá, avšak mezi účastí 60 a 70 % je větší rozdíl, pravděpodobně způsobený existencí fronty voličů v okamžiku uzavření volebních místností. Pro potvrzení či vyvrácení této hypotézy byl experiment proveden znovu, tentokrát již s využitím výše získaného vzorce na výpočet počtu volebních plent v místnosti. Tento experiment výše zmíněnou hypotézu potvrdil. V tomto případě narůstá doba zpracování voleb již zcela lineárně, oproti předchozímu experimentu nedošlo k nápadné změně při volební účasti 50 % a nižší, avšak při vyšší účasti se doba výrazně zkrátila, narůstá pouze s počtem hlasů, které se sčítají.

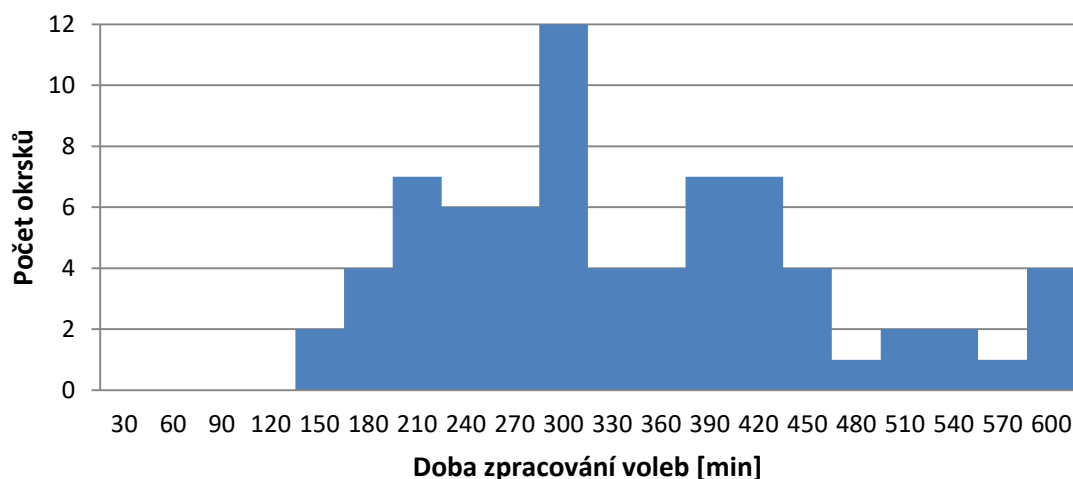
Průměrná doba zpracování voleb



Graf 3 – Histogram průměrné doby zpracování voleb v jednotlivých okresech (graf zobrazuje průměrné časy, nikoli čas zpracování posledního okresu!)

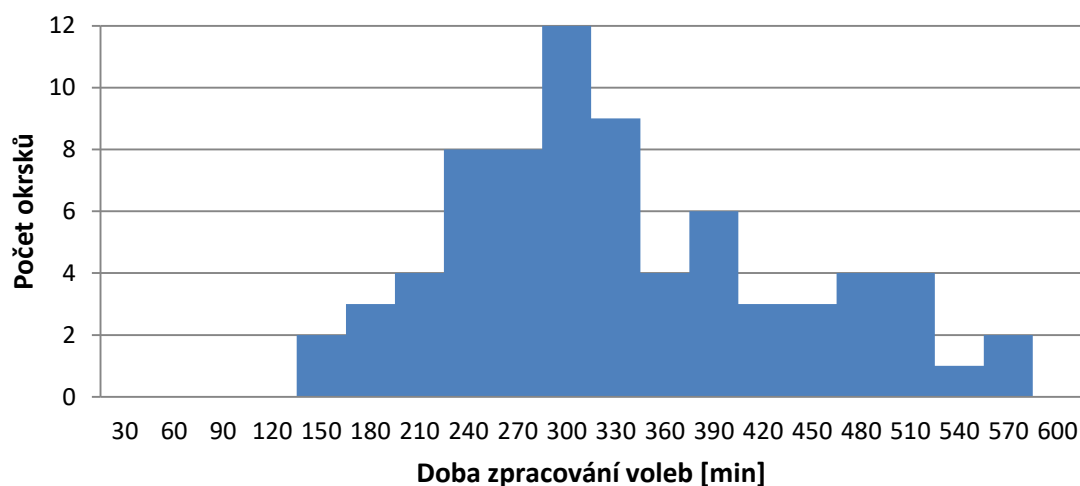
Pro demonstraci snížení doby zpracování voleb byly vytvořeny a porovnány histogramy doby zpracování voleb při volební účasti 90 %, kdy by se měly vytvářet nejdelší fronty a vliv tohoto faktoru na celkovou dobu zpracování by měl být tedy nejvíce patrný. Výsledné histogramy lze zhlédnout v grafech číslo 4 a 5. Z těchto grafů je patrné, že pouhým snížením délky front bylo dosaženo značného zkrácení doby potřebné k získání výsledků. Opět se tedy potvrdila závislost mezi počtem volebních plent, který určuje délku front v místnostech, a celkovou dobou od uzavření volebních místností po ukončení voleb.

Doba zpracování voleb při účasti 90 % (1)



Graf 4 – Histogram doby zpracování voleb v jednotlivých okrscích při účasti 90 %

Doba zpracování voleb při účasti 90 % (2)



Graf 5 – Histogram doby zpracování voleb v jednotlivých okrscích při účasti 90 % s upraveným výpočtem počtu plent na místnost

5.3 Závěry experimentů

Na základě provedených experimentů byla zjištěna rovnice na výpočet ideálního počtu volebních plent v závislosti na očekávané volební účasti. Ideální v tomto případě znamená nejmenší možný počet volebních plent, kdy takřka vůbec nedochází ke tvorbě front. Z pohledu voliče je to žádaný stav, avšak převážně z ekonomických důvodů by byl v reálné situaci požadavek na počet volebních plent nastaven jinak. Pro jakýkoliv požadavek by však nyní bylo snadné vhodný počet plent určit s využitím stejného principu, jaký byl aplikován v předchozích experimentech.

Dále byl v průběhu experimentování zjištěn typ závislosti mezi volební účastí a dobou zpracování voleb a byla potvrzena hypotéza o vlivu počtu volebních plent na výslednou dobu zpracování voleb.

6. Shrnutí simulačních experimentů a závěr

V této dokumentaci byl popsán proces návrhu a implementace modelu infrastruktury voleb ve volebních okrscích České republiky. Na základě provedeného testování a porovnávání s reálným průběhem voleb byla ověřena validita modelu. Ten byl poté využit pro experimenty s průběhem voleb při různých mírách volební účasti. Z provedených experimentů vyplynulo, že současný systém není kapacitně připravený na volební účast 80 % a vyšší.

Reference

- [1] Peringer, P.: Modelování a simulace - IMS.pdf, 2016. Verze 2016-09-20 [cit. 2016-12-05][Online]
<https://wis.fit.vutbr.cz/FIT/st/course-files-st.php/course/IMS-IT/lectures/IMS.pdf>
- [2] Peringer, P.: SIMLIB. FIT VUT. Verze 2014-03-27 [cit. 2016-12-05] [Online] <http://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/>
- [3] Hrubý, M.: IMS democvičení #1 [cit. 2016-12-05][Online]
<http://perchta.fit.vutbr.cz/vyuka-ims/uploads/1/ims-demo1.pdf>
- [4] Hrubý, M.: IMS democvičení #2 [cit. 2016-12-05][Online]
<http://perchta.fit.vutbr.cz/vyuka-ims/uploads/1/diskr2-2011.pdf>
- [5] Pokyny pro postup okrskových volebních komisí při realizaci závazného systému zjišťování a zpracování výsledků voleb do zastupitelstev krajů [cit. 2016-12-05][Online]
https://www.czso.cz/documents/10180/43781462/metkz_vk16def.pdf/f505e5df-b19a-4446-9eb2-79891e66091e?version=1.1

Přílohy

Základní údaje o volební účasti

Volby do zastupitelstev krajů

Období: 8. 10. 2016

	Počet okresů	Voliči v seznamu	Hlasující voliči	Volební účast v %	Platné hlasy
Česká republika	13 660	7 461 766	2 579 668	34,57	2 532 311
Jihočeský kraj	1 260	513 857	186 590	36,31	183 064
České Budějovice	307	153 227	60 397	39,42	59 446
Český Krumlov	79	47 796	15 608	32,66	15 162
Jindřichův Hradec	215	74 514	26 888	36,08	26 539
Písek	147	57 340	20 063	34,99	19 692
Prachatice	109	40 920	12 827	31,35	12 587
Strakonice	196	56 755	19 332	34,06	19 083
Tábor	207	83 305	31 475	37,78	30 555
Jihomoravský kraj	1 404	952 480	350 910	36,84	344 374
Blansko	196	87 302	33 501	38,37	32 646
Brno-město	350	306 752	121 194	39,51	119 019
Brno-venkov	250	170 267	66 367	38,98	65 111
Břeclav	115	94 234	30 125	31,97	29 730
Hodonín	161	128 451	42 893	33,39	41 740
Vyškov	132	73 308	26 858	36,64	26 499
Znojmo	200	92 166	29 972	32,52	29 629
Karlovarský kraj	347	236 933	71 617	30,23	70 155
Cheb	112	71 679	19 855	27,70	19 576
Karlovy Vary	140	91 799	31 656	34,48	30 767
Sokolov	95	73 455	20 106	27,37	19 812
Kraj Vysočina	1 137	413 171	154 270	37,34	151 790
Havlíčkův Brod	211	76 802	28 017	36,48	27 569
Jihlava	218	90 175	34 193	37,92	33 277
Pelhřimov	194	58 422	23 025	39,41	22 729
Třebíč	248	91 528	33 529	36,63	33 148
Žďár nad Sázavou	266	96 244	35 506	36,89	35 067
Královéhradecký kraj	926	444 612	165 964	37,33	163 079
Hradec Králové	252	131 381	52 294	39,80	51 539
Jičín	180	63 808	23 666	37,09	22 986

Náchod	185	89 626	33 362	37,22	32 799
Rychnov nad Kněžnou	144	63 527	23 042	36,27	22 641
Trutnov	165	96 270	33 600	34,90	33 114
Liberecký kraj	581	350 267	125 769	35,91	123 817
Česká Lípa	149	82 746	24 493	29,60	24 228
Jablonec nad Nisou	120	71 793	25 143	35,02	24 810
Liberec	194	135 649	51 980	38,32	50 931
Semily	118	60 079	24 153	40,20	23 848
Moravskoslezský kraj	1 319	997 893	305 138	30,58	298 598
Bruntál	141	77 994	21 947	28,14	21 183
Frýdek-Místek	212	173 941	57 396	33,00	56 146
Karviná	256	210 893	58 012	27,51	57 131
Nový Jičín	166	123 968	39 061	31,51	37 884
Opava	206	145 063	45 203	31,16	44 493
Ostrava-město	338	266 034	83 519	31,39	81 761
Olomoucký kraj	932	518 478	172 122	33,20	169 153
Jeseník	49	32 489	9 606	29,57	9 454
Olomouc	305	189 383	65 747	34,72	64 266
Prostějov	180	88 798	29 746	33,50	29 356
Přerov	208	107 671	33 915	31,50	33 499
Šumperk	190	100 137	33 108	33,06	32 578
Pardubický kraj	876	413 501	152 176	36,80	149 230
Chrudim	217	84 437	30 846	36,53	30 473
Pardubice	260	134 199	49 417	36,82	48 373
Svitavy	188	84 427	30 080	35,63	29 706
Ústí nad Orlicí	211	110 438	41 833	37,88	40 678
Plzeňský kraj	1 087	456 716	163 235	35,74	160 317
Domažlice	138	48 385	16 631	34,37	16 374
Klatovy	231	69 900	25 085	35,89	24 640
Plzeň-město	208	146 802	55 715	37,95	54 714
Plzeň-jih	177	49 543	17 673	35,67	17 160
Plzeň-sever	147	62 444	22 693	36,34	22 413
Rokycany	101	38 355	13 583	35,41	13 348
Tachov	85	41 287	11 855	28,71	11 668
Středočeský kraj	2 060	1 026 801	356 897	34,76	350 539
Benešov	217	77 545	27 627	35,63	27 173

Beroun	127	70 103	24 278	34,63	23 633
Kladno	211	128 762	39 926	31,01	39 395
Kolín	167	78 202	28 040	35,86	27 754
Kutná Hora	162	60 337	20 274	33,60	19 705
Mělník	146	83 214	26 183	31,46	25 503
Mladá Boleslav	222	94 943	32 831	34,58	32 346
Nymburk	158	75 475	25 919	34,34	25 335
Praha-východ	176	122 206	46 499	38,05	45 713
Praha-západ	128	99 754	37 959	38,05	37 285
Příbram	226	92 238	32 808	35,57	32 368
Rakovník	120	44 022	14 553	33,06	14 329
Ústecký kraj	1 046	656 600	190 008	28,94	186 286
Děčín	151	104 983	30 744	29,28	30 286
Chomutov	118	99 326	25 221	25,39	24 889
Litoměřice	217	95 353	31 383	32,91	30 921
Louny	167	69 641	20 440	29,35	20 118
Most	124	90 777	24 301	26,77	23 498
Teplice	131	101 998	28 347	27,79	27 907
Ústí nad Labem	138	94 522	29 572	31,29	28 667
Zlínský kraj	685	480 457	184 972	38,50	181 909
Kroměříž	166	87 777	31 331	35,69	30 335
Uherské Hradiště	151	117 671	47 645	40,49	47 028
Vsetín	151	117 855	41 719	35,40	41 187
Zlín	217	157 154	64 277	40,90	63 359

[Český statistický úřad, Veřejná databáze](#)

[Podmínky užívání dat ČSÚ](#)

Základní údaje o průběhu voleb

Doba sčítání			Doba převozu			Celková doba		
<i>Bin</i>	<i>Frequency</i>	<i>Sum</i>	<i>Bin</i>	<i>Frequency</i>	<i>Sum</i>	<i>Bin</i>	<i>Frequency</i>	<i>Sum</i>
0,5	362	0,02	0,5	549	0,03	0,5	1	0,00
1	1926	0,14	1	3299	0,24	1	77	0,00
1,5	2799	0,32	1,5	2386	0,39	1,5	664	0,05
2	2082	0,45	2	2518	0,55	2	503	0,08
2,5	1809	0,56	2,5	3575	0,77	2,5	1057	0,15
3	1394	0,65	3	1416	0,86	3	1542	0,24
3,5	2493	0,81	3,5	1370	0,95	3,5	2156	0,38
4	1420	0,89	4	498	0,98	4	2396	0,53
4,5	685	0,94	4,5	126	0,99	4,5	2040	0,66
5	50	0,94	5	97	0,99	5	1028	0,72
5,5	351	0,96	5,5	68	1,00	5,5	1293	0,80
6	320	0,98	6	37	1,00	6	1474	0,90
6,5	182	0,99	6,5	8	1,00	6,5	943	0,96
7	57	1,00	7	3	1,00	7	485	0,99
7,5	22	1,00	7,5	4	1,00	7,5	106	0,99
8	0	1,00	8	5	1,00	8	0	0,99
8,5	9	1,00	8,5	2	1,00	8,5	96	1,00

Údaje o příchodu zákazníků

Tereza Řezáčová, zaměstnankyně obchodního domu Lidl:

„Když je klid, tak jedou 2–3 pokladny o 3 „koších“, takže 9 zákazníků. Ve špičce jede 6 pokladen o 4–5 koších, takže těch 27 zákazníků, takže 3x víc. Největší špička v pátek je od 4 do půl 7. V sobotu je to dopoledne, od 10–12.“

Údaje o průběhu voleb získané od členů volební komise

	Martin Řezanina	Lenka Kubová	Průměr
Doba potřebná k vyhledání voliče a kontrole jeho údajů	10 s	20 s	17,5 s
Doba, kterou volič stráví za plentou	2 min	2 min	2 min
Doba potřebná k sečtení 10 hlasů	okolo 5 min	2 – 8 min	3 – 7 min
S jakou pravděpodobností je při sčítání provedena chyba	2 %	2 %	2 %
Doba, za kterou jsou hlasy odvezeny do centra	Čekání na auto 20 min + 1 hodina	Přes hodinu	20 min + 75 min