

Univerzita Palackého v Olomouci  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra geoinformatiky

Markéta SOLANSKÁ

# **SYNCHRONIZACE A REPLIKACE GEODAT V PROSTŘEDÍ ESRI PLATFORMY**

Magisterská práce

Vedoucí práce: doc. RNDr. Vilém Pechanec, Ph.D.

Olomouc 2014

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem magisterskou práci magisterského studia oboru Geoinformatika vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Viléma Pechance, Ph.D.

Všechny použité materiály a zdroje jsou citovány s ohledem na vědeckou etiku, autorská práva a zákony na ochranu duševního vlastnictví.

Všechna poskytnutá i vytvořená digitální data nebudu bez souhlasu školy poskytovat.

V Olomouci 6. dubna 2014

Markéta SOLANSKÁ

Ráda bych poděkovala vedoucímu práce doc. RNDr. Vilému Pechancovi, Ph.D. za podněty a připomínky při vypracování práce.

Děkuji také konzultantu Tomáši Vondrovi za pomoc při pochopení a praktickém použití databázového serveru PostgreSQL, za jeho cenné rady a připomínky, stejně tak jako i jeho kolegovi Pavlovi Stěhule.

Dále děkuji konzultantům Boudewijn van Leeuwen a Zalan Tobak působících na Universitě v Szegedu v Maďarsku za inspirativní připomínky a podněty k této práci.

# Obsah

<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK</b>	<b>8</b>
<b>ÚVOD</b>	<b>8</b>
<b>1 CÍLE PRÁCE</b>	<b>9</b>
<b>2 POUŽITÉ METODY A POSTUPY PRÁCE</b>	<b>10</b>
2.1 Obrázkygt . . . . .	10
<b>3 TEORETICKÁ VÝCHODISKA</b>	<b>12</b>
3.1 Vymezení pojmů . . . . .	13
3.2 Replikace . . . . .	16
3.3 ArcGIS produkty . . . . .	19
3.4 Použité programové prostředky . . . . .	22
3.4.1 PostgreSQL 9.x (PostGIS) . . . . .	22
3.4.2 Microsoft SQL Server Express 2008 . . . . .	23
3.4.3 ArcSDE geodatabase . . . . .	24
3.5 Nástroje pro replikaci v PostgreSQL . . . . .	26
3.5.1 Slony-I . . . . .	26
3.5.2 Streaming replikace . . . . .	27
<b>4 VÝSLEDKY</b>	<b>28</b>
<b>5 DISKUZE</b>	<b>29</b>
<b>6 ZÁVĚR</b>	<b>30</b>
<b>LITERATURA</b>	<b>31</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>33</b>
<b>PŘÍLOHY</b>	<b>34</b>

## Seznam obrázků

1	Povrch socioekonomického (a) a fyzickogeografického (b) ukazatele . .	11
2	Příklad obousměrné synchronizace dat mezi dvěmi datovými uložišti .	14
3	Příklad verzování souboru . . . . .	15
4	Příklad verzování souboru s použitím pracovní větve . . . . .	16
5	Srovnání Master-Master a Master-Slave replikace . . . . .	17
6	Rozdíl mezi synchronní a asynchronní replikací . . . . .	18
7	Ukázka kaskádové replikace . . . . .	19

## Seznam tabulek

1	Ukázková tabulka . . . . .	10
2	Verze programu ArcGIS platné od verze 10.1. . . . .	20
3	Přehled rozdílů personální a souborové geodatabáze v ArcGIS . . . .	21
4	Přehled verzí ArcSDE, jejich parametrů a možností . . . . .	25

# ÚVOD

Dnešní trend je ukládat a ponechávat stále více dat pouze v digitální podobě. Mnoho dokumentů už se vůbec netiskne do papírové podoby, tím spíš pokud dnes existují elektronické podpisy, díky kterým je tištěná verze naprosto zbytečná. S přibývajícím počtem dat je však třeba řešit komplikace, které počítačová data přinášejí. Počítačové experti řeší například otázky, kam ukládat tak velké množství dat, jak data efektivně aktualizovat, jak zabránit poškození dat ať už způsobených lidským faktorem či fyzickým poškozením hardware. V případě, že se poškodí disk, můžeme často během okamžiku přijít o všechna data, někdy však pro ztrátu dat stačí pouze stisknout tlačítko na klávesnici. Určitě už se Vám nejednou stalo, že jste se nemohli přihlásit do svého účtu na internetu z důvodu přetížení serveru. I to je problém, který velké množství dat a velký počet uživatelů přináší. Jak tedy pracovat s těmito objemy, jak zabránit komplikacím, které mohou poškodit či zcela zničit celou dosavadní práci, a jak zrychlit celý proces práce s daty?

Řešením velkého počtu výše uvedených problémů může být ukládání dat do databáze a jejich následná replikace. Replikací je myšlena pokročilá funkce, která zajišťuje kopii dat na více serverů. Nabízí ji většina dnešních databázových serverů, zajišťuje větší robustnost databáze a vysokou dostupnost dat. Replikaci lze využít ve všech odvětvích, které pracují s daty. Výjimkou tedy není ani geoinformatika, která pracuje s velkými objemy dat, které navíc nesou informaci o geografické poloze. Právě reprezentace geografické polohy, skrze textový zápis souřadnice daných bodů, může způsobit razantní zvýšení velikosti dat. Například u webových dat se navíc musí řešit častý přístup k databázi, protože každé posunutí výřezu či přiblížení, resp. oddálení výřezu mapy, je samostatným dotazem, který musí kapacita serveru zvládat. Při představě, že si uživatel bude posouvat výřez mapy po 50m, může to způsobit velkou zátěž pro server. V tomto případě je potřeba řešit replikaci z důvodu rozložení zátěže.

Z mého pohledu data středně velkého až velkého projektu je vhodnější ukládat do databáze než jiných formátů typu shapefile, Microsoft Access nebo obyčejného tabulkového procesoru. Nabízí nám to sofistikované uložení dat, snadné propojení jednotlivých vrstev, snadnou přenositelnost dat, možnost relačního propojení dat nebo efektivní vyhledávání. Replikace samotná se poté využívá pro kopii dat a následnou aktualizaci změn, která v databázi nastanou.

Replikaci ocení uživatelé pracující na společném projektu, distribuovaná pracoviště i společnosti s velkým množstvím důležitých dat, jejichž kopie je rozhodující pro jejich fungování. Dobrým příkladem využitelnosti replikace je také nový trend využívání offline aplikací v mobilních telefonech. Databáze se vždy replikuje do mobilního telefonu, kde může fungovat offline a vždy, když se klient připojí na internetovou síť,

aplikace kontroluje zda není na serveru novější verze databáze a pokud je, zkopíruje pouze změny, které proběhly od posledního stahování. (Jako příklad z geoinformatického prostředí bych uvedla diplomovou práci Dalibora Janáka, který řeší replikaci databáze lezeckých cest do mobilní aplikace.)

Databázové systémy nabízí širokou škálu nastavitelnosti, která umožňuje přizpůsobit replikaci danému řešení.



# 1 CÍLE PRÁCE

Cílem diplomové práce je provést rešerši v oblasti dostupných replikačních řešení a na jejím základě prakticky otestovat proces synchronizace a replikace geodat, které je možnost v kombinaci s ArcGIS produkty.

V teoretické části práce budou podrobně definovány pojmy týkající se zálohování dat, především však synchronizace a replikace, dále detailně rozebrána replikace ve všech možných variantách nastavení, tedy jednosměrná, dvousměrná, synchronní, asynchronní, kaskádová, logická a fyzická. Dále rozbor zahrne celé portfolio produktů od desktop řešení, přes možnosti ArcGIS serveru až po cloudový ArcGIS online.

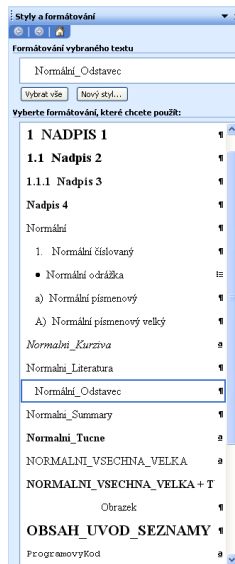
V rešerší části budou diskutovány dva databázové server, SQL Server a PostgreSQL, oba podporované ArcGIS produkty a na jejím základě pak vybrát jeden, na kterém pak proces replikace bude prakticky testován.

Praktická část se bude zabývat návrhem replikačního řešení, které zahrne požadavky a možnosti katedry a bude brát v úvahu její způsoby využívání databáze. Na základě rešerše pak bude vybráno replikační řešení, připraveno testovací prostředí na základě všech výše zmíněných kritérií a na konec i praktickému testování výše zmíněných procesů.

Postupnými opakovanými procesy budou sledovány dílčí parametry procesu (rychlost procesu, úplnost, chybovost, podporované formáty).

## 2 POUŽITÉ METODY A POSTUPY PRÁCE

### 2.1 Obrázky



Esri SQL bla bla bla (viz obr. ??). Pokud chceme uvést překlad z angličtiny můžeme to udělat takto (angl. english words).

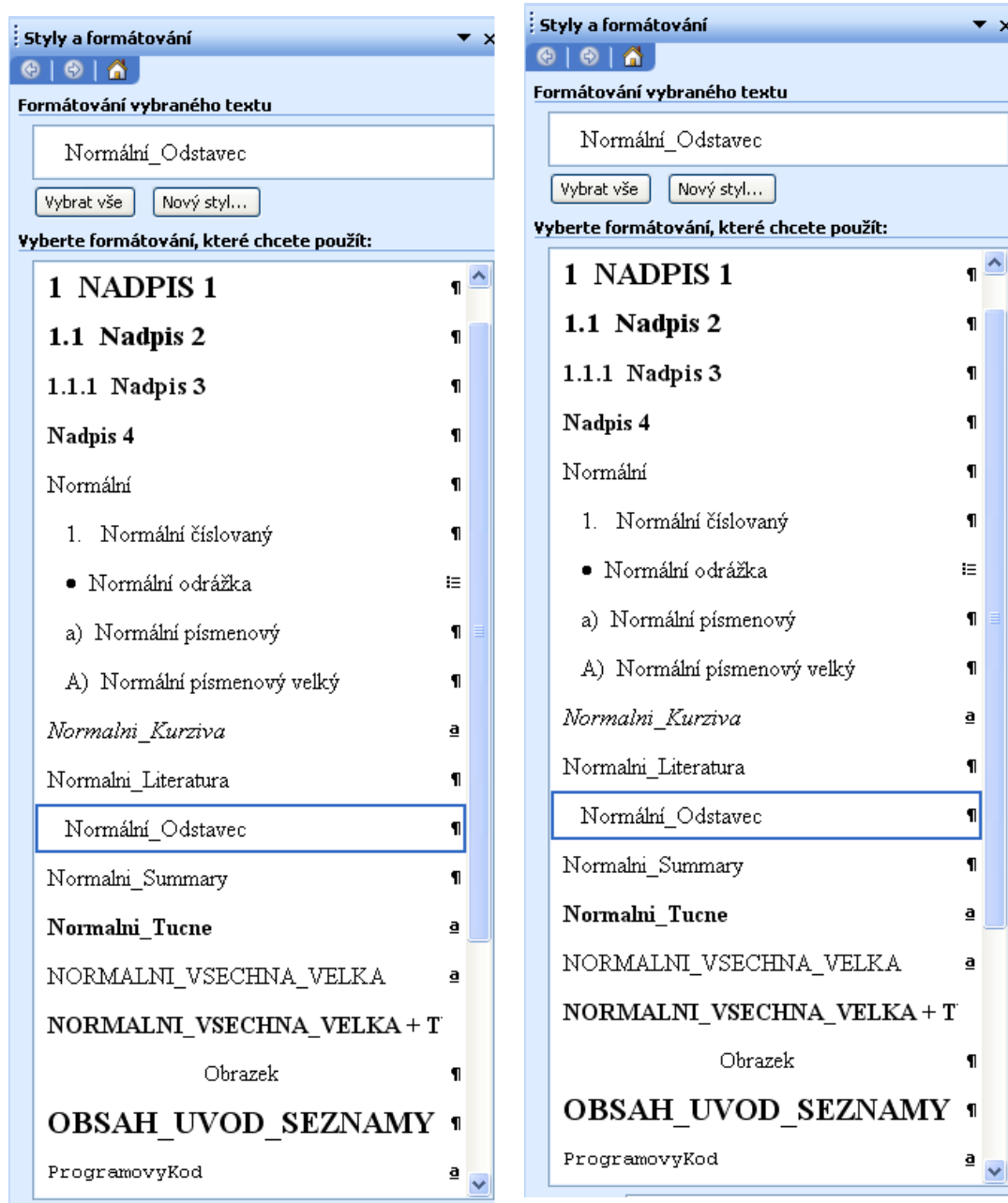
Tabulka 1: Ukázková tabulka

Team sheet		
Goalkeeper	GK	Paul Robinson
Defenders	LB	Lucus Radebe
	DC	Michael Duberry
	DC	Dominic Matteo
	RB	Didier Domi
Midfielders	MC	David Batty
	MC	Eirik Bakke
	MC	Jody Morris
Forward	FW	Jamie McMaster
Strikers	ST	Alan Smith
	ST	Mark Viduka

Odkaz na tabulku pak vytvoříme takto: (viz tab. 1).

$$c = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (1)$$

Vzorce pak odkazujeme (viz (1)).



(a) Obsah zinku v půdě

Obrázek 1: Povrch socioekonomického (a) a fyzickogeografického (b) ukazatele

### 3 TEORETICKÁ VÝCHODISKA

Jak definuje Oppel (2009), databáze je soubor vzájemně propojených datových položek, které jsou spravovány jako jeden celek (Oppel, 2009). Databáze představuje entity, atributy a logické vztahy mezi entitami, často zvané relace. Jinými slovy, databáze obsahuje data, která logicky souvisejí (Connolly, 2005). Databáze umožňuje ukládání a editaci dat, rychlé vyhledávání a komplexní analýzu dat (Momjian, 2001). Systém řízení báze dat<sup>1</sup> je počítačový software, který umožňuje uživatelům přistupovat k databázi, definovat, vytvářet a udržovat data (Connolly, 2005). Pro uložení dat malého projektu je samozřejmě možno použít i jiného formátu určeného pro ukládání dat, například tabulkového procesoru. Pro komplexní správu dat velkého projektu je však databáze více než vhodná.

Prostorová databáze, někdy také zvaná geodatabáze, není nic jiného než databáze přidaná o datový typ určený pro ukládání prostorové informace o prvku, prostorové indexy a sadu funkcí vhodných pro správu prostorových dat. Více informací o prostorových databázích v kapitole 3.4.1 PostgreSQL 9.x (PostGIS) a 3.4.2 MS SQL Server 2008.

Z toho vyvstává otázka, co jsou prostorová data, také zvaná geodata. Z pohledu společnosti ESRI se jedná se prvky, které nesou informaci o geografické poloze, zakódovanou informaci o tvaru (bod, line, polygon) a popis geografického jevu. Tato geodata jsou uložena ve formátu, který je možno použít v geografickém informačním systému (Esri, 2006). Příkladem takového formátu může být vektorový Esri shapefile, Esri coverage, GML, KML, GeoJSON nebo rastrový Erdas Image a GeoTIFF. Dalším způsobem je již zmíněná databáze, do níž se vektorová data ukládají ve specifickém tvaru daném standardem OGC<sup>2</sup> Simply Feature for SQL 1.2.1, který specifikuje způsob uložení dat v digitální podobě. Simple Features je založen na 2D geometrii s možností lineární interpolace mezi lomovými body. To umožňuje vložení následujících prvků:

- bod - POINT(0 0)
- linie - LINESTRING(0 0, 1 1, 1 2)
- polygon - POLYGON ((0 0, 4 0, 4 0, 0 0), (1 1, 2 1, 2 2, 1 2, 1 1))
- série bodů - MULTIPOINT((0 0), (1 2))
- série linií - MULTILINESTRING((0 0, 1 1, 1 2), (2 3, 3 2, 5 4))

---

<sup>1</sup>V anglickém originále Database Management System (DBMS)

<sup>2</sup>OGC standardy jsou kontrolovány konsorciem Open Geospatial Consortium, zdroj <http://www.opengeospatial.org/ogc>

- geometrická kolekce, která může obsahovat různé geoprvky (body, linie i polygony) - `GEOMETRYCOLLECTION(POINT(2 3),LINESTRING(2 3,3 4))`<sup>3</sup>

První slovo specifikace určuje druh prvku (point, linestring, polygon, multi-point, ...), následují v závorce vypsané souřadnice lomových bodů. Za tím ještě může následovat volitelný parametr kód souřadnicového systému.

Hodnoty lze dále vkládat přes Well-Known Binary (WKB) nebo Well-Known Text (WKT) reprezentaci. PostGIS funkce pro vkládání geometrie vypadá následovně:

- `ST_AsBinary(geometry)` pro bitový zápis WKB
- `ST_AsText(geometry)` pro WKT text

Příklad uložení linie do databáze s jedním lomovým bodem v souřadnicovém systému WGS84:

```
(LINESTRING(15.96 50.84, 17.29 49.64, 18.27 49.80), 4326) (1)
```

### 3.1 Vymezení pojmů

Pro lepší porozumění textu této práce je potřeba definovat pojmy replikace, synchronizace a verzování, včetně popisu toho, jak jsou dané pojmy chápány v produktech ArcGIS. Je vhodné upozornit, že výše zmíněné procesy jsou v literatuře často chápány lehce odlišně. Některé zdroje pojmy replikace a synchronizace rozlišují, jiné je naopak považují za synonyma.

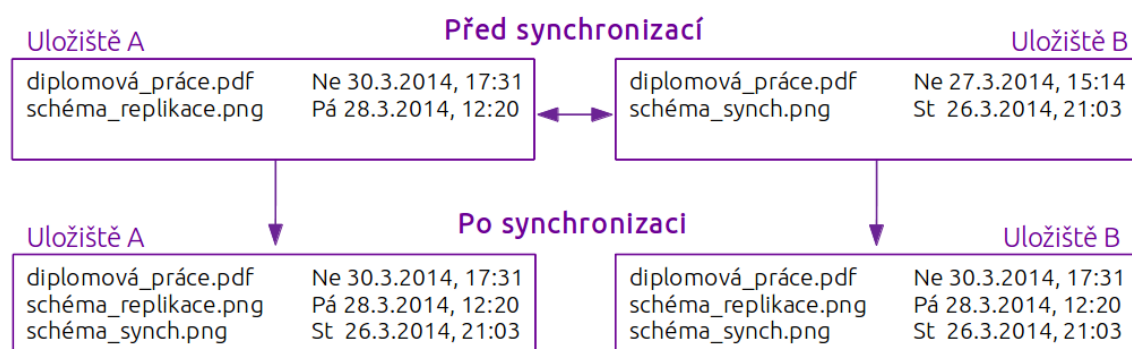
Všechny dotyčné pojmy úzce souvisí se zálohováním dat, tedy kopírováním dat mezi dvěma a více uložišti. To, co tyto pojmy spojuje, je totiž vždy, v nějaké míře, zabránění ztrátě dat, ať už chybou či fyzickým poškozením disku. Dané pojmy se poté liší například konkrétním způsobem provedení zálohy, či přesným důvodem kopírování dat.

Z mého pohledu je synchronizace nadmnožinou replikace. V případě, že existují dva datové zdroje a v jeden okamžik se rozhodneme, že chceme tyto dvě složky sjednotit, poté je možno mluvit o synchronizaci souborů či datových složek. Soubor, který se podle názvu nachází ve složce A a zároveň se nenachází ve složce B, se jednoduše zkopíruje do složky A. U souborů se stejným názvem, se dále porovnává čas posledního zápisu, velikost nebo obsah souboru. Poté je soubor se starším datem, resp. menší velikostí, přepsán tím novějším, resp. větším. Synchronizací se tedy dá proces

---

<sup>3</sup>Zdroj [http://postgis.net/docs/manual-2.1/using\\_postgis\\_dbmanagement.html#RefObject](http://postgis.net/docs/manual-2.1/using_postgis_dbmanagement.html#RefObject)

označit v okamžiku, kdy existují nejméně dva datové zdroje a smyslem synchronizace je porovnat tato uložení a dostat je do stejného stavu. To může například přispět snazší spolupráci více uživatelů nad stejnými daty nebo uživateli, který pracuje na více počítačích.



Obrázek 2: Příklad obousměrné synchronizace dat mezi dvěmi datovými uloženími

Replikace naopak, podle mého názoru, začíná s daty existujícími pouze na jednom uložení. Často je tento proces používán právě ve spojitosti s databázemi, kdy je kopie dat (také replika) tvořena z důvodu snížení zátěže serveru, či ochrany dat. V případě, že je tato kopie již vytvořena, je poté možno mluvit i o synchronizaci dat, protože replika průběžně kontroluje, zda na hlavním serveru nedošlo ke změně, a pokud ano, dané změny zkopíruje.

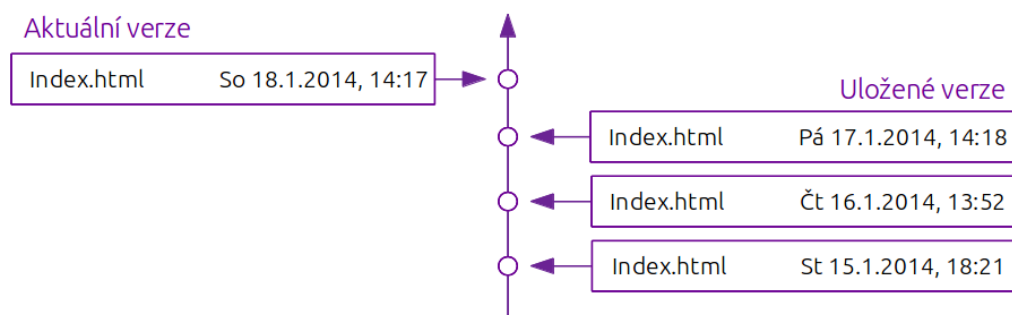
Oba procesy je možno použít jednostranně, tedy kopírovat data pouze z jednoho uložení na druhé a nikoliv opačně, nebo oboustranně, kdy se datové zdroje kopírují navzájem mezi sebou.

Specifickým způsobem zálohy dat je verzování, kdy se data na záložním datovém uložení nepřepisují, ale systematicky ukládají v takzvaných verzích tak, aby se uživatel mohl snadno kdykoliv vrátit k předchozím stavům souborů. Smyslem verzování je zachovat všechny zvolené stavy práce, čímž se verzování liší od zálohování, kde stačí mít aktuální kopii daných dat. To, co je zde popsáno jako verzování, se v produktech ArcGIS nazývá archivování dat (Law, 2008).

Verzování může probíhat ručně, poloautomatizovaně či plně automatizovaně díky speciálním nástrojům pro správu verzí. Oblíbeným verzovací systémem programátorů je GIT<sup>4</sup>, open-source nástroj pro správu verzí, který pomáhá při práci s malými i velkými projekty a podporuje týmovou spolupráci. Umožňuje vrátit jednotlivé soubory nebo celý projekt do předchozího stavu, porovnávat změny provedené v průběhu času, zjistit, kdo naposledy upravil něco, co nyní možná způsobuje prob-

<sup>4</sup>Více na <http://git-scm.com/>

lémy, kdo vložil jakou verzi a mnoho dalšího (Chacon, c2009). GIT je vhodný zejména pro textové soubory, protože dokáže analyzovat části textu, či programového kódu a zvýraznit části, které se změnily.

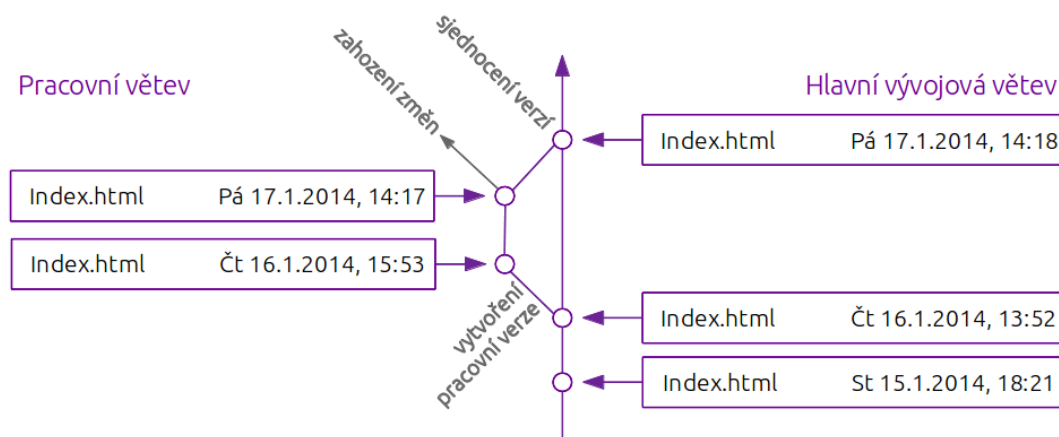


Obrázek 3: Příklad verzování souboru

Samotná databáze verzování dat neumožňuje. Nejsnazším způsobem, jak získat verzi dat, je dump, tedy export databáze do souboru. V MS SQL Serveru je tento proces nazýván Snapshot, tedy snímek databáze nebo také snímková replikace. Takový soubor se poté může verzovat podobným způsobem jako jakýkoliv jiný binární soubor typu shapefile. A to samé platí i pokud v databázi ukládáme geodata.

Proto byl vytvořen verzovací systém také pro prostorová data, který vychází ze systému gitu a nese název GeoGIT. Umožňuje uživatelům zachovávat změny v souborech shapefile, SpatialLite a z databáze PostGIS (PostgreSQL). Umožňuje, tak jako git, uchovávat historii prostorových dat, či vrátit se k předchozí verzi.

Verzování může být chápáno také jako vytvoření pracovní verze. V případě, že programový kód či data jsou plno funkční či aktuální, ale je potřeba je testovat či jinak měnit, pak je vhodné vytvořit tzn. pracovní verzi, aby nedošlo k poškození té správné. Pracovní verze je kopie aktuálního stavu, na které je možno pracovat a zkoušet. V případě, že práce nedopadne podle představ, je možno změny zahodit, pokud je tomu naopak, je možno pracovní verzi sjednotit s platnou verzí. Tento způsob verzování umožňuje GIT i GeoGIT a takto chápe pojem verzování i společnost Esri.



Obrázek 4: Příklad verzování souboru s použitím pracovní větve

## 3.2 Replikace

Replikace je proces, u kterého jsou data a databázové objekty kopírované z jednoho databázového serveru na druhý a poté synchronizovány pro zachování souladu obou databází. Synchronizací v tomto případě myslíme kopírováním všech změn, které v databázi nastanou. Použitím databáze je možno data distribuovat na různě vzdálená místa nebo mezi mobilní uživatele v rámci počítačové sítě a internetu (Microsoft, 2013).

Mnohé moderní aplikace se musí zabývat velkým počtem přístupů do databáze, což může v některých případech způsobovat problémy. Buď je server přetížen počtem připojení a data tedy přicházejí k uživateli pomalu, nebo dokonce úplně vypadne.

Mezi časté důvody použití databázové replikace tedy patří zajištění dostupnosti dat<sup>5</sup>, resp. snížení pravděpodobnosti, že data nebudou dostupná, což může být způsobeno již zmíněným výpadkem serveru nebo například fyzickou ztrátou dat (Obe a Hsu, 2012). Další důvodem je rozložení zátěže přístupů do databáze mezi více serverů, takže nebude docházet ke zpomalení výkonu hlavního serveru ani k situaci, že data nebudou dostupná kvůli jeho výpadku (Bell et al., 2010). Databáze je často zálohovaná, například skriptem dump a i to může server zpomalit. Vhodným řešením je tedy nejdříve vytvořit kopii dat na jiný datový server a až poté proces zálohování spustit.

Všechny databáze zapojené do procesu replikace jsou v odborné literatuře nazývané uzly, v angličtině node. Tyto uzly dohromady tvoří replikační cluster<sup>6</sup>. Při správně nastavené replikaci, by v clusteru nikdy neměly být méně než 3 uzly. Může

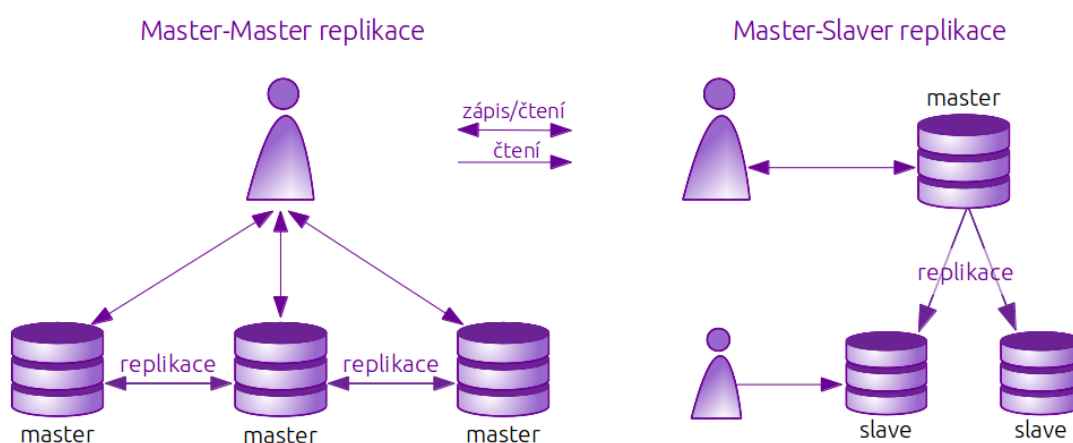
<sup>5</sup>angl. High Availability

<sup>6</sup>Volně přeloženo skupina serveru zapojených do replikace



se totiž stát, že vypadne jeden ze dvou uzlů, čímž dojde, ikdyž jen na krátkou chvíli, k situaci, že data nebudou v daný okamžik zálohovaná.

Uzly v replikačním clusteru mohou mít jednu ze dvou základních rolí, nejčastěji nazývaných Master a Slave. Master server nebo pouze Master je server, který poskytuje data k replikaci, má práva na čtení i zápis a probíhají tedy na něm veškeré aktualizace. Je možno se setkat také s pojmenováním Primary server, Provider, Sender, Parent nebo Source server. Naprosto jiný pojem zavádí MS SQL Server, který tento zdrojový server nazývá Publisher (česky Vydavatel). Druhý databázový server je nejčastěji nazýván Slave, Standby, Reciever, Child nebo Subscriber (česky Odběratel). Poslední pojem je také používán MS SQL Serverem. Na tento server, který je dostupný vždy jen pro čtení dat, se data a aktualizace kopírují, není však možné na něj změny zapisovat (Riggs a Krosing, 2010).



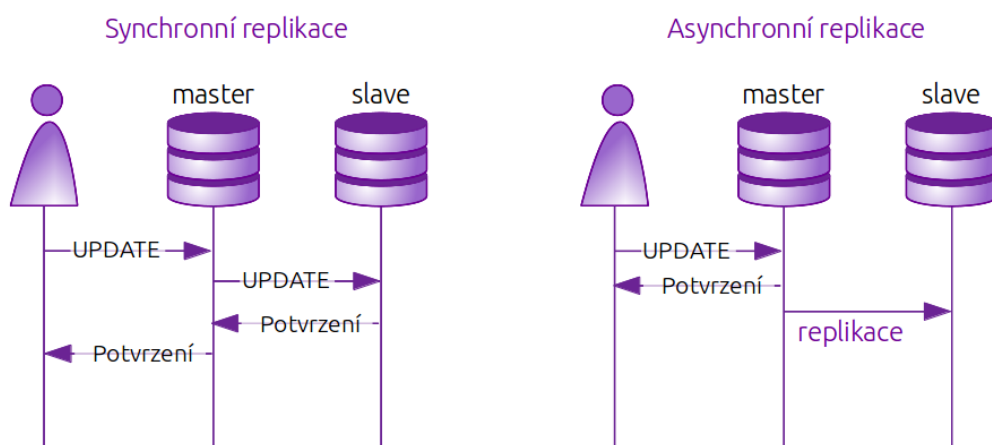
Obrázek 5: Srovnání Master-Master a Master-Slave replikace

Podle počtu Master a Slave serverů v replikačním clusteru, se rozlišuje zda se jedná o jednosměrnou nebo obousměrnou replikaci. Tzv. Master-Master replikace umožňuje zapisovat do všech uzlů v replikačním clusteru, což může být praktické například při použití databáze offline (viz obr. 5). Změny se tedy synchronizují mezi všemi databázovými uzly. Tento způsob však nese značné komplikace, je potřeba řešit konflikty změn ve stejných datech a je relativně náročný na údržbu. Tato práce se zabývá použitím druhé způsobu, tzv Master-Slave replikace. Tato replikace používá vždy jen jeden Master server v clusteru a dva a více Slave servery. Kopie dat tedy probíhá jednosměrně, vždy z Master na Slave servery. Podle Bella (2010) mají moderní aplikace často více čtenářů než zapisovatelů, proto je zbytečné, aby se všichni čtenáři připojovali na stejnou databázi jako zapisovatelé a zpomalovali tím jejich práci (Bell et al., 2010). Z toho důvodu je tedy použití Master-Slave replikace více než vhodné.

Při návrhu replikace je potřeba zamyslet se také nad tím, zda bude synchronní či

asynchronní. Synchronní replikace neumožní, aby na Master serveru proběhla nová transakce, dokud se poslední transakce úspěšně neprovede na Slave serveru (Böszörmenyi a Schönig, c2013). Tento přístup zajistí, že žádná data nebudou v průběhu transakce ztracena. V některých případech tento způsob může zbytečně zpomalit rychlost přístupu do databáze, protože je nutno čekat na každou nedokončenou transakci. Zároveň může způsobit snížení dostupnosti databáze, protože v případě, že se například přeruší spojení mezi servery, nemůže na masteru proběhnout žádný další dotaz. Ale jistě si najde své opodstatnění například při bankovních transakcích, kde je potřeba, aby všechny operace proběhly na obou stranách. V tomto případě je užití tohoto způsobu zcela nezbytné.

Druhým způsobem je asynchronní replikace, při které se nová data mohou zapisovat na Master server, přestože ještě nedošlo k replikaci stávajících dat na Slave server (Obe a Hsu, 2012). To je sice za běžného provozu rychlejší, v některých případech však může způsobit nekonzistenci dat, například když proběhne transakce na Master serveru, který však spadne dřív, než se změna zapíše na Slave. V takovém případě se Slave změní na Master server, ale zároveň se nikdy nedozví o transakci, o které má uživatel informace, že proběhla v pořádku.



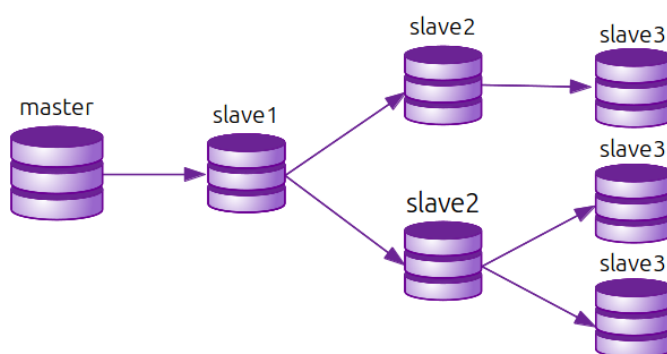
Obrázek 6: Rozdíl mezi synchronní a asynchronní replikací

Replikace v PostgreSQL umožňuje plnou kopii dat z databáze i pouze výběr některých tabulek. Více o možnostech a způsobech nastavení replikace v kapitole ?? a PRAKTICKÁ ČÁST :) Dále je možno rozlišovat replikaci podle toho, zda je logická nebo fyzická. Výsledek obou typů má naprosto identický výsledek, přesto se mírně liší.

Fyzická replikace kopíruje data na druhý server v binární podobě. Tím, že se kopírují celé složky dat, je na Slave serverech zajištěna identická replika. Protože se kopírují binární data, která mají jasně danou strukturu, je potřeba mít na obou serveru stejnou platformu a architekturu. Tento způsob je velice spolehlivý a často

snazší na konfiguraci. Naopak logická přenáší SQL příkazy tak, jak byly použity na Master serveru a ty poté proběhnou na Slave serverech. Tím se nasimuluje průběh změn dat na hlavním serveru a zajistí se konzistence dat. Tento způsob je více flexibilní, umožňuje výběr jen několika databází nebo tabulek a není závislý na architektuře ani operačním systému (Böszörmenyi a Schönig, c2013).

Posledním diskutovaným pojmem je kaskádová replikace, která umožňuje připojit repliku k jinému Slave serveru místo k hlavnímu Master serveru. Tento způsob může být výhodnější především z těchto dvou důvodů. Řekněme, že se kaskádová replikace používá při existenci většího počtu Slave serverů v clusteru, třeba sta. V případě, že by se všechny repliky připojovaly k hlavnímu serveru, došlo by u něj k razantnímu zpomalení jeho výkonu. Kaskádová replikace může být praktická také v okamžiku, kdy se data přenáší na velkou vzdálenost, třeba do Číny. V případě, že mají v Číně dvě repliky, je zcela zbytečné, aby se obě kopie přenášely na tak velkou vzdálenost, když druhá replika se může připojit k první a mít data s mnohem menším zpožděním.



Obrázek 7: Ukázka kaskádové replikace

Každý databázový server (myšleno SŘDB) si volí terminologii a konkrétní nastavení mírně odlišně. Tato kapitola se snaží popsat chápání replikace co v největší míře obecně s ohledem na použití tohoto pojmu v PostgreSQL. Zcela jinou terminologii, ikdyž založenou na stejných principech, zavádí MS SQL Server, který používá pojmy transakční replikace pro Master-Slave replikace a slučovací replikaci pro Master-Master replikaci.

### 3.3 ArcGIS produkty

V názvu práce se objevuje spojení Esri platforma, čímž jsou chápány produkty společnosti Esri. Esri je americká společnost zabývající se vývojem software zaměřeného na geografické informační systémy. Manželé Dangermondovi ji založili v

roce 1969<sup>7</sup>.

Z hlediska chápání Esri má GIS tři roviny. První je to GIS jako prostorová databáze reprezentující geografické informace, dále sada map zobrazující prvky a vztahy mezi prvky na zemském povrchu a zároveň i software pro GIS jako sada nástrojů pro odvozování nových informací ze stávajících. Esri tyto tři pohledy na GIS propojuje v software ArcGIS jakožto kompletní GIS, který se skládá z katalogu (kolekce geografický datových sad), map a sad nástrojů pro geografické analýzy.

Esri vytváří integrovanou sadu softwarových produktů ArcGIS, které poskytují nástroje na kompletní správu GIS a přizpůsobují produkty různým úrovním nasazení. Výběr produktu záleží na tom, zda zákazník požaduje jedno nebo více uživatelských systémů, zda se má jednat o stolní systém nebo server, popř. zda má být dostupný prostřednictvím internetu. Nabízí také produkty vhodné pro práci v terénu (Esri, 2006).

Základními produkty<sup>8</sup> jsou stolní systémy ArcGIS for Desktop ve verzích Basic, Standard, Advanced<sup>9</sup>, dále serverové verze ArcGIS for Server (pro Linux a Windows) ve třech úrovních funkcionality (Basic, Standard, Advanced) a dvou úrovních kapacity serveru (Workgroup a Enterprise). Další produkt ArcGIS for Mobile, ve verzích ArcPad, ArcGIS for Windows Mobile a ArcGIS for Smartphone and Tablet, je určený především pro práci v terénu. A v neposlední řadě verze dostupná skrze internet ArcGIS Online. K tomu všemu Esri přidává velké množství extenzí a dalších verzí<sup>10</sup>.

Tabulka 2: Verze programu ArcGIS platné od verze 10.1.

Produkt	Verze		
ArcGIS for Desktop	Basic	Standard	Advanced
ArcGIS for Server	Basic	Standard	Advanced
ArcGIS for Mobile	ArcGIS for Windows Mobile	ArcPAD	ArcGIS for Smartphone and Tablet
ArcGIS Online			

Dle Law (2008) je nativním formátem produktů ArcGIS geodatabáze a jsou rozlišovány tři druhy geodatabáze. Ani v jednom případě se však nejedná o databázi v pravém slova smyslu, tak jako ji chápáme v kapitole 3.4.1 a 3.4.2. V každém případě

<sup>7</sup>Více info <http://www.esri.com/about-esri/history>

<sup>8</sup>Názvy jednotlivých produktů použitých v tomto odstavci jsou platné od verze ArcGIS 10.1. Starší verze ArcGIS používají jiné názvy, jejichž přehled je možný na stránkách firmy ARCDATA Praha <http://www.arcdata.cz/produkty-a-sluzby/software/arcgis/prejmenovani-arcgis/>.

<sup>9</sup>Zdroj <http://www.esri.com/software/arcgis/about/gis-for-me>

<sup>10</sup> Kompletní seznam na oficiálních webových stránkách Esri <http://www.esri.com/products> nebo <http://www.arcdata.cz/produkty-a-sluzby/software/arcgis/>

však tyto způsoby umožňují uložení, přístup a správu dat. U prvních dvou typů, personální a souborové geodatabáze, se data ukládají do jednoho binárního souboru, kde jsou však ukládána ve stejné struktuře jako v plnohodnotném databázovém serveru. Do takového geodatabáze můžeme uložit více než jednu vrstvu, což je výrazný rozdíl oproti formátu shapefile. Výhodou je dále možnost použití relací, sofistikované dotazování a v neposlední řadě i snadná přenositelnost, protože takováto databáze bude vždy jen jeden soubor obsahující několik vrstev. Oproti tomu shapefile, který obsahuje jen jednu vrstvu, je tvořen minimálně 4 soubory. Oba tyto typy podporují pouze jednoho editujícího uživatele a mnoho uživatelů s právem čtení. Nepodporují dlouhé transakce ani verzování.

Tabulka 3: Přehled rozdílů personální a souborové geodatabáze v ArcGIS

<b>databáze</b>	<b>souborová .gdb<sup>1</sup></b>	<b>personální .mdb<sup>1</sup></b>
datové uložení/ databázový server	lokální souborový systém	MS Access
licence	ArcGIS for Desktop (všechny verze)	ArcGIS for Desktop (všechny verze)
operační systém	Windows (možná i jiné)	Windows
požaduje ArcSDE	ne	ne
vlastní datový typ	ne	ne
víceuživatelská editace	ano, ale s limity	ne
počet editorů	1 pro každý dataset nebo tabulku <sup>2</sup>	1 <sup>2</sup>
počet čtenářů	více než 1 <sup>2</sup>	více než 1 <sup>2</sup>
master server <sup>3</sup>	ne <sup>1</sup>	ne <sup>1</sup>
slave server <sup>3</sup>	ano	ano
verzování	ne	ne
velikostní limity	1TB pro každý dataset <sup>1</sup>	2GB <sup>1</sup>

<sup>1</sup><http://www.esri.com/software/arcgis/geodatabase/single-user-geodatabase>

<sup>2</sup><http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//003n00000007000000>

<sup>3</sup>je možno použít jako master/slave server

Tato práce se více zaměřuje na třetí typ, technologii ArcSDE, kterou v některých materiálech nazývají “geodatabáze ArcSDE”. Nejedná se o geodatabázi, ale spíše o zprostředkovatele komunikace mezi programem ArcGIS a databázovým server. Umožňuje víceuživatelský přístup, verzování i replikaci (Esri, 2006). Tato technologie využívá jako datové uložení některý z již existujících databázových serverů, např. níže popsané PostgreSQL nebo MS SQL server. Touto technologií se více bude zabývat kapitola 3.4.3 ArcSDE geodatabase.

## 3.4 Použité programové prostředky

### 3.4.1 PostgreSQL 9.x (PostGIS)

PostgreSQL je objektově-relační databázový systém s otevřeným zdrojovým kódem dostupný na většině platform. Je volně k dispozici pro použití, modifikaci a znovu rozšíření způsobem, který si sami zvolíme. Jedná se o robustní, výkonný, bezpečný, kompatibilní a interoperabilní software s podporou a dobře komentovaným zdrojovým kódem. Vyhovuje standardům SQL od verze SQL 2008 a nabízí velké množství pokročilých funkcí. PostgreSQL je založen na architektuře klient-server, to znamená, že server pořád běží a čeká na dotazy klienta (Momjian, 2001).

S vývojem databázového serveru PostgreSQL začala University of California v Berkley již více než před 20 lety. Nyní je vyvíjen a udržován velkou komunitou nezávislých vývojářů. Používá licenci TPL (The PostgreSQL Licence), která je mírně odlišná od open-source licence BSD (Berkeley Distribution Software), ze které vychází (Riggs a Krosing, 2010)

Řadí se mezi nejpokročilejší databáze díky schopnosti pracovat s velkými objemy dat, díky své rychlosti a funkcionalitě může soupeřit i s populárními komerčními systémy jako je Oracle, IBM DB2, Microsoft SQL Server 2008 a dalšími (PostgreSQL, 2012).

Samotné PostgreSQL neobsahuje datové typy a funkce vhodné pro správu prostorových dat. K tomu je nutné přidat nástavbu PostGIS, která rozšiřuje databázi PostgreSQL o podporu geografických dat. PostGIS implementuje specifikaci „Simple Features for SQL“ konsorcia OGC. PostGIS umožňuje ukládání geometrických objektů (bod, linie, polygon), použití prostorových funkcí pro určení vzdáleností, délky linií, výměr a obvodu ploch, výběr indexu při spojení prostorových a atributových dotazů a mnoho dalších.

PostGIS používá dva základní prostorové datové typy geography a geometry. Typ geography ukládá souřadnice v kartézských rovinných souřadnicích, kterým odpovídá souřadnicový systém WGS84. Je zejména vhodný pro malá území. Při výpočtu vzdálenosti dvou bodů tento datový typ vrátí jako výsledek nejkratší vzdálenost v kilometrech v rovině. Typ geometry data ukládá v polárním rovinném systému a umožňuje nastavit souřadnicový systém podle potřeb. Výsledkem dotazu na vzdálenost dvou bodů tedy bude úhel ve stupních. Po převodu do metrické soustavy dostaneme nejkratší vzdálenost na kouli. Při výběru datového typu může být rozhodující například počet funkcí, kterých typ geometry poskytuje mnohem více než geography, nebo velikosti daného území (OpenGeo, 2012b).

Existuje také další nástavba PostGIS Raster, která rozšiřuje ukládání a manipulaci

s rastrovými daty, nastavba PostGIS Topology pro topologickou správu vektorových dat a pgRouting pro síťové analýzy. PostGIS je podporován velkou řadou software zabývajících se správou geografických dat, což také umožňuje snadnou přenositelnost a použitelnost jednotlivých nástaveb (příklad software podporujících PostGIS: QGIS, GvSIG, GRASS, ArcGIS).

PostGIS používá mnoho běžně používaných knihoven jako GEOS (Geometry Engine Open Source) pro implementaci jednoduchých prostorových prvků a metod pro topologii, PROJ4 pro převod mezi kartografickými projekcemi nebo GDAL/OGR (Geospatial Data Abstraction Library) pro převod mezi různými vektorovými i rastrovými formáty (Obe a Hsu, 2011). PostGIS 1.5. obsahovala přes 800 funkcí, typů a prostorových indexů (Obe a Hsu, 2012). Aktuální verze PostGIS<sup>11</sup> je 2.1.

PostgreSQL podporuje replikaci i synchronizaci bez nutnosti další instalace.

Od verze ArcGIS 9.3. je PostgreSQL oficiálně podporovanou databází pro ukládání geodat v produktech ArcGIS. Při instalaci je pouze potřeba zajistit kompatibilitu verzí. Pro verzi ArcGIS 10.1 jsou podporované verze PostgreSQL 9.0 a PostGIS 1.5., pro ArcGIS 10.1 SP1<sup>12</sup> je to PostgreSQL 9.1.3 a PostGIS 2.0 (OSGeo, 2013)<sup>13</sup>. Databáze PostgreSQL se dá v ArcGIS produktech použít dvojím způsobem. Buď jen jako uložisko dat bez přidání geografického datového typu, nebo včetně datového typu, tedy včetně PostGIS knihovny. ArcSDE podporuje pouze datový typ PostGIS Geometry a přidává vlastní datový typ Esri St\_Geometry. Výhodou používání Esri St\_Geometry je nezávislost na zvoleném databázovém systému, tedy snazší přenositelnost celého řešení.

Práce byla testována na verzích PostgreSQL<sup>14</sup> 9.1.4 a PostGIS 2.0.

### 3.4.2 Microsoft SQL Server Express 2008

Microsoft SQL Server (dále MS SQL Server) je relační databázový systém vyvíjený společností Microsoft dostupný pro různé verze operačního systému Windows. Dodává se v mnoha verzích, které lze nainstalovat na různé hardwarové platformy na základě odlišných licenčních modelů (Whalen, 2008). Podle Leitera (2009) SQL Server nabízí 8 základních verzí: Enterprise, Standard, Workgroup, Web, Express, Express Advanced Edition, Developer Edition a Compact Edition. Enterprise edition podporuje naprosto vše, co SQL Server nabízí, naopak verze Express, která je dostupná zdarma, obsahuje

---

<sup>11</sup>Aktuálně na <http://postgis.refrains.net/>

<sup>12</sup>Service Pack 1

<sup>13</sup>Zdroj a další informace na stránkách PostgreSQL <http://trac.osgeo.org/postgis/wiki/UsersWikiPostgisarcgis> nebo ArcGIS <http://resources.arcgis.com/en/help/system-requirements/10.1/index.html#/015100000075000000>

<sup>14</sup>Více na <http://www.postgresql.org/>

omezení některých funkcí a proto je vhodná spíše pro malé nebo začínající projekty (Leiter, 2009).

Prostorová data jsou implementována jako CLR rozšíření a přidávají databázovému serveru dva prostorové datové typy geometry a geography. Rozdíl mezi datovými typy je podobný jako u PostgreSQL. První jmenovaný slouží k reprezentaci dat (bodů, linií, polygonů) v rovině, naproti tomu datový typ geography slouží ukládání stejných dat na povrchu zeměkoule. Oba typy pracují ve dvou dimenzích (nebere se v potaz výška). Podporuje také indexování dat, index je tvořen standardním B stromem (Činčura, 2009).

SQL Server je podporován a používán ArcGIS produkty od začátku jeho vývoje. Verze ArcGIS Enterprise může být propojena s jakoukoliv uživatelem zvolenou a zakoupenou licencí databázového systému. Verze ArcSDE Desktop a Workgroup používají verzi Express, která je dostupná zdarma a podporuje většinu základních funkcí. Replikaci plně podporuje verze Enterprise, ostatní verze ji podporují pouze s omezenými funkcemi. Avšak již zmiňovaná verze Express, která je podporována ArcSDE Desktop a Workgroup, může být použita pouze slave server, tedy odběratelem replikovaných dat, není tedy možné do takovéto databáze připojené do replikačního clusteru zapisovat. Nemůže být tím, kdo poskytuje data k replikaci (Whalen, 2008). Stejně jako u PostgreSQL platí, že si uživatel může zvolit, zda použije datový typ, který je součástí ArcSDE, nebo ten, který je implementován do SQL Serveru.

### 3.4.3 ArcSDE geodatabase

ArcSDE je technologie firmy Esri pro správu geoprostorových dat uložených v relačních databázových systémech. Jedná se o otevřenou a interoperabilní technologii, která podporuje čtení a zápis mnoha standardů. Využívá jako své nativní datové struktury standard konsorcia OGC Simple Feature a prostorový typ ISO pro databázové systémy Oracle, IBM DB2 a Informix. Poskytuje vysoký výkon a je přizpůsobena velkému počtu uživatelů (Esri, 2006).

ArcSDE je prostředník pro komunikaci mezi klientem (př. ArcView) a SQL databází (př. PostgreSQL). Umožňuje přístup a správu dat v databázi, současnou editaci jedné databáze více uživateli, zajišťuje prostorový datový typ (St\_Geometry), dále integritu dat, dlouhé transakce a práci s verzemi (Law, 2008).

Technologie ArcSDE vyžaduje dvě úrovně: databázovou a aplikační, která se skládá z ArcObjects a ArcSDE. Databázová úroveň zajišťuje jednoduchý, formální model pro uložení a správu dat ve formě tabulek, definici typů atributů (datových typů), zpracování dotazů či víceuživatelské transakce (Law, 2008). ArcSDE podporuje databázové systémy IBM DB2, IBM Informix, Oracle, Microsoft SQL, PostgreSQL



(Esri, 2013a).

Existují tři úrovně ArcSDE databáze: desktop (ArcSDE Desktop), skupinová (ArcSDE Workgroup) a podniková (ArcSDE Enterprise). Každá verze má jiné parametry a umožňuje různou úroveň editace (viz tab. 4).

Tabulka 4: Přehled verzí ArcSDE, jejich parametrů a možností

databáze	Desktop <sup>1</sup>	ArcSDE Workgroup <sup>1</sup>	Enterprise <sup>1</sup>
databázový server	SQL Server Express	SQL Server Express	PostgreSQL, Oracle, SQL Server a další
licence	ArcGIS for Desktop	ArcGIS for Server Workgroup	ArcGIS for Server Enterprise
operační systém	Windows	Windows	multiplatformní
požaduje ArcSDE	ano	ano	ano
vlastní datový typ	ne	ne	ano
víceuživatelská editace	ne	ano	ano
počet editorů	1	10	bez limitu
počet čtenářů	3	10	bez limitu
master server <sup>2</sup>	ne	ne	ano
slave server <sup>2</sup>	ano	ano	ano
verzování	ano	ano	ano
závislost na sítích	lokální síť	lokální síť, internet	lokální síť, internet
velikostní limity	10GB	10GB	záleží na velikosti serveru

<sup>1</sup> <http://www.esri.com/software/arcgis/geodatabase/multi-user-geodatabase>

<sup>2</sup> je možno použít jako master/slave server

ArcGIS 9.2 je ArcSDE Desktop spolu s databázovým systémem MS SQL Server Express součástí licence produktů ArcGIS for Desktop Standard a Advanced. Takovou databázi mohou současně používat 4 uživatelé, z toho jen jeden může databázi editovat, jsou však omezeni velikostí databáze.

Součástí licence ArcGIS for Server Workgroup je ArcSDE Workgroup, která se liší od verze Desktop především tím, že počet uživatelů, kteří mohou současně editovat nebo prohlížet databázi, je zvýšen na deset.

Nejvyšší úroveň, ArcSDE Enterprise, je možno získat s licencí ArcGIS for Server Enterprise, která uživatelům přináší nejméně omezení. Mohou si vybrat z několika komerčních i nekomerčních databázových systémů, počet uživatelů není omezen, stejně jako velikost databáze.

K ArcSDE a vybrané databázi je možno přistupovat přes ArcCatalog, není tedy potřeba instalace dalšího software nebo zkušenost s administrací databáze (Esri, 2006).

Replikaci a synchronizaci dat umožňují pouze ArcSDE Enterprise a Workgroup (Esri, 2013b). Jak už bylo zmíněno v předchozí kapitole 3.4.2 Microsoft SQL Server Express 2008, SQL Server Express je možný použít v replikačním clusteru pouze jako slave server. Vzhledem k tomu, že proces replikace je implementován přímo do ArcObjects a ArcSDE, nezáleží na konkrétním databázovém systému (Law, 2008).

## 3.5 Nástroje pro replikaci v PostgreSQL

PostgreSQL nabízí hned několik nástrojů pro řešení replikace. Je možno použít zabudovanou streaming replikaci, která je dostupná od verze PostgreSQL 9.0 nebo některou z extenzí, například Slony-I, Skytools nebo Postgres-XC. Tato kapitola se dále bude zabývat a porovnávat nativní streaming replikace s extenzí Slony-I.

### 3.5.1 Slony-I

Podle Böszörményi a Schönig (c2013) je Slony-I jeden z nejrozšířenějších externích nástrojů pro replikaci pro PostgreSQL. Zároveň se také řadí mezi nejstarší, plně používán je v PostgreSQL již od verze 7.3. a má velice dobrou podporu dalších i externích řešeních pro PostgreSQL například programu PgAdmin3, který nabízí správu dat pomocí grafického rozhraní (Böszörményi a Schönig, c2013).

Jedná se o trigger-based replikaci, což znamená, že je ke každé existující tabulce přidán trigger, který zajistí, že je každá změna dat replikovaná. Z toho také vyplývá, že se jedná o logickou replikaci, kdy se možné replikovat pouze změny v datech, tedy SQL příkazy INSERT a UPDATE, nikoli strukturu databáze, příkazy typu CREATE/DROP TABLE, ALTER TABLE. Slony-I tedy nikdy nereplikuje celou databázi včetně struktury, ale pouze data. Zato umožňuje replikovat pouze námi vybrané tabulky, což může být v některých případech žádoucí. Vytváří se tzv. replikační set, kde se zapisují pouze ty tabulky, které je potřeba replikovat.

Velkou výhodou oproti streaming replikaci je, že umožňuje replikovat data mezi různými verzemi PostgreSQL bez ohledu na platformu a architekturu. Naopak spíše nevýhodou je, že při instalaci si ke každé databázi vytváří vlastní schéma, což způsobuje redundanci dat.

Replikace je z principu asynchronní, zpoždění je v řádu vteřin nebo v desítkách. Umožňuje Hot Standby mode, kdy je možno použít repliku na dotazy, i kaskádovou replikaci. Slony-I má vlastní konfigurační nástroj, pomocí kterého se nastavuje rep-

likace. Samotná replikace běží díky vlastnímu replikačnímu démonu, který běží stále, registruje změny a kopíruje je na Slave servery.

### 3.5.2 Streaming replikace

Streaming replikace je nativní řešení, který je do PostgreSQL implementováno od verze 9.0. Jedná se o log-shipping replikaci, což znamená, že jsou změny zapsány nejdříve vždy do transakčního logu v PostgreSQL nazvaného WAL (Write Ahead Log) přímým zápisem na disk a až poté potvrzeny jako úspěšné. Tento způsob zajišťuje datům naprosté bezpečí, protože kdyby došlo k chybě a změny se nezapisovaly na disk, ale byly pouze cachované, mohlo by dojít k jejich ztrátě. Zároveň to zajišťuje jak kopii dat, tak struktury databází. Existuje pouze jeden transakční log pro jednu instalaci PostgreSQL, proto se replikují vždy všechny databáze a není možné výběru jen několika tabulek, tak jak je to možné v Slony-. Protože replikace probíhá pomocí transakčního logu, je nutné použití stejné verze PostgreSQL, stejné platformy i architektury na všech uzlech replikačního clusteru.

Streaming replikace umožňuje jak synchronní, tak asynchronní replikaci, dále Hot standby mode i kaskádovou replikaci.

## 4 VÝSLEDKY

## 5 DISKUZE

## 6 ZÁVĚR

# LITERATURA

- BELL, C., KINDAHL, M., THALMANN, L. *MySQL high availability*. Vyd. 1. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc, 2010. ISBN 978-059-6807-306.
- BöSZÖRMENYI, Z., SCHÖNIG, H.-J. *PostgreSQL replication: understand basic replication concepts and efficiently replicate PostgreSQL using high-end techniques to protect your data and run your server without interruptions*. Birmingham: Packt Publishing, c2013. ISBN 978-1-84951-672-3.
- CHACON, S. *Pro Git*. Edice CZ.NIC. Praha: CZ.NIC, c2009. ISBN 978-80-904248-1-4.
- CONNOLLY, T. *Database Systems: A Practical Approach to Design, Implementation, and Management*. Vyd. 4. Harlow: Addison-Wesley, 2005. ISBN 03-212-1025-5.
- ESRI. *ArcGIS 9: Co je ArcGIS 9.2?* United States: ESRI Press, US, 2006. ISBN 15-894-8166-6.
- ESRI. A quick tour of working with databases in arcgis. *ArcGIS Help 10.1 [online]*, 2013a. Dostupné z: [http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/A\\_quick\\_tour\\_of\\_working\\_with\\_databases\\_in\\_ArcGIS/019v00000008000000/](http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/A_quick_tour_of_working_with_databases_in_ArcGIS/019v00000008000000/).
- ESRI. Preparing data for replication. *ArcGIS Help 10.1 [online]*, 2013b. Dostupné z: [http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/Preparing\\_data\\_for\\_replication/003n000000z5000000/](http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/Preparing_data_for_replication/003n000000z5000000/).
- LAW, D. Enterprise geodatabase 101: A review of design and key features for gis managers and database administrators. *Esri: Understanding our world. [online]*, 2008. Dostupné z: [http://www.esri.com/news/arcuser/0408/entergdb\\_101.html](http://www.esri.com/news/arcuser/0408/entergdb_101.html).
- LEITER, C. *Beginning Microsoft SQL server 2008 administration*. Indianapolis, IN: Wiley Pub., 2009. ISBN 978-047-0440-919.
- MICROSOFT. SQL server - replication. *Microsoft [online]*, 2013. Dostupné z: [http://technet.microsoft.com/en-us/library/ms151198\(v=sql.100\).aspx](http://technet.microsoft.com/en-us/library/ms151198(v=sql.100).aspx).
- MOMJIAN, B. *PostgreSQL: introduction and concepts*. Boston, MA: Addison-Wesley, 2001. ISBN 02-017-0331-9.
- OBE, R., HSU, L. *PostGIS in action*. London: Pearson Education [distributor], 2011. ISBN 19-351-8226-9.

- OBE, R., HSU, L. *Postgresql: Up and Running*. Sebastopol, CA: O'Reilly, 2012. ISBN 978-144-9326-333.
- OPENGEO. Introduction to postgis [online]. *Section 17: Geography*, 2012b. Dostupné z: <http://workshops.opengeo.org/stack-intro/openlayers.html>.
- OPPEL, A. J. *Databases: a beginner's guide*. New York: McGraw-Hill, 2009. ISBN 00-716-0846-X.
- OSGEO. Postgis and arcsde/arcgis articles. *PostGIS Tracker and Wiki [online]*, 2013. Dostupné z: <http://trac.osgeo.org/postgis/wiki/UsersWikiPostgisarcgis>.
- POSTGRESQL. Faq. *PostgreSQL wiki [online]*, 2012. Dostupné z: <http://wiki.postgresql.org/wiki/FAQ>.
- RIGGS, S., KROSING, H. *PostgreSQL 9 administration cookbook: solve real-world PostgreSQL problems with over 100 simple, yet incredibly effective recipes*. Birmingham: Packt Publishing, 2010. ISBN 978-1-849510-28-8.
- WHALEN, E. a. k. *Microsoft SQL Server 2005: velký průvodce administrátora*. Vyd. 1. / *Edice Administrace (Computer Press)*. Brno: Computer Press, 2008. ISBN 978-80-251-1949-5.
- ČINČURA, J. MS SQL 2008 – prostorová data poprvé. *Databázový svět [online]*, 2009. Dostupné z: <http://www.dbsvet.cz/view.php?cisloclanku=2009101201>.



## SUMMARY

There is summary of all aims, methods and results in this chapter. Summary is not only translation of chapter Závěr. There is more information from chapters Cíle, Výsledky and Diskuze. Number of pages of Summary chapter is two at least. The style is Normalni Summary. Language is set to Angličina(Velká Británie) for automatic spell check. Do not use language Angličtina(USA).

## PŘÍLOHY

# SEZNAM PŘÍLOH

## Volné přílohy

Příloha 1 CD

## Popis sktruktury CD

Adresáře a soubory:

- skripty/ - složka se skripty
- web/ - webové stránky jako doplněk k diplomové práci
- Solanska\_DP.pdf - text diplomové práce