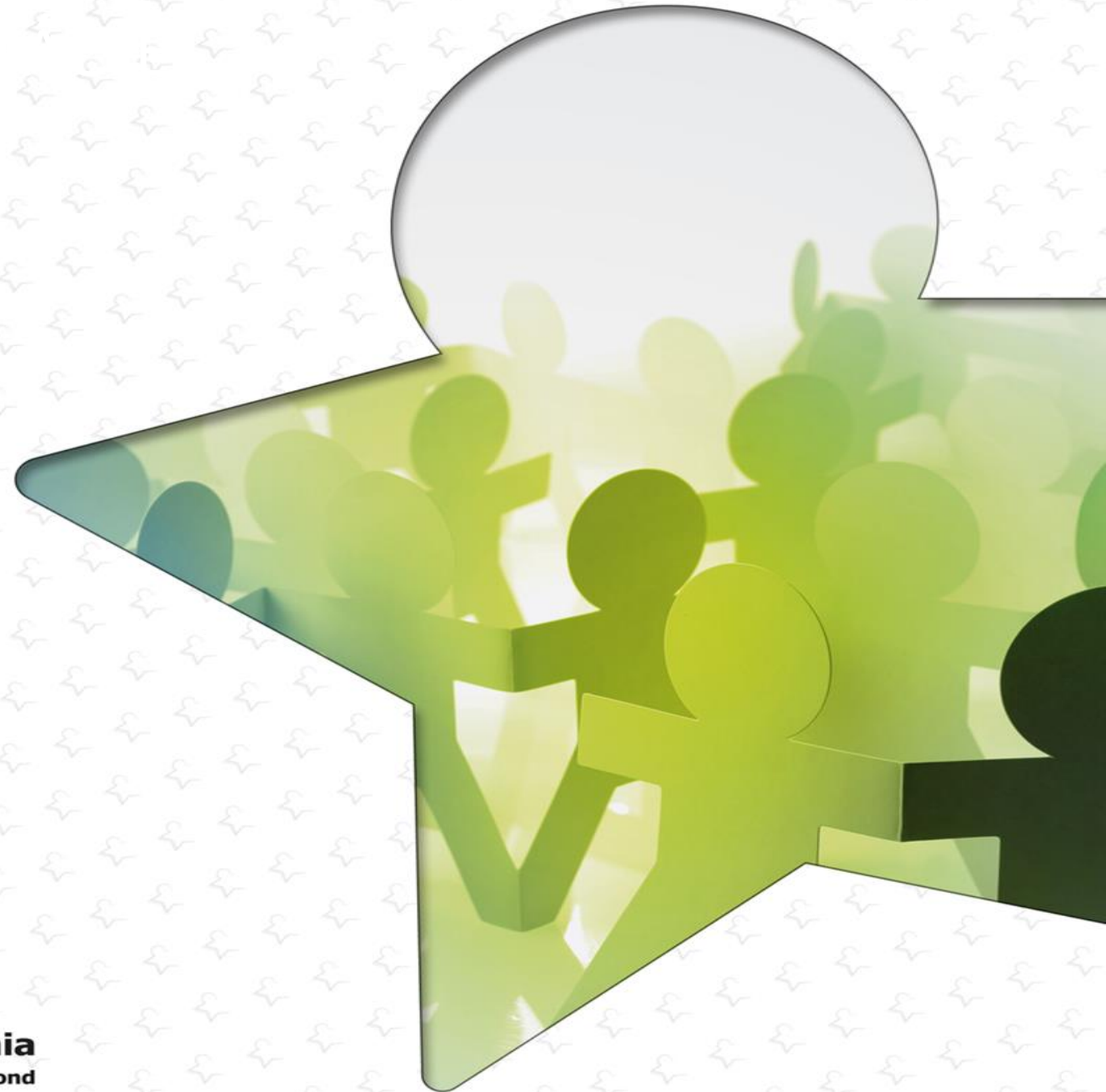


3. INSPIRE ESPUS školenie „Správa priestorových údajov“ Geodatabáza PostgreSQL/PostGIS



Operačný program
**Efektívna
verejná správa**



Európska únia
Európsky sociálny fond



MINISTERSTVO

ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA
SLOVENSKEJ REPUBLIKY



ESPUS

Efektívna správa priestorových údajov a služieb

3. INSPIRE ESPUS školenie

Správa priestorových údajov

05.08.2022



Európska únia
Európsky sociálny fond

Prehľad

Blok 1 Úvod do správy priestorových údajov v geodatabáze

- Priestorové údaje
- Čo je to geodatabáza
- Existujúce riešenia
- Hlavné výhody geodatabáz
- PostgreSQL/PostGIS

Blok 2 Geodatabáza (PostgreSQL/PostGIS)

- Inštalácia a konfigurácia PostGIS
- Dátové typy
- Schémy/používatelia, tabuľky, pohľady
- Priestorové indexy
- Funkcie a operátory
- Import, export údajov
- Zálohovanie a obnovenie geodatabázy

Blok 3 Využitie geodatabázy v praxi

- Praktické využitie PostgreSQL/PostGIS





ESPUS

Efektívna správa priestorových údajov a služieb

Správa priestorových údajov

Úvod - Blok 1 Úvod do správy priestorových údajov v geodatabáze

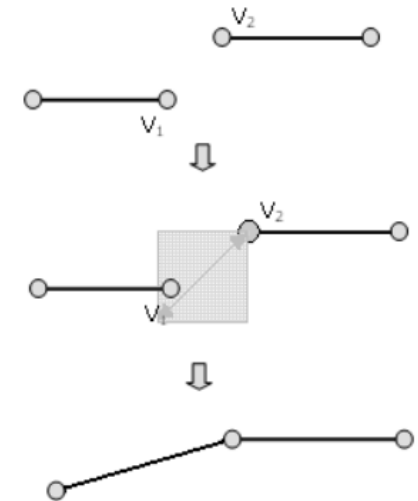
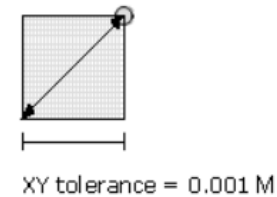
- Priestorové údaje
- Čo je to geodatabáza
- Existujúce riešenia
- Hlavné výhody geodatabáz
- PostgreSQL/PostGIS

Priestorové údaje

- Priestorové dáta sú:
 - Bežné dáta s atribútom polohy a jeho metaúdajmi (súradnicový systém, priestorové rozlíšenie, tolerancia súradníc, typ entity, počet dimenzií, jednoduchosť geometrie...)

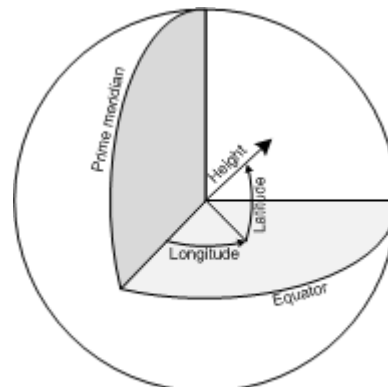
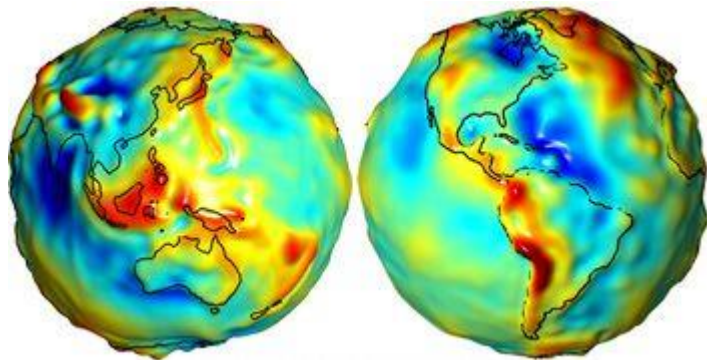
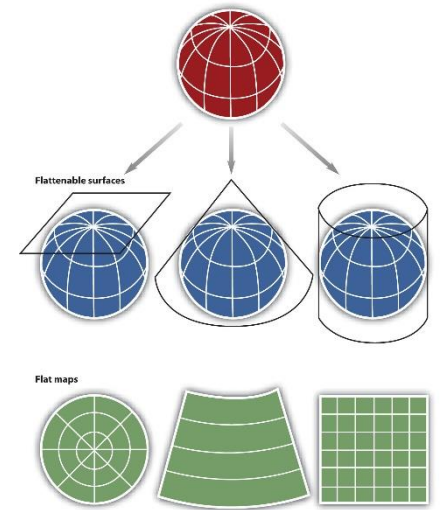
alebo

- Špeciálny typ dát, ktorý si vyžaduje úplne iný prístup, postupy zberu, správy, analýzy...
- Uchovávajú sa väčšinou v dvoch základných formách:
 - vo vektorovom tvare – diskkrétne údaje
 - v rastrovom tvare – spojité údaje
- Existujú stovky rôznych formátov: SHAPE file, GJSON, WKT, WKB, GM
- FileGeodatabase, SpatialLite, PostGIS, GeoTIFF, JPEG ai.

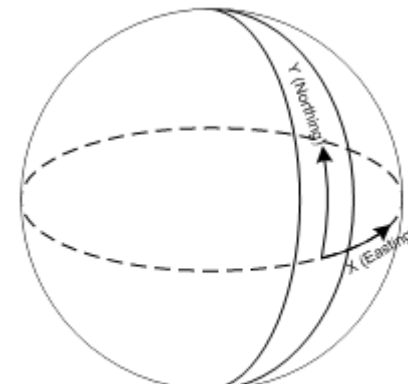


Súradnicové systémy

- Existuje viac ako 3000 rôznych súradnicových systémov
- Základné delenie je na:
 - sférické/geografické napr. WGS84(GPS)
 - karteziánske/projekčné napr. S-JTSK, Web Mercator
- Existujú valcové, kužeľové, azimutálne, ekvivaletné, ekvidištančné, konformné zobrazenia



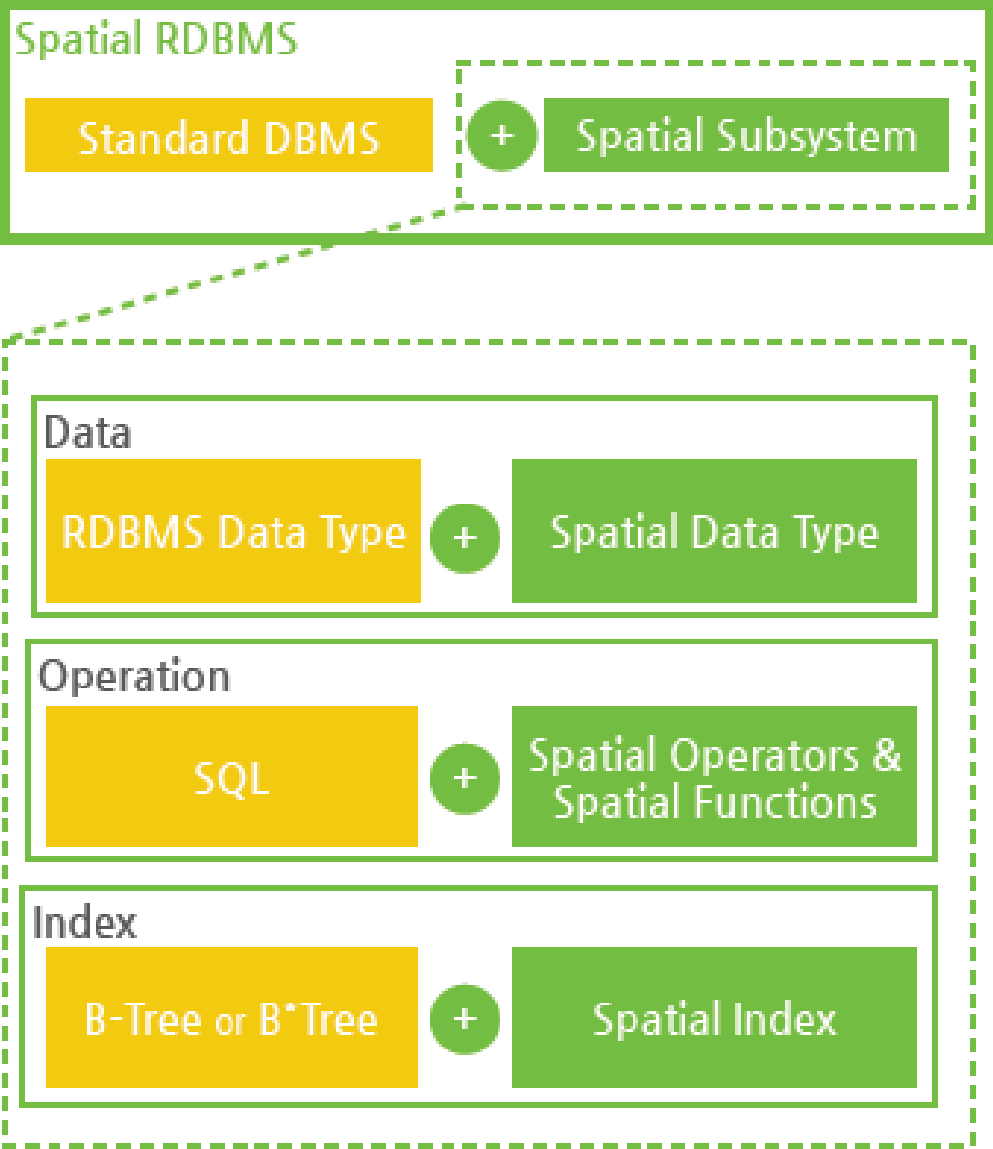
Spherical



Cartesian

Čo je to geodatabáza

- Geodatabáza = Databáza v databázovom systéme s podporou priestorových údajov
 - DBMS musí byť schopný uchovávať a pracovať s priestorovými údajmi rovnako ako s akýmkoľvek iným typom údajov
- Základné predpoklady, ktoré musí spĺňať každý databázový systém aby mohol obsahovať geodatabázu:
 - Dátové typy pre priestorové údaje – body, línie, polygóny ai.
 - Funkčnosť pre 2D/3D indexovania priestorových údajov
 - Funkcie a operátory pre tvorbu dopyt nad priestorovými údajmi
 - Podpora súradnicových systémov



Databáza vs. Geodatabáza

Relačný databázový systém obsahuje funkčnosť na

- Riadenie transakcií
- Autorizácia a zabezpečenie prístupu
- Správu údajov
- Dátové a indexové typy pre priestorové údaje
- Zálohovania

Geodatabáza obsahuje navyše rozširujúcu funkčnosť na

- Riadenie správania údajov
- Komplexné objekty (Topologies, Networks, Raters, etc...)
- Verzionovanie (Long Transactions)
- Distribuované údaje
- Archiváciu údajov

OpenGIS štandardy

- OpenGIS štandardy pre priestorové údaje od OGC (Open Geospatial Consortium) sú základom pre implementáciu akéhokoľvek SW pracujúceho s priestorovými údajmi
- Najdôležitejšie štandardy z tejto množiny sú:
- Simple Feature, špecifikuje:
 - Geometry Object Model – model pre jednotlivé priestorové typy a subtypy a popis spôsobu ukladania ich vertexov
 - Spatial Operation and Coordinate System – definuje základnú množinu operácií s geometriami a súradnicové systémy
- Simple Feature SQL (vychádza zo štandardu ANSI SQL 92) – popisuje implementáciu štandardu Simple Feature v SQL

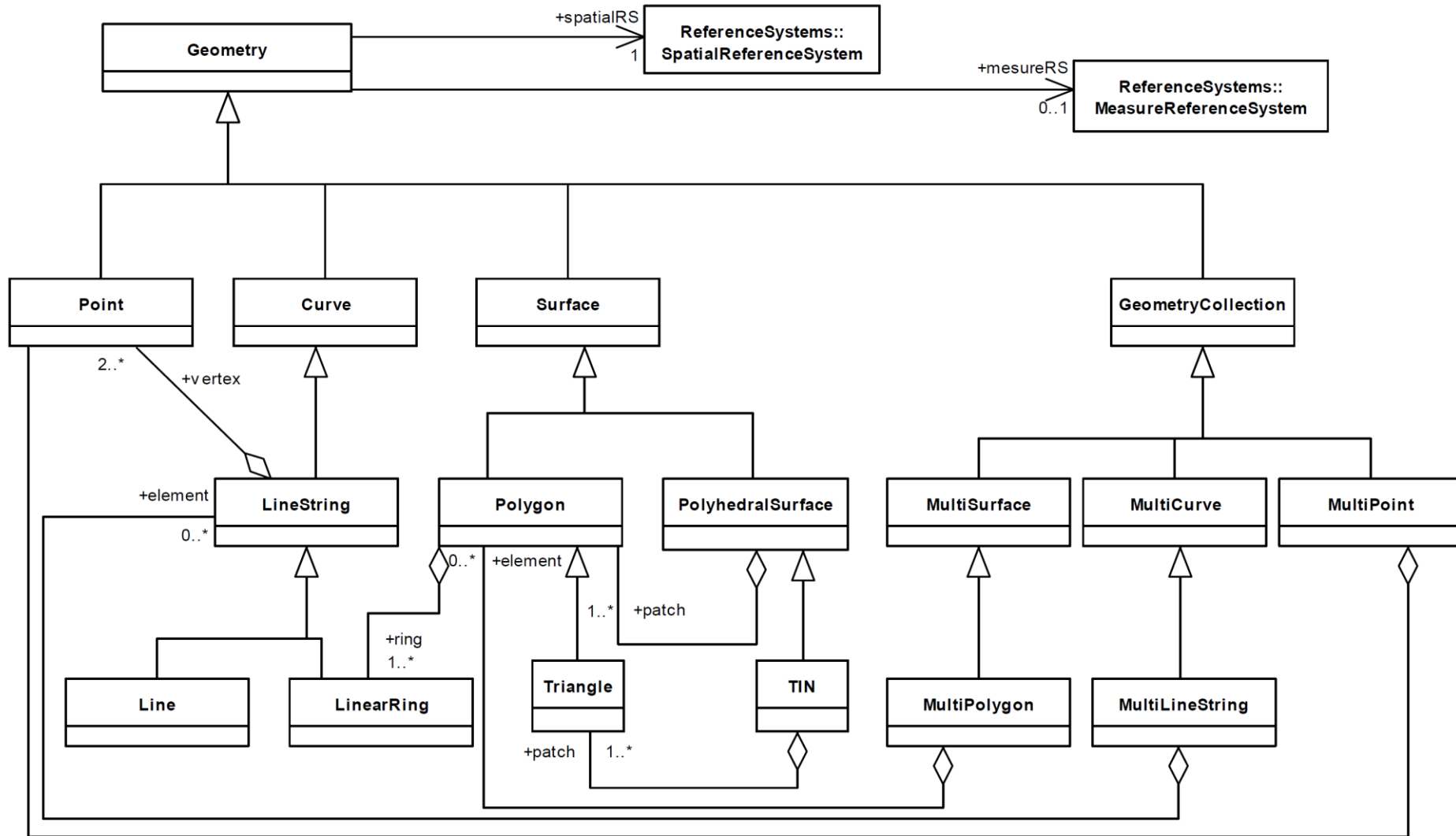
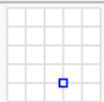
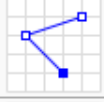
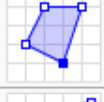
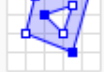
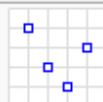
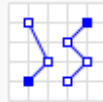
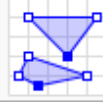
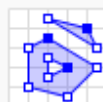
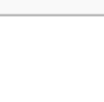


Figure 1: Geometry class hierarchy

Type	Examples	
Point		<code>POINT (30 10)</code>
LineString		<code>LINESTRING (30 10, 10 30, 40 40)</code>
Polygon		<code>POLYGON ((30 10, 40 40, 20 40, 10 20, 30 10))</code>
		<code>POLYGON ((35 10, 45 45, 15 40, 10 20, 35 10), (20 30, 35 35, 30 20, 20 30))</code>

Type	Examples	
MultiPoint		<code>MULTIPOINT ((10 40), (40 30), (20 20), (30 10))</code>
		<code>MULTIPOINT (10 40, 40 30, 20 20, 30 10)</code>
MultiLineString		<code>MULTILINESTRING ((10 10, 20 20, 10 40), (40 40, 30 30, 40 20, 30 10))</code>
MultiPolygon		<code>MULTIPOLYGON (((30 20, 45 40, 10 40, 30 20)), ((15 5, 40 10, 10 20, 5 10, 15 5)))</code>
		<code>MULTIPOLYGON (((40 40, 20 45, 45 30, 40 40)), ((20 35, 10 30, 10 10, 30 5, 45 20, 20 35), (30 20, 20 15, 20 25, 30 20)))</code>

For example, the geometry `POINT(2.0 4.0)` is represented as: `000000000140000000000000004010000000000000`, where:

- 1-byte integer `00` or 0: big endian
- 4-byte integer `00000001` or 1: POINT (2D)
- 8-byte float `4000000000000000` or 2.0: x-coordinate
- 8-byte float `4010000000000000` or 4.0: y-coordinate

Existujúce RDBMS riešenia

- Existujúce RDBMS s podporou priestorových údajov:
 - Oracle with Spatial or Locator
 - SQL Server with Spatial
 - **PostgreSQL with PostGIS**
 - IBM DB2 with Spatial Extender
 - IBM Informix with Spatial Blade
 - MySQL Spatial
 - ArcSDE – multiplatformová databázová nadstavba spoločnosti ESRI
- Zatiaľ slabá podpora priestorových údajov v NoSQL databázových systémoch, napr. MongoDB, CouchDB, Neo4j ai.

Hlavné výhody geodatabáz

- Možnosť pripojiť sa na dátový zdroj viacerým používateľom súčasne
- Možnosť editovať (cez verzionovanie) dáta paralelne
- Možnosť využívať DBMS funkčnosti – zálohovanie, obnova, replikácie, zabezpečenie, SQL dopyty
- Možnosť využívať BigData, geodatabáza je škálovateľná
- Predchádzanie vzniku N verzií dátových zdrojov, dáta sú uložené iba raz v geodatabáze. Je možné vynucovať pravidlá pre správu, používanie a editáciu údajov.
- Možnosť riadenia prístupu k jednotlivým dátovým zdrojom, alebo ich častiam
- Možnosť integrovať priestorové dáta s inými dátami v organizácií

PostgreSQL

- Plnohodnotný relačný databázový systém
- Plne podporuje podmienky ACID, tiež podporuje väčšinu požiadaviek štandardu ANSI SQL
- Open-source software dostupný pod licenciou BSD
- Výkonnostne porovnateľný s komerčnými proprietárnymi konkurentmi – Oracle, MS SQL Server, DB2 ai
- Je kompatibilný s UNIX distribúciami aj Windows
- Existuje okolo neho silná komunita ľudí, ktorí sa starajú o jeho rozvoj a bugfixing
- Podpora všetkých dôležitých funkčností produkčných databázových systémov – bezpečnosť, zálohovanie, dostupnosť, rozšíriteľnosť, distributovateľnosť
- Pre GIS komunitu, dôležitý hlavne kvôli existencii PostGIS
- Inštalačný súbor:
 - <https://www.enterprisedb.com/downloads/postgres-postgresql-downloads>

PostGIS

- Nadstavba pre PostgreSQL RDMS pre prácu s priestorovými údajmi.
- Open-source, GNU General Public License (GPLv2)
- Momentálne 8/2022 najrobustnejšia nadstavba, okrem potrebných dátových typov a funkčností na vytvorenie priestorového indexu obsahuje cez 1000 funkcií na prácu s priestorovými údajmi
- Väčšina implementovaná v jazyku C, ostatné v PL/pgSQL
- Podporovaná veľkým množstvom open-source aj komerčných SW napr. QGIS, GeoServer, ArcGIS, uDig, Mapserver ai.
- Podporuje Topológie, Sieťové analýzy, TIN, Rastre, Geokódovanie
- PROJ4, GEOS, GDAL,

Pripojenie na geodatabázu v PostGIS cez klientov

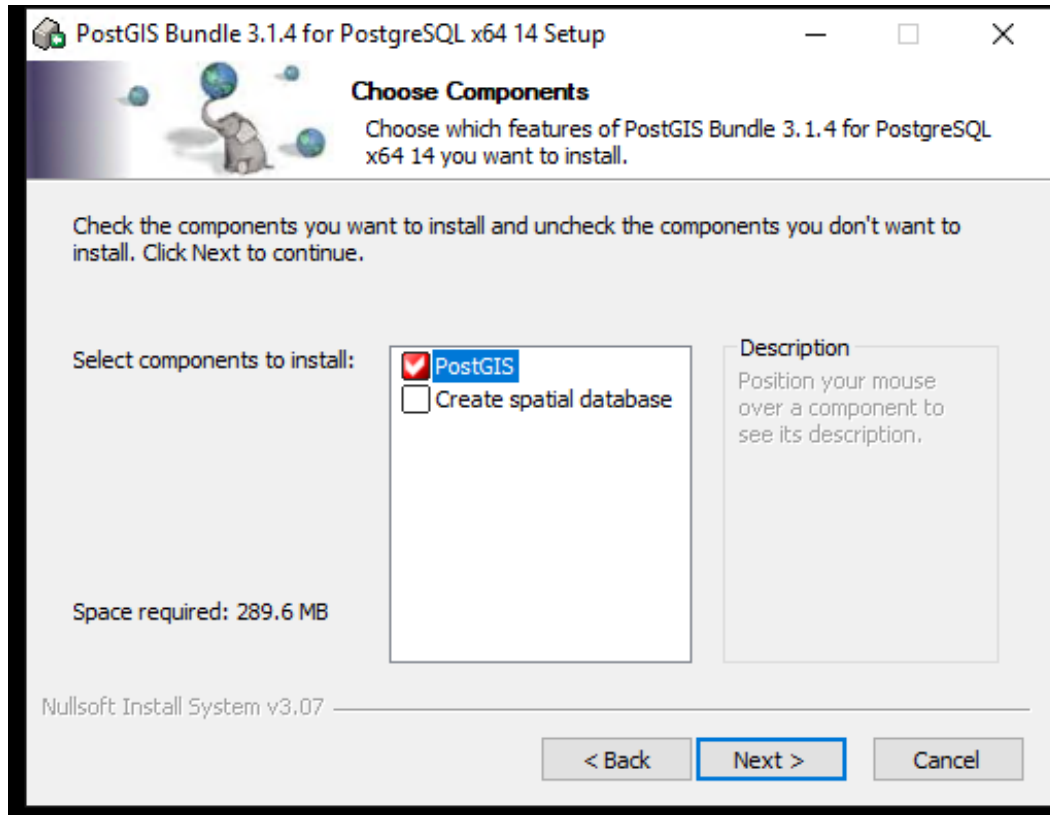
The image illustrates a workflow for connecting to a geodatabase in PostGIS through clients. It consists of three main components:

- pgAdmin 4:** A PostgreSQL administration tool showing a database named 'skolenie' with various tables and schemas. The 'Tables (13)' section is expanded, showing tables like 'adresa_body', 'bonita', 'budovy', 'linestrings', and 'obvyarela'.
- GeoServer:** A web-based GIS server interface. The 'Edit Value' window is open, showing configuration options for a PostGIS data source. The 'Basic Stone' section is expanded, showing the 'Workspace' set to 'geonode' and the 'Data Source Name' set to 'postgis'. The 'Enabled' checkbox is checked.
- ArcMap:** A GIS software interface showing a map of a city area. The 'Table of Contents' window is open, showing a layer named 'skolenie' with a 'public' schema and a 'geonode-public:adresa' data source.

Úvod - Blok 2 Geodatabáza (PostgreSQL/PostGIS)

- Inštalácia a konfigurácia PostGIS
- Dátové typy
- Schémy/používatelia, tabuľky, pohľady
- Priestorové indexy
- Funkcie a operátory
- Import, export údajov
- Zálohovanie a obnovenie geodatabázy

Inštalácia a konfigurácia PostGIS



CREATE EXTENSION adminpack;

CREATE EXTENSION postgis; -- Enable Topology
 CREATE EXTENSION postgis_topology; -- Enable PostGIS
 Advanced 3D -- and other geoprocessing algorithms
 CREATE EXTENSION postgis_sfcgal; -- fuzzy matching
 needed for Tiger
 CREATE EXTENSION fuzzystmatch; -- rule based
 standardizer
 CREATE EXTENSION pgrouting; -- spatial foreign data
 wrappers
 CREATE EXTENSION ogr_fdw; -- LIDAR support
 CREATE EXTENSION pointcloud; -- LIDAR Point cloud
 patches to geometry type cases
 CREATE EXTENSION
 pointcloud_postgis;

Inštalácia a konfigurácia PostGIS

- Konfiguračný súbor ..\PostgreSQL\14\data\pg_hba.conf
 - Default iba lokálne pripojenia
 - Dajú sa nastaviť rôzne hodnoty pre používateľov a databázy

```
# TYPE DATABASE USER ADDRESS METHOD
# IPv4 local connections:
host all all 0.0.0.0/0 trust
host all all 127.0.0.1/32 md5
# IPv6 local connections:
host all all 0.0.0.0/0 trust
host all all ::1/128 md5
# Allow replication connections from localhost, by a user with the
# replication privilege.
#host replication postgres 127.0.0.1/32 md5
#host replication postgres ::1/128 md5
```

- Konfiguračný súbor ..\PostgreSQL\14\data\postgresql.conf
 - Nastavenie konfigurácie PostgreSQL (výkon a prístupnosť mimo localhost)
 - https://postgres.cz/files/tahak_postgresql-13-15.pdf
 - https://postgis.net/docs/postgis_administration.html#database_tuning_configuration

22

```

create table test (
id serial primary key not null,
popis text,
pocet int,
dlzka double precision);
/
create index idx_test_dlzka on test (dlzka);
/
alter table test add vlastnik text;
/
truncate table test;
/
drop table test;
/

begin;
insert into test (popis,pocet,dlzka,vlastnik) values ('Zaznam 1', 1, 0.1, 'Neznamy');
rollback;

begin
insert into test (popis,pocet,dlzka,vlastnik) values ('Zaznam 1', 1, 0.1, 'Neznamy');
savepoint prvy_zaznam;
insert into test (popis,pocet,dlzka,vlastnik) values ('Zaznam 2', 2, 0.2, 'Znamy');
rollback to prvy_zaznam;
commit;

select * from test;

```

Transaction

napr. tabuliek,

funkcie
poľa v tabuľke
funkcie

obázovej

akcií
:í

Základy SQL, Data manipulation and query language

DML+DQL

- SQL príkazy na prácu s údajmi
 - **SELECT** slúži na výber záznamov podľa zadaných podmienok
 - **INSERT** slúži na vkladanie záznamov
 - **UPDATE** slúži na modifikáciu záznamov
 - **DELETE** slúži na mazanie záznamov

```
insert into test (popis,pocet,dlzka,vlastnik) values ('Zaznam 2', 2, 0.2, 'Znamy');
```

```
insert into test (popis,pocet,dlzka,vlastnik) values ('Zaznam 3', 3, 0.3, 'Znamy');
```

```
insert into test (popis,pocet,dlzka,vlastnik) values ('Zaznam 4', 4, 0.4, 'Znamy');
```

```
insert into test (popis,pocet,dlzka,vlastnik) values ('Zaznam 5', 5, 0.5, 'Znamy');
```

```
select * from test where dlzka <= 0.3;
```

```
select pocet from test where vlastnik = 'Neznamy';
```

```
update test set pocet = 10 where dlzka <= 0.3;
```

```
delete from test where dlzka > 0.3;
```

Dátové typy

- PostGIS implementuje OGC Geometry model ako dva samostatné dátové typy geometry a geography.
- Dátový typ geometry
 - Dátový typ geometry je modelovaný v dvojrozmernej kartézskej ploche. Veľkosť a lokalita geometrie je špecifikovaná súradnicami jej vertexov. Každý vertex má súradnicu X a Y. Každý tvar je definovaný bodmi a líniovými segmentami (medzi dvoma bodmi).
 - Vertexy môžu obsahovať súradnice aj pre Z a M. Z súradnica najčastejšie obsahuje hodnotu nadmorskej výšky. M súradnica obsahuje hodnotu merania - napr. vzdialenosti, času.
 - Základné typy Point, LineString, LinearRing a Polygon, a typy kolekciou MultiPoint, MultiLineString, MultiPolygon a GeometryCollection

Dátové typy

- Dátový typ geometry
 - Každá geometria má definovaný súradnicový systém cez hodnotu SRID (ak je neznámy tak má hodnotu 0)
 - Dimenzia geometrie je jej vlastnosť:
 - Bod 0
 - Línia 1
 - Polygón 2
 - Každá geometria má svoj extent/bounding box/envelope, ktorý definuje najmenší obdĺžnik ktorý ju ohraničuje.
 - OGC geometry model definuje validačné pravidlá pre každý typ geometrie
- MULTILINESTRING ((0 0,1 1,1 2), (2 3,3 2,5 4))

```
CREATE TABLE global_points (  
    id SERIAL PRIMARY KEY,  
    name VARCHAR(64),  
    location geometry(POINT,4326)  
);
```

Dátové typy

- Dátový typ geography
 - Poskytuje natívnu podporu reprezentácie priestorových dát reprezentovaných geografickými súradnicami - geografická dĺžka, šírka. Tým sa líši od dátového typu geometry, ktorý ich reprezentuje v rovine.
 - Je postavený na sférickom modeli, všetky výpočty tak sú realizované na ploche elipsoidu/gule cez oblúkové miery. Preto sú výpočtovo náročnejšie, ale zároveň aj presnejšie.
 - Je podporovaný iba podmnožinou funkcií pre dátový typ geometry. Výsledné miery sú v metroch.

```
select st_length(st_transform(st_geomfromtext('Linestring (16 48, 22 49)',4326),5514)); 456981.00881013984
select st_length(st_transform(st_geomfromtext('Linestring (16 48, 22 49)',4326),3857)); 688722.911630578
select st_length(st_geogfromtext('srid=4326;Linestring (16 48, 22 49)')); 457002.78403326625
```

```
CREATE TABLE global_points (
  id SERIAL PRIMARY KEY,
  name VARCHAR(64),
  location geography(POINT,4326)
);
```

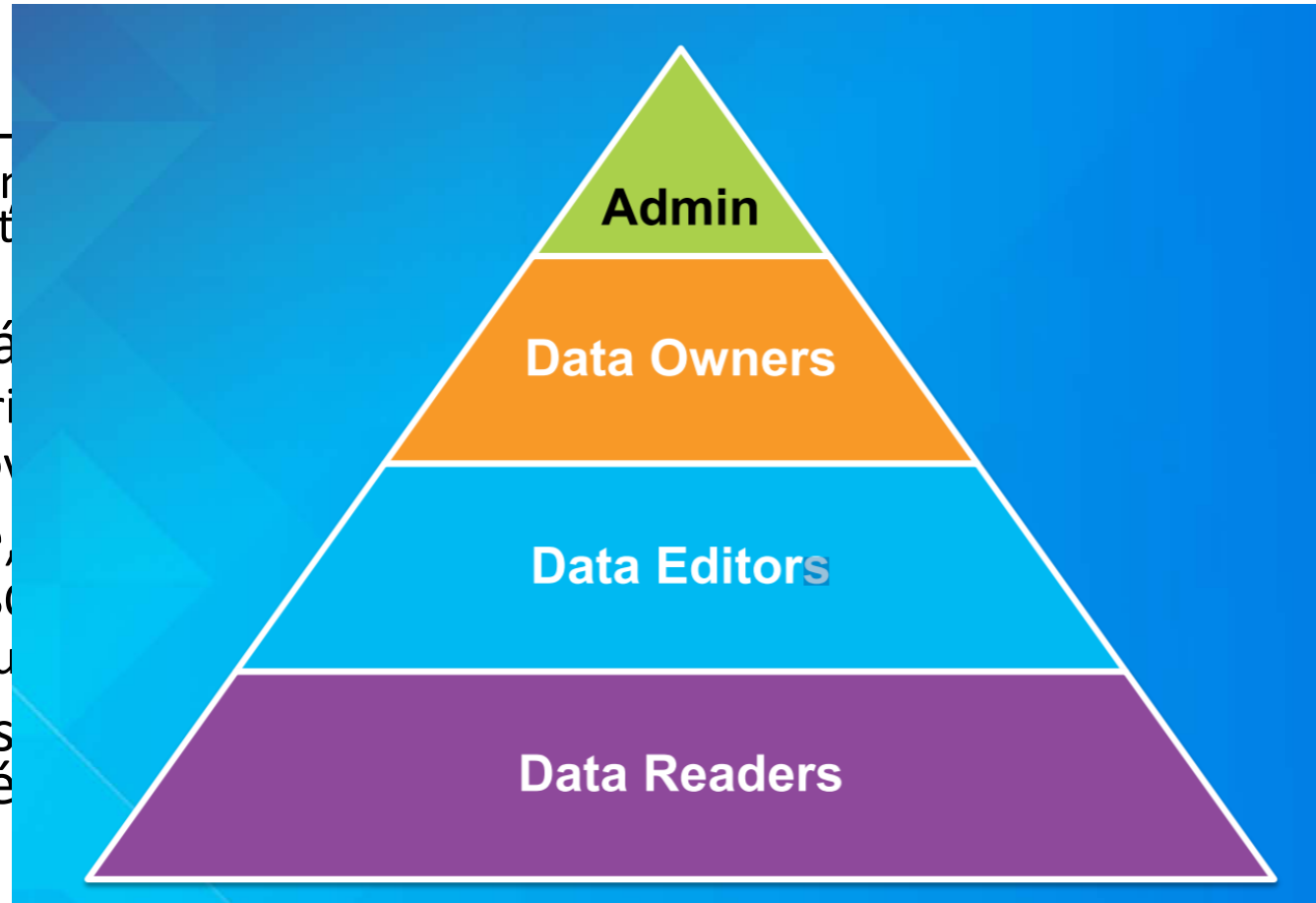
Schémy/používatelia, tabuľky, pohľady

- Tabuľka je základný objekt každej databázy. Obsahuje štruktúrované dáta:
 - Riadok tabuľky je záznam
 - Stĺpec/atribút definuje hodnotou charakteristiku záznamu. Atribúty môžu byť rôzneho dátového typu – INTEGER, VARCHAR, GEOMETRY
- Tabuľka môže mať definované aj:
 - Obmedzenia – primárny/cudzí/jedinečný kľúč, check hodnoty
 - Indexy – atribútové/priestorové
- Pohľad je uložený SQL dopyt, môže slúžiť na:
 - Obmedzenie poskytovaných údajov
 - Úpravu formy poskytovaných údajov
 - Kombináciu rôznych údajov
- Pohľad môže byť aj materializovaný, vtedy sú v ňom aj fyzicky uložené údaje

```
CREATE TABLE roads (  
    id SERIAL PRIMARY KEY,  
    name VARCHAR(64),  
    geom geometry(LINESTRING, 5514)  
);  
  
CREATE VIEW roads_vw as  
    select * from roads  
    where name = 'D1';
```

Schémy/používatelia, tabuľky, pohľady

- PostgreSQL
 - Rola je er
 - môže byť
 - použitia.
- Autentifiká
 - Kto sa pri
 - Kontrolov
- Prihlásenie,
 - PostgreSQL
 - Rola urč
- Databáza, s
 - spravované



é oprávnenia. Rola
e podľa spôsobu

ov a databázy

jektov, ktoré sú

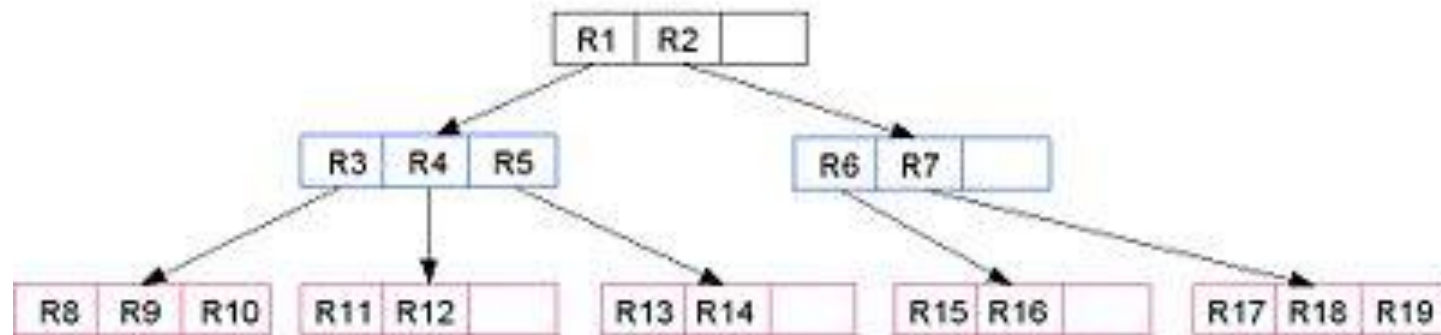
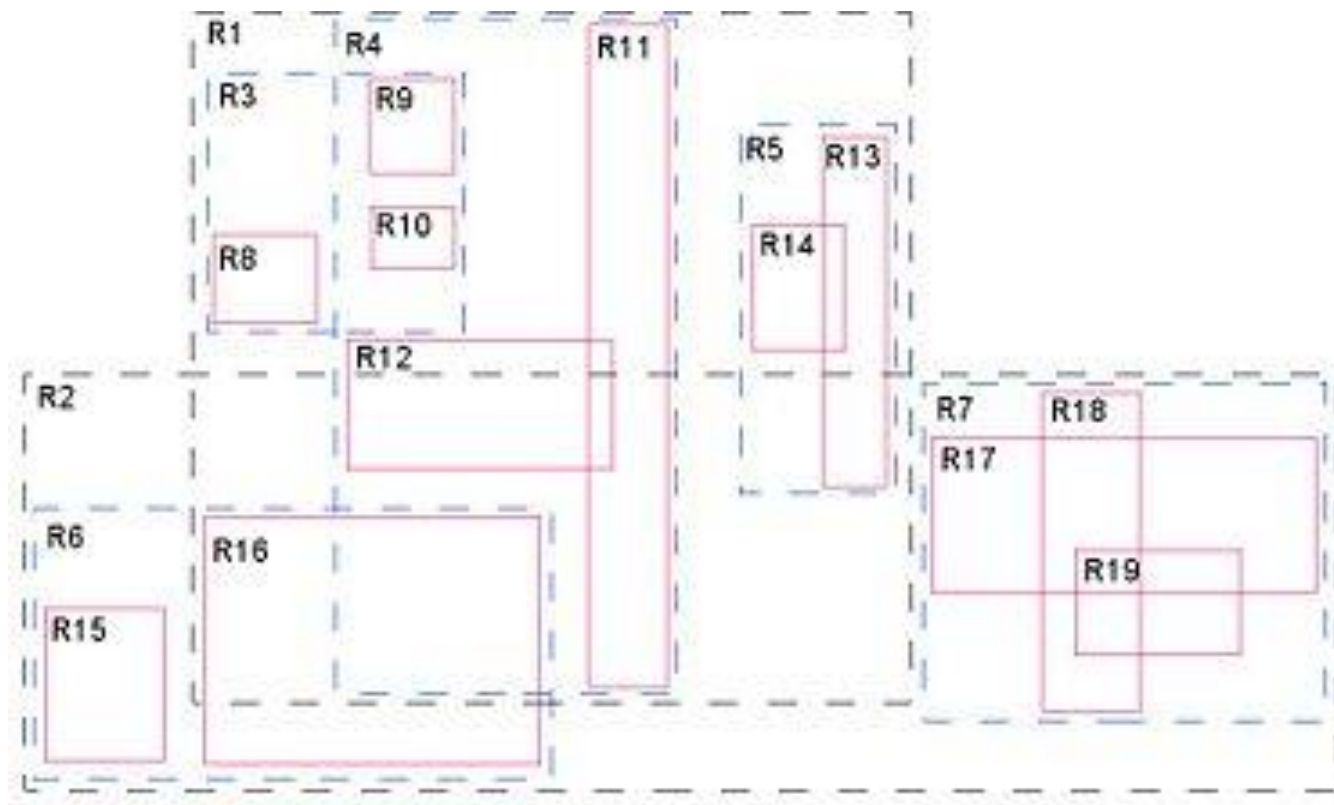
Priestorové indexy

- Priestorový index umožňuje efektívnejší výber záznamov na základe priestorových operátorov
- Priestorový index je v prevažnej väčšine prípadov implementovaný prostredníctvom modifikovaného R-tree indexu, menej často prostredníctvom Quadtree indexu prípadne grid-base indexu
- Priestorový index je implementovaný prostredníctvom indexovania Bounding boxu geometrie – BBOX je najmenší možný obdĺžnik, ktorý obsahuje celú geometriu



Priestorové indexy

- Indexovanie BBOX umožňuje výpočtovo nenáročne určiť približný výsledok dopytu na základe priestorových operátorov
- Výsledkom výberu na základe priestorového indexu je predbežná množina kandidátskych záznamov, ktorá je následne ešte vyhodnotená na základe exaktnej geometrie
- DBMS preto musí obsahovať ešte aj funkcie na vyhodnotenie priestorovej relácie exaktných geometrií (nie len ich BBOX) – mnohé databázové systémy už takúto funkčnosť neobsahujú



Funkcie a operátory

- Umožňujú prácu s priestorovými údajmi
- Delia sa do týchto kategórií:
 - Geometry Constructors – napr. **ST_GEOMFROMTEXT**
 - Geometry Accessors – napr. **ST_SRID**
 - Geometry Editors – napr. **ST_TRANSFORM**
 - Geometry Outputs – napr. **ST_ASJSON**
 - Spatial Relationships and Measurements – napr. **ST_AREA**
 - Geometry Processing – napr. **ST_UNION**

Operátory

- Slúžia na dopytovanie priestorových vzťahov medzi záznamami
- Pri tom vedia využiť priestorový index, sú to napr.:
 - **ST_Contains**(GEOMA,GEOMB)
 - **ST_Crosses**(GEOMA,GEOMB)
 - **ST_Disjoint**(GEOMA,GEOMB)
 - **ST_Equals**(GEOMA,GEOMB)
 - **ST_Intersects**(GEOMA,GEOMB)
 - **ST_Overlaps**(GEOMA,GEOMB)
 - **ST_Touches**(GEOMA,GEOMB)
 - **ST_Within**(GEOMA,GEOMB)
 - **GEOMA&&GEOMB**

	<i>Interior</i>	<i>Boundary</i>	<i>Exterior</i>
<i>Interior</i>	$\dim(I(a) \cap I(b))$	$\dim(I(a) \cap B(b))$	$\dim(I(a) \cap E(b))$
<i>Boundary</i>	$\dim(B(a) \cap I(b))$	$\dim(B(a) \cap B(b))$	$\dim(B(a) \cap E(b))$
<i>Exterior</i>	$\dim(E(a) \cap I(b))$	$\dim(E(a) \cap B(b))$	$\dim(E(a) \cap E(b))$

- $\emptyset \Rightarrow$ point
- $1 \Rightarrow$ line
- $2 \Rightarrow$ area
- $T \Rightarrow \{0,1,2\}$
- $F \Rightarrow$ empty set
- $* \Rightarrow$ don't care



	<i>Interior</i>	<i>Boundary</i>	<i>Exterior</i>
<i>Interior</i>			
	$\dim(\dots) = 2$	$\dim(\dots) = 1$	$\dim(\dots) = 2$
<i>Boundary</i>			
	$\dim(\dots) = 1$	$\dim(\dots) = 0$	$\dim(\dots) = 1$
<i>Exterior</i>			
	$\dim(\dots) = 2$	$\dim(\dots) = 1$	$\dim(\dots) = 2$

ST_WITHIN(GEOMA, GEOMB)

\approx

ST_RELATE(GEOMA, GEOMB,
'T**F***F***')

Úvod - Blok 3 Využitie geodatabázy v praxi

- Vytvorenie prázdnej geodatabázy
- Pripojenie z QGIS na geodatabázu
- Vizualizácia vrstiev uložených v PostGIS v QGIS
- Ukážka využitia SQL na prácu s geometriou v geodatabáze
- Riešenie pripravených modelových úloh

Zdroje a literatura

<https://www.enterprisedb.com>

<https://postgres.cz/wiki/Wiki>

https://postgres.cz/files/tahak_postgresql-13-15.pdf

<https://postgis.net>

<https://www.crunchydata.com/products/crunchy-spatial>

<https://trac.osgeo.org/postgis/wiki/UsersWikiMain>

<https://bostongis.com>