



HEXAGON



INOVACE ZÁKLADNÍ BÁZE GEOGRAFICKÝCH DAT (ZABAGED®)

**Petr KUBÍČEK a kol.
(prezentuje: Lukáš HERMAN)**

Informace o projektu

- **TACR TB05CUZK001**
- **Inovace Základní báze geografických dat (ZABAGED®)**
- 11 měsíců (řešeno v roce 2016)
- koordinátor: Masarykova univerzita
 - řešitel projektu: doc. RNDr. Petr Kubíček CSc.
- partner: Intergraph CS s.r.o.
- další osoby zapojené do projektu:
 - z firmy Asseco (datové modelování)
 - specialista VÚGTK na tvorbu 3D dat.



- Metodika – východiska, cíle, postupy zpracování
- Současný stav problematiky - analýza a hlavní výsledky
- Datové zdroje
- Návrh vedení prvků ZABAGED
- Návrh metod vizualizace
- Kvalita dat
- Vizualizace kvality dat
- Změnový model UML
- Případová studie
- Shrnutí a doporučení



Metodika - východiska

Příspěvek k řešení **opatření Akčního plánu GeoInfoStrategie** „Rozvoj ZABAGED® (ZABAGED® 2014+)“, jeden ze zdrojových dokumentů pro specifikaci konkrétních opatření s cílem realizace v letech 2017 a 2018.

Metodika vychází z:

- **obecných požadavků** na strukturu metodiky u jiných dotačních poskytovatelů (Ministerstvo vnitra, Ministerstvo kultury);
- **zkušeností** s psaním metodik a jejich hodnocením pro tyto poskytovatele (Ministerstvo vnitra, ČÚZK);
- **požadavků zadání** projektu TAČR (předpokládané výstupy projektu a obsah metodiky vyžadovaný v zadání projektu).



Metodika – cíle a postupy

Hlavním cílem metodiky je analýza současného stavu ZABAGED® a následná inovace datového modelu databáze tak, aby zahrnoval i prvky nezbytné pro zobrazení dat databáze ve 3D společně s daty výškopisu.

Mezi **dílčí cíle** definované v rámci projektu dále patří:

- Podpora vedení **časové složky** prostorové informace;
- návrh vedení vhodných vybraných **prvků ve 3D**, a to včetně návrhu metodiku (automatizovaného) určení jejich výšky;
- návrh **metodiky řízení kvality** a získávání, ukládání a vedení parametrů kvality až do úrovně lomových bodů, (v souladu s EN ISO 19157);
- návrh **vizualizace polohové kvality**;
- zpracování inovovaného datového modelu a **migrace** existujících **dat** ZABAGED® do databáze v rozsahu pilotního prostoru nejméně 5000 km²;
- zpracování **pilotní aplikace** umožňující **vizualizaci** dat inovovaného datového modelu databáze ve 3D.



Spolupráce s dalšími projekty – vazba na GeoInfoStrategii (GISTR)

- TB0500MV002 Vypracování analytického návrhu **modelu financování** datového fondu klíčových prostorových informací.
- TB0500MV003 Vypracování certifikované metodiky pro publikování prostorových informací ve formě **otevřených dat**.
- TB0500MV004 Vypracování certifikované metodiky pro **vyhodnocování stavu infrastruktury pro prostorové informace** v České republice.



Víceměřítkový přístup ke 3D modelům



LoD

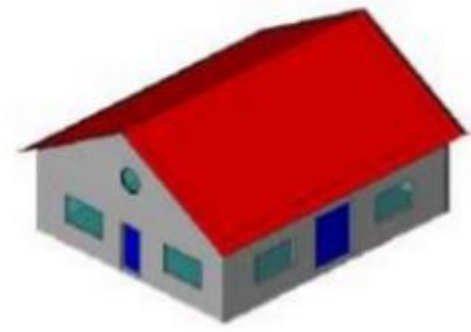
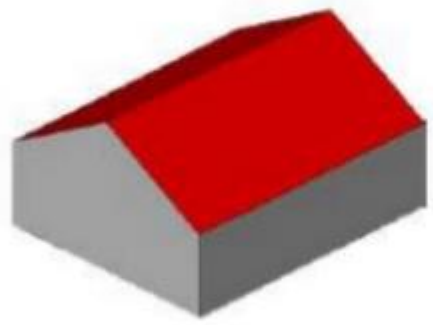
4

Budovy v LoD 1, 2, a 3

LoD 1

LoD 2

LoD 3



Budova

Budova
Stěna
Střecha

Budova
Stěna
Střecha
Okna
Dveře



Současný stav problematiky



Mezinárodní zkušenosti - struktura

Literární řešerše, osobní komunikace

- Např. podněty v rámci konference ISPRS (7/2016, Praha).
Shrnutí základních informací (Španělsko, Nizozemí, Polsko, Finsko, Švýcarsko, Německo – Bavorsko):
- hustota bodů z leteckého laserového skenování,
- měřítko dalších vstupních vrstev,
- level of detail (LoD) u výsledných 3D dat;
- přesnost výsledných 3D dat,
- podmínky pro poskytování výsledných 3D dat,
- technologie využité pro vizualizaci na portále,
- aktualizace 3D dat.



Současný stav problematiky v zahraničí

- Není nutné do 3D převádět vše, databáze může být **kombinovaná**. V Nizozemí byly do 3D převedeny budovy. Vodstvo, terén a komunikace byly uloženy ve 2,5D a ostatní prvky byly vedeny ve 2D.
- Většina 3D databází začala s LoD 1 a u některých se zvažoval přechod na LoD 2. Podmínkou je ale **dostatečná hustota bodového pole leteckého laserového skenování**.
- Přes úsilí výzkumných týmů byl prozatím přechod u 3D dat z LoD 1 na **LoD 2 stále spojen s navýšením množstvím manuální práce**. Zatímco generování LoD 1 šlo provést prakticky automaticky, tvorba tvarů střech byla natolik složitá, že alespoň z části bylo nutné ji dělat manuálně.
- Velká část poskytovatelů dat uvažovala o bezplatném zveřejnění vygenerovaných 3D dat, aby tak podpořili jejich využívání.



Současný stav problematiky v zahraničí

- Významnou otázkou je způsob **aktualizace dat**. Ve většině zemí byla pro prvotní tvorbu dat ve 3D použita výšková data z leteckého laserového skenování. Zatímco samotný terén se během let příliš nemění, výstavba a úpravy budov probíhají neustále. K novým budovám však nejsou k dispozici výškové body. Ve Švýcarsku a v Nizozemí se rozhodli, že letecké laserové skenování budou provádět *pravidelně (cca 5-7 let)*. Naopak Bavorsko raději rozhodlo aktualizovat 3D model *pomocí leteckých snímků*, protože letecké snímkování probíhá častěji, co 3 roky.
- Jestliže jsou při tvorbě 3D dat využívány **různé zdroje dat** (např. obrysy budov z topografických map a body z leteckého laserového skenování), pak se musí zvážit, zda je možné tyto zdroje dat kombinovat.

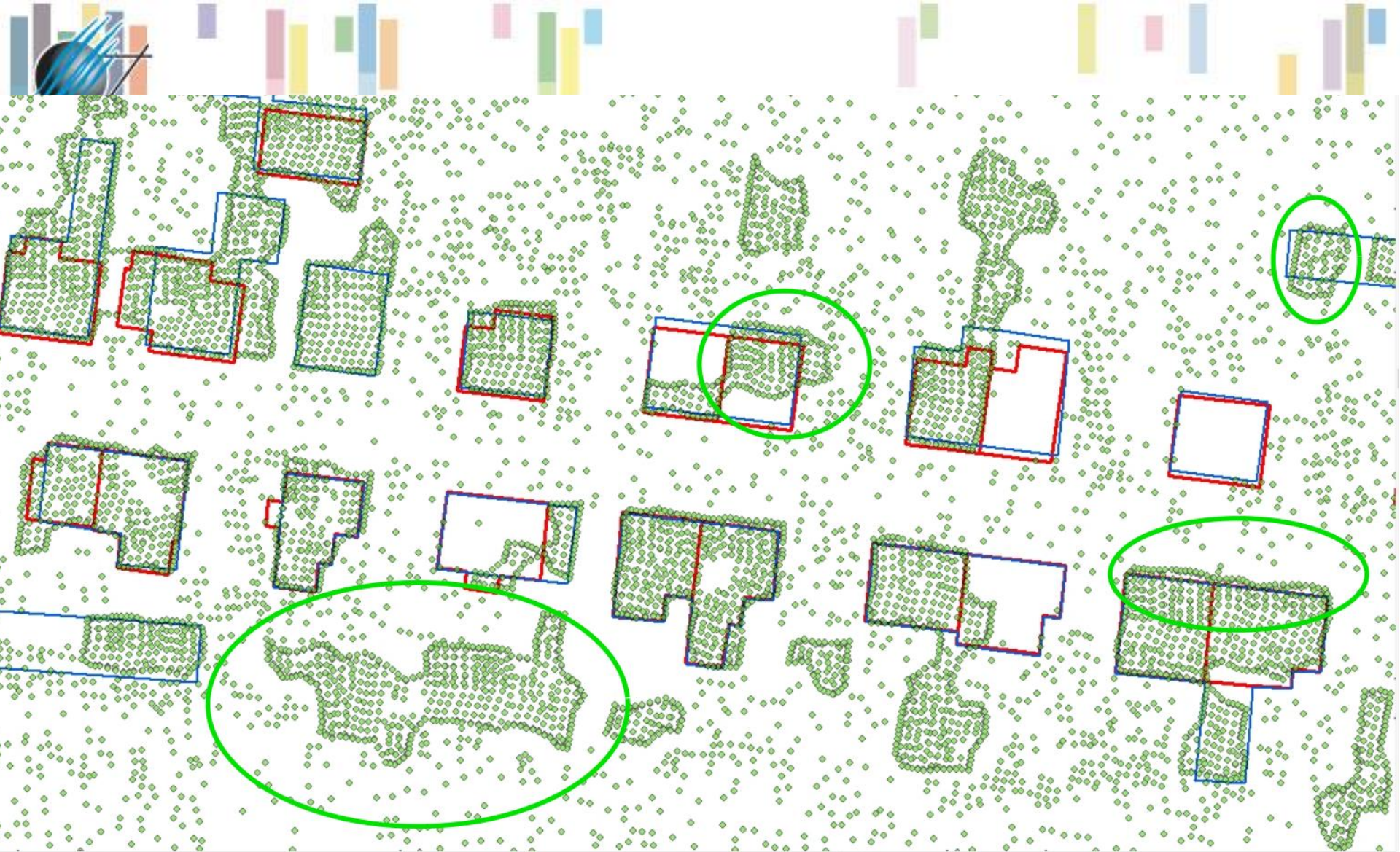


Datové zdroje

Co znamená zkratka RÚIAN?

Co je výstupem LLS?

Jaký je rozdíl mezi DMP a DMR?



— RUIAN

— ZABAGED

— DMP 1G



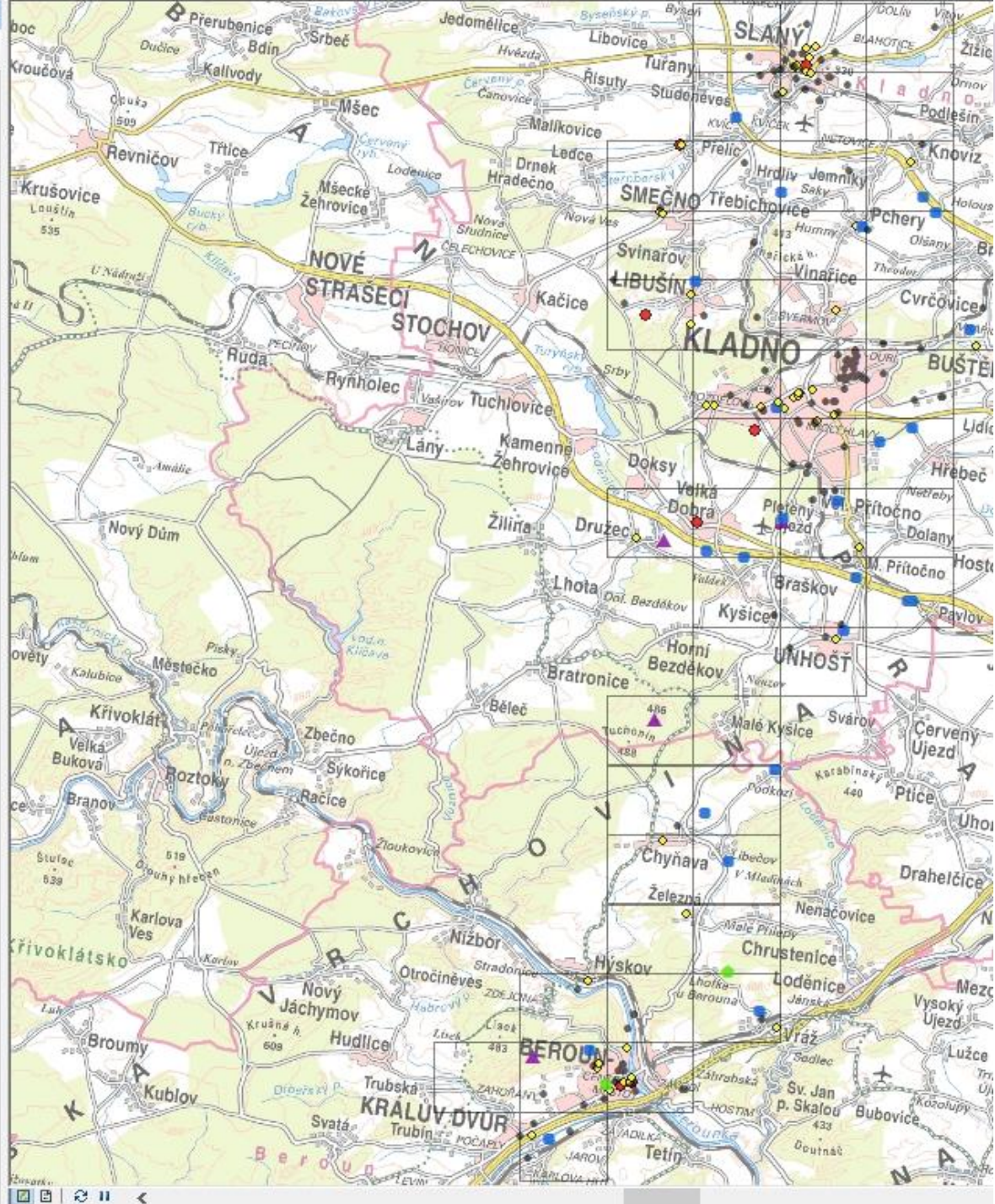
Terénní šetření

- Možnost **automatizovaného přiřazení 3D rozměru** pro vybrané bodové objekty a ověření jejich výšky v terénu.
 - Věžovitá nástavba na budově, věžovitá stavba ostatní (5 podtypů - věž blíže nespecifikovaná; věžovitá nástavba na budově; rozhledna; vysílač; rozhledna + vysílač).
 - Tovární komín.
- **Bodové vrstvy, POI** – orientace, návaznost na referenční databáze, doplnění atributů.
- **Terénní šetření** – Beroun, Kladnou, Slaný.
- Polohové a výškové nesoulady jednotlivých prvků, filtrace výškových dat.
- Předběžné doporučení – využití prvků ZABAGED, doplnění atributů (včetně výšky z dalších databází), vedení prvku v 2D a jeho vizualizace ve 2,5 D pomocí vybraného symbolu.



Layers

- TovarniKomin selection
- VezovitaNastavbaNaBudoveVezovitaStavbaOstat
< all other values >
PODTYPEOB_K
 - věž blíže nespecifikovaná
 - ◆ věžovitá nástavba na budově
 - ▲ rozhledna
 - vysílač
 - rozhledna + vysílač
- vyber
 -
- Prohlížečí služba WMS - ZM 200



Tab. 7: Přehled podtypů objektů a jejich výškových hodnot podle jednotlivých zdrojů dat.

Typ	A: Laserový dálkoměr	B: Databáze	C: nDMP (rozdíl DMP 1G a DMR 5G)	D: Výška z nejvyššího blízkého objektu	Rozdíl A a B	Rozdíl A a C	Rozdíl A a D
rozhledna + vysílač	25,3	13,6	17,3	17,1	11,7	8,0	8,2



Datový model ZABAGED®

- Katalog objektů ZABAGED®
- 116 typů objektů

Obsah katalogového listu:

- Kategorie objektů
- Typ objektu
- Kód objektu
- Definice objektu
- Geometrické určení objektu
- Geometrická přesnost
- Zdroj dat geometrických
- Zdroj dat popisných
- Atributy

Kategorie objektů:	1. SÍDELNÍ, HOSPODÁŘSKÉ A KULTURNÍ OBJEKTY			
Typ objektu: (s pořadovým číslem)	1.02 BUDOVA JEDNOTLIVÁ NEBO BLOK BUDOV			
Kód typu objektu:	AL015			
Definice objektu:				
<p>Budova - stavební objekt ohraničený zevně obvodovými stěnami a střechou. Jedná se o trvalé stavby na pevném základě sloužící konkrétnímu účelu - budovy občanské, průmyslové, zemědělské, dopravní a budovy se speciálním účelem.</p> <p>Blok budov - souvislá skupina budov obklopená zpravidla ulicemi.</p>				
Geometrické určení objektu:	plocha nebo bod			
Geometrická přesnost:	B			
Zdroj dat geometrických:	původní zdroj: ZM 10 letecké měřické snímky, ortofoto, šetření v terénu, ISKN			
Zdroj dat popisných:	původní zdroj: ZM 10 šetření v terénu, Geonames			
Atributy:				
Název atributu	Datový typ	Předmět atributu	Hodnota atributu	Význam hodnoty atributu (identifikátor)
KC_DRUHBUDOVY		druh budovy	102	strojírenský průmysl
DRUHBUD_K	VARCHAR2(3)		103	chemický průmysl
DRUHBUD_P	VARCHAR2(50)		104	textilní, oděvní a kožedělný průmysl
			105	průmysl skla, keramiky a stavebních hmot
			106	potravinářský průmysl
			107	dřevozpracující a papírenský průmysl
			108	polygrafický průmysl
			109	hutnický průmysl
			110	ostatní, nerozlišený průmysl
			111	chov hospodářských zvířat
			112	zemědělský podnik ostatní
			115	přečerpávací stanice produktovodu
			204	hvězdárna
			205	kostel
			206	klášter
			207	kulturní objekt ostatní
			208	muzeum
			209	divadlo
			210	škola
			211	kaple

Kategorie objektů:	1. SÍDELNÍ, HOSPODÁŘSKÉ A KULTURNÍ OBJEKTY			
Typ objektu: (s pořadovým číslem)	1.02 BUDOVA JEDNOTLIVÁ NEBO BLOK BUDOV			
Kód typu objektu:	AL015			
Definice objektu:				
<p>Budova - stavební objekt ohraničený zevně obvodovými stěnami a střechou. Jedná se o trvalé stavby na pevném základě sloužící konkrétnímu účelu - budovy občanské, průmyslové, zemědělské, dopravní a budovy se speciálním účelem.</p> <p>Blok budov - souvislá skupina budov obklopená zpravidla ulicemi.</p>				
Geometrické určení objektu:	plocha nebo bod			
Geometrická přesnost:	B			
Zdroj dat geometrických:	původní zdroj: ZM 10 letecké měřické snímky, ortofoto, šetření v terénu, ISKN			
Zdroj dat popisných:	původní zdroj: ZM 10 šetření v terénu, Geonames			
Atributy:				
Název atributu	Datový typ	Předmět atributu	Hodnota atributu	Význam hodnoty atributu (identifikátor)
KC_DRUHBUDOVY		druh budovy	102	strojírenský průmysl
DRUHBUD_K	VARCHAR2(3)		103	chemický průmysl
DRUHBUD_P	VARCHAR2(50)		104	textilní, oděvní a kožedělný průmysl
			105	průmysl skla, keramiky a stavebních hmot
			106	potravinářský průmysl
			107	dřevozpracující a papírenský průmysl
			108	polygrafický průmysl
			109	hutnický průmysl
			110	ostatní, nerozlišený průmysl
			111	chov hospodářských zvířat
			112	zemědělský podnik ostatní
			115	přečerpávací stanice produktovodu
			204	hvězdárna
			205	kostel
			206	klášter
			207	kulturní objekt ostatní
			208	muzeum
			209	divadlo
			210	škola
			211	kaple

- Identifikace typů objektu vhodných pro vedení ve 3D – budovy, komunikace, stožáry...
- Nutnost získání třetí dimenze
- Problém - položka „**zdroj dat**“ často obsahuje více možností – např. budovy mohou pocházet z katastru, leteckých snímků, z vektorizovaných map nebo z geodetického měření v terénu.
- Do metodiky je nutné navrhnout **vhodný zdroj a způsob získání výšky.**



Možnost získání výškových dat

- Není možné použít vždy nejpreciznější metodu – např. měření v terénu je příliš nákladné a náročné.
- Volba zdroje výškových dat:
 - podle optimálního poměru náročnosti a přesnosti – žádoucí je **možnost automatizovat** přiřazení výšky,
 - podle možností pravidelné **aktualizace**,
 - **podle dostupnosti zdroje** na daném území: letecké laserové skenování, fotogrammetrie.
- Volba metody přiřazení výšky podle typu prvku:
 - prvky, kde je potřeba dělat výšku zjišťovat **individuálně** – např. silnice, budovy;
 - prvky, kde lze určit výšku na základě **typologie** – např. sloupy elektrického vedení;
 - prvky, kde stačí určit výšku jednoho či několika prvků ze skupiny – např. stromořadí.

Možnost získání výškových dat

- Náročnost získání výšky záleží i na typu geometrie daného prvku ZABAGED® - bod, linie, plocha.
- Je nutno rozhodnout, zda např. ploše do určité velikosti stačí přiřadit jedinou souřadnici výšky.

Typ objektu: (s pořadovým číslem)	1.05 TĚŽNÍ, ROPNÁ VĚŽ		
Kód typu objektu:	A		
Definice objektu:	Typ objektu: (s pořadovým číslem)	1.22 HRADBA, VAL, BAŠTA, OPEVNĚNÍ	
	Kód typu objektu:	AH010	
Ocelová, betonová, výjimečně především k zabezpečení dopra	Definice objektu:	Typ objektu: (s pořadovým číslem)	1.08 HALDA, ODVAL
Geometrické určení objektu:	bod	Kód typu objektu:	AM040 (NF124)
	<u>Hradba</u> - mohutná ohradní zeď, h	Definice objektu:	
	<u>Val</u> - jednoduchý násep představ	<u>Halda</u> - nahromadění přírodního nebo antropogenního (odpadového nebo nepotřebného) materiálu vyvezeného z dolu či průmyslového závodu; nejčastěji má tvar kužele nebo tabulového vrchu.	
	<u>Bašta</u> - část opevnění vybíhají útočníka.	<u>Odval</u> - zemní stavba vytvořená systematickým ukládáním odvalové hlušiny z podzemí dolu nebo z úpravny nerostné suroviny na odvališti.	
	<u>Opevnění</u> - terénní úprava zajišť	Geometrické určení objektu:	centroid plochy, (plocha)
	Geometrické určení objektu:	linie	



Data výškopisu v ZABAGED®

Do nového datového modelu doporučujeme doplnit novou kategorií **Výškopis**, která bude obsahovat:

- typy objektů pocházejících z čar a bodů terénní kostry (např. horní hrana, dolní hrana, ...),
- typy objektů pocházejících z dat vodstva s přiřazenou výškou,
- vrstevnice,
- výškový bod povrchu a Výškový bod reliéfu.



Externí zdroje dat - UAP, DTM, RUIAN, RPI, VGI ...

- Srovnávací tabulka návaznosti na opatření GISTR (jako přílohy metodiky), .
- Vazba NaSaPO – ZABAGED z pohledu GISTR (referenční a garantovaná data, ontologické třídy, modelová generalizace, primární 3D objekty).
- Současný stav – priority zpřesnění vybraných prvků.
- Návrh aktualizace atributových záznamů u centrálně vedených prvků.
- Kategorie A- C.

Číslo jevu	Jev	Typ jevu	Poskytovatel/zdroj	Pokrytí území	Přesnost	Typ geometrie	součástí DM	Vhodnost přebírání jevu
1	Zastavěné území	U, Z	Úřad územního plánování	Celé území, kde existuje platný územní plán	Může být nepřesné, je vymezeno územním plánem a závisí tak přímo na kvalitě územního plánu	plocha	Ne	C
2	Plochy výroby	U, Z	Úřad územního plánování	Celé území, kde existuje platný územní plán	Může být nepřesné, je vymezeno územním plánem a závisí tak přímo na kvalitě územního plánu	plocha	Ne	C
3	Plochy občanského vybavení	U, Z	Úřad územního plánování	Celé území, kde existuje platný územní plán	Může být nepřesné, je vymezeno územním plánem a závisí tak přímo na kvalitě územního plánu	plocha	Ne	C



Návrh vedení prvků ZABAGED®



Návrh vedení prvků ZABAGED® v novém datovém modelu

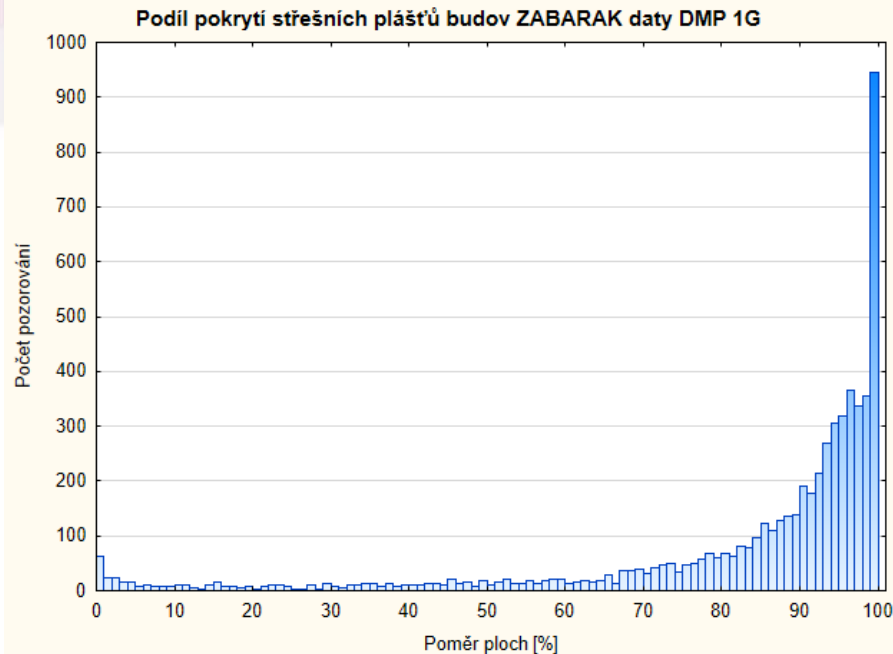
Doporučení pro vedení jednotlivých typů objektů v novém datovém modelu. Pozornost je věnována **způsobu získání souřadnice H, vizualizaci typu objektu ve 3D** a případně i **doplnění nových atributů** do datového modelu.

Nejčastější způsoby vedení prvků:

- 3D objekt se výškovými souřadnicemi u dolní i horní hrany – Budova, Tunel.
- Objektu je přiřazena nadmořská výška jeho základny (H) podle DMR 5G, výška samotného objektu (h) je uložena do atributu – např. typy Lesní plocha, Rozhledna, Tovární komín.
- Most - koncovým bodům objektu (stýkajících se s terénem) je přiřazena nadmořská výška (H) podle DMR 5G. Výška ostatních bodů (nedotýkajících se terénu) je interpolována z koncových bodů.
- Objektu je přiřazena nadmořská výška (H) jeho základny podle DMR 5G – např. různé druhy komunikací.
- Některým prvkům nelze přiřadit výškovou souřadnici – budou ponechány ve 2D – např. Metro.

Budovy – příklad 3D

- Výška objektu h jako výsledek algoritmu.
- Vstupní data: H_{min} a H_{max} , půdorysy z dat **ZABARAK** (v ideálním případě)
- H_{min} : nejnižší bod DMR 5G; kde není nalezen → **interpolace**
- H_{max} : nejvyšší bod DMP 1G; kde není nalezen nebo je nereálný → výška odhadnuta dle RÚIAN (3 m/patro), snížená kvalita
- Způsob vizualizace LoD1, pro LoD2 připraven atribut typ střechy.



Komunikace – příklad 2,5D

- Nadmořská výška H jako výsledek umístění na povrch DMR 5G, Mosty interpolovány z koncových bodů linií komunikací v ZABAGED
- Typy objektů: Silnice, dálnice, Ulice, Cesta, Železniční trať, Železniční vlečka...
- Způsob vedení: liniové i plošné.
- Využití stávajících liniových prvků v ZABAGED, šířky navrhovány podle ČSN.
- V případech Železniční trať, Železniční vlečka bez návaznosti na počet kolejí.





Dvojí vedení prvků komunikací

Silnice, dálnice; Ulice; Silnice neevidovaná; Cesta; Železniční trať; Železniční vlečka; Most; Podjezd; Železniční přejezd

Tyto typy objektů navrhujeme vést souběžně jako liniové i plošné (typ povrch) prvky, protože obě varianty mají své výhody. Kdyby se ukázalo, že je vedení obou variant neefektivní, pak lze vést typ objektu pouze liniově.

- a) Povrch se souřadnicemi H tvoří povrch komunikace. Důvodem vedení ve formě povrchu je možnost uložit šířku komunikace do geometrie.
- b) Linie se souřadnicemi H je osou komunikace. Je nutno zachovat i liniovou vrstvu z důvodu nutnosti tvorby síťového grafu komunikací, např. pro publikaci INSPIRE datové sady (téma Dopravní síť).

Tunel – veden souběžně jako 3D objekt a liniový prvek. Důvodem je opět tvorba síťového grafu komunikací.

Tunel – příklad prvků komunikací ve 3D

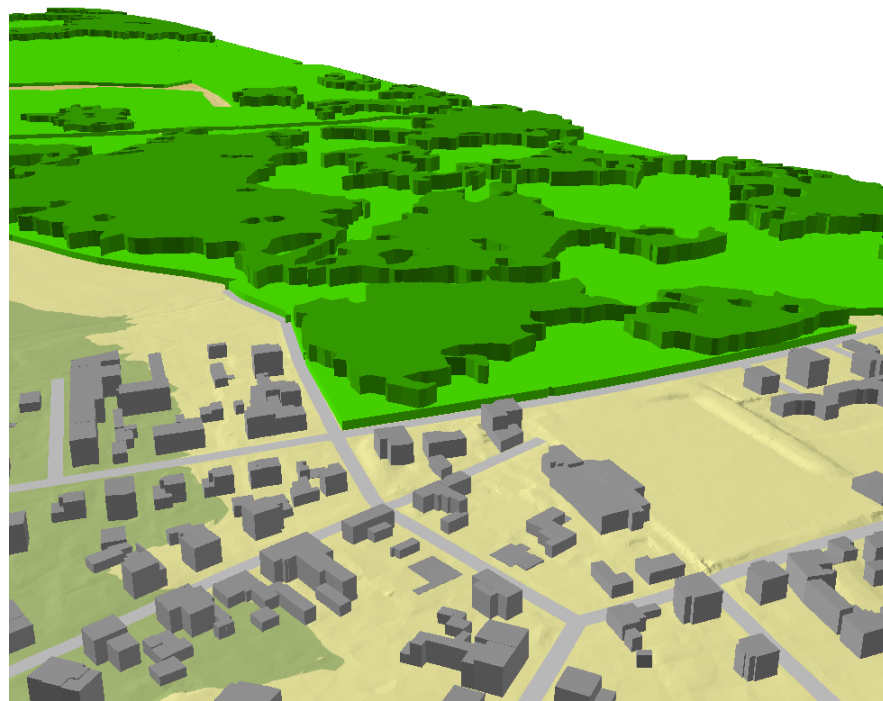
- Nadmořská výška H jako výsledek interpolace z koncových bodů linií v ZABAGED[®] umístěných na DMR 5G
- Relativní výška objektu h se řídí podle norem ČSN pro výstavbu silničních a železničních tunelů
- Návrh nereprezentuje možné výškové změny průjezdních komunikací pod povrchem stejně jako jejich šířkové změny
- Železniční tunely odpovídají pouze šířce pro jednu kolej (návaznost na liniové vedení Železničních tratí v ZABAGED[®])





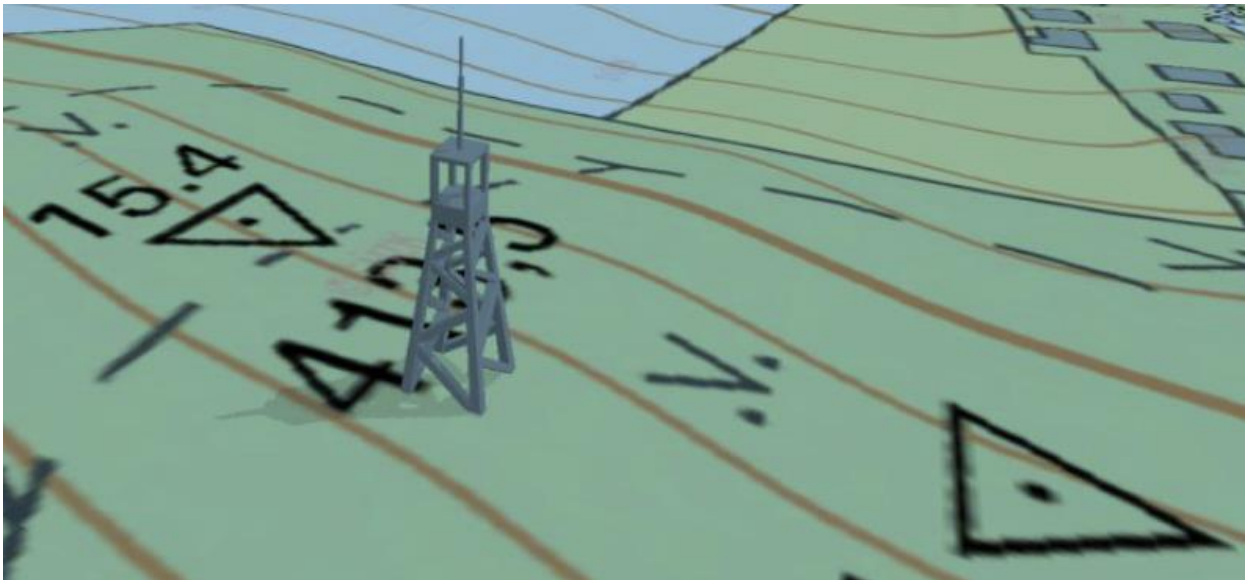
Vegetace – příklad 2,5D (s atributem h)

- Z dat LLS lze zpracovávat pouze typ Lesní půda se stromy
- Nadmořská výška H jako výsledek umístění na povrch DMR 5G
- Relativní výška vegetace h jako výsledek výpočtu z dat DMR 5G, DMP 1G, vZABAGED® se zapíše do atributu.
- Polohové vymezení Lesní půdy se stromy v místech listnatých lesů neodpovídá → rozdělení procesu na 2 části podle výšky h (8 m).
- Součástí procesu zpracování je odstranění ostatních typů objektů zpracovávaných v metodice.



Rozhledna – příklad výškových objektů ve 2,5D (s atributem h)

- Nadmořská výška H základny stavby se určí z povrchu DMR 5G.
- Relativní výška objektu h se získá automaticky z vhodného bodu DMP 1G nebo fotogrammetricky pokud neexistuje vhodný bod v DMP 1G.
- Relativní výška se zapíše do atributu objektu.





Rozdělení některých typů objektů

Věžovitá nástavba na budově, věžovitá stavba ostatní

důvod rozdělení: odlišný postup při získání souřadnice výšky a odlišná vizualizace v 3D prohlížečce

a) Věžovitá nástavba na budově - souřadnice výšky značí nadmořskou výšku nejvyššího bodu budovy

b) Věžovitá stavba ostatní - rozhledna; vysílač - bodový symbol se souřadnicí výšky v základně objektu. Relativní výška objektu bude uložena v atributu.

Úložné místo

důvod rozdělení: halda je významný prvek reliéfu, odkaliště je často tvořeno vodní plochou, odlišný postup při získání souřadnice výšky

a) Halda, odval - souřadnice výšky z DMR 5G

b) Odkaliště - podobný postup jako u typu Vodní plocha.

Souřadnice výšky se určí pomocí souřadnice výšky příslušného objektu Břehová čára.



Návrh metod vizualizace



Návrh metod vizualizace 3D dat ZABAGED®

Druhá část WP2 - **tvorba software pro 3D vizualizaci.**

- Aplikace bude sloužit pro vizualizaci dat podle inovovaného datového modelu včetně výškových informací získaných z existujících produktů – DMR4G, DMR5G nebo DMP1G.
- Aplikace umožní vizualizaci atributů polohové kvality jednotlivých bodů grafické části ZABAGED®.



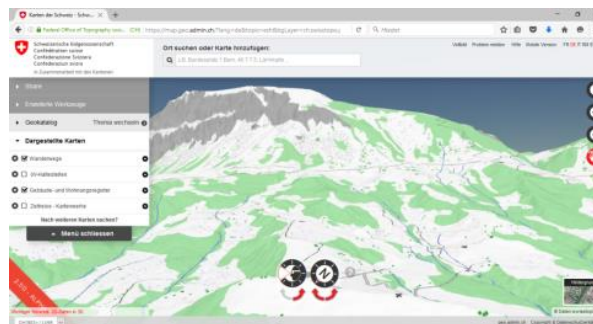
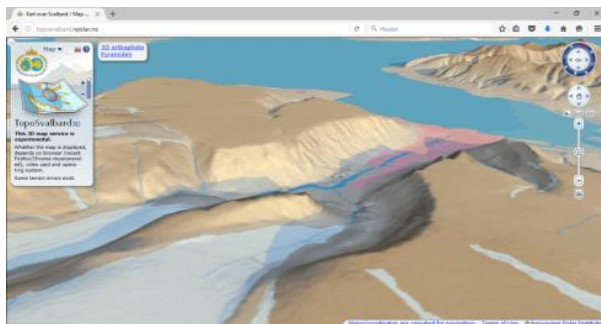
Hodnocení a výběr technologií pro 3D vizualizaci prostorových dat

Využita metoda **heuristického hodnocení** s rozčleněním heuristik na tzv. funkční a mimo-funkční požadavky

Funkční (povinné) Načtení vlastního (podrobného) modelu terénu, vlastních textur na modelu terénu (např. ortofota), 3D modelů (např. budov), 3D znaků (např. pro stromy), plošných vektorových dat (povrchů), liniových vektorových dat, bodových vektorových dat a podpora dlaždic, LoD či jiných způsobů načítání rozsáhlých prostorových dat

Funkční (nepovin.) Interaktivní pohyb 3D scénou (pomocí myši), ovládání pomocí klávesnice, neinteraktivní (pomocí funkčních tlačítek), zobrazení nápovědy, zobrazení atributů vybraného prvku, souřadnic, severky (nebo jiného prvku pro podporu orientace ve 3D scéně), měření vzdálenosti a ploch

Mimo funkční Licence, závislost na řešení třetích stran, dostupnost API, interoperabilita (podpora standardů)





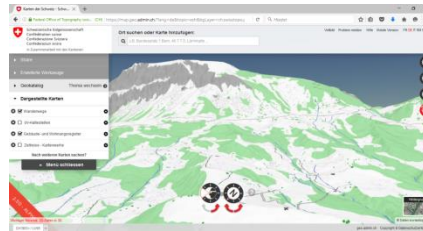
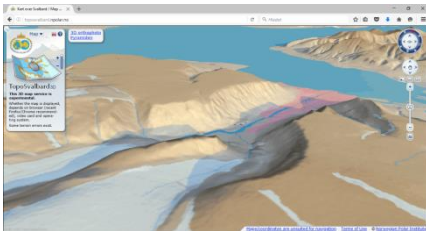
Hodnocení a výběr technologií pro 3D vizualizaci prostorových dat – příklady řešení

Svalbard - <http://toposvalbard.npolar.no/>

Švýcarsko - <http://map.geo.admin.ch>

Nizozemí (budovy Lod1) -

<https://www.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?webcene=94e00add11334767afb0abdce49c9a43>



Berlin Economic Atlas -

<https://www.businesslocationcenter.de/wab/maps/main/>

3D model Prahy - www.iprpraha.cz/3dmodel (neanalyzováno - zveřejněno až po skončení projektu)



Výsledky hodnocení technologií pro 3D vizualizaci prostorových dat

- Dostupná národní (rozsáhlé území) řešení obsahují pouze **model reliéfu pokrytý texturou nebo budovy na úrovni podrobnosti LoD 1**.
- **Podrobnější** 3D modely (texturované budovy, zobrazování atributů prvků) obsahují aplikace zobrazující **menší území**.
- Pro zobrazování 3D modelů rozsáhlých území je **důležitá podpora načítání objemných dat** (např. podpora dlaždic nebo level of detail - LoD).
- Nejčastěji podporované standardy prostorových dat jsou **WMS** pro textury a **KML** pro 3D modely (např. budov, znaky).
- Nejčastěji využitým programovacím jazykem je **JavaScript** a technologie pro vykreslování 3D grafiky **WebGL**, pro technologie které jsou založeny na instalovaném zásuvném modulu je **Java**.
- Aplikace obsahují poměrně často **pouze prvky k ovládní** (navigaci), další funkcionality (např. měření vzdáleností či ploch) je poměrně vzácná.
- User interface (GUI) jednotlivých aplikací jsou často založeny na **přechodu mezi 2D a 3D** režimem.
- Prvky (tlačítka, vizualizace orientace) pro ovládní 3D scény, ani jejich umístění v rámci **GUI nejsou nijak standardizované** a značně se v jednotlivých aplikacích liší.
- Rozšiřitelnost a modifikovatelnost jednotlivých technologických řešení často umožňují API, počet funkcí v nich nabízených se však značně liší.



Závěry hodnocení a návrh aplikace pro 3D vizualizaci dat ZABAGED®

Pro zobrazování 3D prostorových dat ZABAGED® se jako **vhodné** jeví následující technologie:

- ArcGIS Online
- MyVR
- Geospatial Portal 2016
- Cesium
- OpenWebGlobe
- NASA World Wind

Z hlediska uživatelského rozhraní se jako nevhodnější jeví webové technologie umožňující následující **funkcionalitu** (s klesající prioritou):

- Navigace a její podpora.
- Přepínání vrstev, nastavení průhlednosti.
- Zobrazování atributů prvků, vyhledávání.
- Případně také měření vzdáleností, nastavení osvětlení 3D scény.



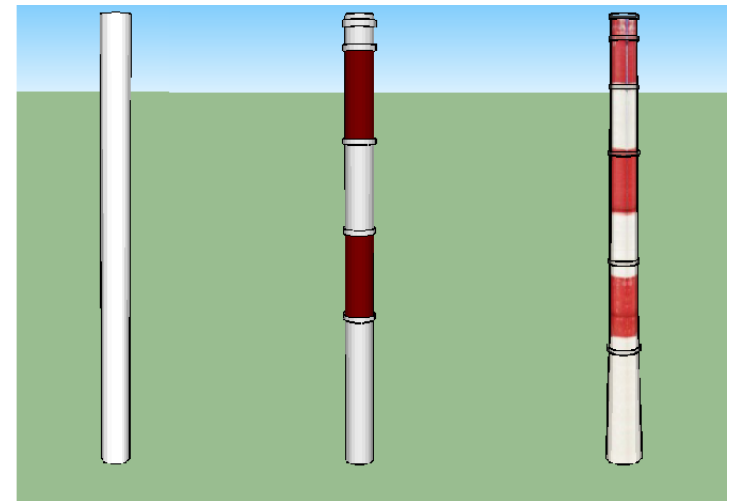
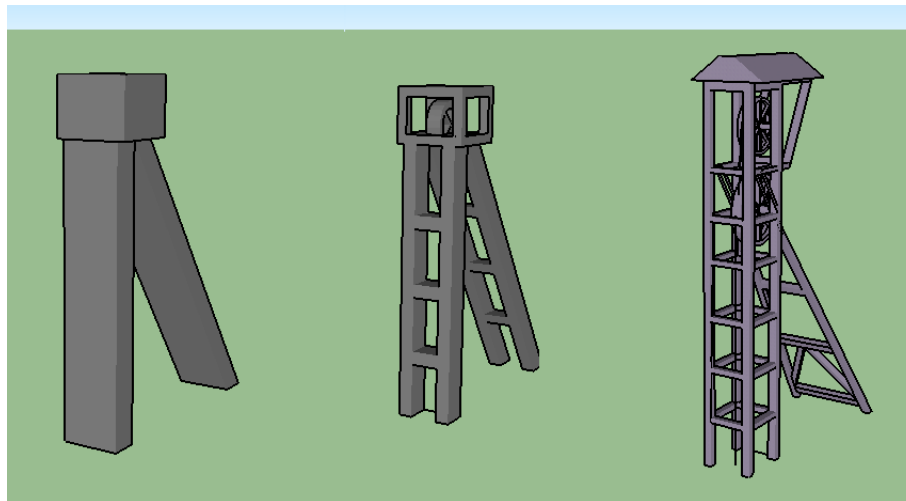
Kartografické znaky při 3D vizualizaci

ZABAGED® – topografická databáze – převážně kvalitativní znaky.

Kvalitativní údaje dávají informaci o **poloze, existenci a významu znázorňovaného objektu** či jevu. Umožňují tak jeho identifikaci.

Návrh 3D znaků pro vizualizaci vybraných prvků.

3 úrovně abstrakce znaku s narůstající mírou abstrakce - LoA.
Finalizace knihovny symbolů pro 3D vizualizaci.



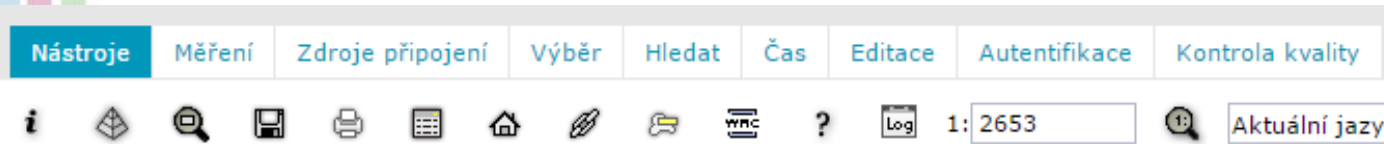


Popis aplikace pro 3D vizualizaci dat ZABAGED®

Využita technologie **Geospatial Portal 2016**

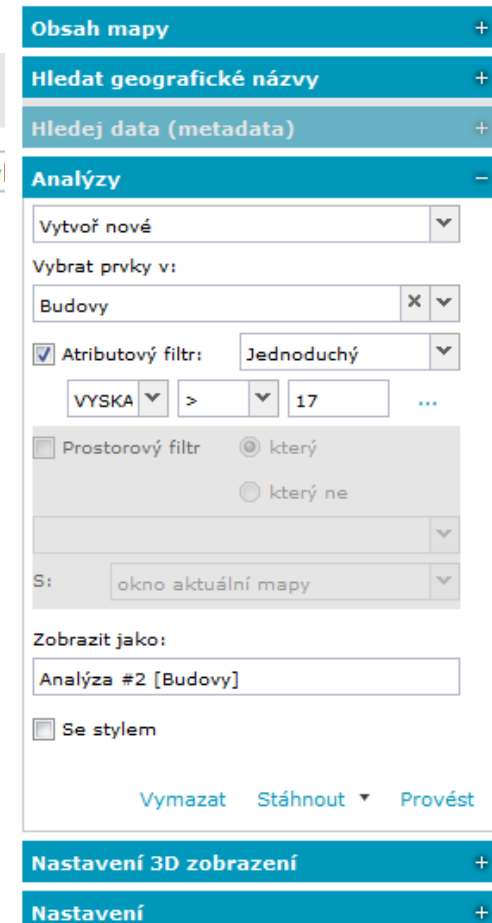
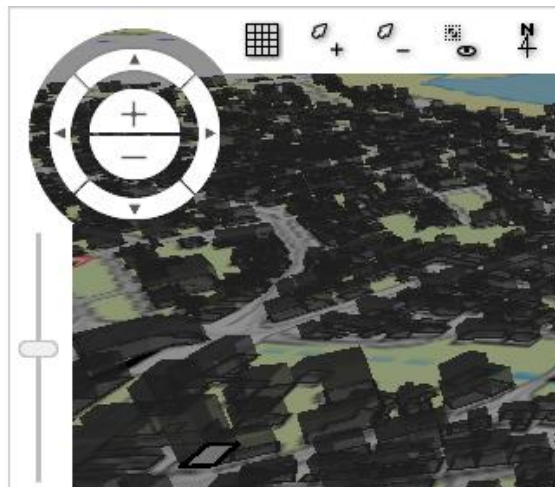
Uživatelské rozhraní

- Horní lišta ▼



- Levé menu ▶

- Mapové okno a Navigátor ▼



Popis aplikace pro 3D vizualizaci dat ZABAGED®

Geospatial Portal - Zabaged 3D



The screenshot displays the ZABAGED 3D application interface. The main window shows a 3D visualization of a city area with a river. A context menu is open over the 3D view, listing the following options:

- Zobrazit vrstvu
- Nastavit průhlednost ▶ (Průhlednost: 0)
- Skupiny měřítek ▶
- Přejmenovat
- Odstranit

The left sidebar contains the following sections:

- Obsah mapy**
 - Vrstvy
 - Datové zdroje
 - Kategorie
- Layers list:
 - Hexagon Geospatial OGC Web Featu
 - Analýza #1 [Budovy]
 - Hexagon Geospatial OGC Web Fe
 - parkoviste_odpocivka_3D
 - data_kmz_pnvd
 - data_kmz_pvd
 - data_kmz_pnd
 - Základní mapy ČR
 - Prohlížečí služba WMS - ZABAGED®
 - Open Street Map
 - DOBR_A_Z3857
- Navigation and search buttons:
 - Hledat geografické názvy +
 - Hledej data (metadata) +
 - Analýzy +
 - Nastavení 3D zobrazení +

The top navigation bar includes the following tabs: Nástroje, Měření, Zdroje připojení, Výběr, Hledat, Čas, Editace, Autentifikace, and Kontrola kvality.



Kvalita dat

„souhrn znaků produktu, které jsou relevantní pro jeho schopnosti uspokojovat stanovené nebo předpokládané potřeby“.



Současný stav hodnocení kvality dat

- **Doménová bezespornost (DQ_DomainConsistency)**
 - *V souladu s INSPIRE: ANO*
- **Úplnost – Vynechání (DQ_CompletenessOmission),**
 - *59,48% pokrytí území ČR pro Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G)*
- **Polohová přesnost – Polohová přesnost (mřížových) dat (DQ_GriddedDataPositionalAccuracy)**
 - *0,3 metru u Digitálního modelu reliéfu České republiky 4. generace (DMR 4G)*
 - *Úroveň C odpovídá nižší přesnosti (např. hranice kultur) s hodnotou střední polohové chyby do 15 m.*



Stav neodpovídá ČSN ISO 19157 ani INSPIRE.



Požadovaný stav hodnocení kvality dat

- Legislativní i technické dokumenty navazující na směrnici 2007/2/ES (INSPIRE)

Prvek kvality geografických dat (anglický název)	Definice	Úroveň hodnocení (zkratka INSPIRE tématu prostorových dat)
Úplnost (DQ_Completeness)	<i>Přidání (DQ_CompletenessCommission)</i>	Data přítomná v množině dat a přebývajících nad popsanou oblast.
	<i>Vynechání (DQ_CompletenessOmission)</i>	Data v množině dat vůči předepsané oblasti chybějící.
Logická bezspornost (DQ_LogicalConsistency)	<i>Konceptuální bezspornost (DQ_ConceptualConsistency)</i>	Dodržení pravidel konceptuálního schématu.
	<i>Doménová bezspornost (DQ_DomainConsistency)</i>	Dodržení příslušnosti hodnot do hodnotových domén.

<i>Formátová bezspornost (DQ_FormatConsistency)</i>	Stupeň, v jakém jsou data uložena podle fyzické struktury množiny dat popsané oblastí.	datová sada (TN, EL, LC); typ prostorových o prvku (LC)	
<i>Topologická bezspornost (DQ_TopologicalConsistency)</i>	Správnost explicitně zakódovaných charakteristikých topologických vlastností množiny dat popsaných oblastí.	datová sada (HY, TN, EL); typ prostorových o prvku (HY, EL); instance prostorových o prvku (LC)	
Polohová přesnost (DQ_PositionalAccuracy)	<i>Absolutní nebo vnější přesnost (DQ_AbsoluteExternalPositionalAccuracy)</i>	Přímknutost vykázaných hodnot souřadnic k hodnotám, které jsou pokládány za správné nebo jsou správné.	datová sada (TN, EL); typ prostorových o prvku (EL); instance prostorových o prvku (HY, EL, LC)
	<i>Polohová přesnost mřížových dat (DQ_GriddedDataPositionalAccuracy)</i>	Přímknutost polohových hodnot mřížových dat k hodnotám, které jsou pokládány za správné nebo jsou správné.	typ prostorových o prvku (EL); instance prostorových o prvku (EL)

<i>Relativní nebo vnitřní přesnost (DQ_RelativeInternalPositionalAccuracy)</i>	Přímknutost relativních poloh vzhledů k oblasti v jejich příslušným relativním polohám, které jsou pokládány za správné nebo jsou správné.	datová sada (HY); typ prostorových o prvku (HY); instance prostorových o prvku (HY, LC)	
Tematická přesnost (DQ_ThematicAccuracy)	<i>Správnost klasifikace (DQ_ThematicClassificationCorrectness)</i>	Porovnání tříd přiřazených ke vzhledům jevů nebo jejich atributů k univerzu diskurzu.	datová sada (TN); instance prostorových o prvku (LC)
	<i>Nekvantitativní správnost atributů (DQ_NonQuantitativeAttributeAccuracy)</i>	Přesnost nekvantitativních atributů.	datová sada (HY); typ prostorových o prvku (HY)
	<i>Přesnost kvantitativních atributů (DQ_QuantitativeAttributeAccuracy)</i>	Přesnost kvantitativních atributů.	datová sada (HY); typ prostorových o prvku (HY); instance prostorových o prvku (LC)

Prvky vedení a hodnocení kvality

- Prvky a současný stav – atributy kvality **zdroj a přesnost**.
- Analýza možností (ISO 19157) a legislativních požadavků pro datové prvky ZABAGED.

Návrh nových atributů kvality dat na úrovni instance vzhledu (prvku) a lomového bodu.

- úroveň **instance vzhledu (prvku)** je zahrnuta v normě ČSN ISO 19157 i INSPIRE specifikacích dat,
- úroveň **lomových bodů** v této normě, resp. technických návodech, pro svoji detailnost již uvažována není.

Uvedeny dva návrhy konceptu kvality dat, samostatně pro každou ze zmiňovaných úrovní. Dvě skupiny prvků kvality dat:

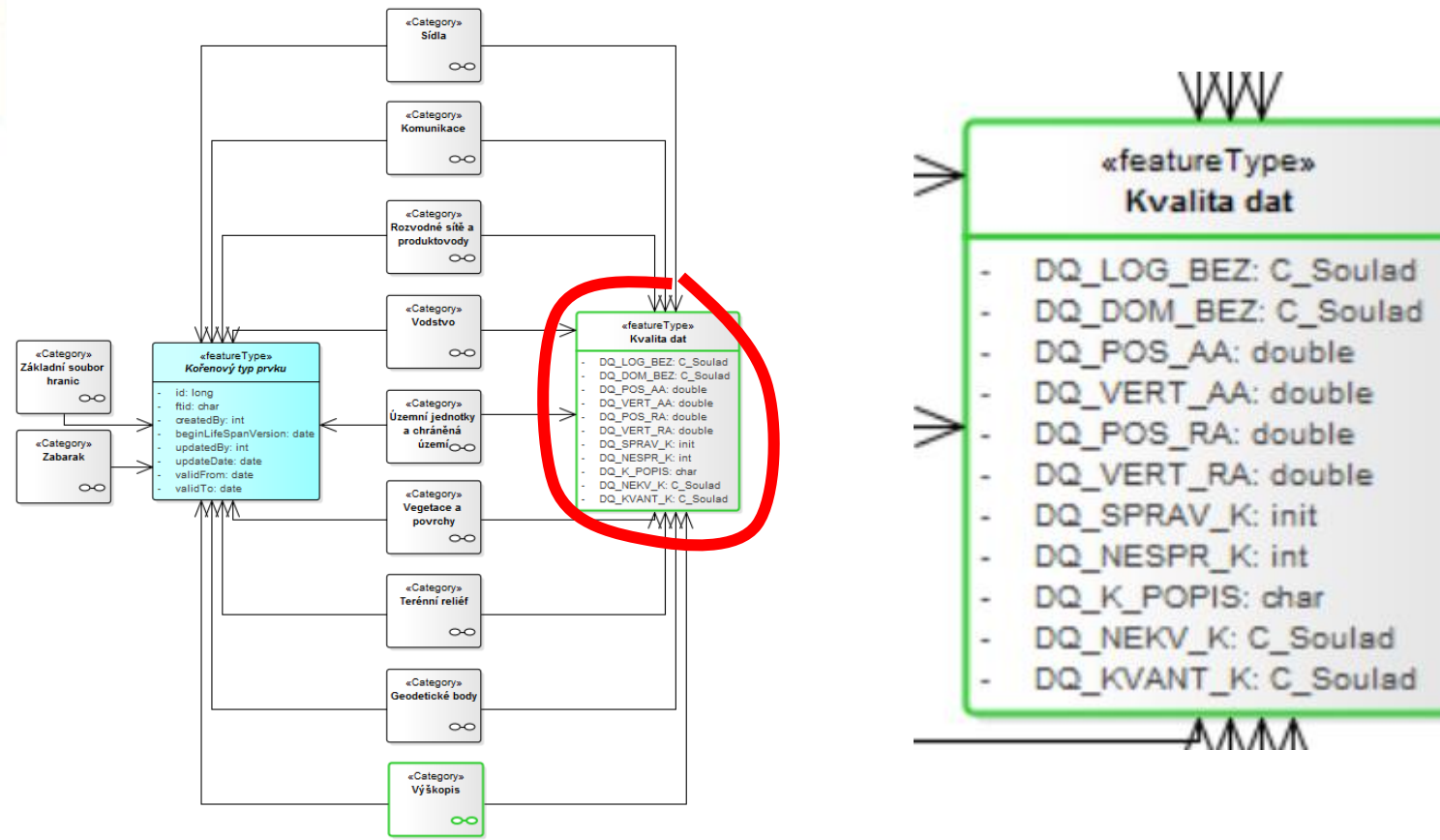
- **navrhujeme nově udržovat ve formě atributů** (kvality dat) v databázi ZABAGED;
- **nedoporučujeme udržovat** v databázi ZABAGED včetně zdůvodnění.

CODE	DESCRIPTION
1	ortofoto
2	HD
3	DKM
4	VRKM
5	IMIP
6	KMD
7	SH10
8	SM5
9	rastrová KM
10	změřeno v terénu
11	externí zdroj
12	externí zdroj - Správa NP
13	ERÚ + KN
14	ERÚ + KN + ortofoto
15	ISÚI
16	SŽDC
17	terénní šetření
18	ČEPS
19	AOPK
20	podklad od obce
21	osu ulice nelze vytvořit
22	výškopis
23	MPO
24	ČHMÚ
25	ŘSD
26	ZÚ
27	HVT
28	DMÚ 25
29	LLS
30	internet
31	ČGS
32	ČBÚ



Návrh nových atributů kvality dat

- **Samostatně pro úroveň**
 - instance vzhledu (prvku)
 - lomového bodu





Změnový model UML



Návrh rozšířeného datového modelu v UML

Návrh datového modelu je proveden formou **logického datového modelu**, který obsahuje typy prvků sdružené do **kategorií**, jejich **vybrané atributy** a **vazby** mezi typy prvků.

Návrh je vytvořen v podobě entitně relačního diagramu (ERD) včetně popisu jeho hlavních prvků. Kvůli přehlednosti je rozdělen **do dvou úrovní**:

- **První úroveň** znázorňuje „Kořenový typ prvku“ se **systémovými atributy**, které jsou děděny všemi typy prvků a dále **typ prvku „Kvalita dat“**, který j obsahuje atributy určující kvalitu dat na úrovni typů prvků. Atributy Kvality dat jsou děděny podřízenými typy prvků rozdělenými do tematických kategorií užívaných i ve stávajícím datovém modelu ZABAGED®:
 - *Sídla,*
 - *Komunikace,*
 - *Rozvodné sítě a produktovody,*
 - *Vodstvo,*
 - *Územní jednotky a chráněná území,*
 - *Vegetace a povrchy,*
 - *Terénní reliéf,*
 - *Geodetické body.*



Návrh rozšířeného datového modelu v UML

Návrh: členit do **dvou úrovní**:

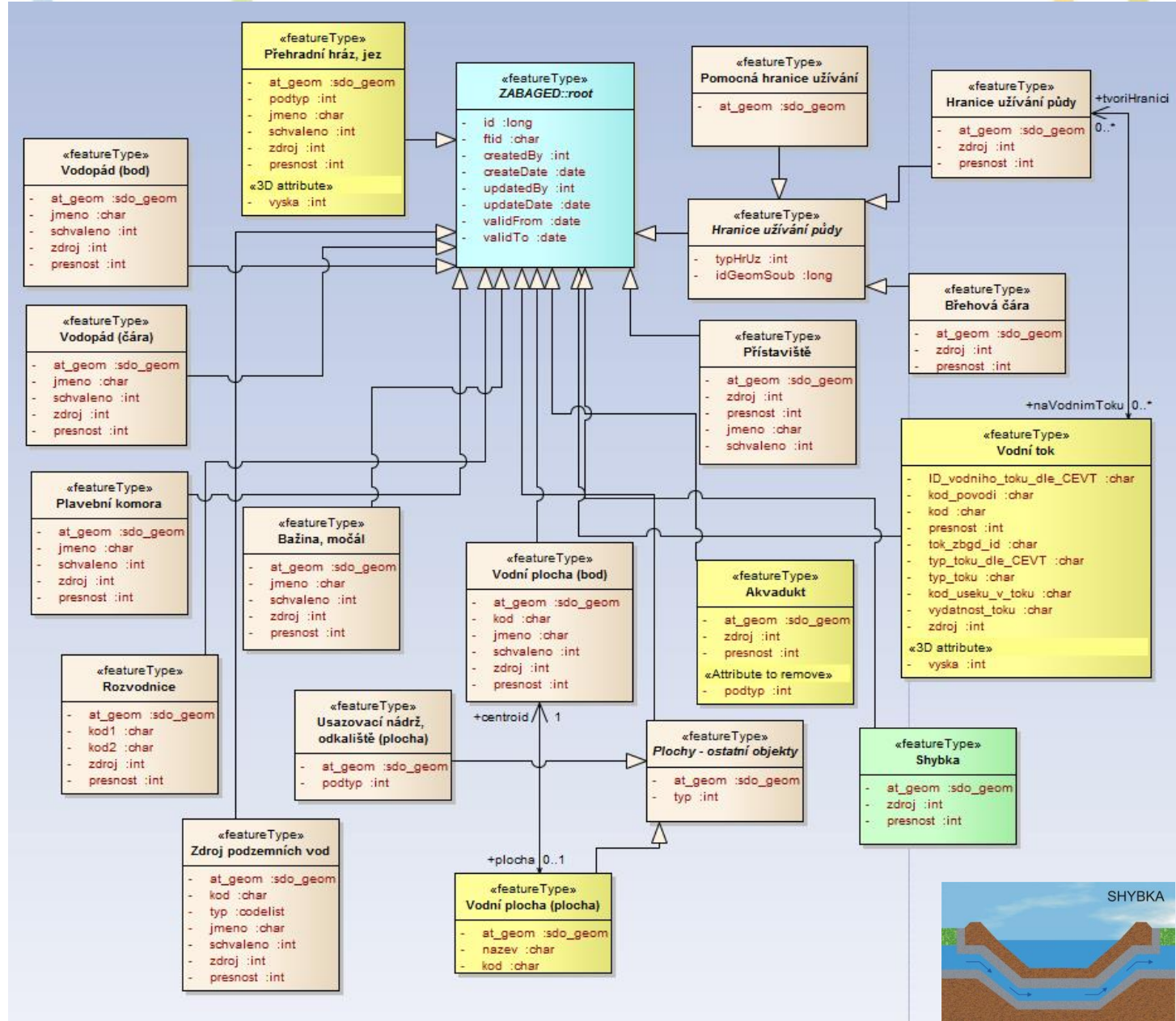
- V **druhé úrovni** jsou tedy vytvořeny **diagramy typů prvků po jednotlivých kategoriích**. U typů prvků jsou uvedeny pouze atributy:
 - určující **typ geometrie** (rozlišují se geometrické typy GM_Point, GM_Curve a GM_Surface)
 - **atributy**, které jsou nějakým způsobem **změněny** oproti stávajícímu datovému modelu.

Diagramy jsou vytvářeny v prostředí modelovacího nástroje Enterprise Architect. Prvky diagramu jsou rozlišeny barevně, jednak podle typu dimenze (2D, 2,5D a 3D), jednak v závislosti na tom, zda jde o změny oproti stávajícímu datovému modelu.

Návrh UML datového modelu ZABAGED

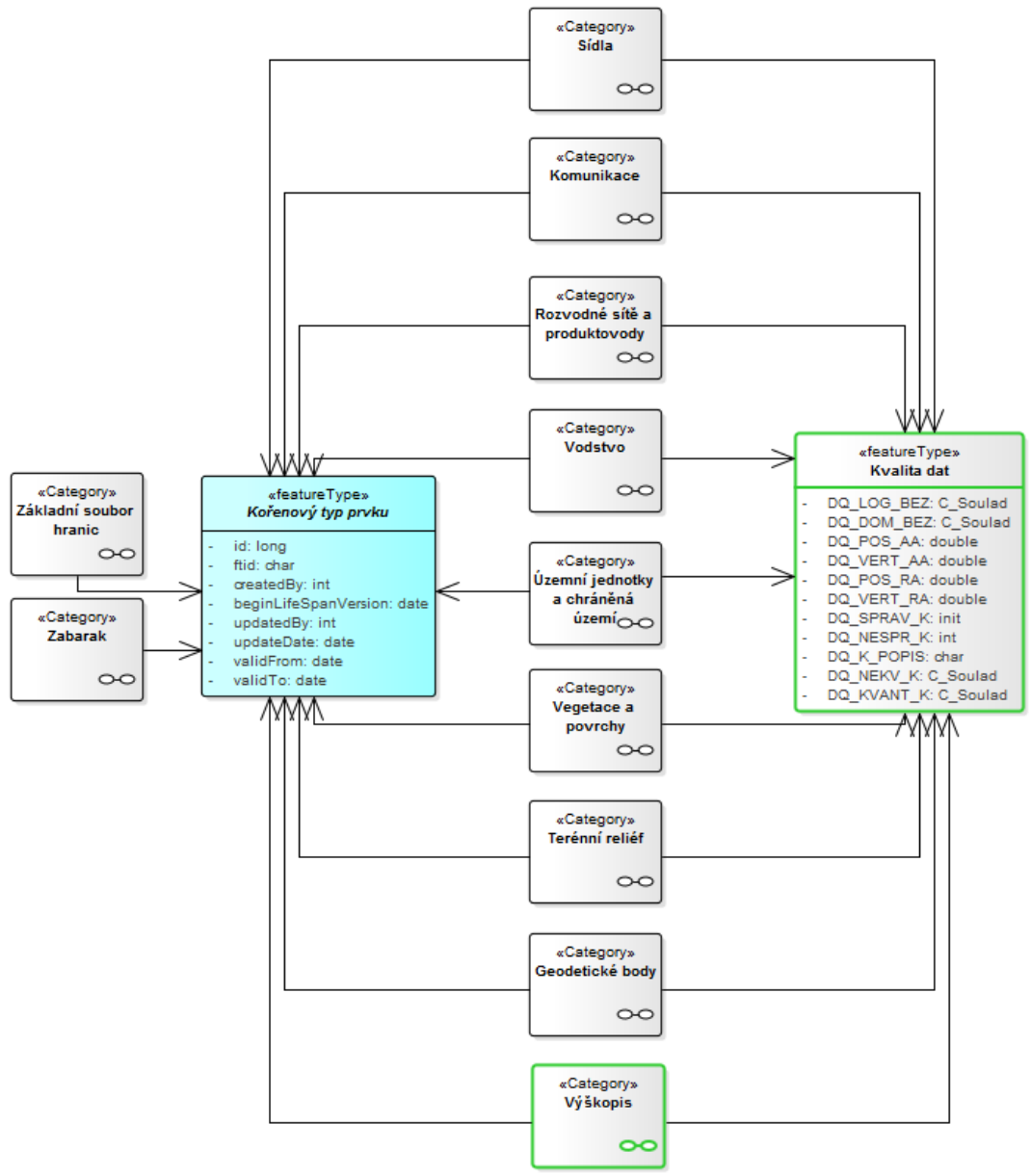
Barevně odlišené třídy, podle typu třídy či charakteru změny:

- **root feature typ**, kde jsou definovány systémové atributy – **modrá**;
- typy prvků, kde dojde k nějakým **změnám**, případně, které budou vedeny ve 3D – **žlutá**;
- **nové** typy prvků – **zelená**.



ZABAGED

- ZABAGED
 - Přehled
 - LEGENDA
 - SÍDLA
 - KOMUNIKACE
 - ROZVODNÉ SÍTĚ A PRODUKTOVODY
 - VODSTVO
 - ÚZEMNÍ JEDNOTKY A CHRÁNĚNÁ ÚZ
 - VEGETACE A POVRCHY
 - TERÉNNÍ RELIÉF
 - GEODETIKÉ BODY
 - VÝŠKOPIS
 - ZÁKLADNÍ SOUBOR HRANIC
 - ZABARAK
 - CODELISTS
 - «Category» Geodetické body
 - «Category» Komunikace
 - «featureType» Kořenový typ prvku
 - «featureType» Kvalita dat
 - «Category» Rozvodné sítě a produktovody
 - «Category» Sídla
 - «Category» Terénní reliéf
 - «Category» Územní jednotky a chráněná úz
 - «Category» Vegetace a povrchy
 - «Category» Vodstvo
 - «Category» Výškopis
 - «Category» Zabarak
 - «Category» Základní soubor hranic





Součást UML - podpora vedení časové složky prostorové informace

Každý záznam bude uložen tolikrát, v kolika platných verzích v minulosti existoval - alespoň část záznamu, která byla změněna.

Atributy času v současnosti:

- datum vytvoření
- datum modifikace

Přidáno:

- odkdy byl daný záznam platný
- dokdy byl daný záznam platný

V návrhu se jedná o **systemové atributy**, nikoliv atributy na úrovni prvků. Zohledněno v **UML modelu**.





Vizualizace kvality dat



Vizualizace kvality dat

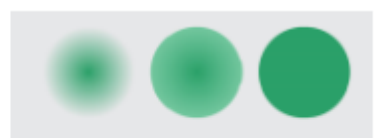
- Výchozí předpoklady a požadavky - požadavek na vizualizaci polohové kvality (geometrické přesnosti) až na úroveň atributů **jednotlivých bodů** grafické části ZABAGED, a to ***textovým vyjádřením a vyjádřením grafickým.***
- **Současný stav** – přístupy k vizualizaci kvality – typy map, užití grafických proměnných.
- **Problémy** – polohová kvalita a její míry (ISO), prostorová granularita (úroveň) posouzení kvality (prostorový prvek, typ prostorového prvku, datová sada).
- **Návrh**– navrženy alternativní sady, funkční testování.



a) velikost



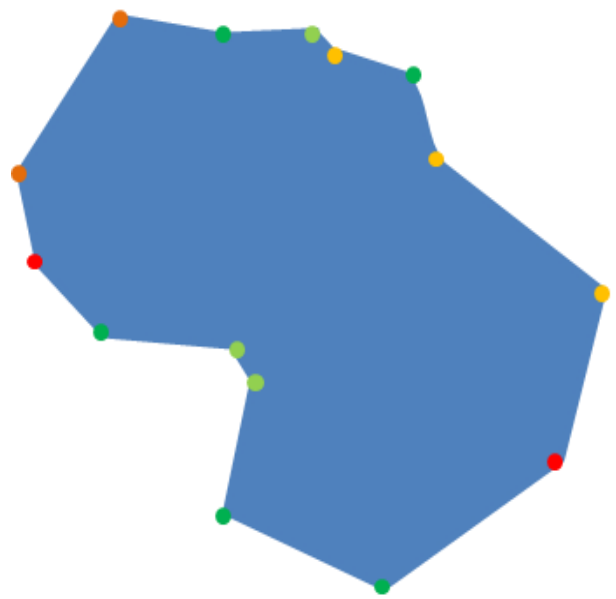
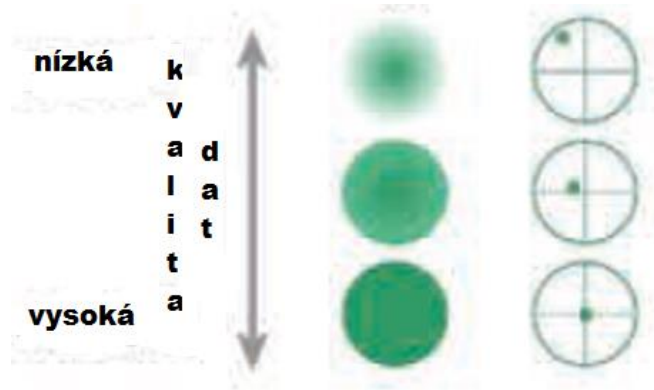
b) odstín



c) rozostření



d) rozlišení



Polohová kvalita dat

- A
- B
- C
- D
- E

- GEODETICKÉ BODY ●
- SÍDELNÍ, KULTURNÍ A HOSPODÁŘSKÉ OBJEKTY
- Budova nebo blok budov ●
DRUHBUD_P
- Kaple ●
- Čerpací stanice pohonných hmot ■
- Meteorologická stanice ▲
- Budova nebo blok budov ●
DRUHBUD_P
- Kaple ●
- Čerpací stanice pohonných hmot ■
- Meteorologická stanice ▲
- Kříž, sloup kulturního významu ●
t
- Mohyla, pomník, náhrobek ●
⌚
- Věžovitá nástavba na budově, věžovitá stavba ostatní ●
- Vodojem věžový ●
- Válcová nádrž, zásobník ●

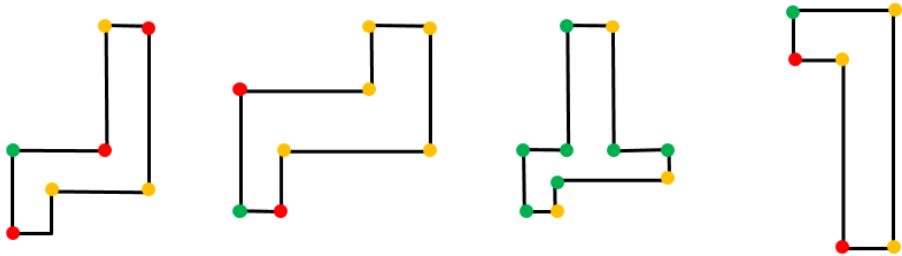


Vizualizace atributů polohové přesnosti

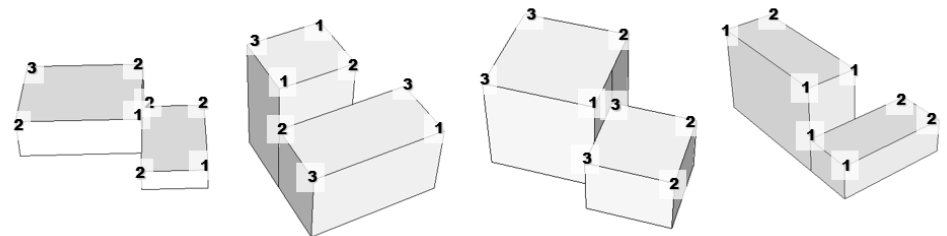
- Realizace uživatelského testování předpokládaných metod (10/2016).
- Skupina ZÚ + kontrolní skupina.
- Vyhodnocení testu a implementace výsledného návrhu do klienta.

Polohová
přesnost

- nízká
- střední
- vysoká



Polohová
přesnost
3 nízká
2 střední
1 vysoká





Vizualizace atributů polohové přesnosti

Respondenti hodnotili jaké pořadí barev a čísel je pro ně intuitivní.

U barevné škály byl vždy zvolen typ škály zelená=vysoká přesnost.

U číselné škály je však intuitivní pořadí individuální. Ze 17 respondentů volilo 10 variantu, kdy číslo 1 znamená vysokou přesnost, 7 volilo obráceně – číslo 1 znamená nejnižší přesnost.

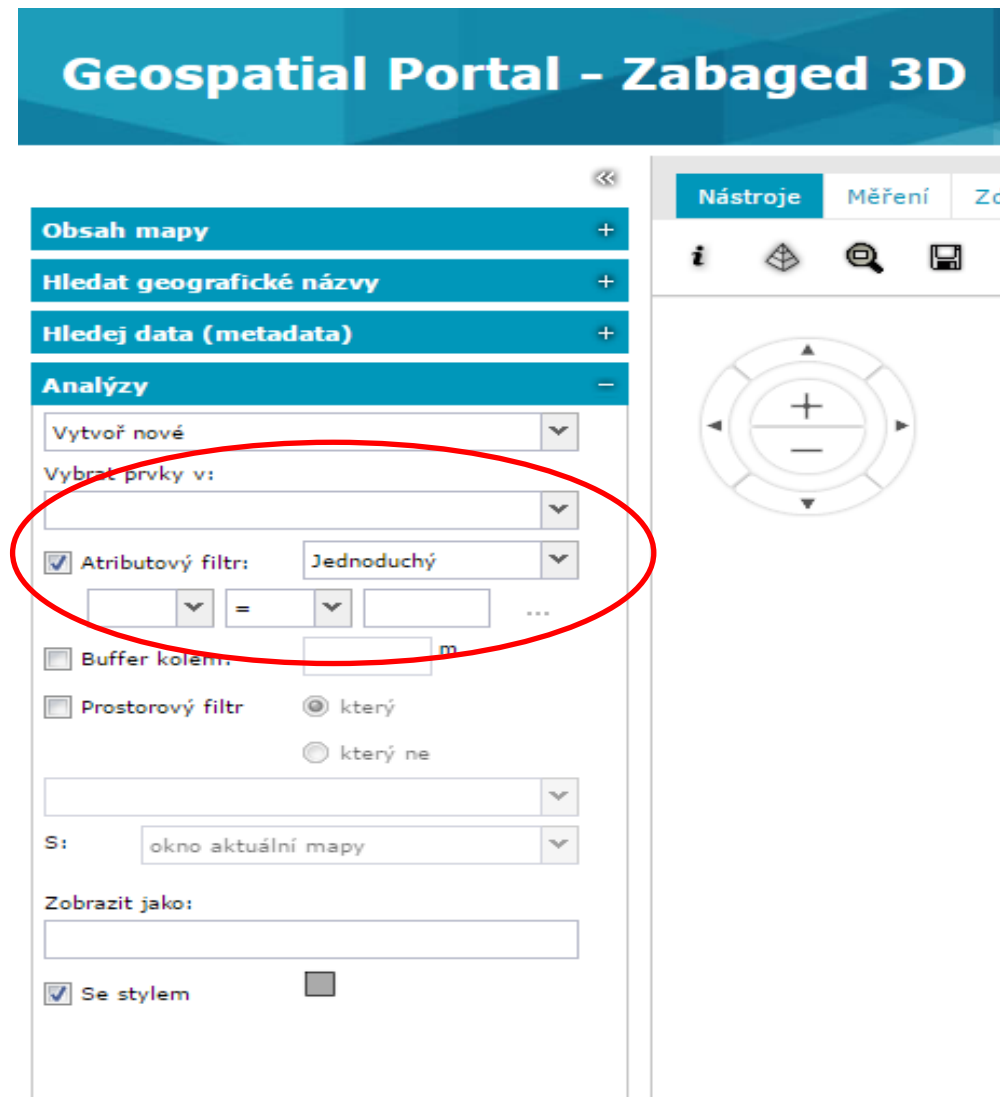
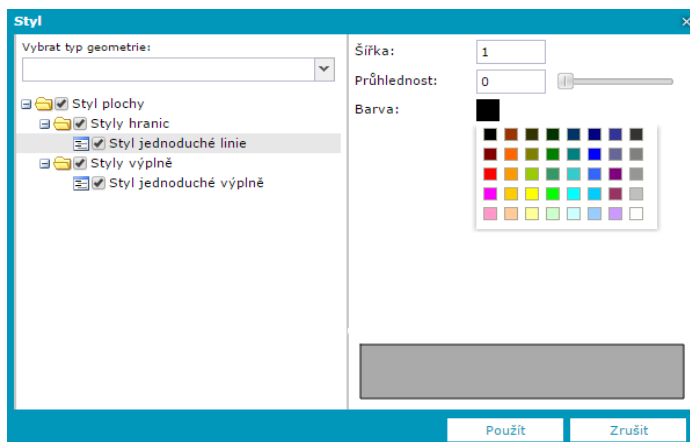
Souhrn:

- Respondenti dávali přednost barevné škále a ji také rychleji vyhodnocovali.
- Respondenti intuitivně přiřazovali zelené barvě nejvyšší a červené barvě nejnižší míru přesnosti.
- Rychlost vyhodnocení míry přesnosti rychle stoupá se zkušeností.
- S výjimkou reakční doby nebyl rozdíl mezi studenty a zaměstnanci ZÚ.



Vizualizace atributů polohové přesnosti

- **Uživatel** si na základě dostupných prvků kvality prostorových dat může zvolit **vhodné rozmezí** (např. polohové přesnosti, respektive jejich měř kvality) a **vybrat data** vyhovující jeho účelu.
- Vizualizace kvality se tak stává **explicitní** a **parametry** určující vhodnost k užití lze stanovit.





Vizualizace atributů polohové přesnosti

The screenshot displays a 3D GIS web application interface. The main view shows a 3D city model with buildings colored according to their position accuracy attributes. The buildings are colored in shades of purple, red, and orange, indicating different levels of accuracy. The map includes a street grid, a river labeled "Přístýp potok", and a road labeled "Pratská".

The interface includes a top menu bar with options: Tools, Measurements, Data Sources, Selection, Search, Time, Edit, Authentication, and Quality Monitor. A toolbar below the menu contains various navigation and editing tools. A scale bar indicates a scale of 1:455. A search bar shows "Current browser language".

The left sidebar, titled "Map Content", lists various data layers and categories. The "Layers" section is expanded, showing a list of layers with checkboxes and expand/collapse icons. The layers include:

- Hexagon Geospatial OGC Web Featu
- Analysis #3 [Budovy]
- Hexagon Geospatial OGC Web Featu
- Analysis #1 [Budovy]
- Hexagon Geospatial OGC Web Featu
- Analysis #1 [Budovy]
- Mosty_coll01_max
- Mosty_coll01_max
- Mosty_coll02_sel_max
- Mosty_coll02_sel_max
- Mosty_coll01_mid
- Mosty_coll01_min
- Hexagon Geospatial OGC Web Featu
- Budovy
- Mosty
- Silnice
- parkoviste_odpocivka_3D
- data_kmz_pnvd
- data_kmz_pvd
- data_kmz_pnd
- Základní mapy ČR
- Prohlížeč služba WMS - ZABAGED®
- Open Street Map
- DOBR_A_Z3857
- DOBR_a

At the bottom of the sidebar, there are buttons for "Search geographic names", "Search for data (metadata)", "Analyses", and "3D View Settings".



Případová studie

Případová studie

5 okresů = 5444 km²

- DMR 4G
- DMR 5G
- DMP 1G
- ZABAGED® - výškopis
- ZABAGED® - polohopis
- klasifikovaná bodová data z leteckého laserového skenování

okres Příbram

- ZABARAK
- 3D břehovky a údolnice
- prvky terénní kostry

město Kladno

- Digitální technická mapa města



Případová studie – zpracování dat

The screenshot displays the FME Workbench 2017.0 interface with three open workspace windows. The primary workspace, titled '*ESRISHAPE → ESRISHAPE (C:\Users\Lukas\Documents\moje_projekty_prezentace_\TAČR - 3D Zabaged\FME_plny_prevod\budovy\3_spojeni_budov_pro_GP.fmw)', is active and shows a detailed workflow diagram. The workflow starts with a 'W_KAB' source transformer, which feeds into three parallel processing paths: 'StatisticsCalculator', 'Dissolver', and 'FeatureMonger'. The outputs of these three transformers converge into a single 'FeatureMonger' transformer. This is followed by a 'FeatureMonger_2' transformer, an 'AttributeKeeper', a 'Tester', and two 'AttributeCreator' transformers. The final output is processed by an 'AttributeRenamer' transformer, which produces a list of attributes including ID, FID_ZBG, ZMNO, DLEPHEID, STOSA, KVALITA, MNVYSKA, NAKVYSKA, POCETRVA, and TVYS TRZBY. The interface also includes a Navigator pane on the left showing the project structure, a Transformer Gallery at the bottom left, and a Translation Log at the bottom right.



Shrnutí a doporučení

Shrnutí a doporučení

Inovovaný datový model ZABAGED® je navržen jako kombinovaný - vybrané typy objektů budou vedeny ve **3D**, geometrie zbývajících bude ponechána ve stávajícím stavu. Většina objektů bude rozšířena o atributovou informaci o výšce a vedena ve **2,5D**. Výšková informace je získávána automatizovanou cestou z externích atributů nebo z dat leteckého laserového skenování.

Výsledný **datový model** je popsán na konceptuální úrovni v **podobě UML** změnového modelu. Jeho součástí je i **podpora vedení časové složky** prostorové informace umožňující publikaci změnových dat .

Metodiku řízení kvality a získávání, ukládání a vedení parametrů kvality předkládá koncept podle normy ČSN ISO 19157, který explicitně navrhuje a definuje 11 prvků kvality dat pro **úroveň instance vzhledu** (prvku) a 2 atributy pro úroveň **lomových bodů**. Koncept kvality dat se odráží v návrhu **logického modelu** prezentovaného prostřednictvím **UML** diagramu tříd i technických doporučením pro implementaci.

Byly **navrženy, otestovány a následně implementovány přístupy k vizualizaci kvality**. Pro vizualizaci prvků kvality byla dále prezentována metoda "fitness for use", která ponechává volbu konkrétní vizualizace prvků a měr kvality na uživateli.

Text metodiky je dostupný zde: [http://www.cuzk.cz/O-resortu/Vyzkum-a-vyvoj/Vyzkum-a-vyvoj-\(1\)/TB05CUZK001-CM-ZABAGED.aspx](http://www.cuzk.cz/O-resortu/Vyzkum-a-vyvoj/Vyzkum-a-vyvoj-(1)/TB05CUZK001-CM-ZABAGED.aspx)



Děkujeme za pozornost!



Laboratoř geoinformatiky a kartografie
Geografický ústav
Přirodovědecká fakulta
Masarykova univerzita



Intergraph CS s. r. o.