

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD**

KATEDRA GEOMATIKY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Využití formátu LandXML pro účely 3D katastru
nemovitostí**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta aplikovaných věd
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Michal WAGNER**
Osobní číslo: **A14N0207P**
Studijní program: **N3602 Geomatika**
Studijní obor: **Geomatika**
Název tématu: **Využití formátu LandXML pro účely 3D katastru nemovitostí**
Zadávající katedra: **Katedra geomatiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Rešerše formátu LandXML
2. Rešerše OGC standardu InfraGML, důvody vzniku
3. Využití LandXML pro 3D katastr
4. Vizualizace 3D parcel uložených v LandXML

Rozsah grafických prací: dle potřeby

Rozsah kvalifikační práce: cca 45 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

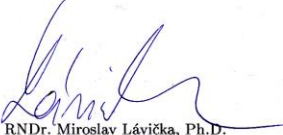
- Janečka, K. and Karki, S. (2016). 3D Data Management Overview Report. In: Proceedings of the 5th International Workshop on 3D Cadastres. 18-20 October, Athens, Greece. (in print).
- Karki, S., Thompson, R. J., McDougall, K., Cumerford, N., Van Oosterom, P. J. M. (2011). ISO land administration domain model and LandXML, in the development of digital survey plan lodgement for 3D cadastre in Australia. In: Proceedings 2nd International Workshop on 3D Cadastres, Delft, The Netherlands, 16-18 November. ISBN 978-87-90907-95-2.
- Reuvers, M. (2014). InfraGML Linking pin between Geo and BIM. In: Proceedings of GeoBIM Smart Infrastructure. Amsterdam, The Netherlands, 19-20 November.
- Soon, K. H., Thompson, R. and Khoo, V. (2014). Semantics-based Fusion for CityGML and 3D LandXML. In: Proceedings of the 4th International Workshop on 3D Cadastres. 9-11 November 2014, Dubai, United Arab Emirates. ISBN 978-87-92853-28-8.
- Thompson, R., Van Oosterom, P., Soon, K.H. and, Priebbenow, R. (2016). A Conceptual Model Supporting a Range of 3D Parcel Representations Through all Stages: Data Capture, Transfer and Storage. FIG Working Week 2016. Christchurch, New Zealand.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Karel Janečka, Ph.D.


Katedra geomatiky

Datum zadání diplomové práce: 3. října 2016

Termín odevzdání diplomové práce: 19. května 2017


Doc. RNDr. Miroslav Lávička, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Václav Čada, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 3. října 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod odborným vedením Ing. Karla Janečky, Ph.D. s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne 19. 5. 2017

.....
Podpis

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Karlu Janečkovi, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Abstrakt

Diplomová práce se věnuje prozkoumání formátu LandXML pro účely 3D katastru nemovitostí. Popsána je definice 3D parcely a jsou zde sepsány možnosti uložení 3D parcel do souboru ve formátu LandXML. V práci je zmíněn formát InfraGML, který by měl mít kromě funkčnosti formátu LandXML další výhody a měl by se stát OGC standardem. V další části práce jsou namodelované čtyři případy užití, na kterých je ukázáno uložení 3D parcel a jejich možné využití ve 3D katastru nemovitostí. Dále je řešeno možné mapování elementů formátu LandXML na základní třídy LADM.

Klíčová slova

LandXML, 3D parcela, LADM, Inženýrské sítě, InfraGML

Abstract

The Diploma Thesis is devoted to exploring LandXML for 3D cadastre. The 3D parcel definition is described and the possibilities of saving 3D parcels to a LandXML file are written up. In the work is mentioned the format InfraGML, which should have other benefits in addition to the functionality of the LandXML format and should become an OGC standard. In the next part of the thesis are four use cases in which it is shown storing 3D parcels and their possible use in 3D cadastre. Then it also solves the possible mapping of LandXML elements to the basic LADM classes.

Key words

LandXML, 3D parcel, LADM, Utilities, InfraGML

Obsah

OBSAH	1
SEZNAM OBRÁZKŮ A UKÁZEK ZDROJOVÝCH KÓDŮ	2
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	4
ÚVOD	5
1 REŠERŠE FORMÁTU LANDXML	7
1.1 VÝVOJ A PODPORA	7
1.2 VERZE	8
1.3 VLASTNOSTI	8
1.4 STRUKTURA	9
2 MOŽNOSTI LANDXML PRO MODELOVÁNÍ 2D A 3D REPREZENTACE PARCEL	10
2.1 DEFINICE 3D PARCELY	10
2.2 POPIS ELEMENTŮ FORMÁTU LANDXML NA VZOROVÝCH PŘÍKLADECH	12
2.2.1 Uložení 2D parcel	17
2.2.2 Uložení 3D parcel	19
2.3 OBECNÉ PLOCHY	21
2.4 TOPOLOGIE PARCEL	23
2.5 INŽENÝRSKÉ SÍTĚ	28
3 OGC STANDARD INFRAGML	31
3.1 DŮVODY VZNIKU	31
3.2 AKTUÁLNÍ STAV	32
4 VYUŽITÍ LANDXML VE 3D KATASTRU	33
4.1 STAVBA UMÍSTĚNA ČÁSTEČNĚ NA JINÉ STAVBĚ	33
4.1.1 Modelování staveb s využitím elementu <i>VolumeGeom</i>	36
4.1.2 Modelování staveb s využitím elementů <i><Parcel></i> a <i><Parcels></i>	43
4.1.3 Porovnání geometrického (element <i><VolumeGeom></i>) a topologického uložení (elementy <i><Parcel></i> a <i><Parcels></i>) 3D objektů	46
4.2 NETYPICKÁ STAVBA	47
4.2.1 Modelování budovy a komunikace	48
4.3 VODNÍ DÍLO NA VODNÍM DÍLE	53
4.3.1 Modelování staveb vodní elektrárny a přehrady Hracholusky	55
4.4 PODZEMNÍ STAVBA	62
4.4.1 Modelování podzemní stavby	64
5 MAPOVÁNÍ LANDXML NA LADM	68
5.1 ISO 19152 LADM	68
5.2 ENTITY DATOVÉHO MODELU	69
5.2.1 Základní správní jednotka – <i>LA_BAUnit</i>	69
5.2.2 Právo, omezení nebo odpovědnost – <i>LA_RRR</i>	69
5.2.3 Strana – <i>LA_Party</i>	69
5.2.4 Prostorová jednotka – <i>LA_SpatialUnit</i>	70
5.3 MAPOVÁNÍ LANDXML NA LADM V EPLAN	70
ZÁVĚR	73
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	75

Seznam obrázků a ukávek zdrojových kódů

Ukázka č. 1.1 – Element <LandXML> (Zdroj: Landonline, 2016)

Obrázek č. 2.1 – 3D parcela jako zcela ohraničená prostorová jednotka (vlastní zpracování)

Obrázek č. 2.2 – 3D parcela jako zdola uzavřený ohraničený prostor nad 2,5D polygonem (vlastní zpracování)

Obrázek č. 2.3 – 3D parcela jako prostor ohraničen stěnami procházejícími hranicemi 2,5D polygonu (vlastní zpracování)

Ukázka č. 2.4 – Element <Unit> (vlastní zpracování)

Ukázka č. 2.5 – Element <CoordinateSystem> (vlastní zpracování)

Ukázka č. 2.6 – Element <Application> (Zdroj: Landonline, 2016)

Ukázka č. 2.7 – Element <Survey> (Zdroj: Landonline, 2016)

Ukázka č. 2.8 – Elementy <Monuments> a <Monument> (Zdroj: Landonline, 2016)

Ukázka č. 2.9 – Elementy <CgPoints> a <CgPoint> (Zdroj: Landonline, 2016)

Ukázka č. 2.10 – Struktura a způsob uložení 2D parcel pomocí Simple Faces Method (Zdroj: Landonline, 2016)

Obrázek č. 2.11 – Metody uložení parcel v závislosti na typu parcely (Zdroj: SOON et al., 2016)

Ukázka č. 2.12 – Struktura a způsob zapsání 3D parcely metodou Simple Faces Method (vlastní zpracování)

Ukázka č. 2.13 – Struktura a způsob uložení 3D parcely metodou Nested Parcel Method (vlastní zpracování)

Obrázek č. 2.14 – 3D parcela s jednou hraniční stěnou částečně ve tvaru válce (vlastní zpracování)

Obrázek č. 2.15 – Zakřivené plochy – A možnost jednoznačného definování objektu, B nemožnost jednoznačného definování objektu (Zdroj: Thompson et al., 2016)

Obrázek č. 2.16 – 3D parcela definovaná jako prostor nad a pod polygonem bez 3D objektu umístěného uvnitř tohoto prostoru (vlastní zpracování)

Obrázek č. 2.17 – Metoda MVVM (vlastní zpracování)

Obrázek č. 2.18 – Metoda SVVM (vlastní zpracování)

Ukázka č. 2.19 – Element <PipeNetwork> s potomky (Zdroj: LandXML, 2017)

Ukázka č. 2.20 – Element <Structs> s potomkem <Struct> (Zdroj: LandXML, 2017)

Ukázka č. 2.21 – Element <Pipes> s potomkem <Pipe> (Zdroj: LandXML, 2017)

Obrázek č. 4.1 – Bytový dům postaven částečně na budově restaurace – pohled z ulice (Editován zdroj: Mapy Google, 2017)

Obrázek č. 4.2 – Bytový dům postaven částečně na budově restaurace – zobrazení v katastru nemovitostí (Zdroj: Nahlížení do katastru nemovitostí, 2017)

Obrázek č. 4.3 – Bytový dům postaven částečně na budově restaurace – červený bod představuje bod č. 61154_3, kterým prochází plocha $Z = 0$ (Editován zdroj: Mapy Google, 2017)

Ukázka č. 4.4 – Úvodní elementy v souboru Stavba umístěna částečně na jiné stavbě (vlastní zpracování)

Ukázka č. 4.5 – Stavba umístěna částečně na jiné stavbě – seznam všech definovaných bodů z obou staveb (vlastní zpracování)

Ukázka č. 4.6 – Stavba umístěna částečně na jiné stavbě – elementy <Parcels>, <Parcel>, <VolumeGeom> a <CoordGeom> (vlastní zpracování)

- Obrázek č. 4.7** – Stavba umístěna částečně na jiné stavbě – samostatně zobrazená budova restaurace – vizualizace v aplikaci Carlson Precision 3D Topo 2016.2 (vlastní zpracování)
- Obrázek č. 4.8** – Stavba umístěna částečně na jiné stavbě – samostatně zobrazená budova bytového domu (vlastní zpracování)
- Obrázek č. 4.9** – Stavba umístěna částečně na jiné stavbě – zobrazení obou staveb (vlastní zpracování)
- Ukázka č. 4.10** – Stavba umístěna částečně na jiné stavbě – elementy Parcels, Parcel a CoordGeom (vlastní zpracování)
- Obrázek č. 4.11** – Netypická stavba (pod kterou prochází komunikace) – pohled z ulice (Zdroj: Mapy Google, 2017)
- Obrázek č. 4.12** – Netypická stavba – zobrazení v katastru (Zdroj: Nahlížení do katastru nemovitostí, 2017)
- Ukázka č. 4.13** – Seznam definovaných lomových bodů s atributem name (vlastní zpracování)
- Ukázka č. 4.14** – Netypická stavba – uložení 3D parcely pomocí elementů <VolumeGeom>, <CoordGeom>, <Line> (vlastní zpracování)
- Obrázek č. 4.15** – Netypická budova – budova Oblouk za použití linií k definici všech hraničních stěn (vlastní zpracování)
- Obrázek č. 4.16** – Netypická stavba – ukázka silniční komunikace ležící na parcelách č. 478 (v horní části) a č. 345 (v dolní části) (vlastní zpracování)
- Obrázek č. 4.17** – Netypická stavba – celkový pohled na budovu Oblouku a dvě parcely silniční komunikace (vlastní zpracování)
- Obrázek č. 4.18** – Přehradní hráz a vodní elektrárna Hracholusky (Zdroj: Hracholusky, 2017)
- Obrázek č. 4.19** – Schéma vodní elektrárny a hráze Hracholusky (Zdroj: Povodí Vltavy, 2008)
- Obrázek č. 4.20** – Hráz a vodní elektrárna Hracholusky (Zdroj: Nahlížení do katastru, 2017)
- Ukázka č. 4.21** – Uložení objemové budovy pomocí elementu <VolumeGeom> (vlastní zpracování)
- Obrázek č. 4.22** – Budova vodní elektrárny Hracholusky (vlastní zpracování)
- Ukázka č. 4.23** – Uložení turbíny pomocí hraničních stěn tvořených z linií (vlastní zpracování)
- Obrázek č. 4.24** – Vizualizace turbíny pomocí hraničních stěn tvořených z linií (vlastní zpracování)
- Ukázka č. 4.25** – Uložení turbíny pomocí kruhových hraničních stěn – element Curve (vlastní zpracování)
- Obrázek č. 4.26** – Vizualizace turbíny pomocí kruhovitých hraničních stěn (vlastní zpracování)
- Obrázek č. 4.27** – Vizualizace vodní elektrárny a přehradní hráze Hracholusky (vlastní zpracování)
- Obrázek č. 4.28** – Nadzemní část Archeoparku Pavlov (Zdroj: Kratochvíl, 2016)
- Obrázek č. 4.29** – Obrázek č. 4.29 – Půdorys Archeoparku Pavlov (Zdroj: Janečka, 2016)
- Obrázek č. 4.30** – Parcela 5655/1 – stav v katastrální mapě (Zdroj: Nahlížení do katastru, 2017)
- Obrázek č. 4.31** – Podzemní stavba Archeopark Pavlov bez okolních parcel (vlastní zpracování)
- Obrázek č. 4.32** – Podzemní stavba Archeopark Pavlov s okolními parcelami (vlastní zpracování)
- Obrázek č. 4.33** – Uložení bodů ve 2D a ve 3D (vlastní zpracování)
- Obrázek č. 5.1** – Základní třídy LADM (Zdroj: ČSN EN ISO 19152)
- Obrázek č. 5.2** – Mapování LandXML na LADM (Editován zdroj: Stubkjær, 2015)

Seznam symbolů a zkratek

∞	Nekonečno
BIM.....	Building Information Management
CAD.....	Computer Aided Design
ČUZK.....	Český úřad zeměměřický a katastrální
GIS.....	Geografický informační systém
ISKN.....	Informační systém katastru nemovitostí
ISO.....	International Organization for Standardization
MVVM.....	Multi Valued Vector Map
SVVM.....	Single Valued Vector Map
TIN.....	Triangulated Irregular Network
VFK	Výměnný formát katastru
XML.....	eXtensible Markup Language

Úvod

V mnoha zemích ve světě je katastr nemovitostí klíčovým nástrojem pro evidenci a správu vlastnických práv k nemovitostem. V České republice katastr nemovitostí zahrnuje popis, soupis a geometrické a polohové určení těchto nemovitostí. Součástí je evidence vlastnických a jiných věcných práv a dalších, zákonem stanovených práv k těmto nemovitostem (ČÚZK, 2017). Informace z katastru slouží k ochraně práv k nemovitostem. Dalším cílem digitalizovaného katastru je uchovávat data o nemovitostech v databázi. Z tohoto důvodu je nutné udržovat tato data v aktuálním a také korektním stavu. V ČR je provozován katastr nemovitostí obsahující data pouze ve 2D, ve většině případů nemovitostí je tato metoda z hlediska obsáhlosti nutných dat dostačující. Nicméně existují případy parcel nebo staveb, které není možné ve 2D zaevidovat. Z tohoto důvodu je potřeba evidovat tato data ve 3D.

Katastrální mapa ve 3D je však náročnější na objem dat a manipulaci s nimi. Z tohoto důvodu musí být efektivně vyřešeny otázky, kde a jak uchovávat tyto informace nebo jakým způsobem je poskytnout zákazníkovi (Rak, 2014). Při správě dat katastru nemovitostí je potřeba přidávat, měnit nebo mazat popisná a grafická data. K vzájemnému předávání dat mezi ISKN a jinými systémy pro zpracování dat a vizualizaci dat katastru nemovitostí je využíván výměnný formát. V ČR je využíván formát VFK, který neumožňuje uložení grafických dat ve 3D.

V první části práce je prozkoumán formát LandXML jako výměnný formát geodetických dat. Jedná se o otevřený datový formát, který je dnes přijat mnoha společnostmi vyvíjejícími CAD nebo GIS systémy a jejich uživateli. Tento formát je již v praxi využíván v několika zemích pro předávání nebo archivaci geodetických dat jak v oblasti katastru nemovitostí, tak v ostatních odvětvích, jako je například 3D modelování silnic nebo evidence inženýrských sítí. Aktuálně je formát LandXML využíván jako výměnný formát katastru nemovitostí například na Novém Zélandu, kde jsou ukládána data ve 2D nebo v Queenslandu v Austrálii, kde jsou do LandXML ukládána data ve 3D.

V další části práce jsou popsány možnosti formátu LandXML pro modelování 2D a 3D parcel, přičemž hlavní důraz práce je kladen na 3D parcely. Jako 3D parcela je v práci uvažován uzavřený nebo částečně uzavřený prostor, ke kterému se vztahuje určitý rozsah práv. V práci byly rovněž prozkoumány možnosti ukládání geometrie inženýrských sítí pomocí LandXML. Z pohledu vlastnických práv je třeba v katastru nemovitostí ukládat spíše prostor v ochranném nebo bezpečnostním pásmu dané inženýrské sítě.

V práci je popsán formát InfraGML jako výměnný formát momentálně vyvíjený OGC, který by měl převzít funkčnost formátu LandXML. Zároveň by měl být uznávaný společností OGC jako standard a měla by k němu vzniknout dokumentace, která ho důkladně popíše.

Jedním z hlavních cílů práce je namodelovat čtyři vzorové případy s 3D parcelami ve formátu LandXML. Jedná se o případy, kdy je stavba umístěna částečně na jiné stavbě, netypicky tvarovaná stavba, pod kterou vede komunikace, vodní dílo postavené částečně na jiném vodním díle a podzemní stavba.

Posledním úkolem diplomové práce je namapovat základní elementy LandXML na třídy LADM jako mezinárodní ISO normy 19152, popisující konceptuální datový model využitelný pro budování 3D katastru nemovitostí.

1 Rešerše formátu LandXML

LandXML je specializovaný otevřený datový formát založený na XML, jenž popisuje prostorová data používaná ve stavebním inženýrství a ve správě měřených dat často použitých v územním plánování, při terénních úpravách, v dálkovém průzkumu Země a v dopravním inženýrství (Tomášek, 2009).

Využíván je jako výměnný formát pro přenos nebo dlouhodobou archivaci naměřených geoprostorových dat. Softwarovými aplikacemi může být importován, exportován anebo je možné s daty tohoto formátu pracovat na úrovni editace. V důsledku toho je možné pomocí LandXML přenášet data napříč různými softwarovými a hardwarovými platformami. Největší využití je v oblasti stavebnictví, dopravního inženýrství, zemních prací a v geodézii.

LandXML soubor je soubor s příponou XML. Samotný XML soubor obsahuje pouze vlastní data a tato data popisuje pouze tak, jak jsou uspořádána a jejich vizualizaci nechává na konkrétním softwaru (Partenheimer, 2005).

1.1 Vývoj a podpora

Tvorbu jazyka LandXML i jeho současnou údržbu má na starosti celosvětová organizace LandXML.org Industry Consortium, která vznikla v prosinci roku 1999 především z iniciativy firmy Autodesk a US DOT EAS-E (U.S. Department of Transportation Engineering and Survey – Exchange). V březnu roku 2000 měla 26 členů. Postupem času se tato organizace rozšířila po celém světě. V říjnu roku 2006 měla již 600 představitelů z 511 členských společností a státních orgánů z 37 zemí světa. 1. 1. 2017 bylo v organizaci 762 členů z 669 společností ze 41 zemí světa (LandXML.org, 2017).

LandXML je uznávaný oborový standard, který je podporován většinou majoritních výrobců územně informačních softwarů a hardwaru, jako je např. Autodesk, Bentley Systems, Carlson Software, Eagle Point Software, Leica GeoSystems, MicroSurvey, Trimble Navigation, Topcon, ale také veřejnými a vládními institucemi. V USA se jedná např. o instituce Federal Highway

Administration, Environmental Protection Agency nebo American Association of Street and Transportation Officials, na Novém Zélandu a v Queenslandu v Austrálii Landonline a EPlan, dalšími uživateli jsou vládní instituce v Singapuru a v dalších asijských státech. Mezi evropskými státy se jedná o instituce ve Slovinsku a Finsku, které se zabývají zobrazením 3D modelů silnic. Ke dni 1. 1. 2017 je registrováno 72 softwarových aplikací podporující v jakékoliv podobě formát LandXML (Crews, 2015; Svoboda, 2010; LandXML.org, 2017).

1.2 Verze

Vývoj první verze formátu LandXML s označením 1.0 byl ukončen a formát uznán jako standard organizace LandXML.org Industry Consortium dne 17. 7. 2002. Další verze LandXML–1.1 byla ratifikována jako standard dne 21. 7. 2006 a poslední verze LandXML–1.2 byla jako standard uznána dne 15. 8. 2008.

Výše vypsané verze jsou celosvětovým standardem organizace LandXML.org, přičemž verze LandXML–2.0 je klasifikována prozatím jako pracovní verze, ve které se mezi hlavní novinky zařazuje například zlepšení podpory 3D dat silniční sítě, stavebnictví a interoperability mezi různými GIS systémy (Crews, 2015).

1.3 Vlastnosti

S daty ve formátu LandXML lze pracovat nezávisle na softwaru, ze kterého byla exportována nebo do kterého jsou importována. Při ukládání dat neprobíhá žádná komprese a je tedy bezztrátová. Formát je ideální k archivaci dat z důvodu, že všechny jeho verze jsou společně kompatibilní a je tedy možné s uloženými daty pracovat i po vydání nové verze formátu. LandXML se ukládá do souboru s příponou XML a je ho možné otevřít a editovat v jakémkoliv běžném textovém editoru. Schématickým jazykem je XML Schema. V jazyce Extensible Stylesheet Language je možné vytvářet styly a uplatňovat je na LandXML data. Je tak možné například použít XSL styly, které zformátují hrubá data bodů do tabulek nebo naformátují data v souladu s interními standardy organizace, např. popisky informací o parcelách. Dále je možné také generovat datové reporty (SAN, 2000).

Z tohoto důvodu jsou data uložená ve formátu LandXML přístupná veřejnosti bez nutnosti používání speciálních softwarů využívaných úzkou skupinou uživatelů. Stejně jako XML i LandXML obsahuje pouze informaci o uspořádání dat a neuvádí jejich možné zobrazení ve vizualizačním softwaru. LandXML umožňuje jednoduché převody mezi jednotlivými souřadnicovými systémy (LandXML.org, 2017).

1.4 Struktura

Struktura souboru ve formátu LandXML se dělí na čtyři části. Úvodní částí je inicializace, která určuje jednotky, souřadnicové systémy a aplikaci, která vytvořila soubor LandXML. V další části jsou uložena metadata o souboru, která obsahují určitý popis údajů, jako je název, verze, datum vytvořeného souboru a komentáře zapsané autorem. Jako hlavní část schématu je v souboru uložena vlastní geometrie objektů, která obsahuje geometrické informace, jako jsou souřadnice, parcely a plochy. Poslední částí souboru jsou údaje o průzkumu, které zahrnují informace o procesu průzkumu, jako jsou observační body a metadata zahrnující konfiguraci průzkumu (LandXML.org, 2017).

Každý soubor formátu LandXML dle specifikace musí mít vždy kořenový počáteční a koncový tag neboli element `<LandXML>`, který ve speciálních atributech obsahuje URL cestu na schéma, podle kterého je možné provádět validaci dokumentu. V dalších atributech jsou uvedené základní informace o dokumentu. Mezi povinné atributy patří *date*, *time* a *version*, dále je možné zapsat nepovinné atributy *language*, *readOnly*, *LandXMLId* a *crc*. Datový typ atributů se řídí dle schématu LandXML. Na ukázce č. 1.1 je uveden příklad zapsání elementu `<LandXML>` s adresou na schéma a s vyplněnými atributy *version*, *date*, *time*, *language* a *readOnly*.

```
<LandXML xmlns="http://www.landxml.org/schema/LandXML-2.0"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:schemaLocation="http://www.landxml.org/schema/LandXML-2.0 http://www.land
xml.org/schema/LandXML-2.0/LandXML-2.0.xsd" version="2.0" date="2016-11-23"
time="12:41:53" language="English" readOnly="false">
```

Ukázka č. 1.1 – Element `<LandXML>` (Zdroj: Landonline, 2016)

2 Možnosti LandXML pro modelování 2D a 3D reprezentace parcel

Formát LandXML má v současné době možnost uložit geometrické objekty, jako jsou body, linie, křivky, lomené čáry, polygony a objemy. Všechny objekty jsou definovány pomocí elementů popsaných v LandXML schema na oficiálních webových stránkách organizace LandXML¹ (LandXML.org, 2017).

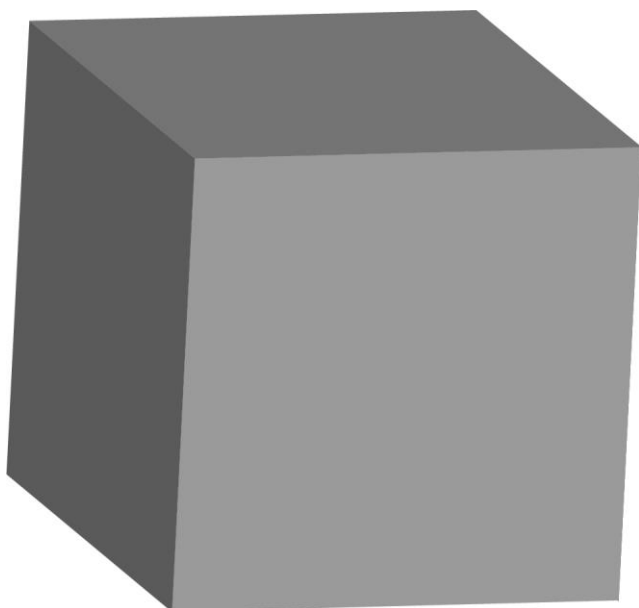
Soubor ve formátu LandXML má uloženou geometrii parcel v elementech <CgPoints> a <Parcels>. V <CgPoints> jsou nadefinovány jednotlivé lomové body výsledné uložené parcely ve 2D nebo 3D. Každý bod je zapsán v elementu <CgPoint>. V elementu <Parcels> jsou definovány pomocí elementu <Parcel> parcely, jiné prostorové nebo rovinné objekty.

2.1 Definice 3D parcely

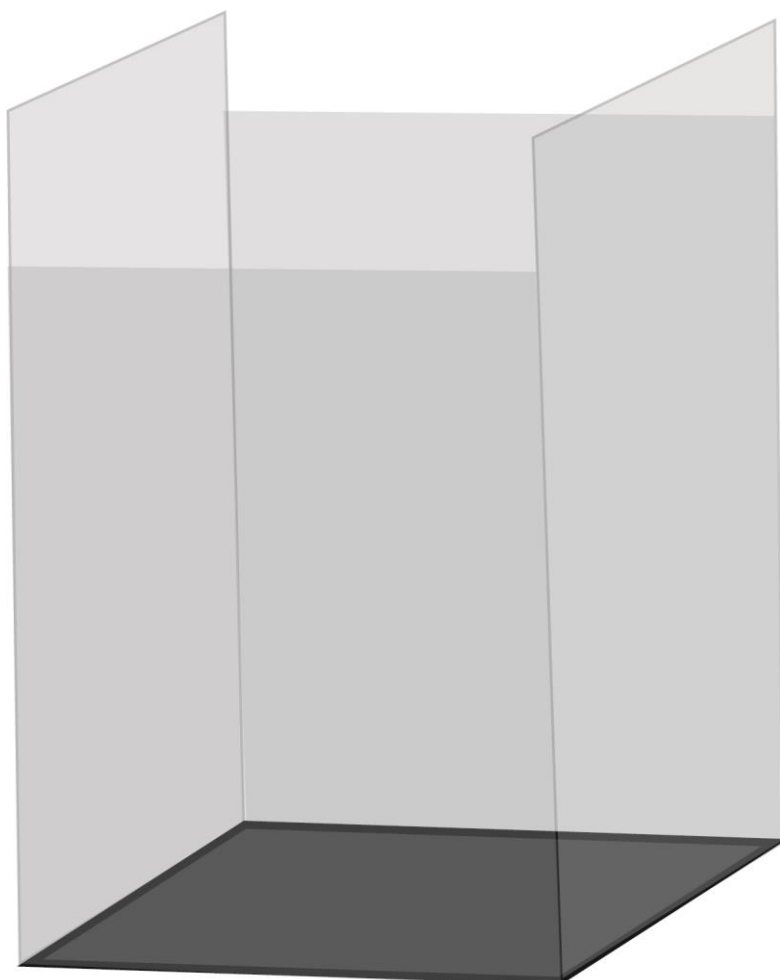
„A 3D parcel is defined as the spatial unit against which (one or more) unique and homogeneous rights (e.g. ownership right or land use right), responsibilities or restrictions (RRRs) are associated to the whole entity. Homogeneous means that the same combination of rights equally apply within the whole 3D spatial unit. Unique means that this is the largest spatial unit for which this is true. Making the unit any larger would result in the combination of rights not being homogenous. Making the unit smaller would result in at least two neighbouring 3D parcels with the same combinations of rights.“ (Oosterom et al., 2011).

Tzn., že 3D parcela je ohraničená prostorová jednotka, viz obrázek č. 2.1, která vymezuje určitý rozsah práv. 3D parcela může být také definovaná jako částečně ohraničený (zdola nebo shora uzavřený) objem, viz obrázek č. 2.2 nebo v případě 2,5D řetězec hranice implikuje svislé hraniční stěny, které nejsou zdola ani shora ukončené, viz obrázek č. 2.3.

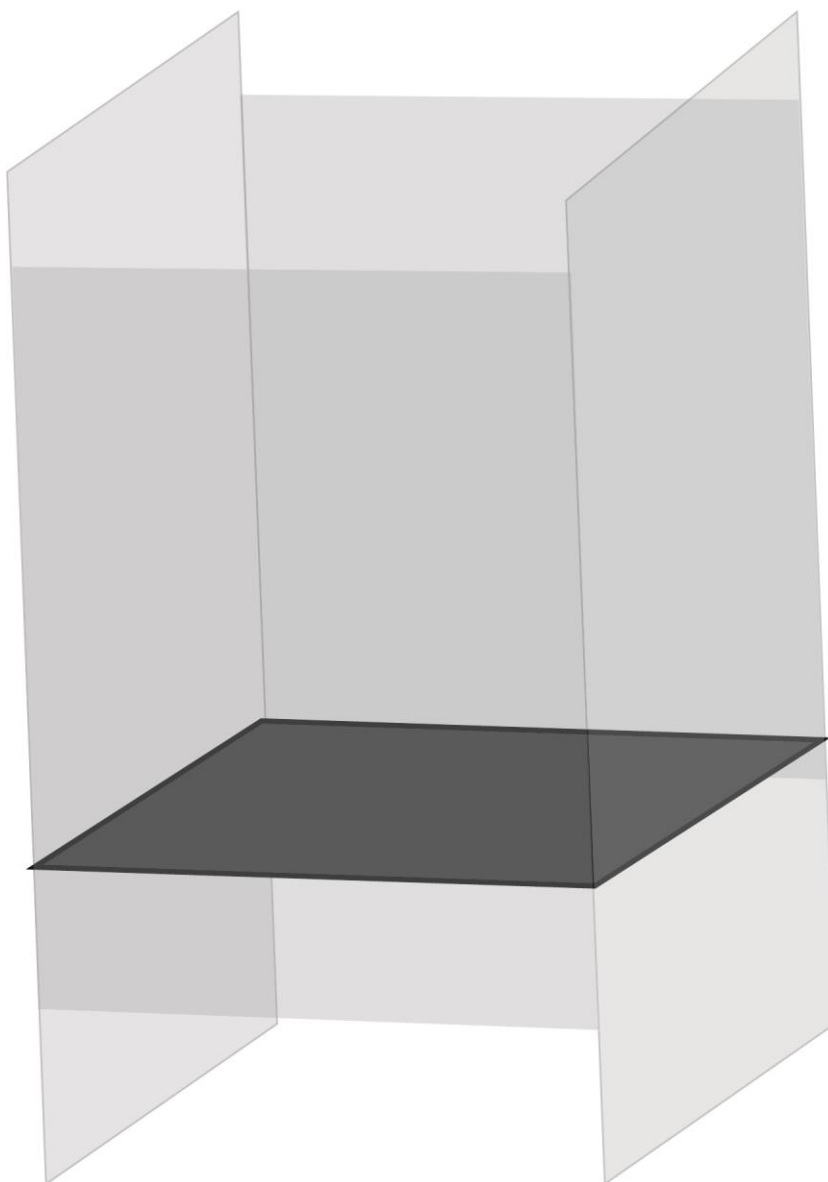
¹ LandXML.org Industry Consortium – <http://www.landxml.org/>



Obrázek č. 2.1 – 3D parcela jako zcela ohraničená prostorová jednotka (vlastní zpracování)



Obrázek č. 2.2 – 3D parcela jako zdola uzavřený ohraničený prostor nad 2,5D polygonem (vlastní zpracování)



Obrázek č. 2.3 – 3D parcela jako prostor ohraničen stěnami procházejícími hranicemi 2,5D polygonu (vlastní zpracování)

2.2 Popis elementů formátu LandXML na vzorových příkladech

V kořenovém elementu <LandXML> je možné uložit elementy <Units>, <CoordinateSystem>, <Application>, <Alignments>, <Amendment>, <CgPoints>, <Monuments>, <Parcels>, <PipeNetworks>, <PlanFeatures>, <Roadways>, <Surfaces>, <Survey> a další, které jsou blíže specifikovány v dokumentaci na webových stránkách organizace LandXML.

Element <Units> představuje jednotky, ve kterých bude celý soubor popisován. Pokud není uvedeno jinak, má ve výchozím případě hodnotu v radiánech a Units.angleUnit směr v protisměru chodu hodinových ručiček od východu,

kde je nastavena hodnota nula. Vodorovný směr vyjádřený `Units.directionUnit` je měřen také v protisměru hodinových ručiček, ale s hodnotou nula na severu. Element `<Units>` má dva potomky a to `<Metric>` a `<Imperial>` obsahující informace o základních jednotkách použitých v souboru. V ČR je využívána metrická soustava, a proto byl pro vzorový soubor použit element `<Metric>` představující metrickou soustavu se základními jednotkami vzdálenosti – *meter*, plochy – *squareMeter* a objemu – *cubicMeter*. Na ukázce č. 2.4 je uveden příklad nastavení základních jednotek pro vzdálenost, plochu a objem.

```
<Units>
  <Metric linearUnit="meter" areaUnit="squareMeter" volumeUnit="cubicMeter"/>
</Units>
```

Ukázka č. 2.4 – Element `<Unit>` (vlastní zpracování)

V elementu `<CoordinateSystem>` je uvedena informace o použitém souřadnicovém systému pomocí atributu `epsgCode`, který je definován pomocí EPSG² (European Petroleum Survey Group) kódování. Na ukázce č. 2.5 je uveden příklad naplněného elementu `<CoordinateSystem>` s atributy `ogcWkrCode` a `epsgCode` ze vzorového souboru, který byl vytvořen autorem. Hodnoty „S–JTSK / Krovak East North“ a „5514“ určují souřadnicový systém jednotné trigonometrické sítě katastrální.

```
<CoordinateSystem ogcWkrCode="S-JTSK / Krovak East North" epsgCode="5514" />
```

Ukázka č. 2.5 – Element `<CoordinateSystem>` (vlastní zpracování)

Element `<Application>` je volitelný prvek k identifikaci softwaru, který byl použit k vytvoření souboru. V této práci byl soubor vytvářen bez použití jakékoliv CAD nebo GIS aplikace, ale za pomoci textového editoru PSPad. Pro možnost vizualizace a pro kontrolu namodelovaných dat byl použit software Carlson Precision 3D Topo 2016, který i v případě uložení nezeditovaných dat aplikace zeditoval hodnotu atributu `name` v elementu `<Application>` na hodnotu „Precision 3D 2016“. Na příkladu č. 2.6 je zobrazena ukázka elementu ze souboru zasláným společností Landonline s atributy `name` (název aplikace), `desc` (popis aplikace), `manufacturer`

² EPSG – <http://www.epsg.org/>

(výrobce), *version* (verze) a *manufacturerURL* (URL adresa výrobce), kde soubor formátu LandXML vygenerovala aplikace Landonline. Společnost Landonline³ je veřejnoprávní instituce starající se na Novém Zélandě o provoz katastru nemovitostí, vytváření, shromažďování a poskytování geografických a hydrologických dat týkajících se vlastnických práv a změn. Úlohou je také správa veřejných pozemků Nového Zélandu.

```
<Application name="Landonline"  
  desc="New Zealand Land Title and Survey Information System"  
  manufacturer="Land Information New Zealand" version="3.11.44"  
  manufacturerURL="http://www.linz.govt.nz/" />
```

Ukázka č. 2.6 – Element <Application> (Zdroj: Landonline, 2016)

Element <Survey> obsahuje informace ze získaných surových dat, mezi které patří například měřič, měřené místo a zápisník. Mezi hlavní potomky elementu <Survey> patří element <SurveyHeader>, který obsahuje informace o měřiči, který zdrojová data naměřil. Dále jsou v elementu <Equipment> zapsány informace o přístroji, kterým byla zdrojová data naměřena. V praktické části této práce nebyla žádná data měřena, ale pouze přebírána z volně dostupných zdrojů (data RUIAN⁴ a Google Mapy⁵). Na příkladu č. 2.7 je ukázka naplněného elementu <Survey> a některých jeho potomků z příkladového souboru, ve kterém byl element pro jeho obsáhlost redukován o opakující se prvky. V elementu <SurveyHeader> je popsán měřič s označením „LT 4000003“ ze společnosti Cato Bolam Consultans Ltd (Orewa) v oblasti Wellington. Jméno měřiče je Bain Michelle Ann a měření bylo zaznamenáno na přístroj s identifikačním číslem NA1. V elementech <SurveyMonument> jsou uvedeny odkazy na elementy <Monument> a v elementech <ObservationGroup> jsou uvedené hodnoty z observačního měření na známé body. Z elementů <SurveyMonument> a <ObservationGroup> je následně sestaven počáteční směr měření, který je uložen pomocí odkazů v elementu <InstrumentSetup>.

³ Land Information New Zealand – <http://www.linz.govt.nz/>

⁴ Veřejný dálkový přístup k datům RUIAN – <https://vdp.cuzk.cz/>

⁵ Google Mapy – <https://www.google.cz/maps>

```

<Survey>
  <SurveyHeader name="LT 4000003" county="Wellington"
    surveyPurpose="LT Subdivision"
    desc="Lots 1 - 3 Being a Subdivision of Lots 1 - 6 DP 4843 "
    endTime="2015-05-05T00:00:00" surveyor="Bain, Michelle Ann"
    surveyorFirm="Cato Bolam Consultants Ltd (Orewa)"
    surveyorReference="Regression Test LT 1" type="surveyed" class="A">
  <CoordinateSystem name="WELLTM2000" desc="Wellington 2000"
    fileLocation="http://www.linz.govt.nz/">
    <Start>800000 400000</Start>
  </CoordinateSystem>
  <MapPoint>-41.3108811333 174.7703794333</MapPoint>
    <Feature code="cmpin" source="WN356/95"/>
    <Feature code="cmpin" source="WN358/130"/>
    ...
  </SurveyHeader>
  <Equipment>
    <InstrumentDetails id="NA1">
      <Corrections/>
    </InstrumentDetails>
  </Equipment>
  <SurveyMonument mntRef="DCDB DP 4000003 [1]"
    purpose="boundary defined by adoption" state="new"/>
  <SurveyMonument mntRef="SS DCDB [2]"
    purpose="boundary defined by adoption" state="adopted"/>
  ...
  <InstrumentSetup id="a11" instrumentHeight="0" stationName="DCDB DP 4000003">
    <InstrumentPoint pntRef="1" pointGeometry="point"/>
  </InstrumentSetup>
  <InstrumentSetup id="a15" instrumentHeight="0" stationName="DCDB">
    <InstrumentPoint pntRef="5" pointGeometry="point"/>
  </InstrumentSetup>
  ...
  <ObservationGroup id="aa1">
    <ReducedObservation setupID="a15" azimuth="96.2606"
      horizDistance="34.110" equipmentUsed="theodolite EDM"
      azimuthType="adopted" distanceType="adopted" date="2015-05-05"
      azimuthAccClass="A" distanceAccClass="A" adoptedAzimuthSurvey="DP 4843"
      adoptedDistanceSurvey="DP 4843" azimuthAdoptionFactor="0.000000000000"
      coordGeomRefs="9">
      <TargetPoint pntRef="6" pointGeometry="point"/>
    </ReducedObservation>
    ...
  </ObservationGroup>
</Survey>

```

Ukázka č. 2.7 – Element <Survey> (Zdroj: Landonline, 2016)

Element <Monuments> obsahuje potomka nebo potomky <Monument>, ve kterých jsou zachyceny informace o souvisejících objektech, jako jsou kontrolní body a referenční body. Tyto body jsou zapsány v elementu <CgPoints> a v elementu <Monument> jsou zapsány pomocí odkazu přes atribut pntRef. Vzorový příklad použití elementů <Monuments> a <Monument> je opět ze vzorového souboru Landonline, viz ukázka č. 2.8.

```

<Monuments>
  <Monument name="DCDB DP 4000003 [1]" pntRef="1" state="existing"
    type="unknown" condition="reliable" oID="25038292"/>
  <Monument name="SS DCDB [2]" pntRef="2" state="existing"
    type="unknown" condition="reliable" oID="25038328"/>
  <Monument name="DCDB [5]" pntRef="5" state="existing"
    type="unknown" condition="reliable" oID="25037256"/>
  ...
</Monuments>

```

Ukázka č. 2.8 – Elementy <Monuments> a <Monument> (Zdroj: Landonline, 2016)

Element <CgPoints> obsahuje všechny uložené body zapsané do elementů <CgPoint>. V elementu <CgPoint> jsou uloženy souřadnice geometrie každého bodu pomocí souřadnic rovinných nebo prostorových společně s atributy. Každý bod je jednoznačně identifikován pomocí atributu *name* a datová hodnota geometrie je zapsána dvěma nebo třemi desetinnými numerickými hodnotami v kartézských souřadnicích. Pořadí souřadnic je X, Y, případně Z. Vytvořený bod je možné následně použít při vytváření ostatních objektů pomocí odkazu přes atribut *pntRef*, který v elementu <CgPoint> představuje atribut *name*. Na příkladu č. 2.9 je uvedena ukázka ze zdrojového kódu souboru zaslaným společností Landonline, kde jsou uloženy body v souřadnicích X a Y v souřadnicovém systému NZGD2000⁶.

```

<CgPoints>
  <CgPoint name="1" pntSurv="monument" oID="25038292"
    surveyOrder="7">-41.3108817675 174.7708292820</CgPoint>
  <CgPoint name="2" pntSurv="monument" oID="25038328"
    surveyOrder="7">-41.3107727354 174.7708456494</CgPoint>
  <CgPoint name="5" pntSurv="monument" oID="25037256"
    surveyOrder="8">-41.3110654458 174.7703918462</CgPoint>
  <CgPoint name="6" pntSurv="monument" oID="25038209"
    surveyOrder="8">-41.3110998843 174.7707966155</CgPoint>
  ...
</CgPoints>

```

Ukázka č. 2.9 – Elementy <CgPoints> a <CgPoint> (Zdroj: Landonline, 2016)

Element <Parcels> obaluje parcely nebo případně části parcel, které jsou zapsány v elementu <Parcel>, což je také jediný možný potomek elementu <Parcels>. Element <Parcel> obsahuje definici každé parcely nebo její části složenou ze zadaných konkrétních bodů. Potomky elementu <Parcel> mohou být elementy <Center> (definiční bod), <CoordGeom>, <VolumeGeom>, <Parcels>,

⁶ Spatial Reference – <http://spatialreference.org/ref/epsg/nzgd2000-utm-zone-59s/>

<Title> (titulek), <Exclusions> a <LocationAddress>. V elementu <Center> je možné uložit definiční bod parcely pomocí souřadnic anebo pomocí odkazu na <CgPoint> přes atribut *pntRef*. Do elementu <CoordGeom> je zapsán seznam linií, lomených čar, křivek nebo spirál, které ve výsledku definují pomocí hraniční reprezentace uzavřenou hranici parcely.

Ve zbylých elementech jsou zapsané dodatečné informace o parcele, kde například <Exclusion> v sobě uchovává informaci o právních omezeních nebo v <LocationAddress> je zaznamenána adresa parcely, avšak není možné zapsat PSČ.

Mezi další elementy, které jsou přímými potomky elementu <LandXML> je element <Amendment>, ve kterém může být uložen záznam o provedených změnách v průběhu měření. V elementu <Alignments> může být uložená zjednodušená geometrie objektu, např. geometrie silnice je v tomto elementu reprezentovaná středovou linií. Element <PlanFeatures> ukládá drobné geometrické prvky, které schéma jinak neurčuje, jako například ochranné zábradlí, veřejné osvětlení, stromy a další. V elementu <Roadways> mohou být uloženy silniční komunikace. Ty jsou klasifikovány podle určitých atributů a potomků tohoto elementu. Element <Surfaces> ukládá data (body, hranice, aj.), která byla použita k vytvoření povrchu.

Element <PipeNetworks>, který je využíván k ukládání dat inženýrských sítí, je detailněji popsán v kapitole 1.7.

2.2.1 Uložení 2D parcel

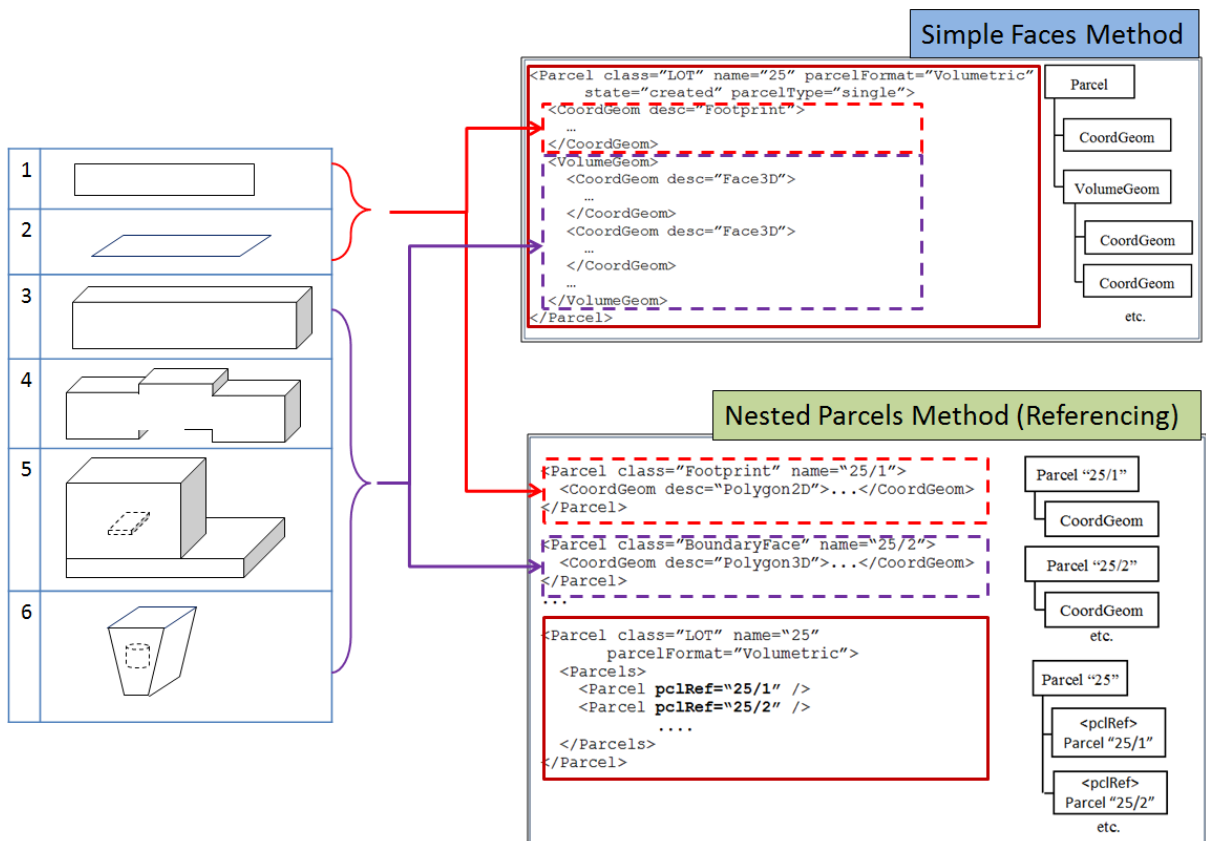
2D parcely lze do souboru LandXML uložit pomocí elementu <Parcel>, ve kterém je geometrie parcely uložena pomocí elementu <CoordGeom>, viz ukázka č. 2.10. Hranici parcel je možné uložit pomocí linií, lomených čar nebo křivek. Na ukázce č. 2.10 je definována hranice pomocí čtyř linií, která je zapsaná v elementu <Line>. V tomto případě je jedna parcela uložena v jednom elementu <Parcel> s názvem „Lot 2 Deposited Plan 4000003 [8]“ představující celou parcelu, viz obrázek č. 2.11

Simple Faces Method. Parcela má svůj definiční bod uložen v elementu <Center> a titulek v elementu <Title>.

Složitěji tvarované 2D parcely je možné rozdělit do více elementů <Parcel> třídy „Footprint“, ve kterých bude uložena geometrie dané části parcely a navíc v elementu <Parcel> třídy „LOT“ bude definována celá parcela pomocí odkazů na části parcel uložené v předchozím kroku, viz obrázek č. 2.11 *Nested Parcel Method* (červené ohraničení) (Thompson et al., 2016).

```
<Parcel name="Lot 2 Deposited Plan 4000003 [8]" area="824.0000"
  <Center>-41.3108945333 174.7704212000</Center>
  <CoordGeom name="8">
    <Line state="existing" oID="11564789">
      <Start pntRef="1" pointGeometry="point"/>
      <End pntRef="9" pointGeometry="point"/>
    </Line>
    <Line state="existing">
      <Start pntRef="9" pointGeometry="point"/>
      <End pntRef="13" pointGeometry="point"/>
    </Line>
    <Line state="existing" oID="11563894">
      <Start pntRef="13" pointGeometry="point"/>
      <End pntRef="14" pointGeometry="point"/>
    </Line>
    <Line state="existing">
      <Start pntRef="14" pointGeometry="point"/>
      <End pntRef="1" pointGeometry="point"/>
    </Line>
  </CoordGeom>
  <Title name="2000009"/>
</Parcel>
```

Ukázka č. 2.10 – Struktura a způsob uložení 2D parcel pomocí Simple Faces Method (Zdroj: Landonline, 2016)



Obrázek č. 2.11 – Metody uložení parcel v závislosti na typu parcely (Zdroj: SOON et al., 2016)

2.2.2 Uložení 3D parcel

3D Parcely mohou být zapsány do souboru LandXML dvěma způsoby. První metoda *Simple Faces Method* je pomocí stěn, které splňují podmínku „simple“ a druhá *Nested Parcel Method* je tvořená pomocí vnořených elementů `<Parcel>` a `<Parcels>`. Pomocí metody stěn s podmínkou „simple“ lze uložit každý typ parcely (obrázek č. 2.11 s příklady 3 až 6 od nejjednodušších 3D parcel až po tvarově nejsložitější 3D parcely) do jednoho elementu `<Parcel>`. V rámci tohoto elementu je možné definovat geometrii 3D parcely do elementu `<VolumeGeom>`, viz ukázka č. 2.12. Nicméně pomocí této metody může být jedna stěna u 3D parcely uložena v souboru dvakrát z důvodu, že může být definována i v jiné (sousední) 3D parcele. Naopak v metodě vnořených elementů `<Parcel>` a `<Parcels>`, viz ukázka č. 2.13, bude jedna společná stěna připadající dvěma sousedním 3D parcelám uložena pouze jednou. V metodě vnořených parcel je každá dílčí plocha definována pomocí elementu `<Parcel>`, který může být aplikován na všechny typy v obrázku č. 2.11 uvedených 3D parcel. Výsledná 3D parcela třídy „LOT“ je definovaná v elementu `<Parcel>` pomocí odkazů na nadefinované části parcely tříd „Face“ (stěna) anebo „FaceString“ (řetězec stěn) (Thompson et al., 2016).

V případě ukázky č. 2.12 je parcela uložena v elementu <Parcel> s názvem „Krychle“, atributy *state*, *class* a *parcelFormat* znamenají existující, kompletní prostorovou parcelu. V každém ze šesti elementů <CoordGeom> je uložena geometrie jednotlivých stěn objektu, kde každá stěna je jednoznačně určena atributem *name* a je tvořena liniemi definovanými elementy <Line>.

```
<Parcels name="Parcely" state="existing">
  <Parcel name="Krychle" state="existing" class="LOT" parcelFormat="Volumetric">
    <VolumeGeom name="KR1" state="existing" oID="1000">
      <CoordGeom name="spodek" state="existing" oID="51" >
        <Line>
          <Start pntRef="1"/>
          <End pntRef="2"/>
        </Line>
        <Line>
          <Start pntRef="2"/>
          <End pntRef="3"/>
        </Line>
        <Line>
          <Start pntRef="3"/>
          <End pntRef="4"/>
        </Line>
        <Line>
          <Start pntRef="4"/>
          <End pntRef="1"/>
        </Line>
      </CoordGeom>
      <CoordGeom name="pravy bok" state="existing" oID="52">
        ...
      </CoordGeom>
      <CoordGeom name="levy bok" state="existing" oID="53">
        ...
      </CoordGeom>
      <CoordGeom name="zadni bok" state="existing" oID="54">
        ...
      </CoordGeom>
      <CoordGeom name="predni bok" state="existing" oID="55">
        ...
      </CoordGeom>
      <CoordGeom name="strop" state="existing" oID="56">
        ...
      </CoordGeom>
    </VolumeGeom>
  </Parcel>
</Parcels>
```

Ukázka č. 2.12 – Struktura a způsob zapsání 3D parcely metodou Simple Faces Method (vlastní zpracování)

```

<Parcels name="Parcely" state="existing">
  <Parcel name="spodek" state="existing" class="Face"
    parcelFormat="Volumetric" >
    <CoordGeom name="1" state="existing" oID="51">
      <Line>
        <Start pntRef="1"/>
        <End pntRef="2"/>
      </Line>
      <Line>
        <Start pntRef="2"/>
        <End pntRef="3"/>
      </Line>
      <Line>
        <Start pntRef="3"/>
        <End pntRef="4"/>
      </Line>
      <Line>
        <Start pntRef="4"/>
        <End pntRef="1"/>
      </Line>
    </CoordGeom>
  </Parcel>
  <Parcel name="pravy_bok" state="existing" class="Face"
    parcelFormat="Volumetric" >
    <CoordGeom name="2" state="existing" oID="52">
      ...
    </CoordGeom>
  </Parcel>
  <Parcel name="levy_bok" state="existing" class="Face"
    parcelFormat="Volumetric" >
    <CoordGeom name="3" state="existing" oID="53">
      ...
    </CoordGeom>
  </Parcel>
  ...
  <Parcel name="krychle" state="existing" class="LOT"
    parcelFormat="Volumetric" >
    <Parcels>
      <Parcel name="1" pclRef="spodek" />
      <Parcel name="2" pclRef="pravy_bok" />
      <Parcel name="3" pclRef="levy_bok" />
      <Parcel name="4" pclRef="zadni_bok" />
      <Parcel name="5" pclRef="predni_bok" />
      <Parcel name="6" pclRef="strop" />
    </Parcels>
  </Parcel>
</Parcels>

```

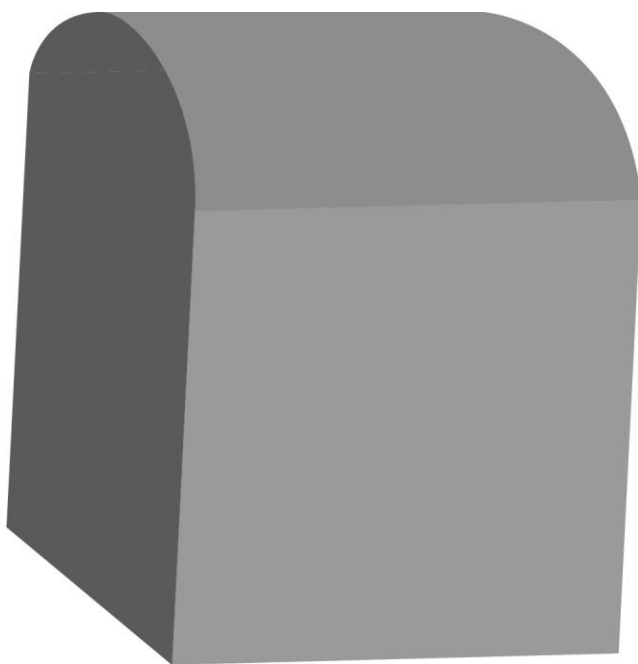
Ukázka č. 2.13 – Struktura a způsob uložení 3D parcely metodou Nested Parcel Method (vlastní zpracování)

2.3 Obecné plochy

K popsání průběhu hranice parcel je možné využít v případě 2D zobrazení úsečky, lomené čáry nebo křivky začínající a končící v lomových bodech parcely, případně

hraniční stěny tvořené rovinnými nebo lomenými plochami v případě 3D parcely. Tento způsob evidence hranice parcel je definován v katastrálních zákonech či vyhláškách daného státu. V několika zemích (např. Queensland nebo Nizozemsko) je ale možné popisovat hranice parcel pomocí křivek v případě 2D parcel. A v případě 3D parcel je možné popsat hranice pomocí zakřivených hraničních stěn. Tento způsob ukládání není často podporován různými softwary či databázemi pro ukládání katastrálních dat.

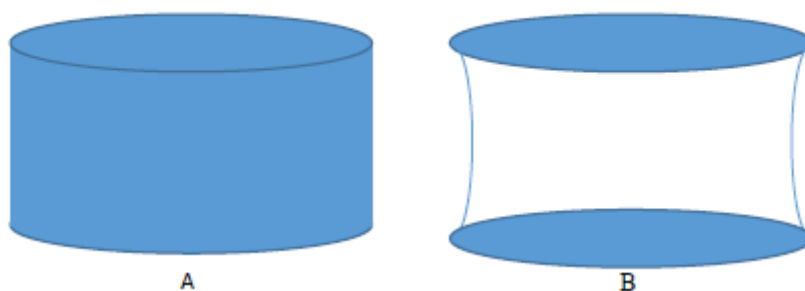
Nicméně i pro případy, kde se hranice objektů (např. parcel) evidují pomocí křivek či zakřivených ploch, je možné díky podpoře využít formát LandXML. Do formátu LandXML je možné uložit kruhové oblouky, válcové plochy a kuželové pláště, ale nikoliv sférické nebo elipsoidické plochy nebo elipsovité křivky, viz obrázek č. 2.14.



Obrázek č. 2.14 – 3D parcela s jednou hraniční stěnou částečně ve tvaru válce (vlastní zpracování)

Nejjednoduššími geometrickými útvary, které formát LandXML podporuje k ukládání, jsou 1D primitiva. Jedná se o linie a lomené čáry. Mezi složitější 1D primitiva se řadí křivky, spirály a řetězce bodů. Formát LandXML ale nepodporuje explicitní zapsání 2D primitivum k definování prostorové jednotky <Parcel>. Jako 3D primitivum ve formátu LandXML lze definovat VolumeGeom, který lze využít například pro definování 3D parcely (Thompson et al., 2016).

Vytvoření objemového objektu VolumeGeom předpokládá vytvoření stěnových elementů CoordGeom definujících plochu, které uzavřou daný objemový objekt. V případě, že některý z elementů CoordGeom je definován jako uzavřená plocha a zároveň je tento element definován jako zakřivená plocha, další navazující stěna se určí jako nejjednodušší zakřivený povrch, který prochází hranicemi sousední stěny, viz obrázek č. 2.15 A. Jinak tvarované plochy, viz obrázek č. 2.15 B, pak nemohou být jednoznačně definovány jako prostorové prvky (Thompson et al., 2016).



Obrázek č. 2.15 – Zakřivené plochy – A možnost jednoznačného definování objektu, B nemožnost jednoznačného definování objektu (Zdroj: Thompson et al., 2016)

Uložení prostorových objektů se zakřivenými hraničními stěnami ve formátu LandXML je realizováno pomocí elementů <Curve> nebo <Spiral>, jejichž řetězec vytvoří hraniční stěnu <CoordGeom>. Následná práce s těmito objekty je ale mnohem náročnější. Například prostorové analýzy či transformace jsou v některých softwarech nad zakřivenými daty časově náročnější, někdy i nemožné (Abdel_Malek et al., 1996).

2.4 Topologie parcel

Při práci s prostorovými daty je vždy nutné uvažovat nad možným způsobem jejich uložení. V databázových systémech jsou zavedeny datové typy splňující často specifikace organizace OGC a dle těchto specifikací⁷⁸ je možné reprezentovat prostorovou jednotku v systému řízení báze dat geometrickým datovým modelem nebo topologickým datovým modelem. Pomocí geometrického modelu je možné

⁷ OpenGIS Simple Features Specification For SQL

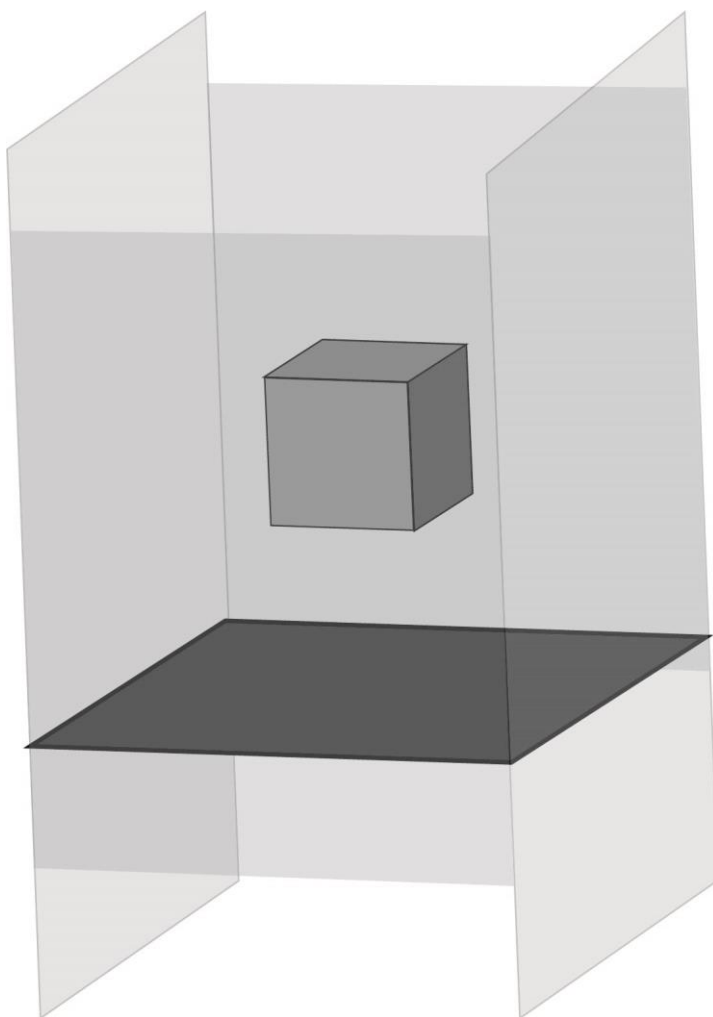
⁸ Implementation and testing of variable scale topological data structures: Experiences with the GAP-face tree and GAP-edge forest

přístupovat k souřadnicím objektu přímo. Nevýhodou ale je, že každý objekt má definované souřadnice samostatně a tedy v případě sousedících objektů je společná hranice definována vícekrát. Naproti tomu topologický model dovoluje ukládat informace v prostorových vztazích (sousednosti) a tedy každá část společné hranice je definována jen jednou (Janečka, 2008).

Obecně v katastru nemovitostí v České republice je možné evidovat prostorové jednotky (parcely, stavby, byty nebo nebytové prostory) ve 2D zobrazení. Tento přístup s použitím pouze polohopisných souřadnic evidovaného objektu bez využití výškopisu je velmi často dostačující. Vlastnické právo je v případě parcely na prostor nad i pod 2D jednotkou.

V moderních městech nebo ve speciálních případech se ale stává, že v jednom polohopisném bodě může být více objektů s různým vlastníkem. Z topologického pohledu se pak jedná o případy, kdy jeden objekt je umístěn na, pod nebo alespoň částečně v jiném objektu. V takovém případě je vhodné definovat 3D prostorové jednotky, které budou mít uzavřený objem.

Další možností je definovat 3D prostorovou jednotku jako 2D parcelu s prostorem nad a pod ní, z ní *vyloučit* 3D objekt, který bude definován také jako samostatná prostorová jednotka. Vlastník 2D jednotky bude vlastnit všechny prostor nad a pod 2D jednotkou kromě prostoru definovaným 3D objektem. Vždy je pak nutné, aby 3D objekt měl definované hraniční stěny tak, aby ho zcela uzavíraly. To znamená, že vytvořily uzavřený objem, viz obrázek č. 2.16.



Obrázek č. 2.16 – 3D parcela definovaná jako prostor nad a pod polygonem bez 3D objektu umístěného uvnitř tohoto prostoru (vlastní zpracování)

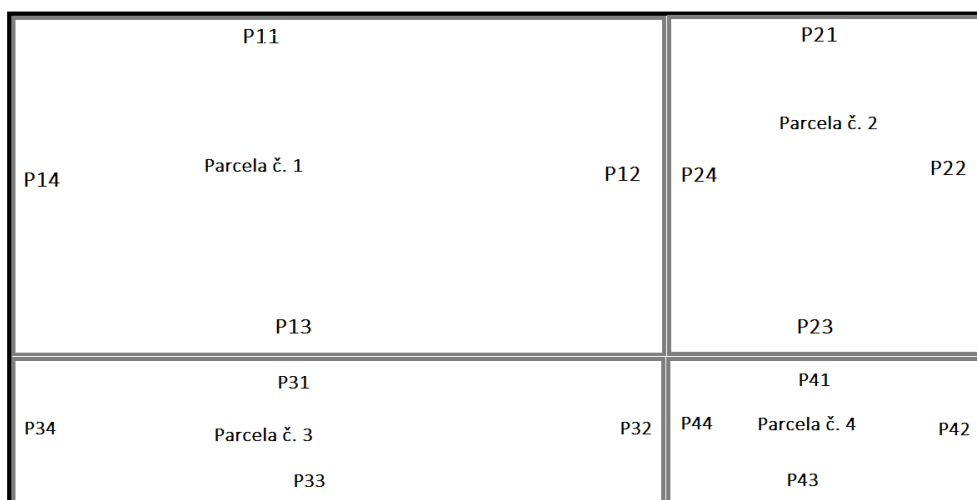
Data katastru nemovitostí jsou v praxi rozdělena do mnoha úrovní, od nejmenších územních jednotek (např. parcely až po největší, jako jsou kraje nebo celý stát. Tyto jednotky mají mezi sebou vždy určitou vazbu. Občas se stává, že hranice parcely je současně i hranicí katastrálního území, obce nebo i státu. Tuto skutečnost lze využít při definování všech objektů v katastru tak, že společné hranice budou nedefinované jen jednou a pomocí odkazů budou použity u konkrétního objektu. Tato možnost je funkční ve 2D ale i ve 3D katastru nemovitostí.

Objekty je možné ukládat ve 2D i 3D dvěma metodami. První možnost je použití takzvané metody „*single valued vector map*“ (SVVM), kde celá jednotka (např. parcela, stavební objekt) i její dílčí části jsou ohraničeny vlastními hranicemi a tato jednotka ani její části nejsou dále používány k definování jiné jednotky či jejich

částí. Druhou možností je použití „*multi valued vector map*“ (MVVM), která využívá k definici administrativních jednotek nebo jejich částí již vytvořené prvky pomocí odkazů (de Hoop et al., 1993; Thompson et al., 2016).

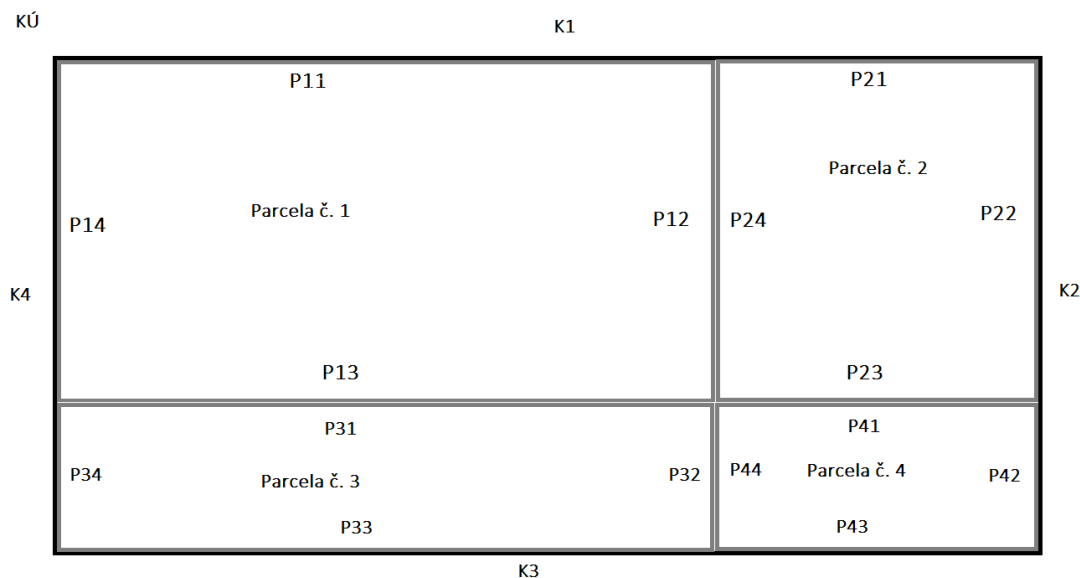
Na obrázku č. 2.17 je uvedena ukázka použití hranic parcely k vytvoření katastrálního území (KÚ) pomocí odkazů metodou MVVM, kde se nejdříve nadefinují hranice parcel P11, P12, P13, P14 v případě parcely č. 1. Obdobně jsou vytvořeny hranice parcel č. 2, 3 a 4. Hranice KÚ je následně tvořeno z již nadefinovaných hranic parcel, v případě obrázku č. 1.14 je KÚ definováno řetězcem hraničních linií P11, P21, P22, P42, P43, P33, P34, P14.

KÚ



Obrázek č. 2.17 – Metoda MVVM (vlastní zpracování)

V případě metody SVVM má každá parcela definované hranice liniemi, které již nejsou nikde jinde použité. Na obrázku č. 2.18 je možné vidět, že parcela č. 1 je definovaná řetězcem hranic P11, P12, P13, P14 (obdobně i parcely č. 2, 3 a 4) a katastrální území je definované řetězcem hraničních linií K1, K2, K3, K4.



Obrázek č. 2.18 – Metoda SVVM (vlastní zpracování)

Při ukládání 2D prostorových jednotek katastru nemovitostí mohou liniové řetězce hranic nést informaci o sousedních plochách. Jedná se například o datovou strukturu okřídlená hrana. U 3D objektu se za hranici jednotky považuje celá hraniční stěna, která může být opět sestavena z několika dílčích stěn. 3D objekt vzniklý z 2D prostorové jednotky nahradí hraniční linie hraničními stěnami, které procházejí $+\infty$ a $-\infty$. Vnitřek stěny je pak rozpoznán tak, že hraniční linie stěny byly vytvořeny ve směru hodinových ručiček.

Dvě sousední 3D prostorové jednotky mohou mít společné hraniční stěny totožné. Tento případ je pro topologii poměrně jednoduchý. V případě hraničních stěn, které nesousedí celou svou plochou se sousední stěnou, jsou tyto stěny tvořeny tak, že při pohledu zevnitř je stěna (polygon) vytvářena ve směru hodinových ručiček a při pohledu zvenku v protisměru hodinových ručiček.

3D prostorové jednotky mohou ke své definici využívat obecné zakřivené plochy. V současnosti se nejedná o častý jev hlavně z důvodu složitějšího uložení do databáze. Některé databázové systémy nepodporují ukládání obecných křivek a obecných ploch a v případě jejich podpory jsou tato data náročnější na úložný prostor. Z těchto důvodů se často využívá zjednodušování ukládaných objektů na objekty zapsané pomocí jednotek definovaných pouze ve 2D souřadnicích či 3D prostorových jednotek

s rovinnými hraničními stěnami, viz výše. Stejně jako v předchozích případech jsou i zde hranice jednotek realizovány pomocí odkazů.

2.5 Inženýrské sítě

Inženýrské sítě jsou sítě, které představují systém fyzické infrastruktury a zajišťují přívod nebo odvod energií, vody, plynu z bodu A do bodu B. Mezi inženýrské sítě patří i stavby a technická zařízení, která s nimi provozně souvisí. Podle právních předpisů jsou vodovodní, kanalizační, plynové i elektrické přípojky samostatnými stavbami a zároveň nejsou až na výjimky (vodovodní a kanalizační přípojky zřízené v době účinnosti dřívějších předpisů před datem 1. 1. 2002) součástí pozemku (Skála, 2014).

Z výše vypsanych informací je patrné, že inženýrské sítě zahrnují v předmětu evidence vlastní kapitoly a pro jejich správu v převodu dat nebo archivaci je nutné využít výměnný formát. Společnost Autodesk, která dala jeden z prvních impulzů pro vytvoření výměnného formátu LandXML, nahradila tímto formátem starší formát DXF, který nedosahoval potřeb ukládání složitější geometrie, struktury stavařských a návrhových dat. Následně i ostatní společnosti vyvíjející CAD systémy, které byly členy konsorcia LandXML, implementovali do svých softwarů možnost importu nebo exportu souboru ve formátu LandXML (LandXML, 2017).

Inženýrské sítě mají ve svém okolí často různě velká ochranná pásma sloužící k zajištění spolehlivého provozu, ochraně života, zdraví a majetku. Z pohledu majitele pozemku je znalost tohoto ochranného pásma důležitější než znalost umístění dané inženýrské sítě. Různé inženýrské sítě mají různý tvar a velikost ochranného pásma a navíc u plynovodů existuje kromě ochranného pásma i bezpečnostní pásmo, které má ve svém rozsahu menší omezení, ale často je toto pásmo výrazně větší než pásmo ochranné. Tvar těchto pásem představuje většinou uzavřený prostor ohraničený stěnami v určité vodorovné a svislé vzdálenosti od inženýrské sítě. Tento prostor pak představuje v průmětu ve směru vedení tvar obdélníku nebo čtverce. Mezi dalšími tvary ochranných pásem mohou být prostory ohraničené dvěma svislými rovinami vedenými po obou stranách vedení od krajních vodičů nebo

v případě chráněných budov se jedná o prostor ohraničený svislými rovinami v určité vzdálenosti od oplocení či zdi objektu.

Inženýrské sítě mohou být v souboru formátu LandXML zapsány v elementech <PipeNetwork> nebo <Alignment>, přičemž element <Alignment> může reprezentovat 2D nebo 3D středové linie silnic nebo inženýrských sítí, ale model uložení je velmi zjednodušený. Naproti tomu do elementu <PipeNetwork> je možné uložit inženýrské sítě velice podrobně pomocí elementů <Structs> a <Pipes>, které jsou jeho potomky, viz ukázka č. 2.19.

```
<PipeNetworks>
  <PipeNetwork name="Network - (1)" pipeNetType="storm" desc="">
    <Structs>
      <Struct name="Structure - (2)"
        ...
      </Struct>
    </Structs>
    <Pipes>
      ...
    </Pipe>
  </Pipes>
</PipeNetwork>
</PipeNetworks>
```

Ukázka č. 2.19 – Element <PipeNetwork> s potomky (Zdroj: LandXML, 2017)

Element <Struct>, viz ukázka č. 2.20, představuje uzel v topologické síti a odkazuje se na jeden nebo více objektů uložených v elementu <Pipe> včetně informací o výšce a směru proudění. <Struct> má kromě jiných atributů i souřadnice středu a parametry průtoku. Dále se element musí odkazovat na elementy <CircleStruct>, <RectStruct>, <InletStruct>, <OutletStruct>, <Connection> nebo <Pond>. Pomocí elementu <Pond> se může odkazovat na libovolnou geometrii uloženou v elementech <Alignment> a <Surface>.

```

<PipeNetwork name="Network - (1)" pipeNetType="storm" desc="">
  <Structs>
    <Struct name="Structure - (2)"
      desc="Eccentric Structure 48 dia 18 frame 24 cone 5 wall 6 floor"
      elevRim="97.87162221" elevSump="91.51375829">
      <Center>20489.17948325 20027.22146952</Center>
      <CircStruct diameter="48." thickness="0.41666667"></CircStruct>
      <Invert elev="92.12162221" flowDir="out" refPipe="Pipe - (2)"></Invert>
      <Invert elev="91.76375829" flowDir="in" refPipe="Pipe - (1)"></Invert>
    </Struct>
  </Structs>

```

Ukázka č. 2.20 – Element <Structs> s potomkem<Struct> (Zdroj: LandXML, 2017)

Element <Pipe>, viz ukázka č. 2.21, představuje spojovací prvek mezi dvěma uzly a tedy elementy <Struct>. V topologické síti představuje hrany, které mají za vlastnosti délku, sklon, materiálové a průtokové parametry a další. Element <Pipe> musí mít vazbu na elementy <CircPipe>, <EggPipe>, <ElliPipe>, <RectPipe> nebo <Channel>, ve kterých jsou kromě elementu <Channel> uloženy specifické parametry geometrie. Stejně jako element <Struct> může mít i <Pipe> pomocí elementu <Channel> vazbu na elementy <Alignment> a <Surface>.

```

<Pipes>
  <Pipe name="Pipe - (2)" refEnd="Structure - (3)"
    refStart="Structure - (2)" desc="18 inch Concrete Pipe"
    length="129.64339551" slope="0.1">
    <CircPipe diameter="18." thickness="0.25"></CircPipe>
  </Pipe>
  <Pipe name="Pipe - (3)" refEnd="Structure - (4)"
    refStart="Structure - (3)" desc="18 inch Concrete Pipe"
    length="171.99774912" slope="0.01">
    <CircPipe diameter="18." thickness="0.25"></CircPipe>
  </Pipe>
</Pipes>

```

Ukázka č. 2.21 – Element <Pipes> s potomkem<Pipe> (Zdroj: LandXML, 2017)

3 OGC standard InfraGML

3.1 Důvody vzniku

V roce 2013 Open Geospatial Consortium (OGC) zahájilo projekt Land A Infrastructure Working Group Domain (LandInfraDWG) s úkolem co nejlépe integrovat a podporovat schéma LandXML v rámci OGC a jak lépe spravovat a integrovat CAD základní geoprostorové informace s dalšími OGC standardy. Prvotní popud byl na základě žádosti společností Bentley a Autodesk. Data formátu LandXML jsou užitečné pro velkou část společnosti pracující s geoprostorovými daty, ale v současné době není tento formát integrován s některými geoprostorovými standardy OGC nebo ISO (Scarponcini, 2014).

Jedním z původních cílů LandInfraDWG bylo získat co nejvíce informací o formátu LandXML. Poslední uznávaný formát LandXML společností LandXML.org Industry Consortium je verze 1.2, který obsahuje téměř 5000 řádků minimálně zdokumentovaného XML kódu popsaného přibližně v 16 oblastech. Oficiálně neexistuje publikovaná dokumentace, uživatelská příručka, definice požadavků nebo podkladový koncepční model.

Dalším úkolem bylo vyvinout základ koncepčního modelu, ze kterého by měl budoucí formát vycházet. Nebo vytvoření jednotného souboru konzistentních konceptů, které by mohly být implementovány v libovolné sadě potenciálních implementačních standardů, jako jsou LandXML 2.0, LandGML, LandSQL atd.

Na základě těchto poznatků bylo rozhodnuto o vytvoření nového akčního plánu. Tento plán zahrnoval vytvoření OGC standardu InfraGML, který by měl poskytovat funkcionalitu formátu LandXML a specifikovat výměnu dat BIM, ale je implementován pomocí OGC Geography Markup Language (GML) a podporován konceptuálním modelem Unified Modeling Language (UML) (Scarponcini, 2014).

Výsledný formát by měl být uznávaný a podporovatelný organizací OGC, sloučený s již existujícími standardy OGC (a TC211 a SQL / MM) včetně modulární

specifikace OGC⁹. Dále by měl formát využívat funkcionalitu z GML, jako je využívání prvků, geometrie, souřadnicových systémů, lineárního odkazování a modelování povrchu (TIN). Možné je také pomocí modulárního rozšíření rozšiřovat některé oblasti popsané v LandXML, jako jsou například inženýrské sítě (OGC, 2015).

3.2 Aktuální stav

V srpnu roku 2016 byl schválen organizací OGC jako standard koncepční model UML LandInfra, který byl vyvinut ve spolupráci s buildingSMART International (bSI). Tento model poskytuje sjednocující základ pro kódování včetně InfraGML a práce v bSI. Z důvodu zefektivnění řízení a vytváření byl InfraGML rozdělen do sedmi částí s vlastním standardizovaným životním cyklem. Vývojáři softwarů podporující tento formát se díky tomu jednodušeji orientují v kódu a mohou se zabývat pouze částí týkající se jejich aplikace (OGC, 2017).

Formát je vyvíjen za pomoci stávající komunity LandXML, mezi které patří uživatelé a vývojáři LandXML. Mezi jednotlivé části InfraGML se řadí LandInfra Core Encoding Standard, LandInfra Land Features Encoding Standard, LandInfra Facilities and Projects Encoding Standard, LandInfra Alignments Encoding Standard, LandInfra Roads Encoding Standard, LandInfra Railways Encoding Standard, LandInfra Survey Encoding Standard.

Aktuálně kandidátský OGC standard InfraGML je po připomínkovém řízení, kde bylo možné kontrolovat kód InfraGML a posílat připomínky do 3. 3. 2017.

⁹ The Specification Model — A Standard for Modular specifications

4 Využití LandXML ve 3D katastru

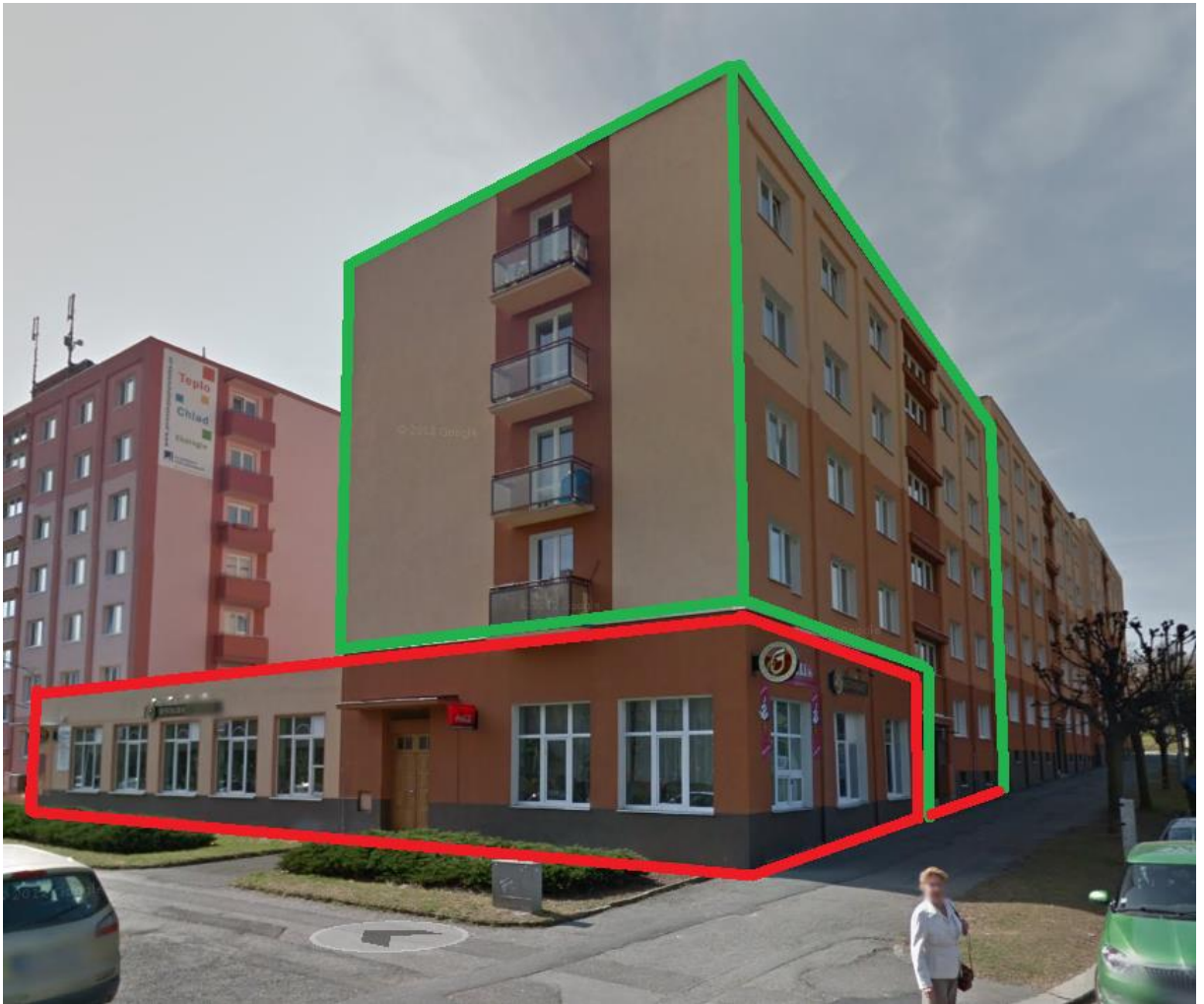
V České republice, jak již bylo zmíněno výše, eviduje katastr nemovitostí pouze polohopisné informace. V této práci bylo vybráno několik problémových případů, kde 2D evidence není dostačující. Tyto případy byly namodelovány a zapsány pomocí formátu LandXML. Samozřejmě se nejedná o všechny případy v ČR, ale byly vybrány takové, aby každý ukázal různé problematiky v současném katastru nemovitostí.

Všechny namodelované případy užití byly modelovány v souřadnicovém systému S–JTSK / Krovak East North s kódem EPSG – 5514. Všechny jednotky jsou udávány v metrech (m) s přesností 0.01 m a zároveň při modelování vybraných 3D situací byly použity relativní výšky. Hodnoty relativních výšek jsou zadány dle odhadu autora práce a z porovnání fotografií objektu. Skutečné výškové hodnoty objektů se běžně neevidují, přičemž cílem práce není dokonalé namodelování objektu, nýbrž ukázat možnost modelování objektu ve formátu LandXML.

Případy užití se zaměřují na definice 3D parcel. Ty lze modelovat pomocí obecně složitých hraničních stěn, které jsou celé uzavřené.

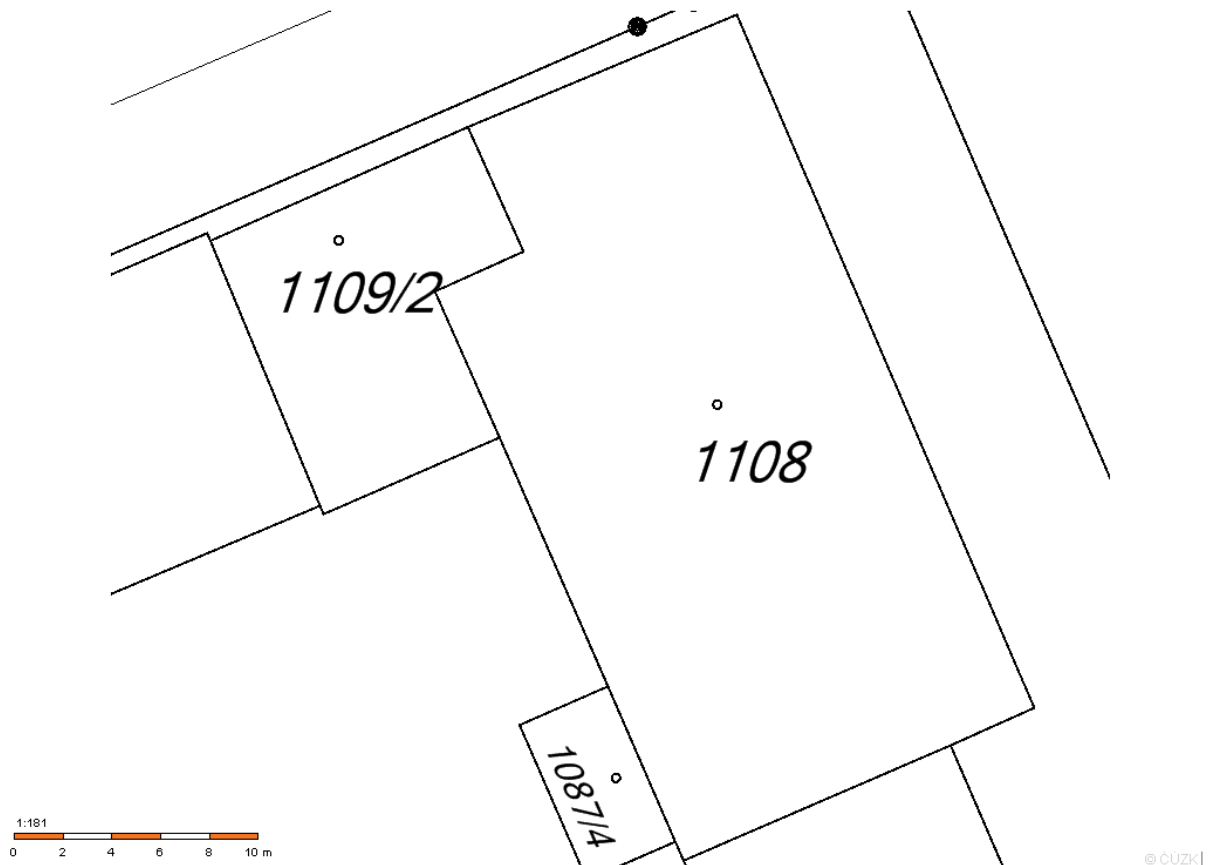
4.1 Stavba umístěna částečně na jiné stavbě

Jako první případ užití byla vybrána stavba částečně umístěna na jiné stavbě. Jedná se o jednopodlažní budovu v Plzni, užívané jako restaurace na adrese Chválenická 2133/4 Plzeň 2–Slovany Východní Předměstí, na jejíž části byla částečně postavena jiná budova. Konkrétně se jedná o bytový dům s adresou náměstí Milady Horákové 2134/15 Plzeň 2–Slovany Východní Předměstí, viz obrázek č. 4.1. Z tohoto případu vyplývá, že polohopisné souřadnice obou částí staveb jsou v ohrazeném místě z obrázku č. 4.1 totožné a ve 2D katastrální mapě nelze obě budovy evidovat zvlášť. Bytový dům v místě ležícím na budově restaurace by měl být v katastru nemovitostí právně evidován (např. věcné břemeno) i u parcely aktuálně náležící jen budově restaurace.



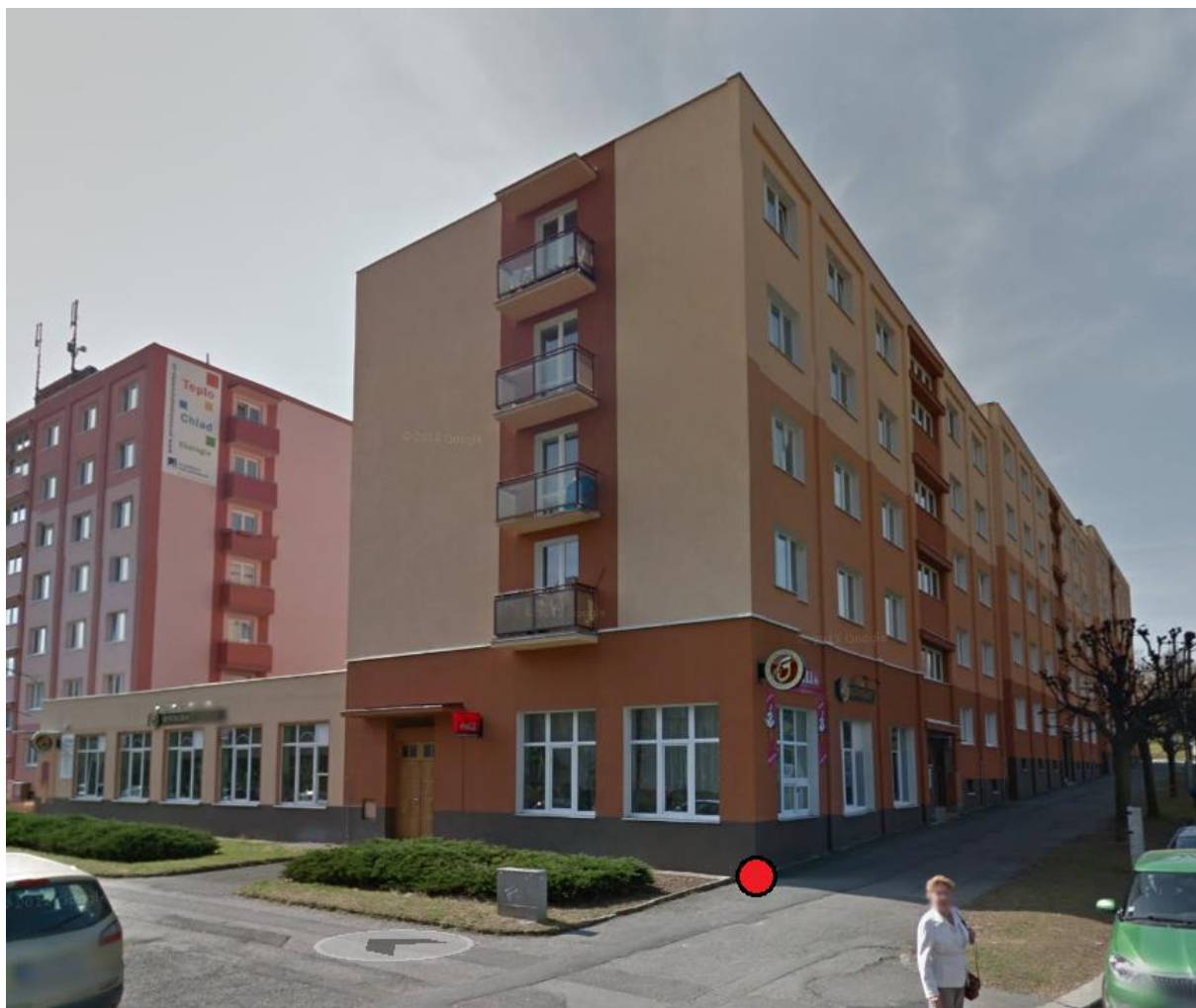
Obrázek č. 4.1 – Bytový dům postaven částečně na budově restaurace – pohled z ulice (Editován zdroj: Mapy Google, 2017)

V současné době jsou v katastru nemovitostí evidovány parcely v katastrálním území Hradiště u Plzně s parcelními čísly 1108, na které je evidována pouze první budova restaurace, a 1109/2, na které je evidována stavba bytového domu. Bytový dům tedy v místě, kde leží nad restaurací, není v katastrální mapě evidován, viz obrázek č. 4.2. Pouze na parcele č. 1108 je uvedeno kromě jiných věcné břemeno (podle listiny), které zatěžuje pozemek služebností ve prospěch jiného pozemku nebo vlastníka.



Obrázek č. 4.2 – Bytový dům postaven částečně na budově restaurace – zobrazení v katastru nemovitostí (Zdroj: Nahlížení do katastru nemovitostí, 2017)

V 3D katastru nemovitostí je možno evidovat obě stavby zvlášť. Zde byly obě stavby pomocí formátu LandXML namodelovány dle skutečného stavu, přičemž z důvodu nedostupnosti výškopisných dat staveb (ale jen polohových souřadnic lomových bodů budovy) jsou hodnoty výškopisných souřadnic budov nastaveny přibližným odhadem. Pro modelování budov byly použity relativní výšky. Plocha $Z = 0$ prochází bodem 61154_3 (viz obrázek č. 4.3).



Obrázek č. 4.3 – Bytový dům postaven částečně na budově restaurace – červený bod představuje bod č. 61154_3, kterým prochází plocha Z = 0 (Editován zdroj: Mapy Google, 2017)

4.1.1 Modelování staveb s využitím elementu VolumeGeom

V úvodu modelování tohoto případu užití byly vyplněny úvodní elementy popisující geometrii objektů. Jednalo se o elementy <LandXML>, <Units>, <CoordinateSystem>, které je možné vidět na ukázce č. 4.4.

```
<LandXML xmlns="http://www.landxml.org/schema/LandXML-2.0"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:schemaLocation="http://www.landxml.org/schema/LandXML-2.0 http://www.
  landxml.org/schema/LandXML-2.0/LandXML-2.0.xsd" version="2.0"
  date="2016-11-10" time="09:40:39" language="English" readOnly="false"
  LandXMLId="1000" crc="1">
  <Units>
    <Metric linearUnit="meter" areaUnit="squareMeter" volumeUnit="cubicMeter"/>
  </Units>
  <CoordinateSystem ogcWktCode="S-JTSK / Krovak East North" epsgCode="5514"/>
```

Ukázka č. 4.4 – Úvodní elementy v souboru Stavba umístěna částečně na jiné stavbě (vlastní zpracování)

Následně byly získány polohové souřadnice lomových bodů obou budov z veřejného dálkového přístupu k datům registru územní identifikace, adres a nemovitostí (RUAIN). Duplicitní body, které byly nalezeny na společné hranici obou budov, byly vymazány. Pomocí zdrojových bodů byly vytvořeny zbylé lomové body obou budov za pomoci přidání relativní výšky. Všechny body byly zapsány do elementů `<CgPoint>` a ty byly ohraničeny elementem `<CgPoints>`, který je přímým potomkem elementu `<LandXML>`. Každému bodu byl přiřazen a vložen do atributu *name* jednoznačný identifikátor. Ukázka elementů `<CgPoints>` a `<CgPoint>` je zobrazena na příkladu č. 4.5. Na úrovni `<CgPoints>` byl poté vytvořen element `<Parcels>` a do něj vepsány 2 elementy `<Parcel>` představující geometrii obou staveb s atributem *name* mající unikátní hodnotu. V případě těchto dvou staveb se jednalo o unikátní hodnoty „BUD1“ a „BUD2“. Dále byly vepsány atributy, které obě 3D parcely jednoznačně určí v katastru nemovitostí. Jedná se o kód katastrálního území zapsaný do atributu *desc* a parcelní číslo uložené v atributu *oID*. Nakonec byly zapsány ostatní atributy s hodnotami, kde všechny hodnoty byly přebrány z aplikace Nahlížení do katastru nemovitostí¹⁰ od ČUZK.

¹⁰ Nahlížení do katastru nemovitostí – <http://nahlizenidokn.cuzk.cz/>

```
<CgPoints>
  <CgPoint name="63254_0">-1072536.940 -821094.860 0</CgPoint>
  <CgPoint name="63254_1">-1072542.910 -821092.210 0</CgPoint>
  <CgPoint name="63254_2">-1072546.040 -821099.420 0</CgPoint>
  <CgPoint name="63254_3">-1072545.700 -821099.570 0</CgPoint>
  <CgPoint name="63254_4">-1072534.870 -821104.060 0</CgPoint>
  <CgPoint name="63254_5">-1072530.220 -821093.510 0</CgPoint>
  <CgPoint name="63254_6">-1072535.310 -821091.230 0</CgPoint>
  <CgPoint name="61154_3">-1072525.630 -821082.490 0</CgPoint>
  <CgPoint name="61154_4">-1072536.640 -821077.750 0</CgPoint>
  <CgPoint name="62726_2">-1072553.960 -821070.300 0</CgPoint>
  <CgPoint name="62726_3">-1072555.490 -821073.730 0</CgPoint>
  <CgPoint name="62726_4">-1072560.200 -821084.670 0</CgPoint>
  <CgPoint name="62726_5">-1072559.430 -821085.010 0</CgPoint>
  <CgPoint name="62726_6">-1072553.080 -821087.770 0</CgPoint>
  <CgPoint name="63254_5_6">-1072530.220 -821093.510 6</CgPoint>
  <CgPoint name="61154_3_6">-1072525.630 -821082.490 6</CgPoint>
  <CgPoint name="61154_3_22">-1072525.630 -821082.490 22</CgPoint>
  <CgPoint name="63254_5_22">-1072530.220 -821093.510 22</CgPoint>
  <CgPoint name="63254_4_22">-1072534.870 -821104.060 22</CgPoint>
  <CgPoint name="63254_2_22">-1072546.040 -821099.420 22</CgPoint>
  <CgPoint name="63254_3_22">-1072545.700 -821099.570 22</CgPoint>
  <CgPoint name="63254_1_6">-1072542.910 -821092.210 6</CgPoint>
  <CgPoint name="61154_4_6">-1072536.640 -821077.750 6</CgPoint>
  <CgPoint name="61154_4_22">-1072536.640 -821077.750 22</CgPoint>
  <CgPoint name="63254_1_22">-1072542.910 -821092.210 22</CgPoint>
  <CgPoint name="63254_0_6">-1072536.940 -821094.860 6</CgPoint>
  <CgPoint name="63254_6_6">-1072535.310 -821091.230 6</CgPoint>
  <CgPoint name="62726_2_6">-1072553.960 -821070.300 6</CgPoint>
  <CgPoint name="62726_3_6">-1072555.490 -821073.730 6</CgPoint>
  <CgPoint name="62726_4_6">-1072560.200 -821084.670 6</CgPoint>
  <CgPoint name="62726_5_6">-1072559.430 -821085.010 6</CgPoint>
  <CgPoint name="62726_6_6">-1072553.080 -821087.770 6</CgPoint>
</CgPoints>
```

Ukázka č. 4.5 – Stavba umístěna částečně na jiné stavbě – seznam všech definovaných bodů z obou staveb (vlastní zpracování)

Modelování touto metodou vyžadovalo použití elementu <VolumeGeom>, který byl použit jako jediný potomek v elementu <Parcel> (u obou staveb). Pomocí <VolumeGeom> je definován objemový objekt (3D), který je tvořený hraničními stěnami zapsanými v elementu <CoordGeom>. Do každého z elementu <VolumeGeom> byly zapsány atributy *name* s hodnotami, jako jednoznačný identifikátor a atribut *state* s hodnotou „existing“ představující existující stav objektu a do elementu <CoordGeom> byl vyplněn atribut *name* s jedinečnou hodnotou. Hraniční stěny byly zapsány elementy <Line> mající vždy počáteční bod <Start> a koncový bod <End> odkázaný přes atribut *pntRef* na daný bod uložený v <CgPoint>. Aby hraniční stěna byla vždy uzavřená, shodují se vždy počáteční bod první linie a koncový bod poslední linie.

3D parcela „BUD1“ představující budovu restaurace byla sestavena z deseti hraničních stěn (CoordGeom) a jednoho objemového objektu (VolumeGeom). 3D parcela „BUD2“ popisující budovu bytového domu byla sestavena z osmi hraničních stěn (CoordGeom) a jednoho objemového objektu (VolumeGeom). Dvě hraniční stěny obou parcel jsou totožné se stěnami druhé parcely, jedná se o místo dotyku jedné parcely s druhou. Všechny elementy definující geometrii (VolumeGeom a CoordGeom) obdržely autorem jednoznačný identifikátor v rámci souboru zapsaný do atributu *name*. Na příkladu č. 4.6 je zobrazena ukázka zdrojového kódu obsahující naplněné elementy <Parcels>, <Parcel>, <VolumeGeom> a <CoordGeom>.

```

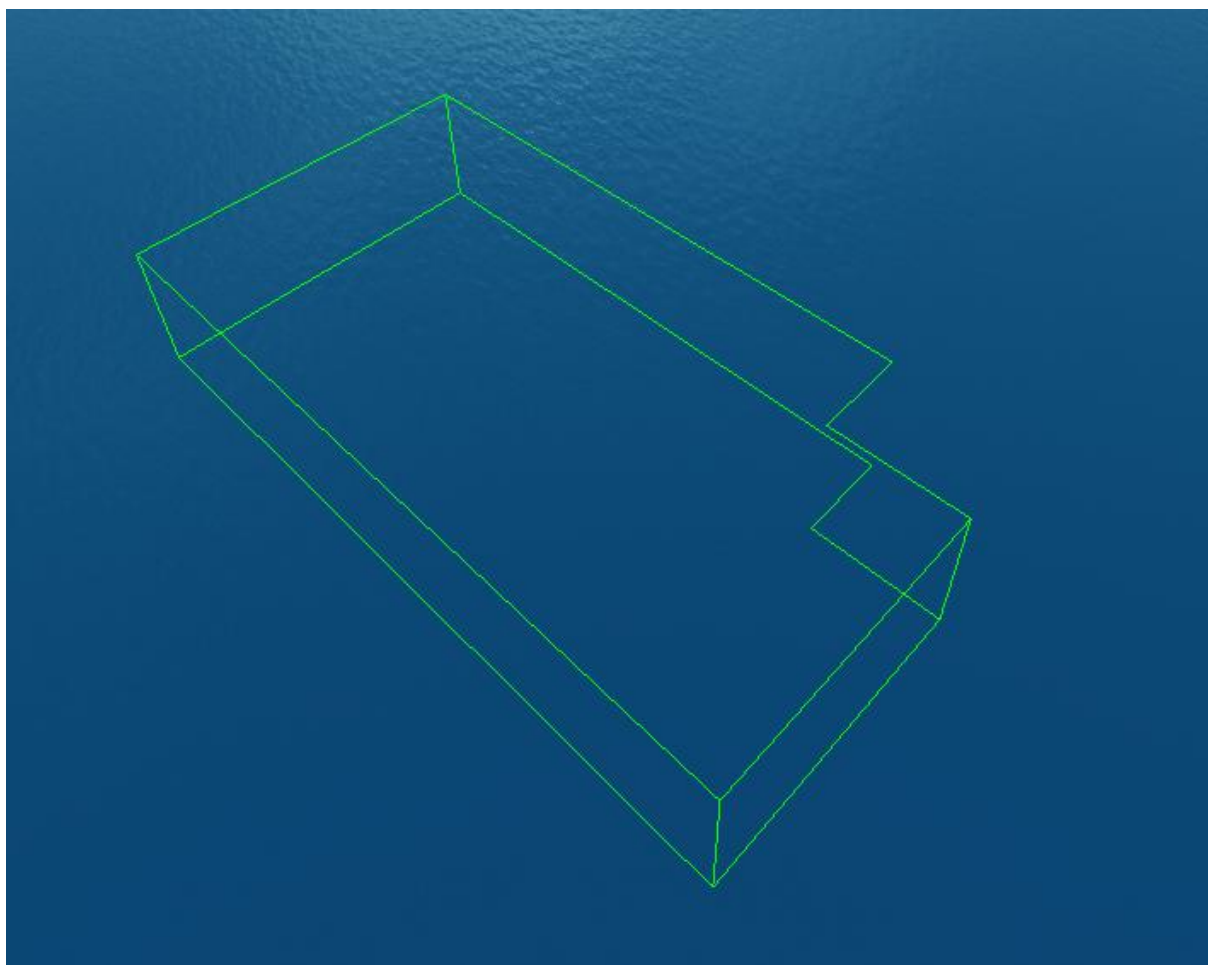
<Parcels>
  <Parcel name="LOD2" desc="722341" oID="1109/2"
    buildingNo="č.p.2134,2135,2136"
    parcelType="Parcela katastru nemovitostí" parcelFormat="Volumetric">
    <VolumeGeom name="LOD2_celyobjekt" state="existing">
      <CoordGeom name="spodek levy">
        <Line>
          <Start pntRef="63254_0"/>
          <End pntRef="63254_1"/>
        </Line>
        <Line>
          <Start pntRef="63254_1"/>
          <End pntRef="63254_2"/>
        </Line>
        <Line>
          <Start pntRef="63254_2"/>
          <End pntRef="63254_3"/>
        </Line>
        <Line>
          <Start pntRef="63254_3"/>
          <End pntRef="63254_4"/>
        </Line>
        <Line>
          <Start pntRef="63254_4"/>
          <End pntRef="63254_5"/>
        </Line>
        <Line>
          <Start pntRef="63254_5"/>
          <End pntRef="63254_6"/>
        </Line>
        <Line>
          <Start pntRef="63254_6"/>
          <End pntRef="63254_0"/>
        </Line>
      </CoordGeom>
      <CoordGeom name="zadni bok">
        ...
      </CoordGeom>
      <CoordGeom name="levy bok">
        ...
      </CoordGeom>
      <CoordGeom name="predni levy bok">
        ...
      </CoordGeom>
      <CoordGeom name="spodek pravy">
        ...
      </CoordGeom>
      <CoordGeom name="pravy spodni bok">
        ...
      </CoordGeom>
    </VolumeGeom>
  </Parcel>

```

Ukázka č. 4.6 – Stavba umístěna částečně na jiné stavbě – elementy <Parcels>, <Parcel>, <VolumeGeom> a <CoordGeom> (vlastní zpracování)

Vytvořený soubor obsahující zdrojová data byl zvalidován pomocí webové aplikace The XML validation program¹¹ (Theano GmbH) a načten do aplikace Carlson Precision 3D Topo 2016.2¹², kde byly namodelované budovy vizualizovány.

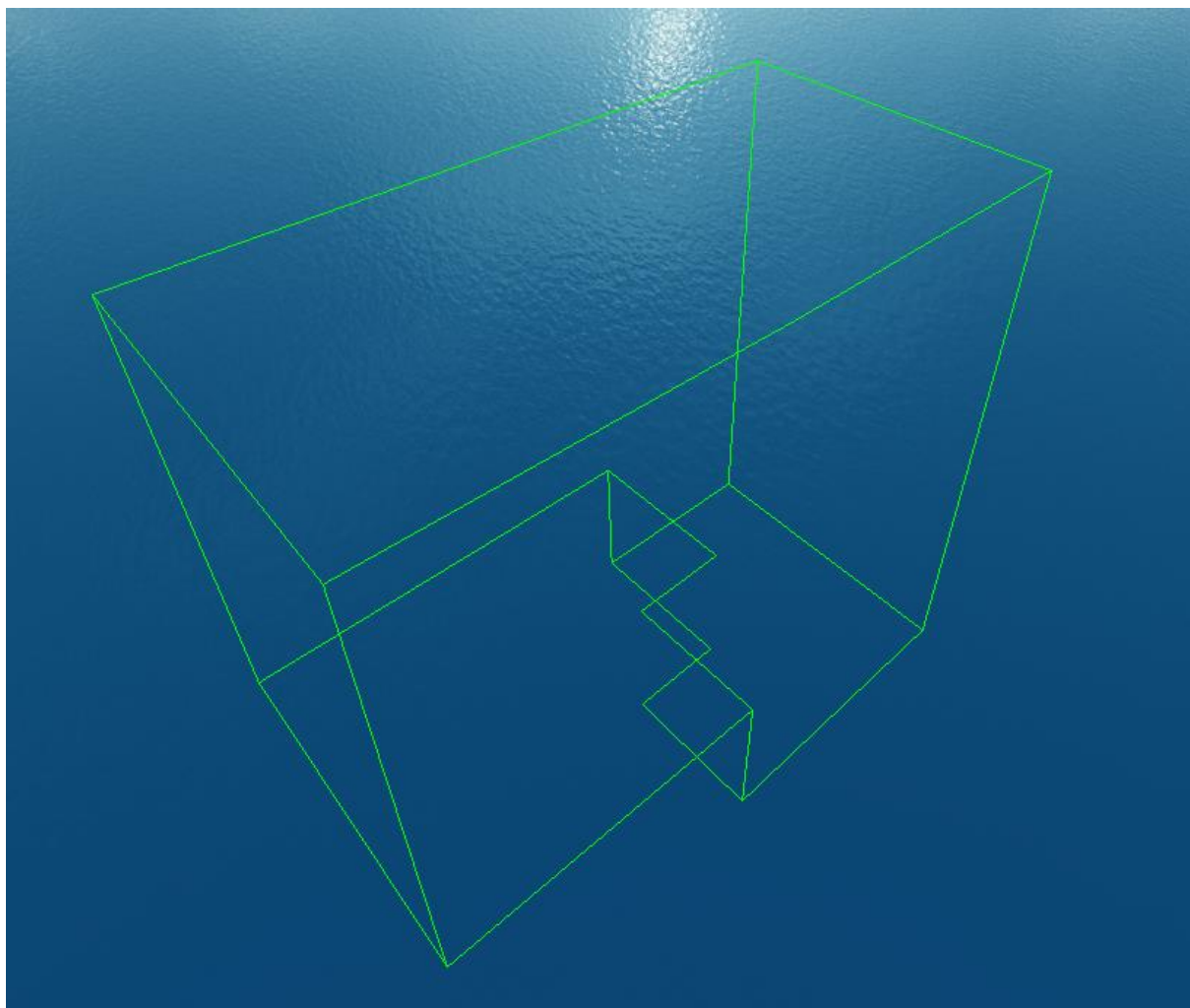
Na obrázku č. 4.7 je zobrazena namodelovaná budova restaurace (spodní budova) a na obrázku č. 4.8 je vizualizovaná budova bytového domu (horní budova).



Obrázek č. 4.7 – Stavba umístěna částečně na jiné stavbě – samostatně zobrazená budova restaurace – vizualizace v aplikaci Carlson Precision 3D Topo 2016.2 (vlastní zpracování)

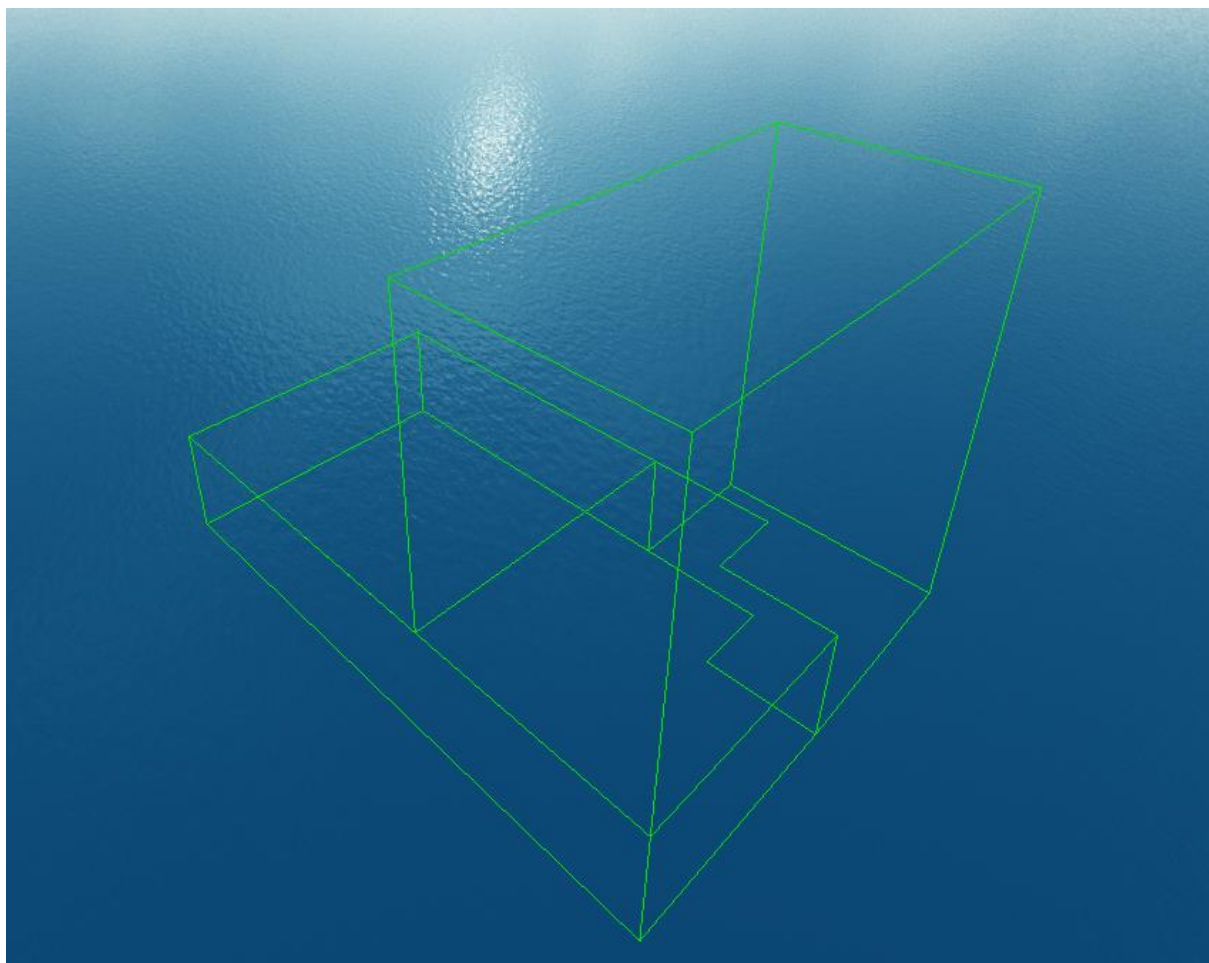
¹¹ The XML validation program – <https://www.xmlvalidation.com/>

¹² Carlson Precision 3D Topo 2016.2 – <http://www.landxml.org/>



Obrázek č. 4.8 – Stavba umístěna částečně na jiné stavbě – samostatně zobrazená budova bytového domu (vlastní zpracování)

Vizualizace výsledného modelu zobrazující obě budovy je zachycena na obrázku č. 4.9, kde nižší objekt představuje budovu restaurace a vyšší objekt bytový dům.



Obrázek č. 4.9 – Stavba umístěna částečně na jiné stavbě – zobrazení obou staveb (vlastní zpracování)

4.1.2 Modelování staveb s využitím elementů <Parcel> a <Parcels>

Topologické uložení spočívá v eliminaci duplicitních objektů v souboru. V této metodě je při modelování případu užití „Stavba umístěna částečně na jiné stavbě“ totožná úvodní část kódu jako při použití elementu <VolumeGeom>. Jedná se o hodnoty a atributy elementů <LandXML>, <Units>, <CoordinateSystem>, <CgPoints> a <CgPoint>. Rozdíl spočívá v uložení geometrie, kde objemový objekt není vytvářen pomocí elementu <VolumeGeom>, ale kombinací do sebe vnořených elementů <Parcel> a <Parcels>. Výhodou druhé metody je jediné nadefinování každé hraniční stěny a následně použití této hraniční stěny při definování prostorové jednotky pomocí odkazu. Dva sousední 3D objekty tak sdílejí společnou stěnu, která je v datech uložena pouze jednou.

Po nadefinování a naplnění výše zmíněných (totožných s předchozí metodou) elementů byl vytvořen element <Parcels>, do kterého byly nejdříve zapsány

(definovány) hraniční stěny prostorových jednotek. Celkem bylo vytvořeno 16 hraničních stěn, kde každá byla uložena do elementu <Parcel> s hodnotou „boundaryFace“ v atributu *class*. V těchto objektech byl vždy jeden element <CoordGeom> ukládající danou geometrii pomocí linií tvořených z počátečního a koncového bodu, viz příklad č. 4.10.

V elementu <Parcels> byly přidány dále další 2 elementy <Parcel> třídy LOT, definující obě budovy. Třída LOT představuje kompletní uzavřenou 3D parcelu. Každý z elementů <Parcel> obsahuje jednoznačný identifikátor v rámci souboru v atributu *name* a zbylé atributy a jejich hodnoty jsou shodné s hodnotami z předchozího případu. Dále byl do elementů <Parcel> třídy LOT vložen element <Parcels> obalující elementy <Parcel> třídy FaceString. Parcela třídy FaceString představuje hraniční stěnu 3D parcely. Příklad topologického uložení budov z případu užití „Stavba umístěna částečně na jiné stavbě“ s použitím do sebe vnořených elementů a s použitím odkazů je zobrazen na ukázce č. 4.10.

```

<Parcel class="FaceString" name="1109_2_strop">
  <CoordGeom name="strop">
    <Line>
      <Start pntRef="63254_2_22"/>
      <End pntRef="63254_1_22"/>
    </Line>
    <Line>
      <Start pntRef="63254_1_22"/>
      <End pntRef="61154_4_22"/>
    </Line>
    <Line>
      <Start pntRef="61154_4_22"/>
      <End pntRef="61154_3_22"/>
    </Line>
    <Line>
      <Start pntRef="61154_3_22"/>
      <End pntRef="63254_5_22"/>
    </Line>
    <Line>
      <Start pntRef="63254_5_22"/>
      <End pntRef="63254_4_22"/>
    </Line>
    <Line>
      <Start pntRef="63254_4_22"/>
      <End pntRef="63254_3_22"/>
    </Line>
    <Line>
      <Start pntRef="63254_3_22"/>
      <End pntRef="63254_2_22"/>
    </Line>
  </CoordGeom>
</Parcel>
<Parcel class="FaceString" name="1109_2_pravy_horni_bok">
  <CoordGeom name="pravy bok 1">
    ...
  </CoordGeom>
</Parcel>
<Parcel class="FaceString" name="1109_2_zadni_bok">
  <CoordGeom name="predni bok 3">
    ...
  </CoordGeom>
</Parcel>
...
<Parcel name="LOD2_1109_2" class="LOT" desc="722341" oID="1109/2"
  buildingNo="č.p.2134,2135,2136" parcelType="Parcela katastru nemovitostí"
  parcelFormat="Volumetric">
  <Parcels>
    <Parcel name="1" pclRef="1109_2_spodek_levy" />
    <Parcel name="7" pclRef="1109_2_pravy_horni_bok" />
    <Parcel name="8" pclRef="1109_2_strop" />
    ...
  </Parcels>
</Parcel>

```

Ukázka č. 4.10 – Stavba umístěna částečně na jiné stavbě – elementy Parcels, Parcel a CoordGeom (vlastní zpracování)

Po zvalidování souboru ve webové aplikaci The XML validation program již vizualizace v aplikaci Carlson Precision 3D Topo 2016.2 není možná z důvodu, že aplikace nepodporuje 3D zobrazení objektů bez použití elementu <VolumeGeom>. Nicméně výsledný obrázek je totožný s obrázkem č. 4.9.

4.1.3 Porovnání geometrického (element <VolumeGeom>) a topologického uložení (elementy <Parcel> a <Parcels>) 3D objektů

Obecné výhody, nevýhody a vlastnosti obou metod uložení jsou popsány v kapitole 2. V této kapitole jsou popsány LandXML soubory s geometrickým a topologickým uložením vybraných situací řešených pomocí 3D parcel. Zároveň je zde popsán rozdíl obou souborů.

Soubor využívající metodu s uložením 3D objektů pomocí elementu <VolumeGeom> a tedy s metodou SVVM má velikost 17 114 bajtů. Počet znaků, které byly použity, se rovná 17 077 znakům, přičemž v obou souborech (s metodou SVVM a MVVM) byly použity stejné názvy parcel či hraničních stěn a bylo použito totožné množství atributů s hodnotami. V souboru s použitím metody SVVM byly použity pouze základní důležité elementy a hodnoty k vytvoření dvou jednoznačných 3D objektů (parcel) popisující bytový dům a budovu restaurace.

V LandXML souboru mající uloženou geometrii 3D objektů pomocí metody MVVM a tedy za použití definování dílčích částí parcel odděleně a následně jejich použití přes odkazy se nachází 17 302 znaků. Soubor samotný má velikost 17 376 bajtů a je tedy nepatrně větší než předchozí. Dle rešerše by rozdíl velikostí souborů měl být opačný. Ale v tomto případě, kde jsou v souboru zaznamenány pouze dvě parcely, které mají společné pouze dvě stěny, se stalo, že množství definovaných dílčích částí (hraničních stěn) 3D parcely přerostlo množstvím duplicitně vytvořených hraničních stěn z předchozího souboru.

Je možné říci, že v dnešní době velkého množství úložného prostoru dat nemá smysl řešit tak malé rozdíly ve velikosti souborů. Nicméně v případě uložení dat za mnohonásobně větší oblast a s prostorově složitějšími tvary 3D parcel bude výsledek ve velikosti uloženého souboru metodou SVVM a metodou MVVM pravděpodobně lépe vycházet pro soubor s metodou uložení MVVM. Zároveň rozdíl

ve velikosti oproti souboru se SVVM bude také větší. Pro praktické využití je důležitějším faktorem porovnání topologická validita uložených dat. V případě souboru s metodou MVVM jsme se vyhnuli možnému vytvoření topologických nepřesností, které mohly vzniknout při dvojnásobném definování totožné hraniční stěny.

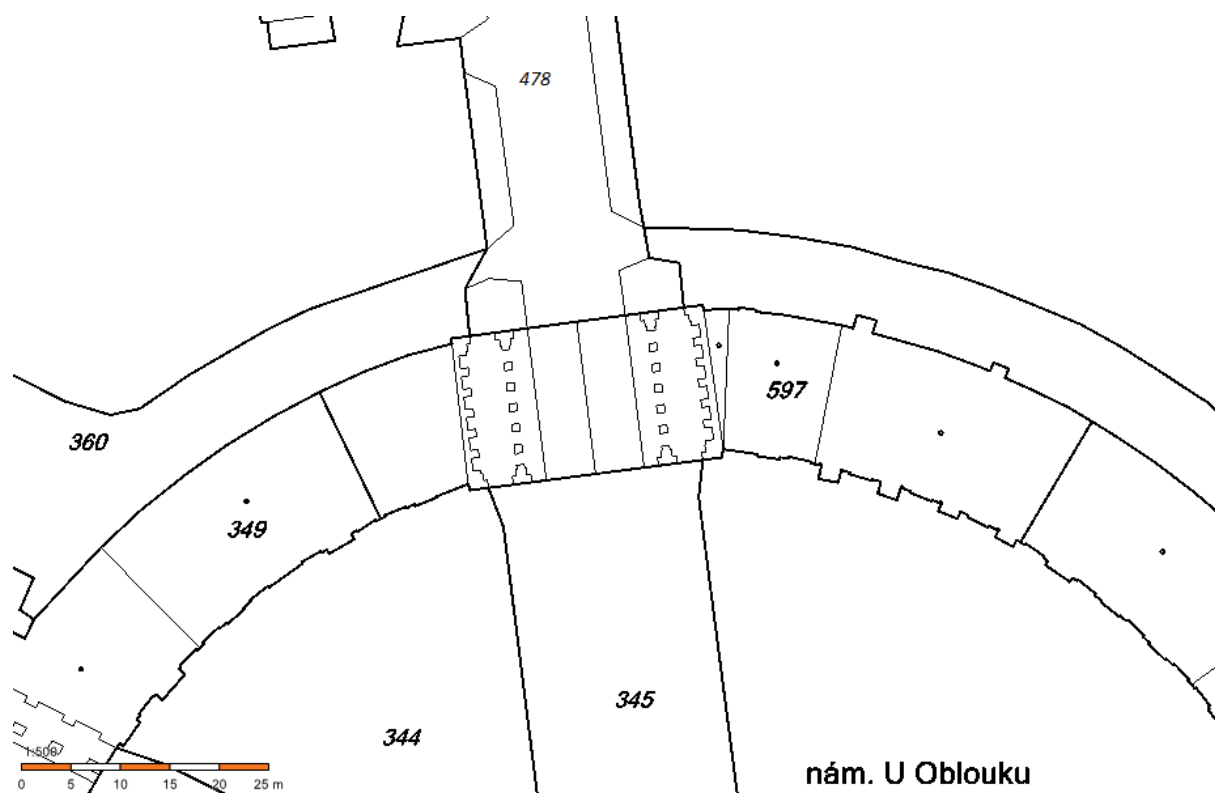
4.2 Netypická stavba

Případ užití Netypická stavba byl namodelován ze skutečné stavby multifunkční budovy s názvem Oblouk, jejíž řešená část v případě se nachází v Ostravě na adrese U Oblouku 501/7, Poruba, Ostrava. Stavba má půlkruhovitý půdorysný tvar, skrz který procházejí 2 silniční průjezdy. Modelovaný případ byla samostatná jednotka v centrální části budovy s výše uvedenou adresou, pod kterou se nachází silniční průjezd, viz obrázek č. 4.11.



Obrázek č. 4.11 – Netypická stavba (pod kterou prochází komunikace) – pohled z ulice (Zdroj: Mapy Google, 2017)

Ve 2D katastrální mapě je zakreslena stavba na parcele s parcelním číslem 597. Silniční komunikace probíhající pod budovou Oblouku není v katastrální mapě zakreslena (v části pod budovou), viz obrázek č. 4.12. Komunikace se nachází na parcele s číslem 345, která končí u jižní části budovy a následně i na parcele 478, která začíná na severní části budovy a pokračuje směrem na sever. V současné době je stavba i komunikace vlastněna stejným vlastníkem a to statutárním městem Ostrava, přičemž městskému obvodu Poruba byla svěřena správa nemovitostí.



Obrázek č. 4.12 – Netypická stavba – zobrazení v katastru (Zdroj: Nahlížení do katastru nemovitostí, 2017)

Nastavení výškopisu bylo provedeno stejně jako v případě užití „Stavba umístěna částečně na jiné stavbě“. Z důvodu malého sklonu terénu a neexistence výškopisných souřadnic zájmových budov a parcel bylo nastaveno, že parcely a podstava budovy leží v jedné rovině. Této rovině byla nastavena relativní výška s hodnotou $Z = 0$ a zbylé výšky budovy byly určeny odhadem z fotografií.

4.2.1 Modelování budovy a komunikace

Při modelování případu užití Netypická stavba byly užity stejné úvodní elementy s hodnotami jako v případě užití „Stavba umístěna částečně na jiné stavbě“. Jednalo se o elementy `<LandXML>`, `<Units>`, `<CoordinateSystem>` a převzaty byly i jejich hodnoty.

Při tvorbě geometrie byly užity polohové souřadnice z RUAIN. Dle pomocného náčrtu byly nejdříve ze zdrojových souřadnic vytvořeny souřadnice představující základní plochu komunikace a podstavy budovy mající relativní výšku s hodnotou $Z = 0$. K těmto bodům u budovy byly přidány relativní výšky s hodnotou $Z = 16$ (metrů), které představují střechu budovy. Na závěr byly vytvořeny lomové body

oblouku průjezdu, které nejsou evidovány v RUAIN a tak musely být vytvořeny na linii tvořící průsečík krajních bodů průjezdu s odhadnutou relativní výškou. Všechny tyto body byly uloženy do elementů <CgPoint> sdružených do jednoho elementu <CgPoints>. Každý bod obdržel jednoznačný identifikátor do atributu *name*. Ukázka z uložení bodů je zobrazena na příkladu č. 4.13.

```
<CgPoints>
  <CgPoint name="1">-1101712.320 -478538.740 16.000</CgPoint>
  <CgPoint name="2">-1101714.510 -478534.420 16.000</CgPoint>
  <CgPoint name="3">-1101712.050 -478533.180 16.000</CgPoint>
  <CgPoint name="4">-1101710.790 -478532.550 16.000</CgPoint>
  <CgPoint name="5">-1101709.210 -478531.780 16.000</CgPoint>
  <CgPoint name="6">-1101705.790 -478530.870 16.000</CgPoint>
  <CgPoint name="7">-1101704.050 -478530.900 16.000</CgPoint>
  <CgPoint name="8">-1101704.140 -478530.720 16.000</CgPoint>
  <CgPoint name="9">-1101704.320 -478530.360 16.000</CgPoint>
  <CgPoint name="10">-1101709.550 -478519.230 16.000</CgPoint>
  ...
</CgPoints>
```

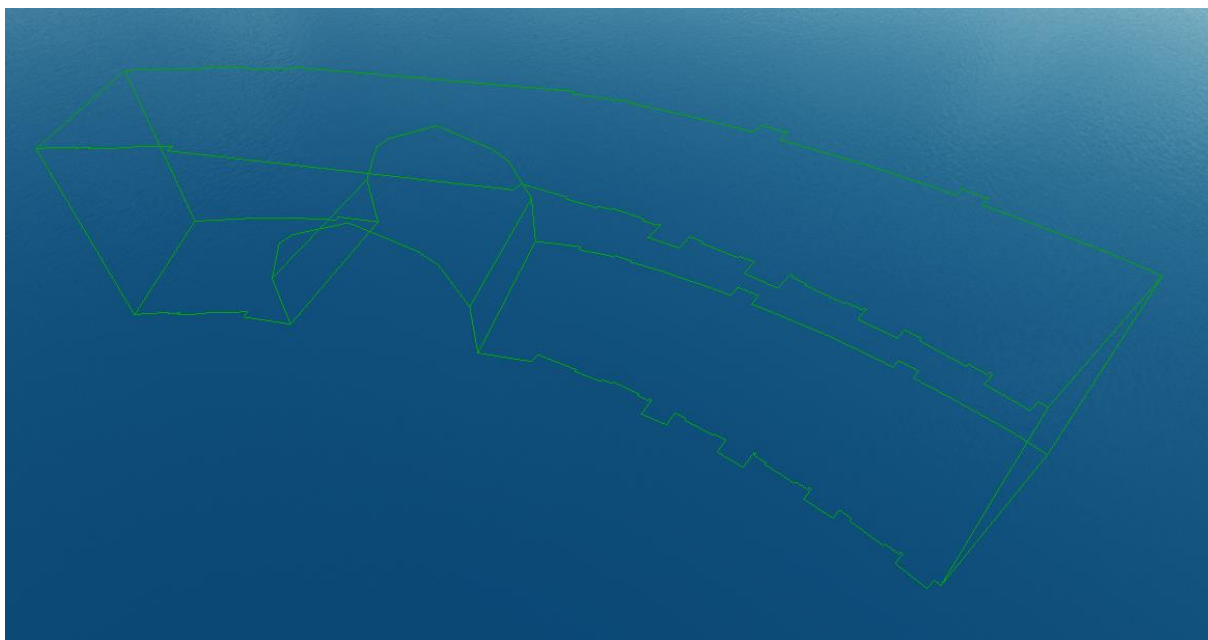
Ukázka č. 4.13 – Seznam definovaných lomových bodů s atributem *name* (vlastní zpracování)

V elementu <Parcels> byly uloženy tři elementy <Parcel> představující tři zájmové parcely. První vytvářená 3D parcela byla označena hodnotou „597“ v atributu *name* a jelikož se jedná o budovu tvořící uzavřený objem, byl vybrán k definování geometrie element <VolumeGeom>. Hraniční povrch 3D parcely byl rozdělen na deset hraničních stěn definovaných v elementech <CoordGeom>. Každá stěna obdržela jednoznačný identifikátor v rámci 3D parcely uložený v atributu *name* a geometrie hraniční stěny byla vytvořena z linií definovaných lomovými body, viz ukázka 4.14.


```
<Parcels>
  <Parcel name="597">
    <VolumeGeom name="jmvol">
      <CoordGeom name="bok_levy">
        <Line>
          <Start pntRef="268_0"/>
          <End pntRef="269_0"/>
        </Line>
        <Line>
          <Start pntRef="269_0"/>
          <End pntRef="269"/>
        </Line>
        <Line>
          <Start pntRef="269"/>
          <End pntRef="268"/>
        </Line>
        <Line>
          <Start pntRef="268"/>
          <End pntRef="268_0"/>
        </Line>
      </CoordGeom>
      <CoordGeom name="spodek levy">
        <Line>
          <Start pntRef="255_0"/>
          <End pntRef="256_0"/>
        </Line>
        <Line>
          <Start pntRef="256_0"/>
          <End pntRef="257_0"/>
        </Line>
        ...
      </CoordGeom>
      <CoordGeom name="bok_levy_vnitri">
        ...
      </CoordGeom>
    </VolumeGeom>
  </Parcel>
  ...
</Parcels>
```

Ukázka č. 4.14 – Netypická stavba – uložení 3D parcely pomocí elementů <VolumeGeom>, <CoordGeom>, <Line> (vlastní zpracování)

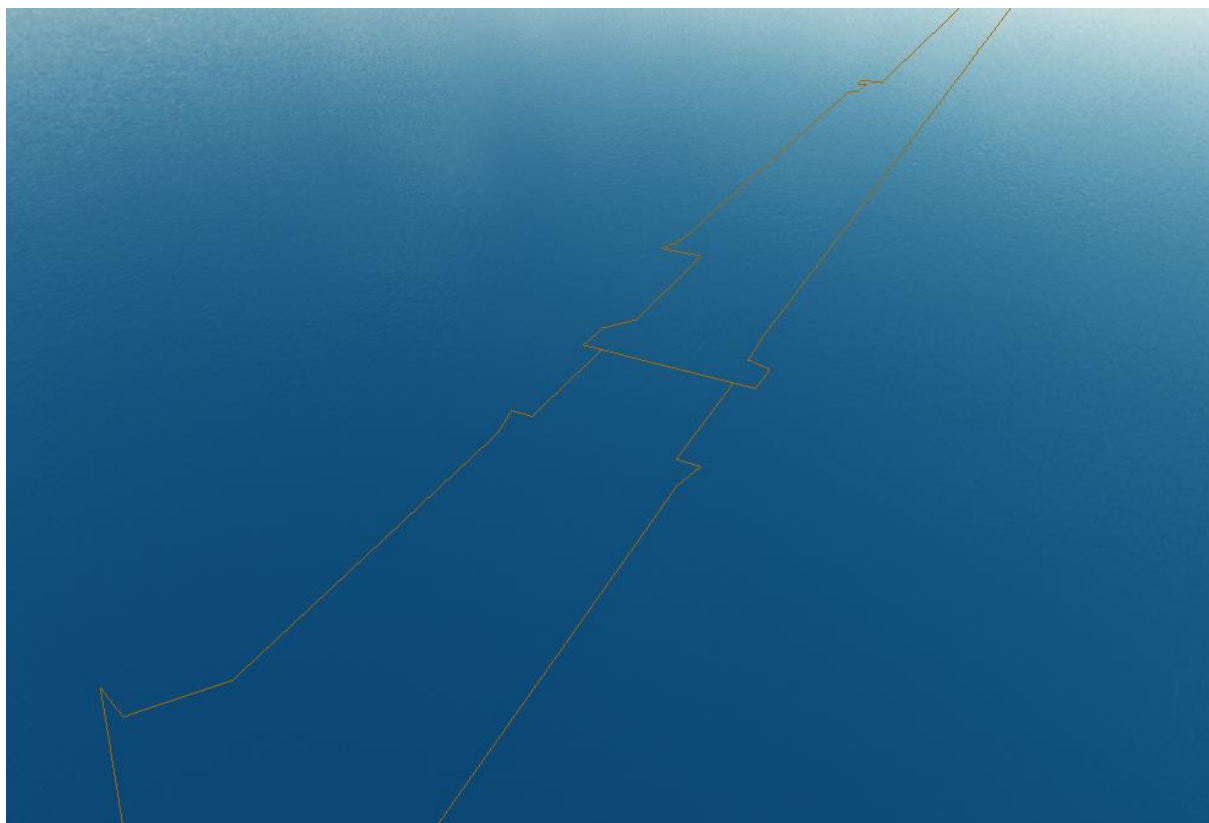
Mezi hraničními stěnami byla jedna část představující střechu budovy, čtyři stěny znázorňující boční stěny budovy, dvě stěny podlahy a na tři hraniční stěny byla rozdělena část v silničním průjezdu. Část stěny v silničním průjezdu je ve skutečnosti ve tvaru kruhového oblouku, nicméně z důvodu možnosti uložení do většiny databázových systémů byla v prvním případě zvolena aproximace pouze liniemi. Na obrázku č. 4.15 je zobrazená výsledná zájmová budova Oblouk s použitím linií při definování všech hraničních stěn včetně stěny v silničním průjezdu.



Obrázek č. 4.15 – Netypická budova – budova Oblouk za použití linií k definici všech hraničních stěn (vlastní zpracování)

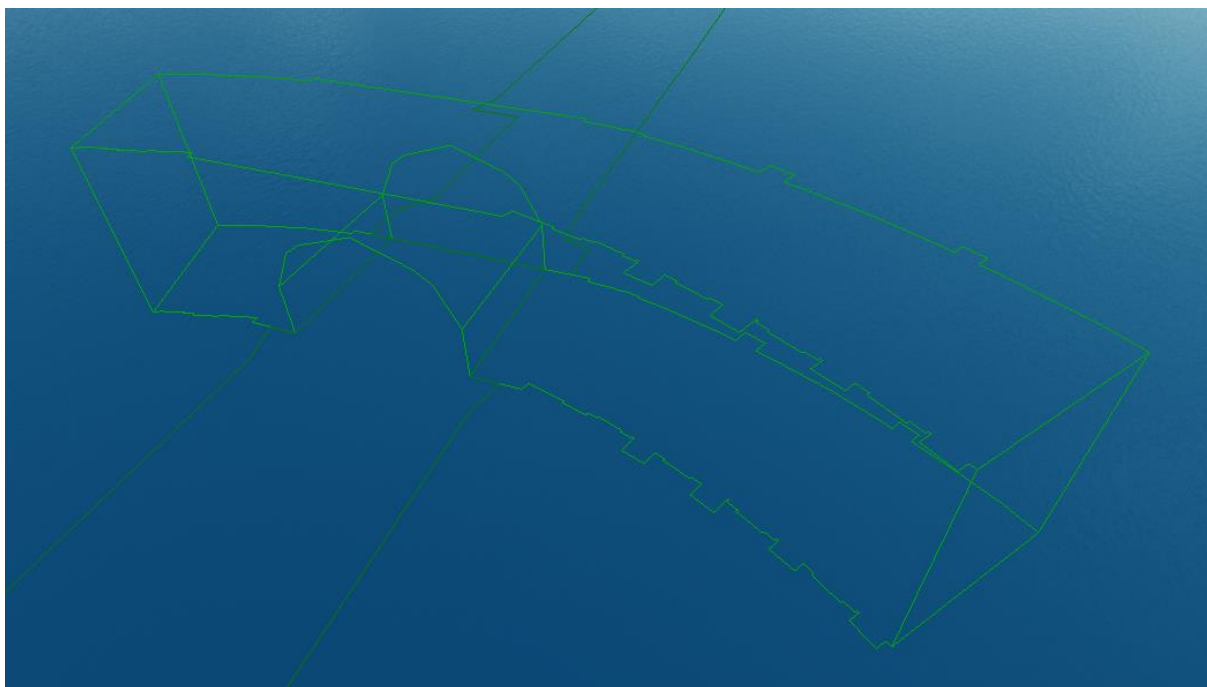
Při pokusu vytvořit oblouk pomocí elementu <Curve>, kam je možné uložit hranici ve tvaru kruhového oblouku, a který by přesněji aproximoval existující hraniční stěnu, bylo zjištěno, že element dovoluje vytvoření kruhového oblouku pouze v horizontálním směru a nelze vytvářet oblouk ve vertikálním směru.

V další části modelování tohoto případu užití byly definovány parcely, na kterých leží silniční komunikace. Jednalo se o dvě parcely s čísly 478 a 345, které byly uloženy jako hodnota atributu *name*. Jelikož z aktuální katastrální mapy nelze zjistit, jaká parcela se nachází v silničním průjezdu budovy Oblouku, bylo jen pro vytvoření ukázky tohoto případu užití zvoleno autorem práce, že pod silničním průjezdem se bude nacházet parcela s číslem 345. Na obrázku č. 4.16 jsou zobrazeny parcely, na nichž leží silniční komunikace. Relativní výška všech lomových bodů parcel byla zvolena $Z = 0$.



Obrázek č. 4.16 – Netytická stavba – ukázka silniční komunikace ležící na parcelách č. 478 (v horní části) a č. 345 (v dolní části) (vlastní zpracování)

Celý případ užití zahrnující dvě parcely silniční komunikace a zájmovou část budovy Oblouku byl vytvořen z celkem 645 bodů uložených do elementů <CgPoint>. Počet linií na všechny tři objekty uložených do elementů <Line> byl 516. Na obrázku č. 4.17 je zobrazen celý modelovaný případ užití. Jedná se o dvě parcely, na kterých je silniční komunikace a zájmová část budovy Oblouku. Je možné vidět parcelu č. 345, na nichž leží silniční komunikace (v levé dolní části obrázku č. 4.17), která je jednoznačně uložena i v místě silničního průjezdu pod budovou Oblouku.



Obrázek č. 4.17 – Netypická stavba – celkový pohled na budovu Oblouku a dvě parcely silniční komunikace (vlastní zpracování)

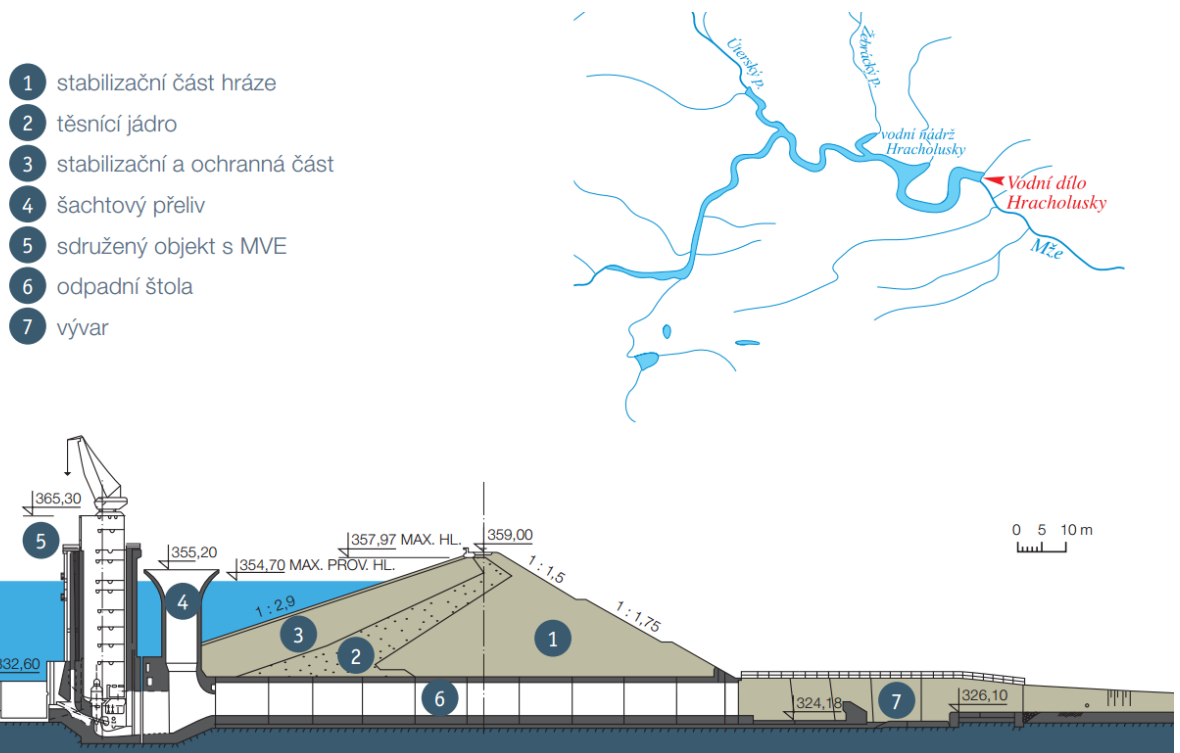
4.3 Vodní dílo na vodním díle

Od účinnosti zákona č. 254/2001 Sb. podle § 20 odst. 1, vodní zákon dne 1. 1. 2007 začala platit povinnost evidovat v katastru nemovitostí vodní díla. Mezi vodní díla patří přehrady, hráze, jezy, stavby, které se k plavebním účelům zřizují v korytech vodních toků nebo na jejich březích, dále pak stavby k využití vodní energie a stavby odkališť, pokud jsou spojené se zemí pevným základem.

Dalším řešeným případem užití v této práci bude stavba vodní elektrárny a přehradní hráze tvořící vodní nádrž, jenž leží na řece Mží a je postavená částečně v katastrálním území Hracholusky nade Mží v obci Úlice a v katastrálním území Újezd nade Mží v obci Újezd nade Mží. Na obrázku č. 4.18 je vyobrazen snímek vodní nádrže Hracholusky s přehradní hrází a elektrárnou. Místo, kde je stavba elektrárny umístěna ve stavbě hráze, je pod vodní hladinou. Schéma staveb pod hladinou je zobrazeno na obrázku č. 4.19.



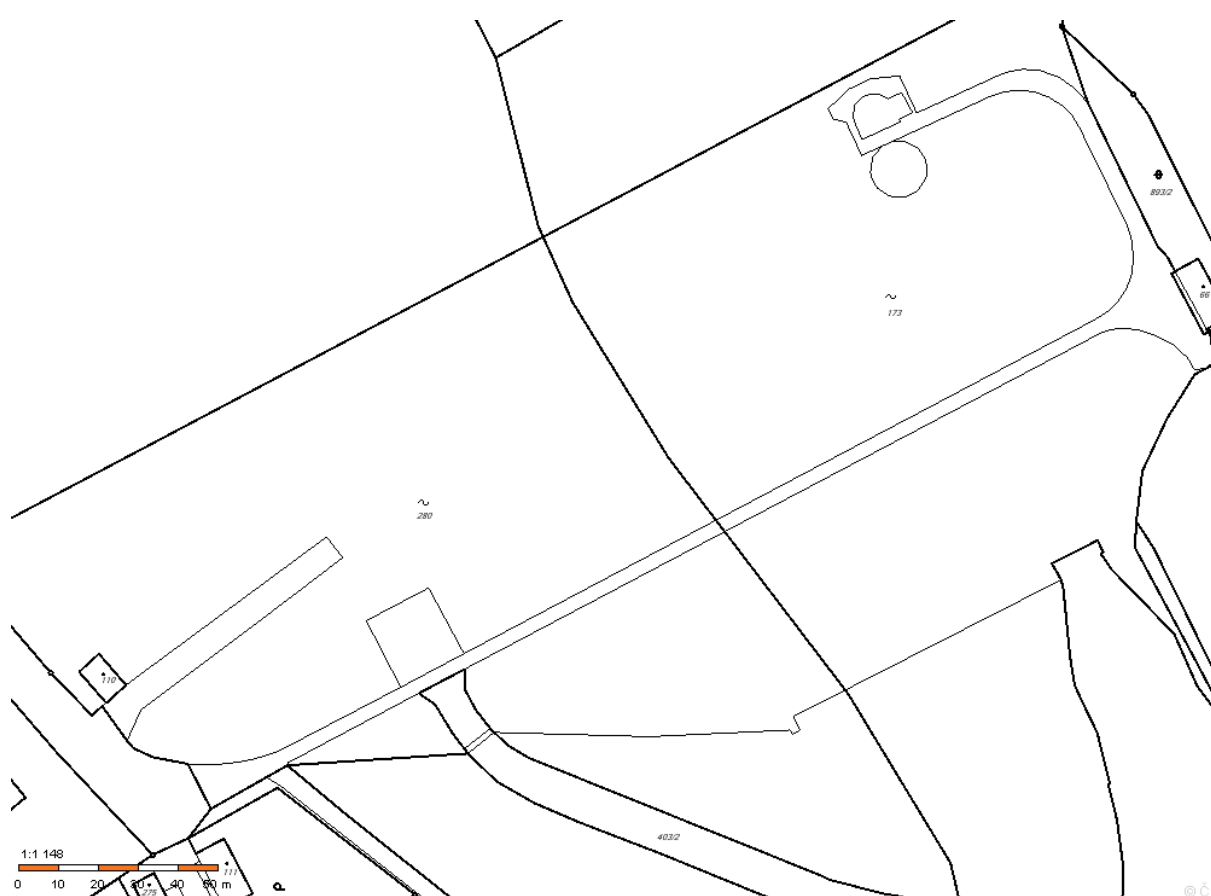
Obrázek č. 4.18 – Přehradní hráz a vodní elektrárna Hracholusky (Zdroj: Hracholusky, 2017)



Obrázek č. 4.19 – Schéma vodní elektrárny a hráze Hracholusky (Zdroj: Povodí Vltavy, 2008)

Obě stavby se řadí dle § 20 odst. 1 zákona o vodách a § 2 vyhlášky č. 23/2007 Sb. mezi vodní díla, která by měla být evidována v katastru nemovitostí. Stavba vodní

elektrárny je částečně postavená ve stavbě hráze, přičemž v katastru je na parcelách st. 280 (KÚ Hracholusky nade Mží) a st. 173 (KÚ Újezd nade Mží) evidována pouze hráz ohrazující umělou vodní nádrž bez stavby vodní elektrárny. V případě korektního zapsání by stavba elektrárny částečně zasahovala do stavby hráze a z tohoto důvodu by bylo nutné řešit vzájemné prostorové právní vztahy. Momentálně jsou obě stavby ve vlastnictví České republiky a právo hospodařit má státní podnik Povodí Vltavy a tedy komplikace s omezením vlastnického práva jedné nebo druhé stavby prozatím nejsou. Aktuální zapsání staveb a parcel v katastrální mapě je vyobrazen na obrázku č. 4.20.



Obrázek č. 4.20 – Hráz a vodní elektrárna Hracholusky (Zdroj: Nahlížení do katastru, 2017)

4.3.1 Modelování staveb vodní elektrárny a přehradní hráze Hracholusky

Modelování tohoto případu užití jazykem LandXML probíhalo zpočátku obdobně jako předchozí případy užití. Elementy <LandXML>, <Units>, <CoordinateSystem> byly vyplněny totožně jako v předchozích případech, rozdíl byl ale v získávání dat. V datech RUIAN nejsou zapsány stavby vodní elektrárny a přehradní hráze Hracholusky, a proto byla data vytvořena autorem práce. K vektorovým datům parcel

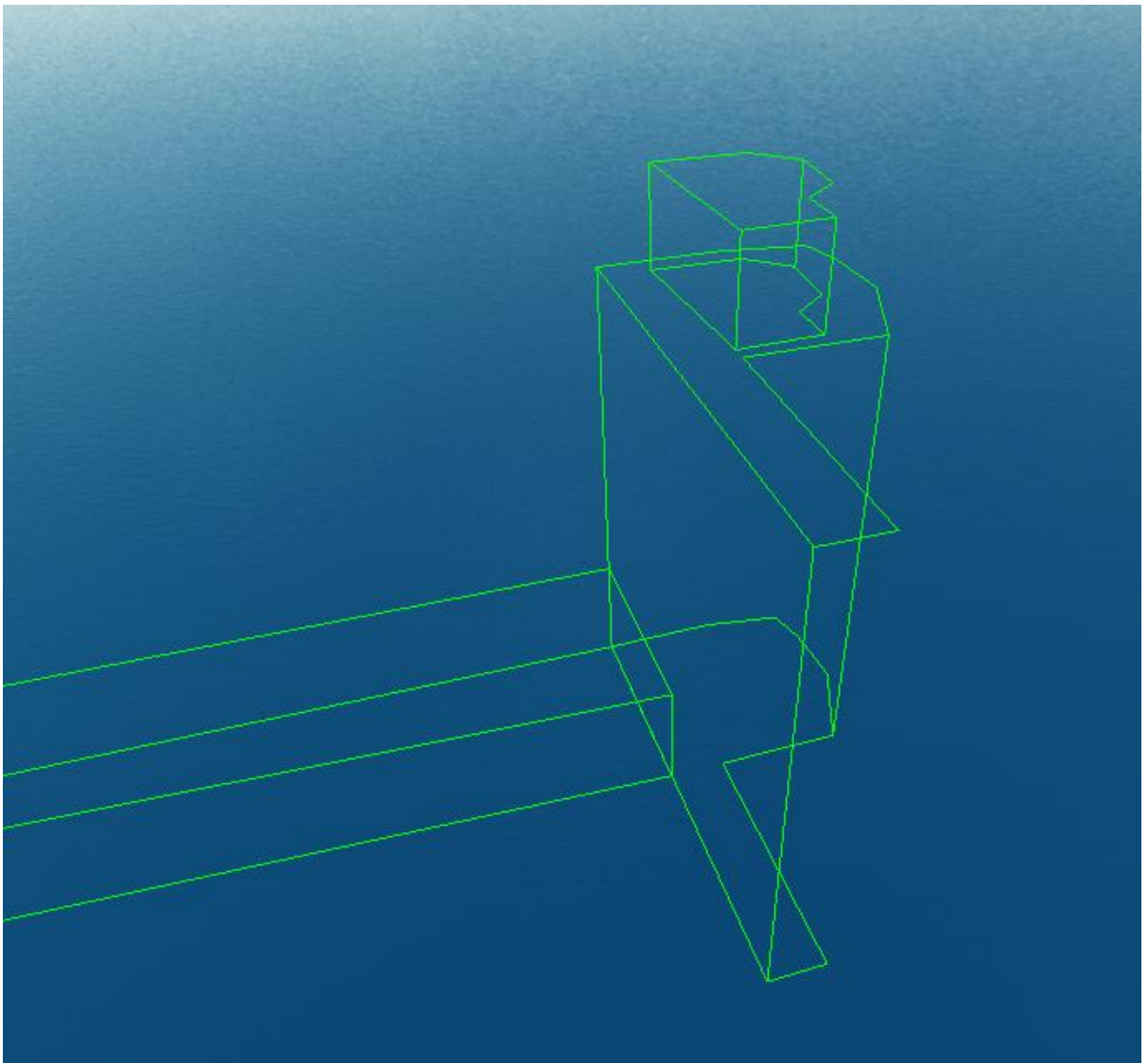
byla georeferencována skica katastrální mapy, na která byla zakreslena v rastru přehradní hráz, budova elektrárny a šachtový přeliv. Tyto stavby byly zvektorizovány a lomové body staveb a jejich polohové souřadnice byly společně s lomovými body parcel a jejich polohovými souřadnicemi uloženy do elementů <CgPoint>. Ke všem bodům byla následně vložena výšková souřadnice. Ta byla u každého bodu odvozena z definovaného relativního výškového systému s nulovou hodnotou v maximální možné výšce přehrady, výškovými hodnotami na schématu elektrárny a hráze na obrázku č. 4.19 a autorovým odhadem ze znalosti oblasti.

Celý případ užití byl modelován pomocí metody SVVM a tedy u objemových staveb za použití elementů <VolumeGeom>, které byly vloženy do elementů <Parcel> a <Parcels>, případně za použití elementů <CoordGeom> vložených do <Parcel> a <Parcels> u vytváření parcel. Na příkladu č. 4.21 je zobrazena ukázka uložení objemových staveb hráze a budovy elektrárny. Tyto budovy mají své hraniční stěny definované liniemi a ty jsou vytvořeny vždy z počátečního a koncového bodu, viz také ukázka č. 4.21.

```
<Parcels>
  <Parcel name="LOD1" desc="11_12" oID="11" buildingNo="11_12"
    parcelFormat="Volumetric">
    <VolumeGeom name="LOD1_zaklad" state="existing">
      <CoordGeom name="strop">
        <Line>
          <Start pntRef="11_1_4"/>
          <End pntRef="11_2_4"/>
        </Line>
        <Line>
          <Start pntRef="11_2_4"/>
          <End pntRef="11_3_4"/>
        </Line>
        <Line>
          <Start pntRef="11_3_4"/>
          <End pntRef="11_4_4"/>
        </Line>
        <Line>
          <Start pntRef="11_4_4"/>
          <End pntRef="11_5_4"/>
        </Line>
        <Line>
          <Start pntRef="11_5_4"/>
          <End pntRef="11_6_4"/>
        </Line>
      </CoordGeom>
    </VolumeGeom>
  </Parcel>
</Parcels>
```

Ukázka č. 4.21 – Uložení objemové budovy pomocí elementu <VolumeGeom> (vlastní zpracování)

Budova elektrárny byla modelována ze tří dílů. Každý objemový díl byl uložen do jednoho elementu <VolumeGeom> a všechny tři díly byly vloženy do jednoho elementu <Parcel>. Tento způsob uložení byl zvolen z důvodu složitějšího tvaru budovy, která je vyobrazena na obrázku č. 4.22. Jednotlivé díly jsou sdružený objekt malé vodní elektrárny bez horního užšího dílu, horní užší díl sdruženého objektu elektrárny a odpadní štola, kterou proudí voda z elektrárny.



Obrázek č. 4.22 – Budova vodní elektrárny Hracholusky (vlastní zpracování)

Šachtový přeliv umístěný v blízkosti budovy elektrárny má kruhovitý půdorysný tvar. Jazykem LandXML lze modelovat 3D objekty mající hraniční stěny tvořené z liniových prvků, ale i z křivek mající kruhový tvar. V rámci diplomové práce byl modelovaný šachtový přeliv uložen do dvou souborů. V prvním případě byly hraniční

stěny přelivu tvořené z liniových řetězců uložených do elementů <Line>, viz ukázka č. 4.23 se zdrojovým kódem a obrázek č. 4.24 s vizualizací objektu. Tento způsob uložení má výhodu možnosti uložení do většiny systémů řízení báze dat. Nevýhodou je nutnost mít větší množství bodů k definování hraničních stěn a celkově větší velikost výsledného souboru. V souboru bylo na přeliv použito 20 bodů a 46 linií tvořící hraniční stěny.

```
<Parcel name="LOD1_tubina" desc="13" oID="13" buildingNo="13"
  parcelFormat="Volumetric">
  <VolumeGeom name="LOD1_13_turbina" state="existing">
    <CoordGeom name="spodek">
      <Line>
        <Start pntRef="13_1_0"/>
        <End pntRef="13_2_0"/>
      </Line>
      <Line>
        <Start pntRef="13_2_0"/>
        <End pntRef="13_3_0"/>
      </Line>
      <Line>
        <Start pntRef="13_3_0"/>
        <End pntRef="13_4_0"/>
      </Line>
    </CoordGeom>
  </VolumeGeom>
</Parcel>
```

Ukázka č. 4.23 – Uložení turbíny pomocí hraničních stěn tvořených z linií (vlastní zpracování)

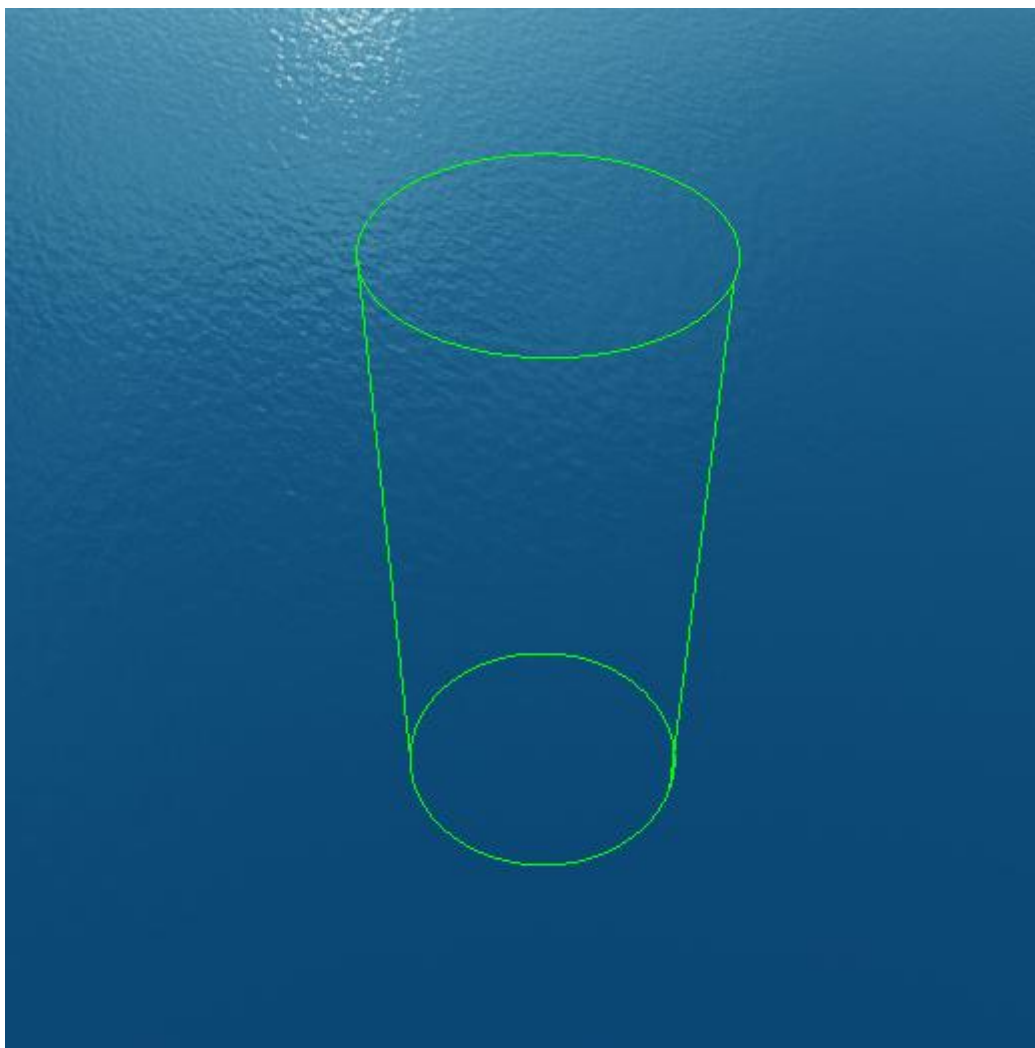


Obrázek č. 4.24 – Vizualizace turbíny pomocí hraničních stěn tvořených z linií (vlastní zpracování)

Naproti tomu v druhém souboru byl šachtový přeliv modelován pomocí elementu <Curve> vyobrazený na ukázce kódu č. 4.25 a celý přeliv s kruhovým půdorysem a s kruhovými hraničními stěnami je vizualizován na obrázku č. 4.26. Kromě přesnějšího zapsání skutečného stavu přelivu bylo k definování potřeba pouze šesti bodů k vytvoření osmi křivek a čtyř linií definující hraniční stěny. Velikost výsledného souboru je tedy menší než v případě použití linií.

```
<Parcel name="LOD1_tubina" desc="13" oID="13" buildingNo="13"
  parcelFormat="Volumetric">
  <VolumeGeom name="LOD1_13_turbina" state="existing">
    <CoordGeom name="spodek">
      <Curve rot="cw">
        <Start pntRef="13_1_0"/>
        <Center pntRef="13_11_0"/>
        <End pntRef="13_5_0"/>
      </Curve>
      <Curve rot="cw">
        <Start pntRef="13_5_0"/>
        <Center pntRef="13_11_0"/>
        <End pntRef="13_1_0"/>
      </Curve>
    </CoordGeom>
    <CoordGeom name="strop">
      <Curve rot="cw">
        <Start pntRef="13_1_05"/>
        <Center pntRef="13_11_05"/>
        <End pntRef="13_5_05"/>
      </Curve>
      <Curve rot="cw">
        <Start pntRef="13_5_05"/>
        <Center pntRef="13_11_05"/>
        <End pntRef="13_1_05"/>
      </Curve>
    </CoordGeom>
    <CoordGeom name="bok_X">
      <Curve rot="cw">
        <Start pntRef="13_1_05"/>
        <Center pntRef="13_11_05"/>
        <End pntRef="13_5_05"/>
      </Curve>
      <Line>
        <Start pntRef="13_5_05"/>
        <End pntRef="13_5_0"/>
      </Line>
    </CoordGeom>
  </VolumeGeom>
</Parcel>
```

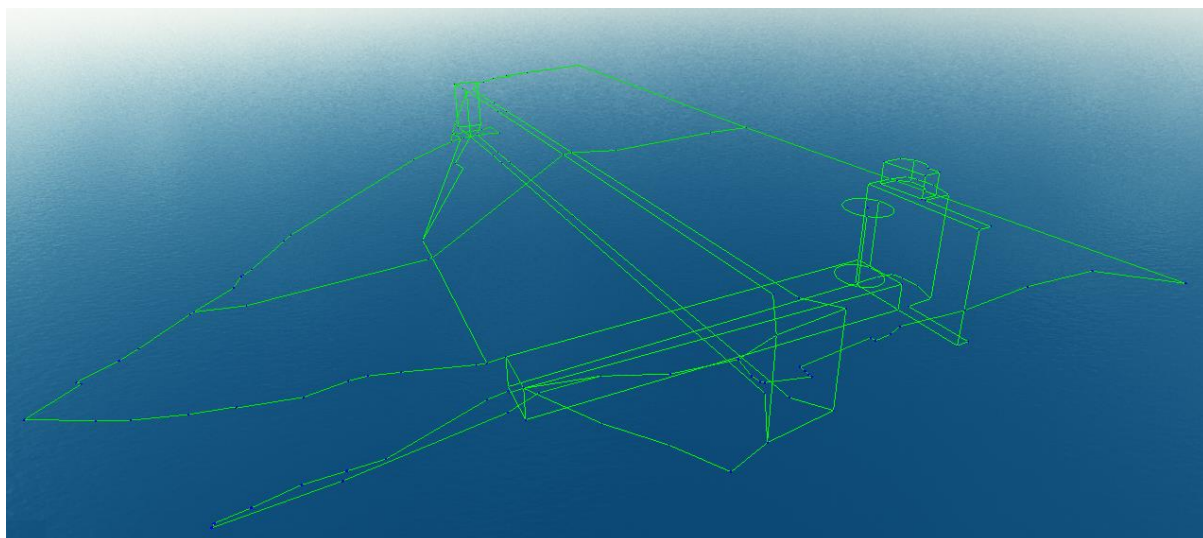
Ukázka č. 4.25 – Uložení turbíny pomocí kruhových hraničních stěn – element Curve (vlastní zpracování)



Obrázek č. 4.26 – Vizualizace turbíny pomocí kruhovitých hraničních stěn (vlastní zpracování)

Element `<Curve>` definuje stejně jako element `<Line>` hraniční stěnu objektu, má ale kruhový tvar. Kromě jiných nepovinných atributů má jeden povinný a to atribut *rot*, který určuje, zdali bude křivka obcházet střed kružnice po směru (cw) či protisměru (ccw) hodinových ručiček. Křivka je určena počátečním bodem (Start), středem (Center), koncovým bodem (End) a atributem *rot*. Ukázka použití elementu `<Curve>` je vyobrazena na příkladě č. 4.25.

Celý namodelovaný případ užití vodní elektrárny a přehrady Hracholusky je vizualizován na obrázku č. 4.27. Na obrázku jsou stavby elektrárny, mezi které patří budova elektrárny (sdružený objekt s malou vodní elektrárnou), příjezdová cesta k elektrárně, šachtový přeliv, odpadní štola, hráz a parcely, kterých se týká zájmové území.



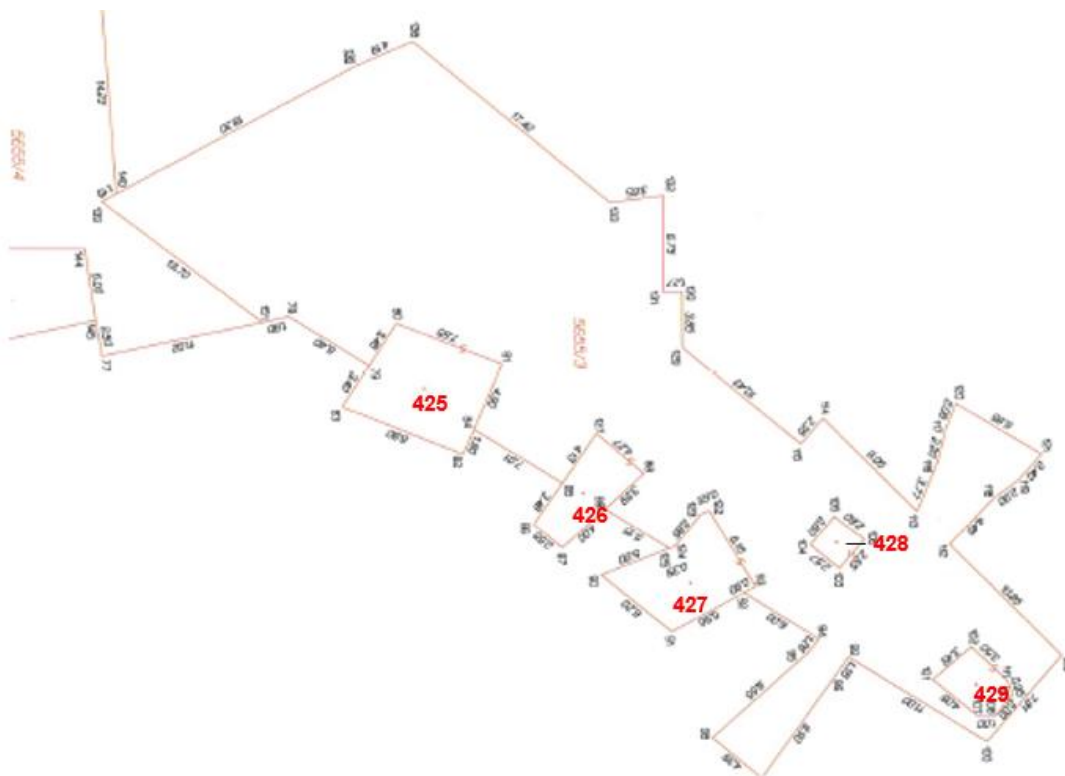
Obrázek č. 4.27 – Vizualizace vodní elektrárny a přehradní hráze Hracholusky (vlastní zpracování)

4.4 Podzemní stavba

28. května roku 2016 byl otevřen Archeologický park Pavlov. Jedná se o netradičně architektonicky postavený pavilon, který je z větší části umístěn pod povrchem země a nad zem vystupuje jen několik věží připomínající bílé vápencové skály Pavlovských vrchů. Budova byla navržena architekty Radko Květem a Pavlem Pijáčkem a získala titul Stavba roku 2016. Postavena je v místě na okraji obce Pavlov, kde se nacházelo sídliště z období mladého paleolitů. Místo je od roku 2010 prohlášeno za národní kulturní památku a i proto byl volen tvar stavby takový, aby co nejméně zasahoval do chráněné krajinné oblasti. Na obrázku č. 4.28 je vyobrazen pohled na nadzemní část a na obrázku č. 4.29 na půdorys Archeoparku Pavlov.

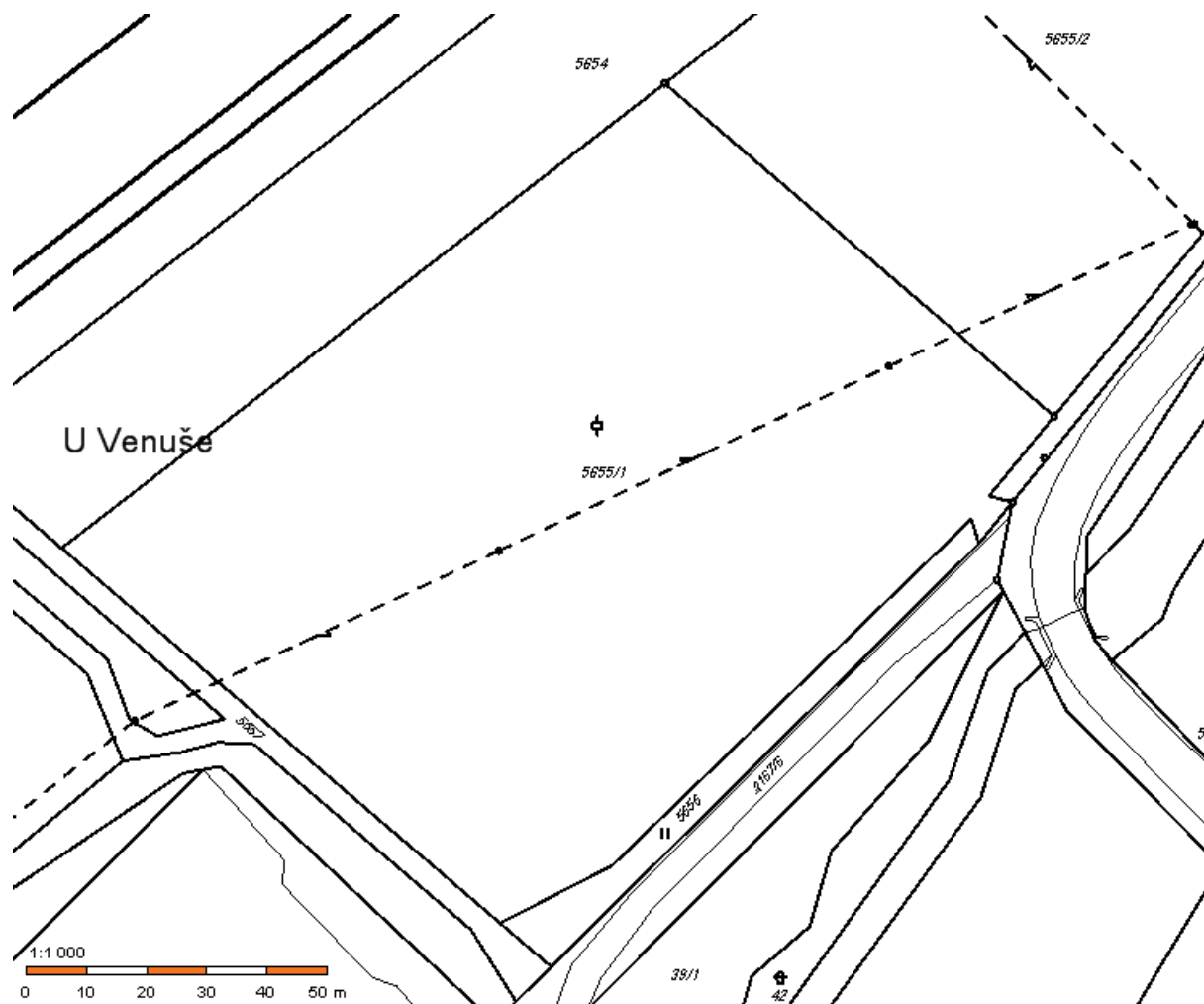


Obrázek č. 4.28 – Nadzemní část Archeoparku Pavlov (Zdroj: Kratochvíl, 2016)



Obrázek č. 4.29 – Půdorys Archeoparku Pavlov (Zdroj: Janečka, 2016)

Adresa Archeoparku je 23. dubna 264 Pavlov a v katastrální mapě je parcela č. 5655/1 umístěna v katastrálním území Pavlov u Dolních Věstonic. V katastru nemovitostí je u této parcely uveden druh pozemku – orná půda. Na parcele není evidována žádná stavba a je uvedené jen omezení vlastnického práva s typem věcné břemeno zřizování a provozování vedení, viz obrázek č. 4.30.



Obrázek č. 4.30 – Parcela 5655/1 – stav v katastrální mapě (Zdroj: Nahlížení do katastru, 2017)

Dle § 498 zákona č. 89/2012 Sb., občanského zákoníku se podzemní stavba se samostatným účelovým určením eviduje jako samostatná nemovitá jednotka (Pavlík, 2013). Z tohoto důvodu je nutné evidovat podzemní stavbu Archeoparku v katastrální mapě odděleně. Dále má tato stavba celkem pět částí vystupujících nad terén a každá tato část by měla být evidována na samostatné stavební parcele. Zároveň pozemek mezi jednotlivými stavebními parcelami by měl být evidován jako pozemková parcela (Olivová, 2016).

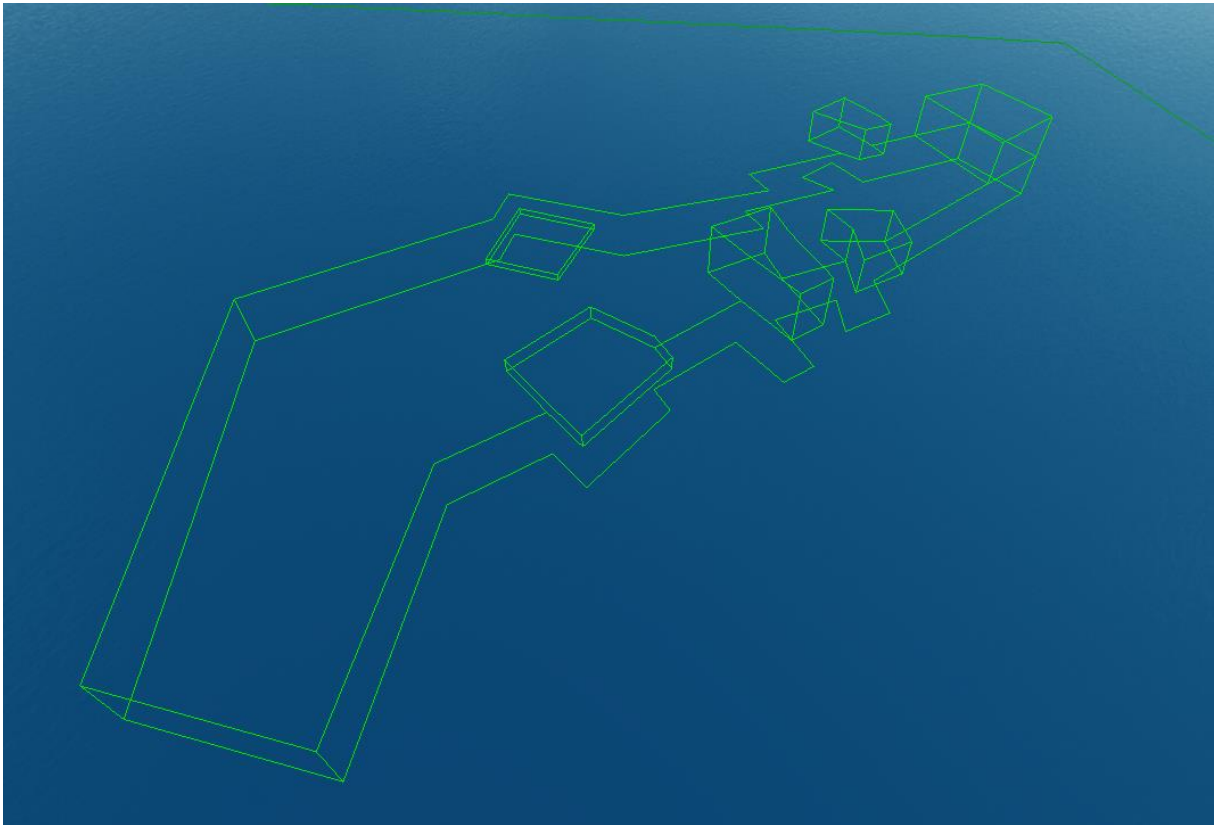
4.4.1 Modelování podzemní stavby

Při modelování případu užití Podzemní stavba byly nejdříve uloženy úvodní elementy <LandXML>, <Units>, <CoordinateSystem> s hodnotami stejnými jako v předchozích případech užití. Na namodelovaném případě užití bylo ukázáno možné propojení 3D dat namodelované podzemní stavby a 2D dat okolních parcel.

Lomové body parcel byly pořízeny z veřejného dálkového přístupu k datům RUIAN. Každý bod všech parcel byl uložen do elementu <CgPoint> a obdržel unikátní hodnotu uloženou v atributu *name*. Lomové body podzemní stavby Archeoparku Pavlov byly získány pomocí zvektorování nareferencovaného půdorysného náčrtu na parcelu č. 5655/1. U uložených bodů parcel převzatých z RUIAN byly zaznamenány pouze souřadnice X a Y. Ke každému bodu stavby a parcely č. 5655/1 byla kromě souřadnice X a Y připsána i souřadnice Z. Vyplněné hodnoty Z souřadnice byly určeny autorovým odhadem za pomoci fotodokumentace Archeoparku a okolí.

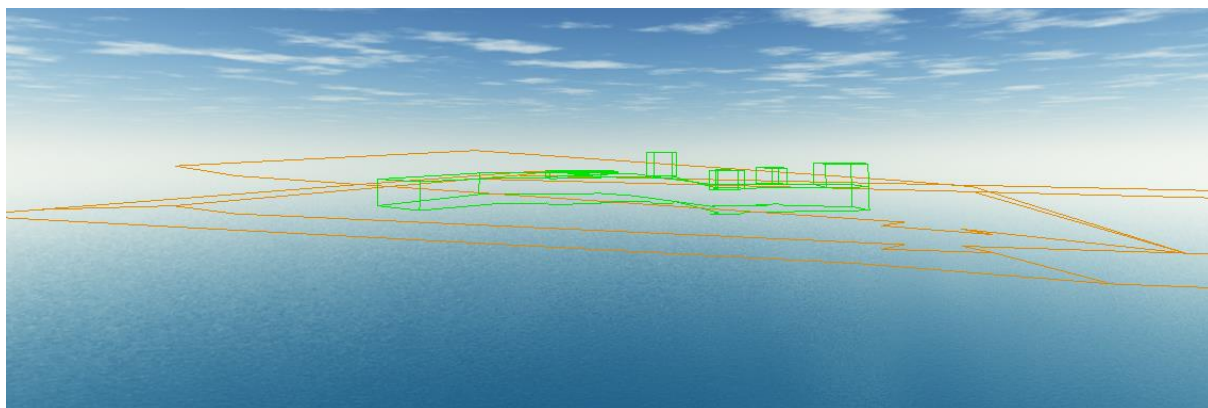
Modelování případu Podzemní stavba probíhalo tak, že do elementu <Parcels> bylo vloženo šest elementů <Parcel>. Každý tento element představoval jednu parcelu anebo stavbu v případě Archeoparku.

Stavba Archeoparku byla modelována ze sedmi částí. Každá část měla uloženou geometrii v elementu <VolumeGeom> a hraniční stěny byly vytvořené pomocí linií. Všechny linie byly vytvořeny odkazem na definované body. Hlavní část pavilonu byla vytvořena za pomoci hraniční reprezentace ze šesti hraničních stěn. Zbýlých šest částí představující zvýšený strop nebo věže ležící nad povrchem byly uloženy také v elementu <VolumeGeom>. Počet hraničních stěn těchto menších dílů byl 6, 7 nebo 8 a to z důvodu topologicky čistého spojení jednotlivých menších dílů s hlavním pavilonem. V případě tvorby hraničních stěn u věží budovy totožných s hraniční stěnou (stropem) hlavního pavilonu byly použity odkazy na body použité při definování stěny hlavního pavilonu. Tento přístup byl zvolen z důvodu odstranění možných topologicky nevalidních dat. Na obrázku č. 4.31 je možné vidět stavbu Archeoparku Pavlov namodelovanou ze sedmi částí.



Obrázek č. 4.31 – Podzemní stavba Archeopark Pavlov bez okolních parcel (vlastní zpracování)

Dále byla namodelována parcela, na které je umístěna stavba Archeoparku. Z důvodu možné vizualizace stavu, že je stavba skutečně umístěna pod povrchem země, byla tato parcela modelována s prostorovými souřadnicemi X, Y a Z, kde relativní výška $Z = 0$ byla autorem práce zvolena v nejnižším skutečném místě parcely. Zbylé výšky parcely byly zvoleny odhadem. K této parcele byla přidána namodelovaná stavba Archeoparku z předchozího kroku a okolní parcely, kterým byly ponechány pouze polohové souřadnice X a Y bez výšek. To znamená, že vlastnické právo se vztahuje na prostor nad a pod parcelou. Na obrázku č. 4.32 je zobrazen 3D stav budovy Archeoparku a parcely, na které se budova nachází, s ostatními parcelami uložené ve 2D.



Obrázek č. 4.32 – Podzemní stavba Archeopark Pavlov s okolními parcelami (vlastní zpracování)

Způsob uložení parcely, na které je umístěna stavba Archeoparku byl zvolen z důvodu nezanedbatelného svahu terénu. Napojení na 2D okolní stav je zde realizován uložení ostatních 2D parcel bez možnosti využít jakoukoliv společnou hranici nebo hraniční body. Na ukázce č. 4.33 je zobrazeno uložení bodů ležící na hranici 2D a 3D parcely. Body v první části mají souřadnice X, Y a Z. Naproti tomu body v druhé části jsou uloženy pomocí souřadnic X a Y.

```
<CgPoints>
  <CgPoint name="1">-1196339.085 -597065.972 -2</CgPoint>
  <CgPoint name="2">-1196342.101 -597058.511 -2</CgPoint>
  <CgPoint name="3">-1196363.850 -597064.384 -2</CgPoint>
  <CgPoint name="4">-1196367.025 -597061.527 -2</CgPoint>
  <CgPoint name="5">-1196371.312 -597063.432 -2</CgPoint>
  ...
  <CgPoint name="1_>-1196339.085 -597065.972</CgPoint>
  <CgPoint name="2_>-1196342.101 -597058.511</CgPoint>
  <CgPoint name="3_>-1196363.850 -597064.384</CgPoint>
  <CgPoint name="4_>-1196367.025 -597061.527</CgPoint>
  ...
</CgPoints>
```

Obrázek č. 4.33 – Uložení bodů ve 2D a ve 3D (vlastní zpracování)

5 Mapování LandXML na LADM

Pro evidenci 3D prostorových jednotek je třeba vytvořit datový model, který bude standardizovaný a srozumitelný pro vývojáře systémů správy pozemků. Tento přístup je stále žádanější z důvodu komunikace mezi různými systémy správy pozemků nebo mezi spolupracujícími stranami na úrovni správních celků (Rak, 2014).

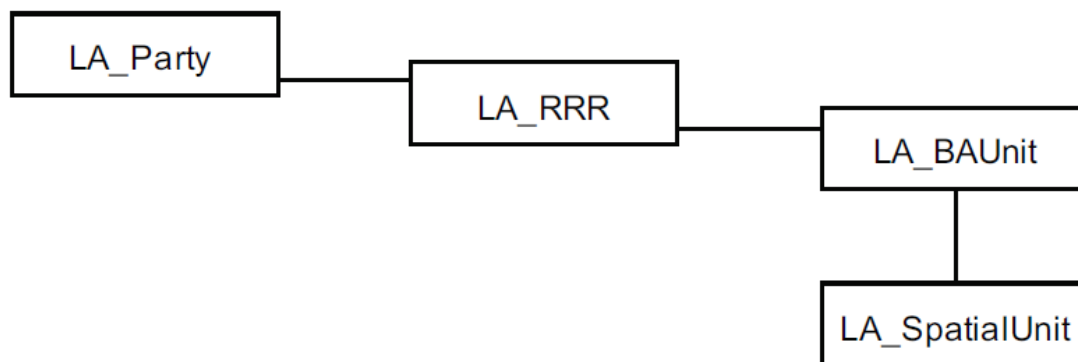
5.1 ISO 19152 LADM

ISO 19152 Land Administration Domain Model (dále jen LADM) je mezinárodní normou pro doménu správy pozemků. V roce 2013 byla přeložena do českého jazyka pod názvem Model domény Správa pozemků (ČSN EN ISO 19152).

Po celém světě organizace spravující katastr nemovitostí uvažují o přijetí této normy do svých stávajících procesů a katastrálních informačních systémů. Ačkoli LADM je datový standard, jeho přijetí může mít významné dopady do procesu řízení katastrálních informací. Tyto dopady zahrnují vliv na stávající instituce a jejich operace, popis katastrálních informací, organizaci dat v katastrálních databázích, znalosti a využití kapacity lidských zdrojů a řízení katastrálních informací. Proto přijetí LADM vyžaduje komplexní přístup, který bere v úvahu LADM nejen jako datový model pro katastrální informace, ale také jako základní kámen v systémech správy pozemků (Kalantari et al., 2015).

Zaměření LADM je především na práva, povinnosti a omezení ovlivňujících půdu (nebo vodu) a jejich geometrické nebo prostorové vyjádření. Referenční model, poskytovaný LADM se zaměřuje na poskytnutí podkladu pro efektivní vývoj a zlepšení systému správy pozemků založený na Model Driven Architecture (MDA). Dále se zaměřuje na umožnění vzájemné komunikace spolupracujících stran na podkladu jednotné ontologie vyplývající z modelu (Rak, 2014).

Jako konceptuální model popisuje LADM čtyři hlavní oblasti. Jedná se o LA_Party (strana), LA_RRR (práva, odpovědnosti a omezení), LA_BAUnit (základní administrativní jednotka) a LA_SpatialUnit (prostorová jednotka). Vztah mezi nimi je zobrazen na obrázku č. 5.1.



Obrázek č. 5.1 – Základní třídy LADM (Zdroj: ČSN EN ISO 19152)

5.2 Entity datového modelu

5.2.1 Základní správní jednotka – LA_BAUnit

Základní správní jednotka představuje správní entitu mající vazbu na žádnou nebo i více prostorových jednotek. Dále je nutné, aby měla vazbu minimálně na jednu homogenní instanci práva, omezení nebo odpovědnosti. Vyplývá z toho tedy, že v případě neexistence vazby mezi základní správní jednotkou a právním vztahem, omezením nebo odpovědností nemůže tato správní jednotka existovat.

Základní správní jednotka může a nemusí mít vazbu s další základní správní jednotkou nebo jednotkami, přičemž vztah mezi nimi nemusí být explicitně vyjádřen. V případě, že ale nějaký vztah mezi základními správními jednotkami je určen explicitně, musí existovat alespoň jedna vazba na danou správní jednotku (ČSN EN ISO 19152).

5.2.2 Právo, omezení nebo odpovědnost – LA_RRR

Jedná se o abstraktní třídu bez nějakých instancí, která seskupuje třídy práv, odpovědnosti a omezení. Asociace mezi právem či odpovědností musí být s právě jednou stranou a s právě jednou základní správní jednotkou. V případě omezení je asociace tvořena s žádnou nebo jednou stranou a jednou základní správní jednotkou (ČSN EN ISO 19152).

5.2.3 Strana – LA_Party

Třída LA_Party představuje v LADM zúčastněnou stranu neboli vlastníka objektu. Strana může být například osoba nebo organizace mající práva na základní

správní jednotku. Organizací může být společnost, obec, stát, kmen nebo rodina, zemědělské družstvo, církevní společenství nebo každá organizace reprezentovaná delegátem: ředitelem, vedoucím, výkonným ředitelem, atd. (ČSN EN ISO 19152). V případě, že existuje vazba na základní správní jednotku, je tato vazba vedena před abstraktní třídu LA_RRR a na tuto třídu může mít strana i více vazeb. Vyplývá z toho, že každá strana (vlastník) mající vazbu na základní správní jednotku musí mít alespoň jeden druh práva (vlastnické nebo užívací právo k pozemku), odpovědnosti nebo omezení. Stranou může být i jiná základní správní jednotka mající určitá práva, například věcná břemena.

5.2.4 Prostorová jednotka – LA_SpatialUnit

LA_SpatialUnit jsou v LADM základním kamenem k popsání prostorových jednotek. Jedná se o prostorovou jednotku, která může, ale i nemusí mít vazbu na jednu nebo více základních správních jednotek. Z čehož vyplývá, že základní správní jednotka může být vytvořena ze žádné nebo i z více prostorových jednotek. Prostorová jednotka může být například určitá plocha nebo více ploch pozemku či vodní plochy ve 2D a ve 3D anebo se může jednat o určitý objem (prostorový útvar) nebo více objemů ve 3D (ČSN EN ISO 19152).

Prostorové jednotky lze asociovat ke skupině prostorových jednotek (LA_SpatialUnitGroup), které by mohly vyjadřovat větší administrativní celky. Případně lze prostorové jednotky rozdělovat na další menší prostorové jednotky dekompozičním vztahem prostorové jednotky sama na sebe (Rak, 2014).

5.3 Mapování LandXML na LADM v ePlan

V Austrálii byl roku 2009 zhotoven pro správu digitálních katastrálních dat datový model ePlan. Tento model byl přijat jako národní standard pro celou Austrálii. Jako výměnný formát katastru pro ePlan byl zvolen formát LandXML a k zajištění správné funkčnosti systému bylo nutné provést mapování LandXML na ePlan. Model ePlan se víceméně shoduje s modelem LADM, kde například oba modely podporují prostorové i atributové komponenty.

Základní správní jednotka (LA_Unit) v ePlan odpovídá elementu <Parcel> vyjadřující jednoduchou nebo i vícedílnou (složenou z více prostorových jednotek) parcelu.

Ke třídě Prostorová jednotka (LA_SpatialUnit) je přiřazen také element <Parcel> jako základní jednotka pro popis prostorové oblasti, ale v tomto případě se jedná o použití elementu Parcel ve víceúrovňovém uspořádání (tzv. vnořený element Parcel do nadřazeného elementu Parcel). Stejně jako v LADM i v ePlan může být element Parcel vyjádřen textově, bodově, liniově nebo pomocí polygonu.

V modelu ePlan je na stranu (LA_Party) namapována firma, která provedla geodetické měření a licencovaný geodet. Nicméně v ePlan je počítáno s tím, že firma, která provedla geodetické měření, a licencovaný geodet jsou pomocí stavebního úřadu propojeni se skutečnou stranou neboli vlastníkem (Kalantari et al., 2015).

Na obrázku č. 5.2 je zobrazeno další možné mapování pomocí elementů a atributů v LandXML na třídy LADM. Na třídy LA_BAUnit, LA_Parcel, LA_LegalSpaceBuildingUnit a LA_LegalSpaceUtilityNetwork je možné namapovat LandXML elementy <Parcels>, <Parcel>, případně element <Parcel> s vyplněným atributem *parcelType*. Na LADM třídy LA_Point, LA_BoundaryFaceString a LABoundaryFace lze namapovat element CoordGeom. A LandXML elementy <Parcel> s atributy *area* a *volume* a <Center> je možné namapovat na LADM třídu LA_Parcel s atributy *referencePoint*, *area*, *volume* (Stubkjær, 2015).

LandXML	LADM
Parcels	LA_BAUnit
Parcel	LA_Parcel
Parcel+parcelType	LA_LegalSpaceBuildingUnit LA_LegalSpaceUtilityNetwork
CoordinateGeometry: :CoordGeom	LA_Point LA_BoundaryFaceString LA_BoundaryFace
Co.Geometry::Center	LA_Parcel+referencePoint
Parcel+area	LA_Parcel+area
Parcel+volume	LA_Parcel+volume

Obrázek č. 5.2 – Mapování LandXML na LADM (Editován zdroj: Stubkjær, 2015)

Závěr

Jedním z cílů diplomové práce bylo provést rešerši formátu LandXML jako specializovaného datového formátu využívaného k popisu prostorových dat ve stavebním inženýrství a správě měřených dat často použitých v územním plánování, při terénních úpravách, v dálkovém průzkumu Země a v dopravním inženýrství. Formát LandXML je možné využívat jako výměnný formát pro přenos nebo dlouhodobou archivaci naměřených geoprostorových dat. Verze 1.2 je celosvětovým standardem organizace LandXML.org Industry Consortium, která sdružuje společnosti výrobců územně informačních softwarů a hardwaru jako je např. Autodesk, Bentley Systems, Carlson Software, Leica GeoSystems, Trimble Navigation, Topcon a další. Verze formátu LandXML 2.0 je aktuálně vedena jako pracovní verze. Jednou z výhod je podpora 3D dat silniční sítě a stavebnictví. Ukládání dat do souboru LandXML (*.xml soubor) je bezztrátové a všechny verze formátu jsou navzájem kompatibilní.

Mezi hlavní cíle práce bylo zařazeno prozkoumání možností formátu LandXML pro modelování 2D a 3D reprezentace parcel. Bylo zjištěno, že všechny 2D i 3D parcely mohou být uloženy v elementu <Parcel> a geometrie naměřených bodů určující lomové body použité následně v definici parcel jsou uloženy v elementech <CgPoint>. Geometrii 2D parcel je možné uložit do potomka elementu <Parcel> a to do elementu <CoordGeom>, který je tvořen liniemi, křivkami, lomenými čarami nebo řetězci bodů. 3D parcely lze uložit do elementu <VolumeGeom> nebo do elementů <CoordGeom>. Rozlišení, zdali se jedná o 2D nebo 3D parcelu, probíhá pomocí atributu *parcelFormat*, který může nabývat hodnot „Standard“ nebo „Volumetric“. Parcely je možné ukládat dvěma metodami, obě ve výsledku uloží geometrii jako hraniční reprezentaci. Pomocí metody *Simple Faces Method* je nutné ukládat hranice nebo hraniční stěny do každého elementu <Parcel> zvlášť a v případě vytváření parcely, která s předchozí parcelou sousedí, je nutné společnou hranici nebo hraniční stěnu nadefinovat znovu. Naproti tomu metoda *Nested Parcel Method* ukládá každou hranici nebo hraniční stěny a jejich části odděleně. Výsledná parcela je vytvořena pomocí odkazů na jednotlivé části. Sousední parcela poté může použít

odkaz na společnou hranici nebo hraniční stěnu bez nutnosti definování duplicitní hranice či hraniční stěny.

V podkapitole 2.5 „Inženýrské sítě“ bylo popsáno možné ukládání inženýrských sítí ve formátu LandXML přičemž je uvažováno také ochranné pásmo kolem daného vedení, stavby nebo přípojky patřící k inženýrské síti.

V další části byly popsány důvody vzniku a aktuální stav vývoje formátu InfraGML, který je vyvíjen OGC. Měl by převzít funkcionalitu formátu LandXML, vzniknout by měla dokumentace popisující formát a následně by měl být uznán jako OGC standard.

V kapitole 4 „Využití LandXML ve 3D katastru“ byl naplněn další z hlavních cílů práce a to namodelování čtyř vybraných případů užití pomocí 3D parcel. Namodelovány byly případy:

1. stavba umístěna částečně na jiné stavbě,
2. netypická stavba, pod kterou prochází komunikace,
3. vodní elektrárna umístěna částečně v hrázi přehrady Hracholusky,
4. podzemní stavba Archeoparku Pavlov.

Cílem práce bylo zaměřit se na geometrické modelování vybraných případů užití. U všech případů užití byl popsán důvod potřebné evidence ve 3D, byl popsán postup tvorby jednotlivých 3D modelů a byly zobrazeny ukázky zdrojových kódů ukládající vytvořené 3D parcely.

Závěrem byly mapovány základní LandXML elementy na základní třídy LADM, který popisuje konceptuální datový model využitelný pro budování 3D katastru nemovitostí.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] 3D katastr nemovitostí. *Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: https://www.vugtk.cz/slovník/termin.php?jazykova_verze=cz&tid=7519&l=3d-katastr-nemovitosti
- [2] ABDEL_MALEK, K. A YEH, H.J. (1996). Determining intersection curves between surfaces of two solids, Publisher. *Computer-Aided Design* 28(6/7): 539-549.
- [3] CREWS, Nathan. *LandXML.org 2006* [online]. In: PRINCIPAL SCHEMA ARCHITECT, LANDXML.ORG SOFTWARE RESEARCHER, AUTODESK. 2006 [cit. 2017-05-18].
- [4] Česko (2007) Vyhláška č. 23/2007 Sb. o podrobnostech vymezení vodních děl evidovaných v katastru nemovitostí České republiky. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 9/2007, s. 102-103.
- [5] Česko (2001). Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 98/2001, s. 5617-5667
- [6] Česko (2012) Zákon č. 89/2012 Sb. občanský zákoník. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 33/2012, s. 1026-1365. ISSN: 1211-1244.
- [7] ČSN EN ISO 19152. *Geografická informace – Model domény Správa pozemků (LADM)*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [8] BOSSOMAIER, Terry a Brian A. HOPE. *Online GIS and Spatial Metadata*. Second Edition. CRC Press, 2015. ISBN ISBN 9781482220155.
- [9] DE HOOP, S., VAN OOSTEROM, P. A MOLENAAR, M. (1993). Topological Querying of Multiple Map Layers. COSIT'93 European Conference on Spatial Information Theory. Italy: 139-157.
- [10] Hracholusky. *Skupina ČEZ* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/voda/hracholusky.html>
- [11] JANEČKA, Karel. *ISO 19152 Model domény Správa pozemků - vývoj a příklady využití*. GEODÉZIA, KARTOGRAFIA A GEOGRAFICKÉ INFORMAČNÉ SYSTÉMY 2016. Demänovská dolina, 2016 [cit. 2017-05-18].
- [12] JANEČKA, Karel. ZAJIŠTĚNÍ KONZISTENCE PROSTOROVÝCH DAT V INFORMAČNÍM SYSTÉMU KATASTRU NEMOVITOSTÍ. In: *GIS Ostrava*. Ostrava, 2008.

- [13] A roadmap to adopt the Land Administration Domain Model in cadastral information systems. In: *Land Use Policy* [online]. 2015, 49, s. 552-564 [cit. 2017-05-18]. DOI: 10.1016/j.landusepol.2014.12.019. ISSN 02648377. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S026483771500068X>
- [14] KRATOCHVÍL, Jan. Archeopark Pavlov. *Archiweb.cz* [online]. 2016 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://www.archiweb.cz/buildings.php?action=show&id=4909>
- [15] *Landonline* [online]. Land Information New Zealand, 2016 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://www.linz.govt.nz/land/landonline>
- [16] *LandXML.org* [online]. LANDXML.ORG INDUSTRY CONSORTIUM. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://www.landxml.org/>
- [17] OGC requests comment on LandInfra Conceptual Model. *OGC* [online]. 2015 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://www.opengeospatial.org/pressroom/pressreleases/2160>
- [18] OGC seeks public comment on candidate InfraGML encoding standards. *OGC* [online]. 2017 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://www.opengeospatial.org/pressroom/pressreleases/2520>
- [19] Olivová, K. (2016) Zobrazení netypických staveb v katastru nemovitostí. In: *Katastr nemovitostí aktuálně*. ČSGK, Praha.
- [20] PARTENHEIMER, Michael. Share Land Desktop data with LandXML. *Inside AutoCAD* [online]. Louisville, 2005 [cit. 2017-05-18].
- [21] PAVLÍK, Miroslav. KONSTRUKTIVNÍ KRITIKA § 498 NOZ. *Obczan* [online]. 2013 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <https://www.obczan.cz/clanky/konstruktivni-kritika-ss-498-noz>
- [22] POVODÍ VLTAVY. *VD Hracholusky*. 2008. Dostupné také z: <http://www.pvl.cz/files/download/vodohospodarske-informace/vodni-dila-a-nadrze/hracholusky.pdf>
- [23] RAK, Pavel. *Standardizace pro 3D katastr*. Plzeň, 2014. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd. Vedoucí práce Karel Janečka.
- [24] SAN, Rafael. Autodesk rozvíjí XML. *Zeměměřič* [online]. 2000, (4) [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: http://www.zememeric.cz/4-00/autodesk_xml.html
- [25] SCARPONCINI, Paul. OGC and buildingSMART International developing InfraGML, a new standard for land and infrastructure information. *OGC* [online]. 2014 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://www.opengeospatial.org/blog/2098>

- [26] SKÁLA, Milan. Inženýrské sítě a daně. *Mzdová praxe* [online]. Praha, 2014 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://www.mzdovapraxe.cz/archiv/dokument/doc-d45934v57256-inzenyrske-site-a-dane/>
- [27] SOON, Kean Huat, Derick TAN a Victor KHOO. Initial Design to Develop a Cadastral System that Supports Digital Cadastre, 3D and Provenance for Singapore. In: *5th International FIG Workshop on 3D Cadastre* [online]. Athens, Greece, 2016, 419 - 432 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: http://www.gdmc.nl/3DCadastres/workshop2016/programme/Workshop2016_23.pdf
- [28] STUBKJÆR, Erik. *A comparison of LandXML, ISO 19152:2012 LADM, and the draft LandInfra conceptual model*. In: . Geospatial-BIM-Indoor Workshop, Boulder, Colorado, 2015 [cit. 2017-05-18].
- [29] SVOBODA, LUKÁŠ. LandXML – ideální formát pro výměnu dat? *Autodesk Club* [online]. 2010 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://autodeskclub.cz/clanek/5243-landxml-idealni-format-pro-vymenu-dat/>
- [30] THOMPSON, Rodney James, Peter van OOSTEROM a Kean Huat SOON. Mixed 2D and 3D Survey Plans with Topological Encoding. In: *5th International FIG 3D Cadastre Workshop* [online]. Athens, Greece, 2016 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: http://www.gdmc.nl/3DCadastres/literature/3Dcad_2016_17.pdf
- [31] TOMÁŠEK, Milan. *Možnosti využití LandXML v oblasti katastru nemovitostí*. Plzeň, 2009. Seminární práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd. Účel katastru. ČÚZK [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://www.cuzk.cz/Katastr-nemovitosti/O-katastru-nemovitosti/Ucel-katastru.aspx>
- [32] VAN OOSTEROM, P.J.M., J.E. STOTER, H.D. PLOEGER, R. THOMPSON a S. KARKI. (2011). World-wide inventory of the status of 3D Cadastres in 2010 and expectations for 2014. In G. Schennach (Ed.), *Cadastre 2.0* (pp. 117-122).