

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta aplikovaných věd

Katedra matematiky

Diplomová práce

Standardizace pro 3D katastr

Standardization for 3D Cadastre

Bc. Pavel Rak

Plzeň, 2014

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

Jméno a příjmení: **Bc. Pavel RAK**
Osobní číslo: **A12N0022P**
Studijní program: **N3602 Geomatika**
Studijní obor: **Geomatika**
Název tématu: **Standardizace pro 3D katastr**
Zadávací katedra: **Katedra matematiky**

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

1. Rešerše normy ISO 19152 Geographic Information – Land Administration Domain Model (LADM).
2. Možnosti evidence pozemku podle LADM.
3. Rešerše stavu 3D katastru nemovitostí v zahraničí a jeho soulad s LADM.
4. Možnosti Oracle Spatial pro implementaci LADM včetně 3D geometrií.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy: **cca 45 stran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

- **ISO 19152. Geographic Information - Land Administration Domain Model (LADM).**
- **VANDYSHEVA, N. et al.: The 3D Cadastre Prototype and Pilot in the Russian Federation. Online**
http://www.fig.net/pub/fig2012/papers/ts08h/TS08H_vandysheva_vanoosterom_et_al_6037.pdf
- **CCM (2009). Core Conceptual Model for Land Parcel Identification System (LCM): technical specification. European Commission, DG JRC Ispra, Institute for the Protection and Security of the Citizen, Monitoring of Agricultural Resources Unit. Online**
<http://mars.jrc.ec.europa.eu/mars/Bulletins-Publications/Core-Conceptual-Model-for-Land-Parcel-Identification-System-LCM>
- **INSPIRE (2009). D2.8.I.6 INSPIRE Data Specification on Cadastral Parcels Guidelines. 2009-09-07. Online**
http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_CP_v3.0.pdf


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Karel Janečka, Ph.D.**
Katedra matematiky

Datum zadání diplomové práce: **1. října 2013**

Termín odevzdání diplomové práce: **28. května 2014**


Doc. Ing. František Vávra, CSc.
děkan




Prof. RNDr. Pavel Drábek, DrSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 1. října 2013

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci „Standardizace pro 3D katastr“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Karla Janečky, Ph.D. a uvedl v seznamu literatury všechny použité literární a odborné zdroje v souladu s právními předpisy a vnitřními předpisy Západočeské univerzity v Plzni.

V Plzni dne 26.5. 2014

vlastnoruční podpis autora

Poděkování

Na tomto místě chci poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Karlu Janečkovi, Ph.D. za všechny důležité rady a připomínky k formální i obsahové stránce práce. Poděkování si zaslouží také rodiče za podporu v průběhu studia a jejich trpělivost.

Abstrakt

RAK, P. *Standardizace pro 3D katastr*. Diplomová práce. Plzeň: Fakulta aplikovaných věd ZČU v Plzni, 2014. s. 69.

Klíčová slova: 3D katastr, ČSN EN ISO 19152, pozemková evidence, prostorová jednotka.

Diplomová práce se věnuje problematice 3D katastru a standardizaci pro 3D katastr. Úvodní kapitoly představují motivaci pro zavedení 3D katastru. V další části je analyzována norma ČSN EN ISO 19152, Geografické informace – Model domény Správa pozemků (LADM), a její možnosti pro evidenci pozemku. Rešerše stavu 3D katastru v zahraničí poskytuje cenné informace o vývoji 3D katastru u vybraných států. Dále je řešena možnost implementace normy ČSN EN ISO 19152 v databázovém systému Oracle Spatial. Hlavním cílem této práce je zahájit diskuzi o možnosti zavedení 3D katastru v České republice.

Abstract

RAK, P. *Standardization for 3D Cadastre*. Diploma Thesis. Pilsen: Faculty of Applied Sciences, University of West Bohemia, 2014. p. 69.

Keywords: 3D Cadastre, ČSN EN ISO 19152, land administration, spatial unit.

Diploma Thesis is devoted to 3D Cadastre and Standardization for 3D Cadastre. The initial chapters talk about motivation for the introduction of 3D Cadastre. The next section analyzes the standard ČSN EN ISO 19152, Geographic Information – Land Administration Domain Model and its possibilities for land administration. Researches the state of the 3D Cadastre abroad provides valuable information about the development of 3D Cadastre in selected states. It is also solved the possibility of implementation of the ČSN EN ISO 19152 in Oracle Spatial database system. The main aim of this work is to start a discussion on the introduction of 3D Cadastre in the Czech Republic.

Obsah

Úvod.....	5
1. Motivace k zavedení 3D katastru	7
1.1. Příkladová situace	8
1.2. Pracovní skupina FIG pro 3D katastr nemovitostí	9
2. Přístupy k 3D katastru.....	10
3. Land Administration Domain Model.....	12
3.1. Základní popis a cíle LADM.....	12
3.2. Rozsah LADM.....	13
3.3. Obsah normy	14
3.4. Přílohy LADM.....	14
3.4.1. Sestava abstraktních zkoušek.....	14
3.4.2. 2D a 3D reprezentace prostorových jednotek.....	15
3.4.3. Případy úrovní instancí.....	15
3.4.4. Národní profily.....	16
3.4.5. Prostorové jednotky a prostorové profily	16
3.4.6. Právní profily	23
3.4.7. LADM a INSPIRE	23
3.4.8. LADM a LPIS.....	24
3.4.9. Model domény společenská držba	24
3.4.10. Seznamy kódů	25
3.4.11. Vnější třídy	25
3.4.12. Třídy rozhraní.....	26
3.4.13. Modelování procesů správy pozemků	26
3.4.14. Historie a dynamické aspekty.....	26
3.4.15. LADM a jiné mezinárodní normy ISO/TC 211	27
4. Možnosti evidence pozemku dle LADM	28
4.1. Základní pojmy	28
4.2. Evidence pozemku	29
4.3. Reprezentace prostorových jednotek	32
4.4. Kombinace 2D a 3D reprezentace	33
4.5. Prototyp 3D katastru na základě topologie	34
4.5.1. Prostorová jednotka na polygonu založená	34
4.5.2. Prostorová jednotka na topologii založená	35
4.6. Vlastnictví, práva, omezení a odpovědnosti.....	37
4.7. Příklad vlastnictví pozemku	38
5. Rešerše stavu 3D katastru v zahraničí	40
5.1. Nizozemsko	40
5.1.1. Pozemková správa v Nizozemsku.....	40
5.1.2. Proces zavádění 3D katastru.....	41
5.1.3. Získané zkušenosti	43
5.2. Ruská federace.....	43
5.2.1. Pozemková správa v Ruské federaci.....	43
5.2.2. Pilotní verze	44
5.2.3. Poznatky a výstupy.....	46
5.3. Polsko.....	47
5.3.1. Pozemková správa v Polsku	47
5.3.2. Předpoklady pro 3D katastr v Polsku	48

5.3.3. Poznatky a výstupy.....	48
6. Vedení inženýrských sítí podle LADM	49
6.1. Definice pojmu úroveň (level).....	49
6.2. Technický popis.....	50
6.3. Příklad sítě technického vybavení	51
7. Jednotky budovy vedené podle LADM	51
8. Možnosti Oracle Spatial pro implementaci LADM.....	52
8.1. Oracle Spatial	53
8.2. Datový typ SDO_GEOMETRY	53
8.3. Datový typ SDO_TOPO_GEOMETRY	54
8.4. Na polygonech založená reprezentace	55
8.5. Na topologii založená reprezentace	56
8.6. Ukázkový případ.....	57
9. Závěr	60
10. Literatura	62

Seznam obrázků

Obr. 1: Budovy s více vlastnickými jednotkami a s odlišným počtem pater (Bydłosz, 2012).	7
Obr. 2: Příklad modelové situace obtížně zaznamenané ve 2D (vlastní zpracování).	8
Obr. 3: Základní třídy LADM (ČSN EN ISO 19152).	13
Obr. 4: Znázornění tříd balíčku <i>Spatial Unit</i> (ČSN EN ISO 19152).	17
Obr. 5: Znázornění tříd podbalíčku <i>Surveying and Representation</i> (ČSN EN ISO 19152).	17
Obr. 6: Profil 2D na bodu založeno (ČSN EN ISO 19152).	18
Obr. 7: Profil 2D na textu založeno (ČSN EN ISO 19152).	19
Obr. 8: Profil 2D nestrukturovaně (na linii) založeno (ČSN EN ISO 19152).	20
Obr. 9: Profil 2D na polygonu založeno (ČSN EN ISO 19152).	21
Obr. 10: Profil 2D na topologii založeno (ČSN EN ISO 19152).	21
Obr. 11: Profil 3D na topologii založeno (ČSN EN ISO 19152).	22
Obr. 12: Spojitost třídy <i>LA_SpatialUnit</i> s dalšími třídami (ISO 19152:2012).	31
Obr. 13: Řetězec hraničních stěn (ČSN EN ISO 19152).	32
Obr. 14: Rozhraní 2D a 3D prostorových jednotek (ČSN EN ISO 19152).	34
Obr. 15: Příklad vyjádření hranice prostorové jednotky na topologii založené (Thompson a van Oosterom, 2011).	35
Obr. 16: Rámec prototypu 3D katastru (Ying, van Oosterom a kol. 2011).	36
Obr. 17: Základní třídy balíčku <i>Administrative</i> (ČSN EN ISO 19152).	37
Obr. 18: Příklad vlastnictví 3D prostorové jednotky (ČSN EN ISO 19152).	38
Obr. 19: Asociace základních tříd podbalíčku <i>Surveying and Representation</i> s dalšími třídami (ČSN EN ISO 19152).	39
Obr. 20: Příklad překrývání budov ve městě Rotterdam (Stoter, van Oosterom a Ploeger, 2012).	41
Obr. 21: Budova Teledom (Elizarova a kol. 2012).	45
Obr. 22: Fotografie budovy a podzemního parkoviště této budovy (Elizarova a kol. 2012).	45
Obr. 23: Příklad umístění sítě technického vybavení (ČSN EN ISO 19152).	50
Obr. 24: Příklad sítě technického vybavení (ČSN EN ISO 19152).	51
Obr. 25: Situace vlastníka bytu v bytovém domě (ČSN EN ISO 19152).	52
Obr. 26: Příklad vlastnictví garáže zapuštěné ve svahu (Bumba, 1999).	53
Obr. 27: Zaznamenání věcného břemene v geometrickém plánu (Bumba, 1999).	58
Obr. 28: Zjednodušené zobrazení garáže zapuštěné ve svahu ve 3D (Vlastní zpracování).	59

Seznam pojmů a zkratek

CAD	Computer Aided Design
CityGML	City Geography Markup Language
ČSN	Česká technická norma
EN	Evropská norma
FIG	International Federation of Surveyors
GIS	Geografický informační systém
ICT	Informační a komunikační technologie
ID	Identifikátor
IFC	International Foundation Class
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in Europe
ISO	International Organization for Standardization
LADM	Land Administration Domain Model
LPIS	Land Parcel Identification System
MDA	Model Driven Architecture
NURBS	Non-uniform rational B-spline
PDF	Portable Document Format
STDM	The SocialTenure Domain Model
UML	Unified Modeling Language
VÚGTK	Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický

Úvod

V současné době se stále více stává reálnou myšlenka vedení pozemkové správy ve třech dimenzích. Proč by (v některých případech) měl být do katastru přidán třetí rozměr, tedy informace o výšce? Nezávažnějším argumentem, který se objevuje v literatuře (např. Bydłozs, 2012) je zejména zpřehlednění vlastnických práv u složitějších staveb nebo situací, kde informace vedené ve 2D nejsou dostatečně názorné.

Aby bylo možné prostorové informace pozemkových správ vést ve 3D, je nutné nejprve vypracovat datový model tak, aby následná správa takovýchto vícerozměrných dat byla efektivní a účelná. Mezinárodní organizace pro normalizaci (ISO) vyvinula normu ISO 19152: Geografická informace - Model domény Správa pozemků (ČSN EN ISO 19152, 2012), která přichází s návrhem konceptuálního datového modelu pro účely katastru nemovitostí. Důležitým aspektem je to, že tato norma umožňuje mimo jiné definovat a spravovat pozemky ve 3D. Norma nabízí univerzální řešení ve formě konceptuálního datového modelu pro správu pozemků. Model je volně rozšiřitelný o specifické vlastnosti možných uživatelů, ve většině případů národních infrastruktur pro prostorová data (*national spatial data infrastructures*) či národních mapovacích agentur (*national mapping agencies*). Nabízený model zaručuje uživatelům vzájemnou datovou kompatibilitu, čímž přispívá ke zlepšení komunikace mezi těmito uživateli.

Hlavním cílem diplomové práce je zahájení diskuze o implementaci 3D katastru nemovitostí v České republice. Jakkoliv může být tato vize v současné době možná až utopistická, zkušenosti ze zahraničních pilotních implementací ukazují, že 3D katastr může přinést i nezanedbatelné benefity v pozemkové správě. Celá práce se opírá o stěžejní normu ISO 19152, která slouží jako základní stavební kámen konceptuálního datového modelu 3D katastru nemovitostí. Diplomová práce může pro případné zájemce o problematiku vzhledem k absenci česky psané literatury posloužit také jako cenný zdroj informací o aktuálním stavu vývoje 3D katastru (v zahraničí).

Důležitost otázky budování a vedení 3D katastru podtrhuje dlouholeté pracovní úsilí dvou pracovních skupin 3 a 7 Mezinárodní federace zeměměřičů (FIG)¹. Hlavními tématy, které tyto dvě skupiny řeší, jsou:

- 3D katastr a modely,
- 3D katastr a prostorové informační infrastruktury,
- 3D katastr a čas a
- 3D katastr a využitelnost.

Úvodní kapitola práce se věnuje obecnému popisu 3D katastru včetně motivace, proč by měl být 3D katastr zaveden. Následující kapitola je věnována možným způsobům vedení 3D katastru pozemkovými evidencemi. Popisu LADM, jenž připouští v rámci pozemkové správy vést data ve 3D, se věnuje celá jedna kapitola. Kapitola Možnosti evidence pozemku dle LADM rozvádí přístupy k evidenci pozemku v rámci LADM. V této kapitole jsou podrobněji popsány přístupy, jaké budou nejpravděpodobněji při implementaci konceptuálního datového modelu LADM použity pro pozemkovou evidenci ve 3D. Vzhledem ke zkušenostem různých výzkumných týmů nejen v Evropě, se další část této diplomové práce zabývá rešerší stavu 3D katastru ve vybraných státech. Důležité jsou zejména zkušenosti a výstupy z výzkumu a zavádění 3D katastru do pozemkové správy těchto států. Jakým způsobem může být řešeno samotné uložení jednotlivých prostorových objektů v rámci vybrané prostorové databáze, pojednává kapitola 8. Možnosti Oracle Spatial pro implementaci LADM. Oracle Spatial byl v této práci vybrán z důvodu, že je využíván pro správu prostorových dat Katastru nemovitostí České republiky. Na závěr práce je uveden ukázkový případ reálné situace v České republice (částečně nadzemní a částečně podzemní garáž), kdy by 3D katastr vnesl lepší přehlednost vzájemných vlastnických vztahů zúčastněných stran.

¹ 3D Cadastres: <http://www.gdmc.nl/3DCadastres/>

1. Motivace k zavedení 3D katastru

Z jakého důvodu by měl být zaveden 3D katastr, když dosavadní řešení z většiny případů dostačuje? Například v lukrativních lokalitách (centra větších měst) může být evidence katastru nemovitostí ve dvou dimenzích nedostačující. Lukrativnost adres a hlavně menší prostor pro výstavbu – spojení těchto dvou aspektů klade na architekty zvýšené požadavky na zpracovanost plánů zástavby. Dalšími důvody pro zavedení 3D katastru (odhlédneme-li v tuto chvíli od technických záležitostí jako výpočetní výkon serverů, databází a podobně) jsou především tyto:

- evidence podzemních staveb,
- zpřehlednění evidence komplexů budov,
- evidence inženýrských sítí.

Zpřehlednění situace v pozemkové evidenci by se týkalo rovněž budov rozčleněných na více vlastnických jednotek, např. činžovní domy (viz obrázek 1), a evidence podzemních staveb. V katastrální mapě České republiky v digitální podobě podzemní stavby, například garáže nebo sklepní prostory, ani evidované nejsou. Evidence inženýrských sítí ve 3D s jednoznačným polohovým určením by napomohla vyvarování se možných kolizí při stavebních pracích, dodržení odstupových vzdáleností a ochranných pásem, a také pro správné napojení na dotčené inženýrské sítě.

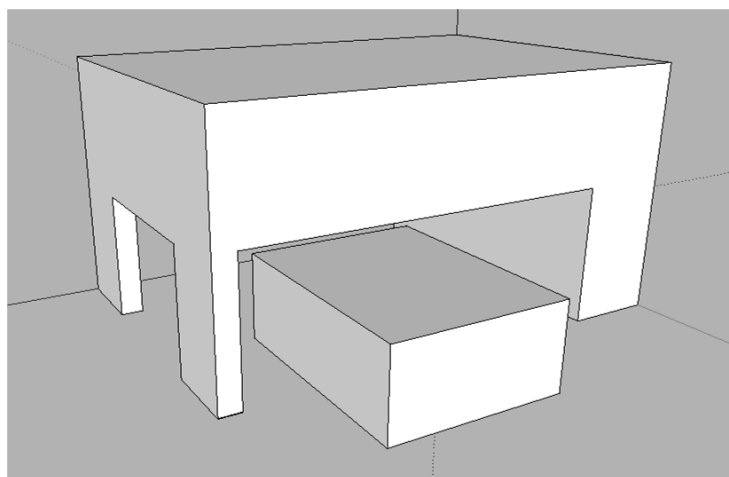


Obr. 1: Budovy s více vlastnickými jednotkami a s odlišným počtem pater (Bydłosz, 2012).

Aby bylo možné přejít k pozemkové evidenci ve 3D, je nutné nejprve vyřešit několik základních otázek. Jednou z klíčových záležitostí je nalezení konceptuálního datového modelu, který by evidenci ve 3D pro dané území (stát) umožňoval. Je vhodné si uvědomit, že de facto každý stát má na pozemkovou evidenci specifické požadavky. Řešením z pohledu konceptuálního datového modelu může být model popsáný v normě ISO 19152 – Model domény správa pozemků. Má-li někdy v budoucnu 3D katastr přejít do reálného nasazení, je zřejmé, že bude nezbytné problematiku 3D katastru vyřešit i legislativně. V neposlední řadě je potřeba uvážit fakt, že zavedením třetí dimenze do katastru se zvýší i nároky na použitý software a výpočetní výkon hardware.

1.1. Příkladová situace

Z pohledu evidence vlastnických vztahů však navržená řešení (například komplexů budov) nemusí být současnými postupy pozemkové evidence vždy snadno a jednoznačně popsitelná. Může například nastat situace nastíněná na obrázku 2. Na obrázku je naznačena situace, kdy část jedné budovy překrývá budovu nižší. Při svislém průmětu obvodu budov do zobrazovací roviny by nastal jednoznačný průnik hranic budov.



Obr. 2: Příklad modelové situace obtížně zaznamatelné ve 2D (vlastní zpracování).

Z naznačeného příkladu výše plyne, že zavedení třetí dimenze by umožnilo zpřehlednit tyto složité situace. Zejména by bylo docíleno jednoznačného definování vlastnických práv k daným objektům.

1.2. Pracovní skupina FIG pro 3D katastr nemovitostí

Dlouhodobý zájem o 3D katastr Mezinárodní federací zeměměřičů (FIG), jenž je nedílnou součástí světového vývoje v oblasti zeměměřictví, dokazuje, že 3D katastr není pouze komerčním samoúčelným nástrojem. V rámci FIG se zabývají problematikou 3D katastru pracovní skupiny 3 a 7 vystupující jednotně pod názvem 3D Cadastres. Problematika 3D katastru začala být probírána již v roce 2001 na konferenci pořádané Delft University of Technology². V následujících letech probíhaly další konference, které sloužily k veřejnému publikování výsledků vývoje 3D katastru jak v rámci pracovní skupiny 3D Cadastres, tak také v rámci zainteresovaných zástupců států. Pro účastníky vývoje byl připraven dotazník, jenž slouží jako report o stavu pozemkové evidence v daném státu a možnostech přechodu k pozemkové evidenci ve 3D. V zásadě může vyplnit dotazník kdokoli a nemusí nutně spolupracovat se státními správními orgány. V současnosti není Česká republika zmíněným účastníkem, což dokládá v současné době převažující nezájem o pozemkovou evidenci ve 3D.

Pro rok 2014 je připravena od 9. do 11. listopadu již čtvrtá mezinárodní konference FIG o 3D katastru v Dubaji ve Spojených arabských emirátech. Tato konference má pro svůj program vybrány hlavní témata (www, 2014):

- Pracovní zkušenosti s 3D katastrem,
- 3D katastr a nákladově efektivní pracovní postupy pro nové nebo aktualizované 3D pozemky,
- 3D katastr a šíření informací po webu,
- právní aspekty 3D katastru a nejlepší právní praxe v různých legislativních systémech,
- Zaměření se na velká města včetně rozvojových zemí.

² Delft University of Technology: <http://www.tudelft.nl/>

2. Přístupy k 3D katastru

Je celkem pochopitelné, že ve světě nenajdeme nejspíše žádné dva národní pozemkové evidence, které by se svým pojetím, obsahem a strukturou shodovaly. Vysvětlení je prosté, každá národní evidence má odlišný historický vývoj a odlišné výstupy, které jsou od pozemkové evidence očekávány. Rozdílnosti lze snížit vytvořením například jednotného konceptuálního modelu, který by byl dostatečně robustní a rozšiřitelný, aby bylo možné jeho pomocí vyjádřit dané rozdíly v národních pozemkových evidencích a zajistit tak jejich kompatibilitu.

Rozdílné jsou nejen existující evidence, ale také možnosti jak tyto evidence vést. Níže uvedené možnosti, jak spravovat pozemky, se týkají vedení pozemkové evidence ve 3D. Pro jednotlivé národní pozemkové správy můžou být vhodné odlišné způsoby evidence. Každá má své výhody a nevýhody, ale nelze jednoznačně říci, která je tou nejefektivnější a nejlepší. Nabízené způsoby evidence 3D katastru jsou (www, 2012):

- **Minimalistický 3D katastr (*Minimalistic 3D Cadastre*)**– Jedná se o nejjednodušší způsob, vcelku lehce implementovatelný do stávajících evidencí, ale s nízkým potenciálem pro všechny 3D objekty. Nepovažuje totiž objekty pod zemským povrchem (např. inženýrské sítě, potrubí, podpovrchové silnice či železnice) za nemovitosti. Například u bytových domů navrhuje tento způsob možnost kliknutím myši do 2D digitální mapy na specifický symbol vyvolání jednotlivé vrstvy daného patra a zobrazení příslušného půdorysu. Pomocí symbolu v 2D mapě tak lze vyvolat informaci o vertikálním členění objektu nad povrchem země. Pro situace, kde není vertikální členění jednoznačné, např. možná křížení inženýrských sítí, potrubí, měnicí se hloubka železnic nebo silnic pod povrchem, se stává tento způsob nepřehledným a nevyžitelným.
- **Topografický 3D katastr (*Topographic 3D Cadastre*)** – Nevytváří vlastní geometrii pro právní objekty, ale definuje je s odkazem na fyzické objekty (topografii, včetně potrubí a kabelů). Existují-li spolehlivá 3D topografická data o objektech, stává se tento způsob použitelný. Pokud však taková data neexistují, nemohou existovat ani právní objekty.
- **Mnohostěnný právní 3D katastr (*Polyhedral Legal 3D Cadastre*)** – Každá 3D parcela má svoji 3D geometrii rekonstruovanou pomocí mnohostěnnů, obdobně

jako tomu je u 2D katastru realizovaného polygony (kapitola 5.2. Evidence majetku). Nevýhodou je netopologická struktura a neexistence zakřivených ploch. Pro současný software GIS a prostorové databáze však není problém data tímto způsobem vést.

- **Ne-mnohostěnný právní 3D katastr (*Non-polyhedral Legal 3D Cadastre*)** – Obdobný způsob evidence 3D objektů jako předchozí, ale navíc umožňující vyjádření pomocí zakřivených ploch. Zakřivenou plochou může být válcová plocha nebo plocha vyjádřená například pomocí NURBS křivek. Právě kvůli těmto zakřiveným plochám však některé současné technologie nedovedou s takovými daty pracovat. Navíc zde není opět vyřešena topologická struktura dat.
- **Topologický právní 3D katastr (*Topological Legal 3D Cadastre*)** – Objekty ve 3D popisuje topologická struktura založená na principu uzlů, hran, stěn a objemových primitiv. Pokud tedy existují topologická pravidla, je zaručeno, že nebudou existovat mezery nebo nechtěná překrytí, a také bude zamezeno nadbytečnému ukládání duplicitních hranic objektů. Nevýhodou je malá podpora současného software pro práci s 3D daty popsány topologickou strukturou.

Z výše uvedených popisů je zřejmé, že současný stav zavádění 3D katastru se potýká především s dvěma překážkami. První překážkou je samotný sběr prostorových dat. Tak jako tomu je u 2D digitální katastrální mapy, musí být také u 3D digitální katastrální mapy určeny a legislativou schváleny postupy sběru 3D prostorových dat včetně stanovení jejich přesnosti v poloze a výšce. Druhou překážkou se prozatím jeví stav software pro efektivní práci s velkoobjemovými geodaty. Manipulace s 3D daty vykazuje náročnost zejména kvůli většímu objemu dat, která uživatel potřebuje zobrazit, než tomu je u 2D digitálních katastrálních map.

3. Land Administration Domain Model

Sledovaným cílem normy ISO 19152: Geografická informace - Model domény Správa pozemků v rámci této práce je zejména zohlednění možnosti vést prostorová data prostorové evidence ve 3D. V tomto ohledu se jedná o průlomovou normu, která podporuje zavedení pozemkové správy ve 3D.

3.1. Základní popis a cíle LADM

Land Administration Domain Model (dále jen LADM), česky Model domény Správa pozemků, je mezinárodní normou domény správy pozemků (Lemmen a van Oosterom, 2013). Standardizace se stala dobře známým nástrojem v pozemkové správě a registru. Tato norma by měla podporovat vývoj softwarových aplikací a urychlit implementaci systémů správy pozemků, které budou podporovat udržitelný rozvoj (Lemmen a van Oosterom, 2013). LADM pokrývá základní komponenty správy pozemků, tedy například pozemky a budovy, ale zahrnuje také vodstvo, půdu a prvky nad a pod povrchem země. Velmi důležitou skutečností je, že se LADM zabývá právním prostorem prostorových jednotek, ale samotný fyzický prostor, tedy prostor, jaký skutečně jednotka zaujímá, již není předmětem zájmu LADM. Právní prostor může, ale nutně nemusí přesahovat hranice fyzického prostoru prostorové jednotky.

Správa pozemků je chápána jako proces stanovení, zaznamenání a šíření informací o vztazích člověk - pozemek. Je potřeba získat velikou spoustu informací, a ty zase opět nějakým způsobem spravovat, starat se o ně a obnovovat je. Nezastupitelnou úlohu při správě pozemků dnes hrají ICT (informační a komunikační technologie). Dochází ke konfrontaci s poptávkou po nových službách a potřebou přizpůsobit se rychle se rozvíjejícím technologiím. Základním nástrojem je modelování dat tak, aby se mohlo dojít k jednoduché komunikaci mezi různými systémy správy pozemků. Cílem není zrušit či nahradit existující datové modely pozemkových evidencí, nýbrž je převést do formálního jazyka, aby bylo jednodušší jim porozumět a pochopit rozdílnosti různých systémů.

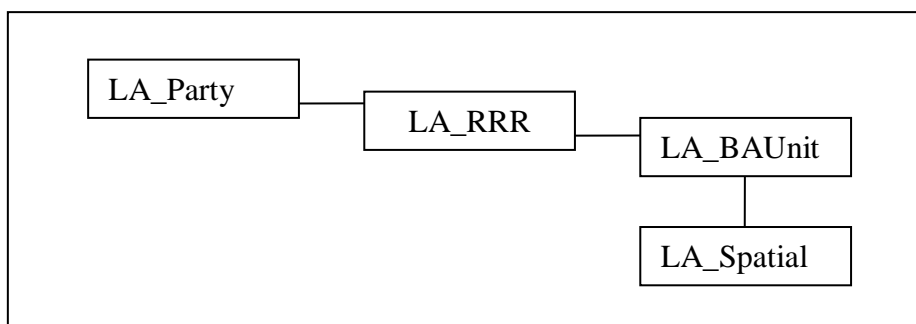
3.2. Rozsah LADM

Vzhledem k rozsáhlosti tématu správy pozemků, je tato mezinárodní norma zaměřena hlavně na práva, povinnosti a omezení ovlivňujících půdu (nebo vodu) a jejich geometrické (geoprostorové) složky. Referenční model, poskytovaný LADM, se zaměřuje na dva hlavní cíle:

- Poskytnutí základního podkladu pro efektivní vývoj a zdokonalování systému správy pozemků založené na *Model Driven Architecture* (MDA) a
- umožnění vzájemné komunikace spolupracujících stran (ať na úrovni správních celků jednoho státu nebo na úrovni mezistátní) na základě společné (standardizované) ontologie, která vyplývá z modelu.

Z druhého bodu vyplývá, že je nutné ke vzájemné komunikaci mezi státy, či jinými úrovněmi správních orgánů, vytvořit společný dorozumívací slovník (tzv. tezaurus). LADM se soustřeďuje na konceptuální model se čtyřmi základními oblastmi (obrázek 3), které mezi sebou vytvářejí vztahy a interakce. Čtyřmi oblastmi jsou:

- Strany (*LA_Party*),
- Práva, odpovědnosti a omezení (*LA_RRR*),
- Základní administrativní jednotky (*LA_BAUnit*),
- Prostorové jednotky (*LA_SpatialUnit*).



Obr. 3: Základní třídy LADM (ČSN EN ISO 19152).

Model může být implementován jednou nebo více správními organizacemi, a to jak na státní, regionální nebo jen lokální úrovni. To podtrhuje význam modelu: různé organizace mají ve své vlastní odpovědnosti údržbu a doplňování dat, ale mohou komunikovat na základě standardizovaných administrativně technických aktualizacích procesů (ČSN EN ISO 19152).

3.3. Obsah normy

První kapitola Předmět normy (*Scope*) je věnována vymezení cílů této normy, k jakému účelu byla vlastně sestavena. Kapitola Shoda (*Conformance*) poukazuje na podstatu porovnání stávajících správ pozemků a jejich struktur s navrhovanou strukturou modelu LADM. Odkazy na normy Citované dokumenty (*Normative references*), třetí kapitola, se skládá z výčtu referencí na dokumenty. Tyto dokumenty, ať z části nebo celé, slouží jako velmi důležité odkazy a zdroje informací, z kterých bylo čerpáno a na něž je v dokumentu ČSN EN ISO 19152 odkazováno. Čtvrtá kapitola Termíny, definice a zkratky (*Terms, definition and abbreviations*), jak už sám název kapitoly napovídá, popisuje důležité termíny vyskytující se v dokumentu, jejich definice a zkratky.

Pátá kapitola Přehled LADM (*Overview of the LADM*) rozvádí účelnost zavedení tří hlavních balíčků (*packages*) a jednoho podbalíčku (*subpackage*). Jednotlivými balíčky jsou *Party Package*, *Administrative Package* a *Spatial Unit Package*. *Surveying and Representation Subpackage* je podbalíčkem pro *Spatial Unit Package*.

Kapitola šestá, Obsah tříd LADM (*Content of classes of the LADM and their associations*) a jejich asociací, obsahuje účel, použití a vzájemné asociace tříd modelu LADM. Jedná se o definice jednotlivých tříd balíčků a podbalíčku, které jsou v modelu použity. Jsou zde vysvětleny jednotlivé atributy a jejich funkce, a také podmínka, zda dané atributy je nutné uchovávat nebo ne. Tři tabulky této kapitoly shrnují asociace mezi třídami LADM, zobecnění mezi třídami a agregace mezi třídami LADM.

3.4. Přílohy LADM

Norma LADM obsahuje patnáct příloh. Přílohy jsou ve stručnosti popsány v následujících podkapitolách.

3.4.1. Sestava abstraktních zkoušek

Pro zjištění shodnosti vstupního modelu s modelem pro LADM slouží Příloha A – Sestava abstraktních zkoušek (*Abstract test suite*). Porovnání shodnosti mezi modely se provádí

na třech úrovních shodnosti. Úroveň 1 (*Level 1*) je označena jako nejnižší úroveň shodnosti. Aby bylo možné pokračovat k druhé úrovni testu, je nutné, aby v první úrovni byla ve shodě alespoň jedna základní třída modelu LADM z balíčků *Party Package*, *Administrative Package* nebo *Surveying and Representation Subpackage* s testovaným modelem. Druhou úrovní (*Level 2*) se rozumí test shodnosti s dalšími třídami, které jsou podřízenými třídami k základním třídám modelu LADM, již výše zmíněným. Je nutné splnit více dílčích testů, aby bylo možné pokračovat k další, třetí úrovni. V Úrovní 3 (*Level 3*) se jedná o nejpodrobnější porovnání. Předmětem porovnání je zkoumání zahrnující třídy, atributy a definiční vztahy. Implementace tříd musí být v souladu se základními a podřízenými třídami modelu.

3.4.2. 2D a 3D reprezentace prostorových jednotek

Rozbor 2D a 3D reprezentace je uveden v Příloze B – 2D a 3D reprezentace prostorových jednotek (*2D and 3D representations of spatial units*). Je zde poukázáno na to, že v současné době mnoho zemí eviduje ve svých pozemkových evidencích prostorová data pouze ve dvou dimenzích bez jakýchkoliv informací o prostoru nad a pod nimi. V textu jsou uvedeny možnosti, jak evidovat prostorová data ve dvou a třech dimenzích v rámci jedné pozemkové evidence, obrázky pak zobrazují příklady kombinací evidence těchto dat v různých dimenzích. Tato příloha má z hlediska této diplomové práce veliký význam, a proto její poznatky rozvádí dále kapitola 4.4. Kombinace 2D a 3D reprezentace.

3.4.3. Případy úrovní instancí

Příloha C – Případy úrovní instancí (*Instance level cases*), uvádí modelové situace týkající se vlastnictví pozemků, práv k pozemkům, vztahů majitelů pozemků, nakládání s pozemky, atd. Tyto modelové situace jsou založeny na terminologii STDM, Model domény Společenská držba (*The Social Tenure Domain Model*) a obsah sestaven na základě dokumentů ISO 19109: Geografická informace – Pravidla pro aplikační schéma, ISO 19110: Geografická informace – Metodologie katalogizace vzhledů jevů, ISO 19126: Geografická informace – Pojmové slovníky vzhledů a registry a ISO 19131: Geografická informace – Specifikace datového produktu.

3.4.4. Národní profily

Vybrané národní profily uvádí Příloha D – Profily zemí (*Country profiles*). Profilem se myslí sada jednoho nebo více základních standardů nebo podskupin základních standardů, kde je to příslušné, určení vybraných klauzulí, tříd, nastavení a parametrů těchto základních standardů, které jsou nezbytné pro dosažení konkrétních úloh (ISO 19106:2004). Vybrané státy Portugalsko, Queensland (Austrálie), Indonésie, Japonsko, Maďarsko, Nizozemsko, Rusko a Jižní Korea využívají konceptuální model LADM k pozemkové správě. Po nastudování těchto modelů lze vyvodit, že není možné vytvořit jednotný, globální model, univerzálně použitelný. Spíše je nutný jednotný základní model, který dává prostor pro realizaci specifických vlastností a požadavků jednotlivých národních pozemkových správ.

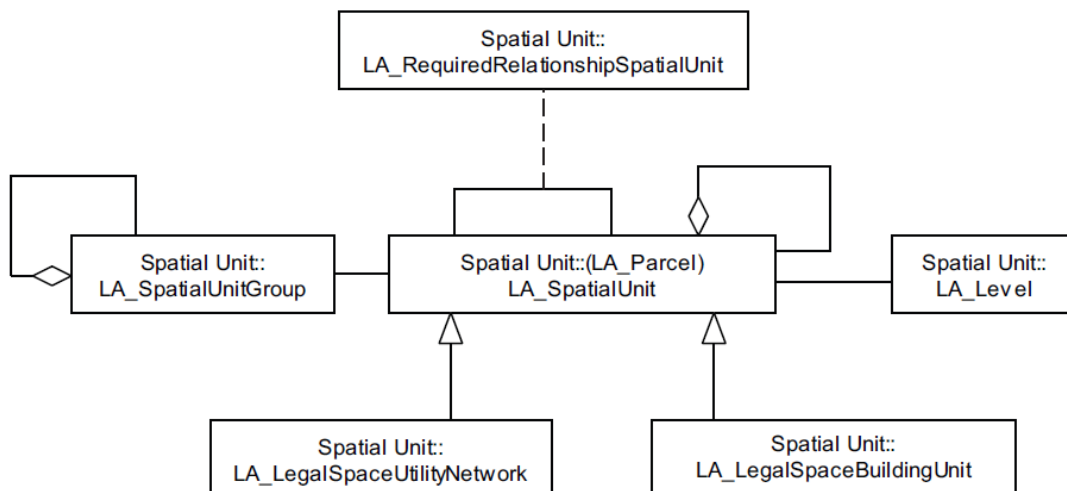
3.4.5. Prostorové jednotky a prostorové profily

LADM podporuje několik typů prostorových jednotek (struktur). Definice všech přípustných prostorových struktur uvádí Příloha E – Prostorové jednotky a prostorové profily (*Spatial units and spatial profiles*). O jaký typ prostorové struktury se jedná, je určeno hodnotou atributu *structure* (hlavní třída *LA_Level* balíčku *Spatial Unit*). Atribut *structure* může nabývat šesti různých hodnot, které jsou vyjmenovány v číselníku *LA_StructureType*. Konkrétně jsou zde obsaženy tyto prostorové struktury (ČSN EN ISO 19152):

- na náčrtech založená (*sketch based*),
- na bodech založená (*point based*),
- na textu založená (*text based*),
- nestrukturovaně (na liniích) založená (*unstructured line based*),
- na polygonu založená (*polygon based*),
- na topologii založená (*topological based*).

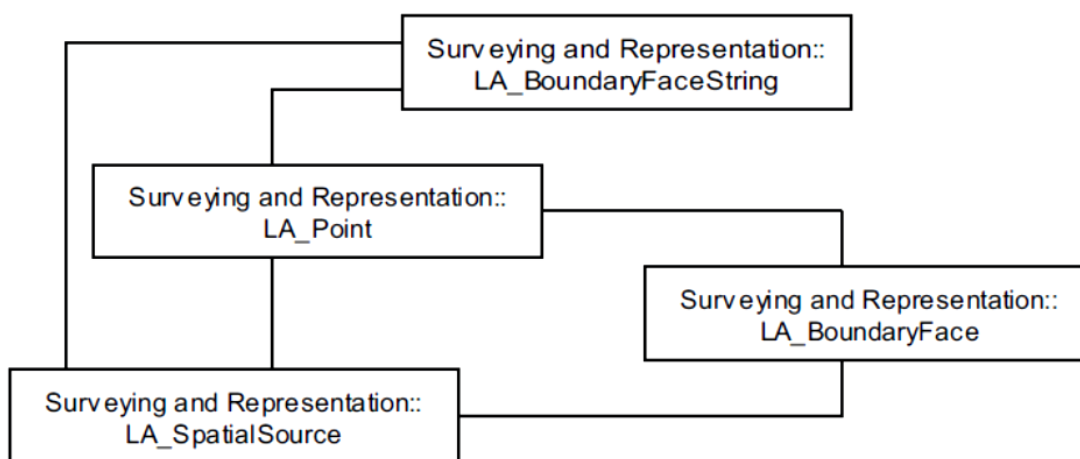
Na obrázku 4 jsou znázorněny hlavní třídy balíčku *Spatial Unit*. Základní třídou je třída *LA_SpatialUnit*, na kterou jsou asociovány další třídy, včetně zmíněné třídy *LA_Level*. Popis tříd *LA_LegalSpaceUtilityNetwork* a *LA_LegalSpaceBuildingUnit*, konkrétních

specializací třídy *LA_SpatialUnit*, je v kapitolách 6. Vedení inženýrských sítí podle LADM a 7. Jednotky budovy vedené podle LADM.



Obr. 4: Znárodnění tříd balíčku *Spatial Unit* (ČSN EN ISO 19152).

Podbalíček *Surveying and Representation Subpackage* (viz obrázek 5) umožňuje několik různých reprezentací prostorových jednotek, a to ve 2D, 3D a nebo i v kombinované formě 2D a 3D dohromady. 2D a 3D reprezentace prostorových jednotek používají řetězce hraničních stěn jako instance třídy *LA_BoundaryFaceString* a hraniční stěny jako instance třídy *LA_BoundaryFace* (ČSN EN ISO 19152).

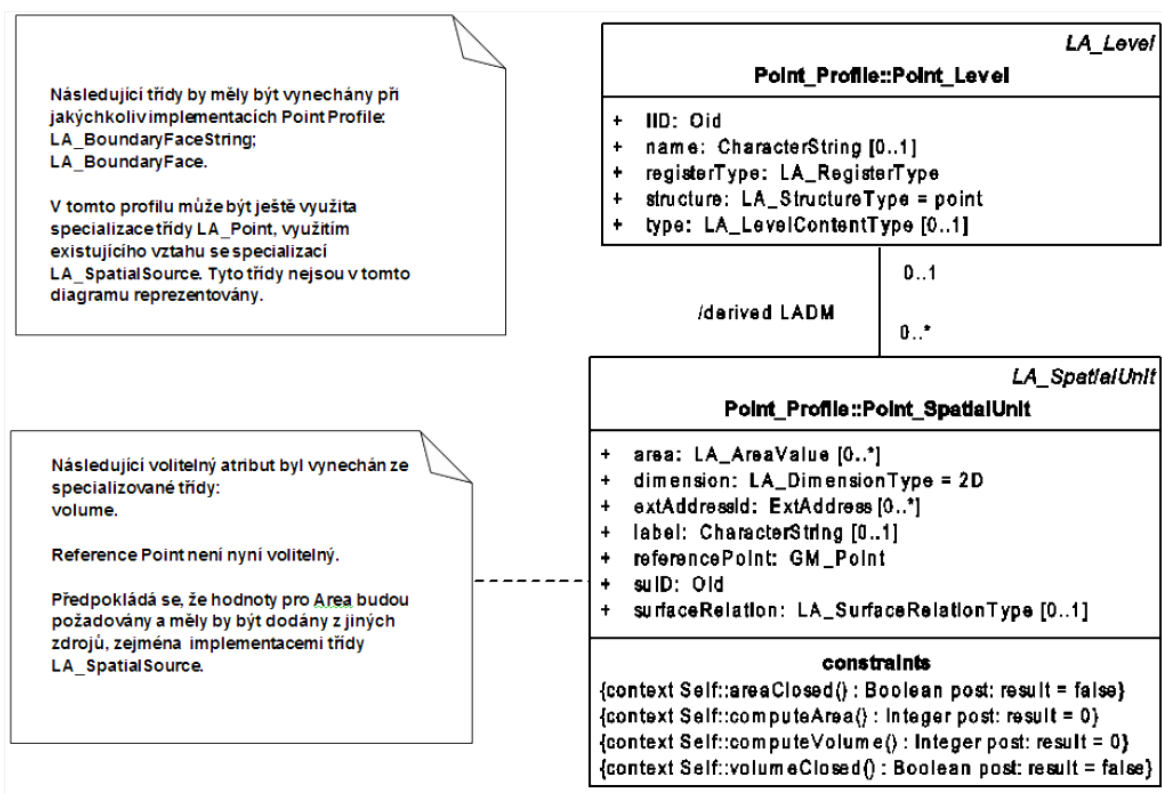


Obr. 5: Znárodnění tříd podbalíčku *Surveying and Representation* (ČSN EN ISO 19152).

Často mohou mít jednotlivé reprezentace prostorových jednotek pouze omezený počet tříd a atributů, tzv. prostorový profil. Názorné modely pro jednotlivé prostorové profily jsou uvedeny v příloze E normy. Příklady prostorových profilů (ČSN EN ISO 19152):

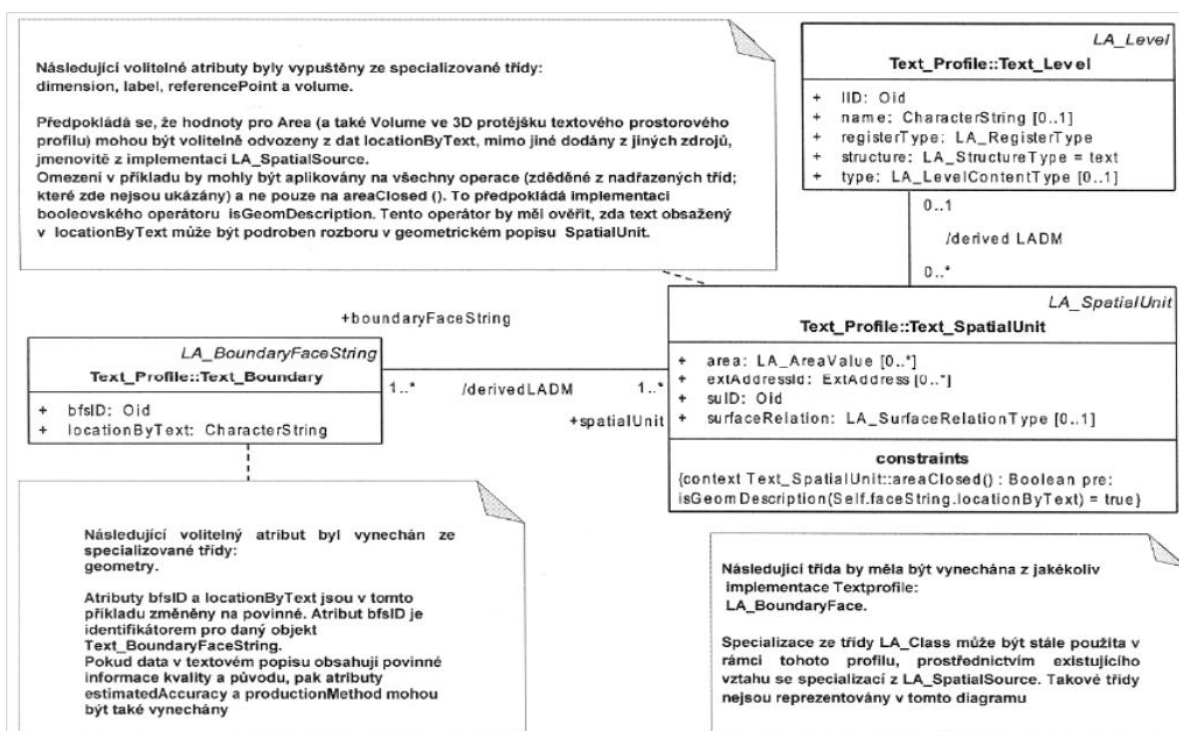
- 2D na bodu založeno,
- 2D na textu založeno,
- 2D nestrukturovaně (na linii) založeno,
- 2D na polygonu založeno,
- 2D na topologii založeno,
- 3D na topologii založeno.

Příklad profilu 2D na bodu založeno je ilustrován na obrázku 6. Jedná se o profil, kde pro popis prostorové jednotky máme k dispozici pouze informaci o poloze, dvojici souřadnic, jediného bodu území (objemu) této jednotky, např. definiční bod parcely. Použity jsou pouze dvě třídy, *Point_Level* a *Point_Spatial_Unit*, propojené jednou asociací, kde na obou stranách asociace je odlišná kardinalita. Při jakýchkoliv implementacích tohoto profilu by měly být vynechány třídy *LA_BoundaryFaceString* a *LA_BoundaryFace*.



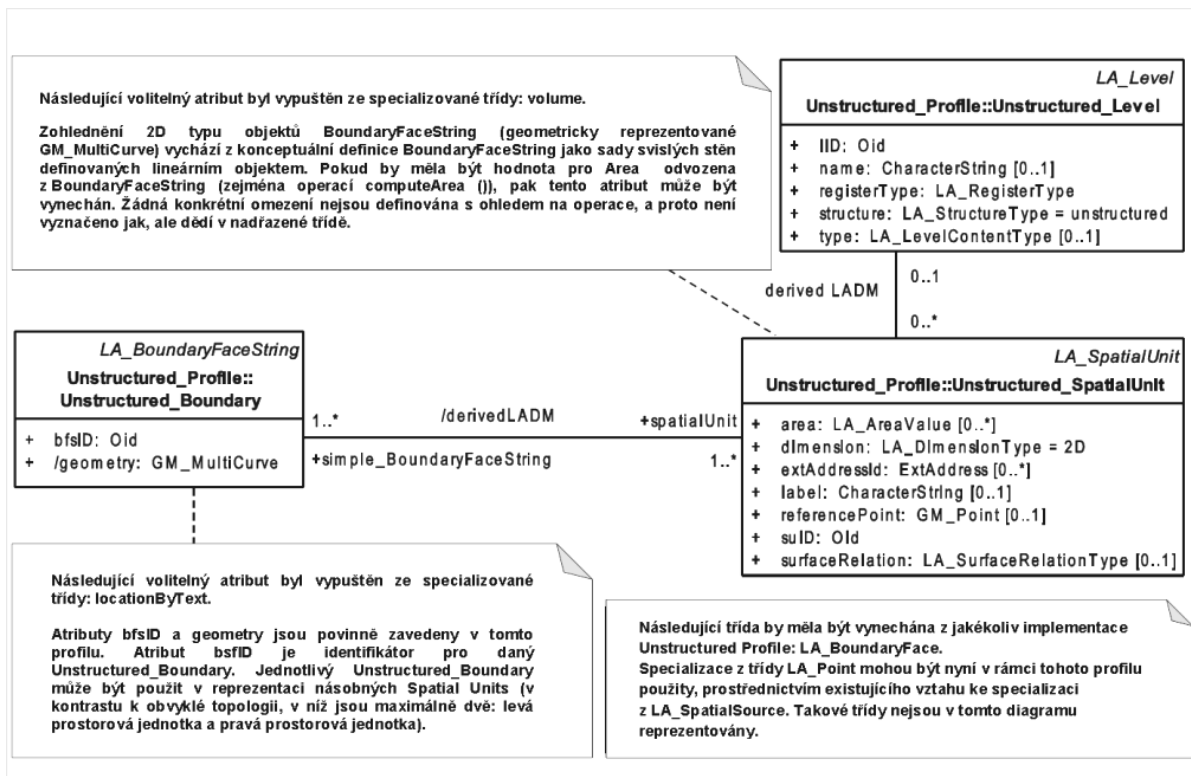
Obr. 6: Profil 2D na bodu založeno (ČSN EN ISO 19152).

Profil 2D na textu založeno (obrázek 7) může být v některých případech dostatečným řešením k popisu hranice prostorové jednotky, např. „podél přirozené pobřežní čáry“ (ČSN EN ISO 19152). Třída *LA_BoundaryFaceString*, atribut *locationByText* popisuje charakteristickým řetězcem průběh dané hranice prostorové jednotky. Pro tento typ řetězce hraničních stěn není použita žádná geometrie (ČSN EN ISO 19152).



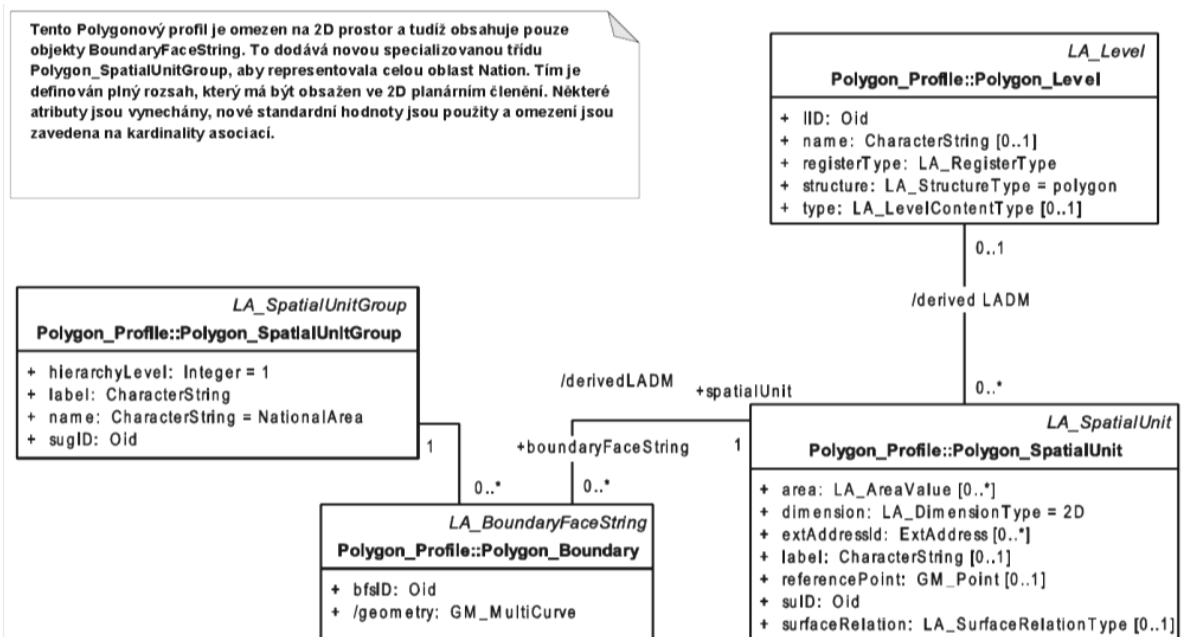
Obr. 7: Profil 2D na textu založeno (ČSN EN ISO 19152).

Profil 2D nestrukturovaně (na linii) založeno (obrázek 8) slouží k vyjádření prostorových jednotek, u kterých je možné tolerovat nekonzistenci, např. volné konce linií nebo neúplné hranice (ČSN EN ISO 19152). Geometrii řetězce hraničních stěn (atribut *geometry* třídy *LA_BoundaryFaceString*) určuje křivka *GM_MultiCurve* (více v ISO 19107).



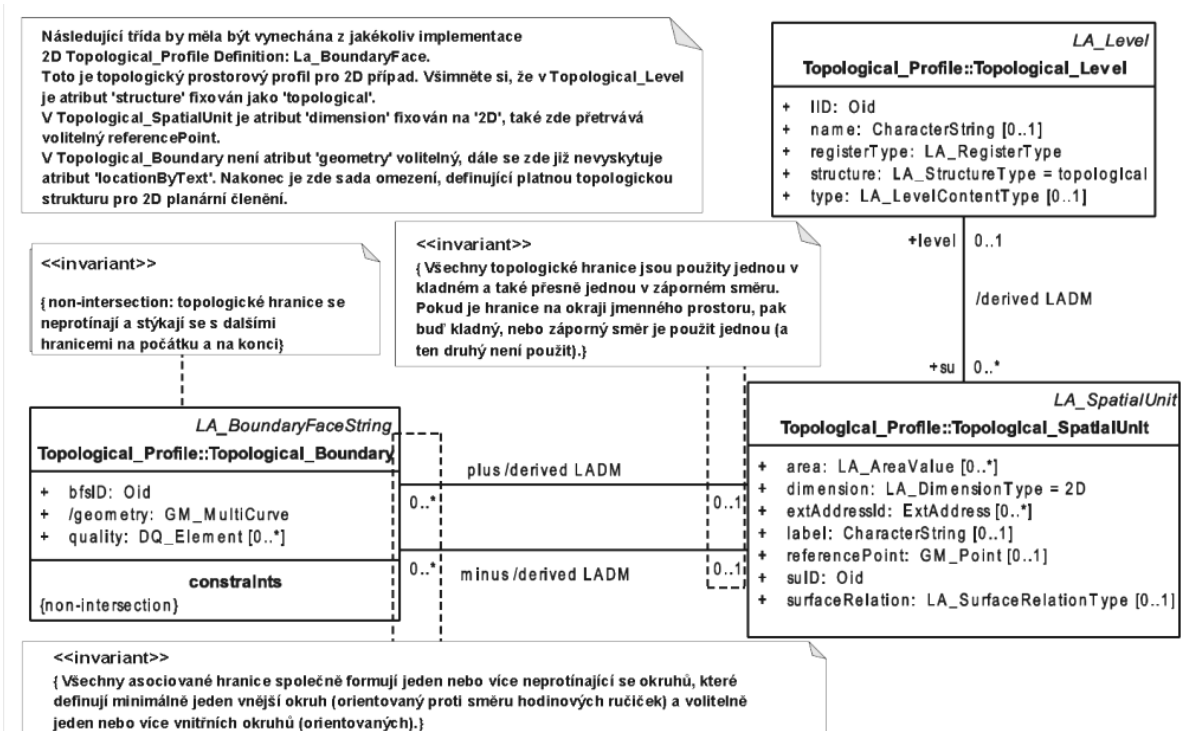
Obr. 8: Profil 2D nestrukturovaně (na linii) založeno (ČSN EN ISO 19152).

Profil 2D na polygonu založeno (obrázek 9) předpokládá, že každá prostorová jednotka představuje samostatnou od ostatních oddělenou entitu. Znamená to tedy, že sousedící prostorové jednotky nemají mezi sebou žádné topologické vztahy. Geometrie prostorových jednotek je vyjádřena pomocí GM_MultiCurve (více v ISO 19107). Ve většině případů je nutné zamezit překrývání jednotlivých prostorových jednotek, ale může však nastat i případ, kdy k překrytí dojde. Například polygon věcného břemene se bude překrývat s polygonem prostorové jednotky věcným břemenem zatíženým. Třída *Polygon_SpatialUnitGroup* seskupuje prostorové jednotky do větších celků (například katastrální území nebo intravilán obce).



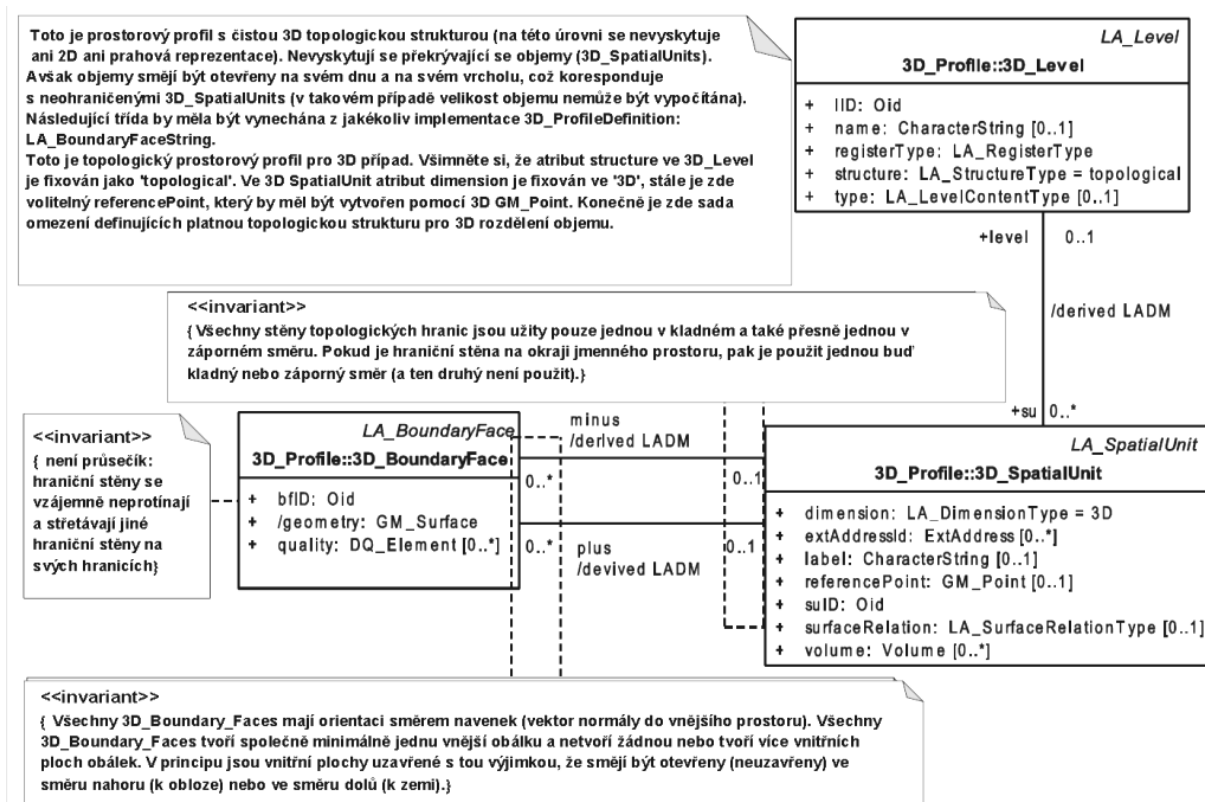
Obr. 9: Profil 2D na polygonu založeno (ČSN EN ISO 19152).

Profil 2D na topologii založeno (obrázek 10) poskytuje vzájemné propojení sousedících prostorových jednotek na základě topologických vztahů. Topologická prostorová jednotka je kódována referencí ke svým hranicím, se společnou hranicí mezi dvěma prostorovými jednotkami, která je uložena jen jednou (ČSN EN ISO 19152).



Obr. 10: Profil 2D na topologii založeno (ČSN EN ISO 19152).

Profil 3D na topologii založeno (obrázek 11) podporuje uložení prostorových jednotek ve 3D se vzájemnými topologickými vztahy. Tento profil je více popsán v kapitole 5.2. Evidence pozemku.



Obr. 11: Profil 3D na topologii založeno (ČSN EN ISO 19152).

V případě evidence 3D prostorových objektů představuje profil 3D na topologii založeno nejefektivnější strukturu, která splňuje nároky evidovat veškerá data pouze jednou, a zabraňuje tak jejich duplicitě. Obrázek 11 zobrazuje UML digram tříd s topologickou strukturou ve 3D připouštějící pouze prostorové objekty ve 3D. Vystupují zde tři hlavní třídy:

- prostorová jednotka (*3D_SpatialUnit*),
- hraniční stěny (*3D_BoundaryFace*),
- úroveň (*3D_Level*).

Třídy *3D_BoundaryFace* a *3D_Level* jsou popsány v kapitolách 4.3. Reprezentace prostorových jednotek a 6.1. Definice pojmu úroveň (*level*). Pro národní profily je možné kombinovat několik prostorových profilů.

3.4.6. Právní profily

Příloha F – Právní profily (*Legal profiles*), popisuje tři právní profily:

- právní profil pro práva,
- profil pro omezení a
- profil pro odpovědnosti.

Právní profily jsou sestaveny z prvků obsažených v balíčcích *Administrative Package* a *Party Package* (ČSN EN ISO 19152).

3.4.7. LADM a INSPIRE

Směrnice INSPIRE (*IN*frastructure for *SP*atial *InfoR*mation in *E*urope) vznikla pro zajištění výměny, sdílení, přístupu a užívání prostorových dat a služeb s nimi spojenými na různých úrovních jednotlivých orgánů veřejných správ členských států Evropské unie z hlediska podpory odvětví zabývajících se životním prostředím (Rak, 2012).

Díky spolupráci mezi pracovním týmem pro INSPIRE, konkrétně *The INSPIRE Thematic Working Group CP (Cadastral Parcel)* a týmem pro LADM (*The LADM Project Team*) je možné hovořit o kompatibilitě obou modelů. Model pro Katastrální parcely (dále CP), jako jednoho z témat směrnice INSPIRE Přílohy 1, lze vyjádřit pomocí modelu LADM. INSPIRE CP UML diagram tříd vyjádřený podle pravidel konceptuálního modelu LADM je součástí Přílohy G – LADM a INSPIRE (*The LADM and INSPIRE*). Rozsah současného datového modelu Parcel INSPIRE (str. 86 v ČSN EN ISO 19152) je užší než LADM, nezaměřuje se například na práva, odpovědnosti nebo omezení. Pokud by však byl přijat konceptuální model LADM v rámci Evropské unie jako závazný pro členské státy, nebylo by doplnění chybějících tříd vzhledem k příbuznosti obou modelů problematické. Ve vzájemném kontextu podobnost vykazuje například třída *LA_SpatialUnit* a třída *CadastralParcel* (INSPIRE, 2009).

3.4.8. LADM a LPIS

Land Parcel Identification System (dále též LPIS), veřejný registr půdy, je produktem Evropské unie (dále též EU) sloužící k evidenci využití zemědělské půdy členských států EU. Tato evidence je vedena zejména proto, aby se účinně rozdělovaly dotace na zemědělskou půdu bez ohledu na to, jedná-li se o dotace financované ze zdrojů Evropské unie nebo z národních dotačních programů. Iniciativou normy je integrace nebo spolupráce mezi LPIS a LADM. Popisem se zabývá Příloha H – LADM a LPIS (*The LADM and LPIS*).

Hlavními problémy pro vytvoření, respektive přizpůsobení modelu pro LPIS podle pravidel LADM, jsou:

- parcela LADM neodpovídá plošné jednotce, na kterou se vztahují dotace, tj. obdělávaná plocha je z většiny případů odlišná než plocha parcely k tomu určená a
- hranice zemědělské činnosti jsou mimo zájem správy pozemků a jejich údržba v rámci aktualizací katastru je velmi obtížná.

K tomu, aby bylo možné sestavit model fungující pro LPIS a zároveň vyhovoval pravidlům LADM, bylo nutné vytvořit nové třídy. Tyto nové třídy zajišťují správu modelu a kompatibilitu mezi oběma sadami dat LADM a LPIS. Vzhledem k základním pravidlům aplikování LADM na vlastní data si může jakýkoliv uživatel podle svých potřeb vytvořit nové vlastní třídy. Takto vzniklou novou třídou se stala například třída *Farmer*, která je specializací třídy *LA_Party*, ale s přizpůsobenými atributy pro potřeby zemědělců. Další nové třídy souvisí např. s každoročním žádáním o nové dotace, rozdílným pojetím pozemkové parcely a obdělávané plochy, a podobně.

3.4.9. Model domény Společenská držba

Příloha I (Model domény Společenská držba (dále též STD)), je iniciativou organizace UN-HABITAT³, spadající pod Společenství národů (dále též OSN). STD má být převážně určen pro rozvojové země světa, pro země s nesouvislou a nekompletní

³ UN-HABITAT: <https://www.unhabitat.org/>

pozemkovou správou. Dále také pro oblasti zasažené válkou nebo jen pro oblasti s rozsáhlými neoficiálními, neboli neevidovanými osadami. STDM se primárně zaměřuje na vztah lidí k půdě bez ohledu na formálnost nebo právní aspekty tohoto vztahu. STDM není modelem aplikačním a normativním, ale konceptuálním a popisným. To znamená, že při aplikaci do národních pozemkových správ může být podle potřeb upraven. Může tak ale dojít na rizika možné nekompatibility s jinými takto aplikovanými modely, která musí být zohledněna při těchto úpravách. U obou modelů, LADM a STDM, lze vysledovat podobnosti a shodnosti. Mnoho tříd má stejnou funkci i název, některé mají jen odlišné názvy, avšak shodnou funkci.

3.4.10. Seznamy kódů

Příloha J – Seznamy kódů (*Code list*), slouží k výčtu hodnot, jakých mohou nabývat různé atributy. Seznamy kódů, číselníky, LADM jsou navrženy tak, aby umožňovaly použití lokální, regionální a národní terminologie. V této příloze jsou uvedeny pro všechny tři balíčky a jeden podbalíček možné varianty naplnění dílčích číselníků. Každý uživatel má při implementaci této mezinárodní normy možnost vytvořit vlastní hodnoty zapsané v číselníku, jakých mohou atributy nabývat. Takto je opět zajištěna flexibilita implementace LADM do stávajících pozemkových správ.

3.4.11. Vnější třídy

Příloha K – Vnější třídy (*External classes*), připouští další možné zdroje dat, jimiž se LADM přímo nezabývá, ale poukazuje na ně. Například se LADM zabývá právním prostorem prostorových jednotek, ale samotný fyzický prostor, prostor, jaký skutečně jednotka zaujímá, již není předmětem zájmu LADM. Neznamena to však, že by fyzický prostor nebyl důležitý, ale není vždy určujícím pro rozsah práv, povinností a omezení. Zmíněnými vnějšími zdroji mohou být datové sady o externích stranách, adresách, využití krajiny, půdním pokryvu, ocenění, zdanění, fyzických sítích technického vybavení s jejich archivními daty. Pro práci s těmito datovými sadami LADM poskytuje stereotypní třídy, které naznačují, jaké vlastnosti datových sad LADM očekává z nabízených externích zdrojů. Popis těchto stereotypních tříd, včetně schématu externích tříd a jejich souvislostí s ostatními třídami, je součástí této přílohy.

3.4.12. Třídy rozhraní

Každý uživatel si může volně vytvořit vlastní třídu fungující jako rozhraní mezi jinými třídami. Rozhraní tříd může být přidáno do LADM pro podporu generování a správu produktů a služeb (ČSN EN ISO 19152). Příloha L – Třídy rozhraní (*Interface classes*), uvádí tři příklady využití rozhraní, pro strany, prostorové jednotky a mapy s prostorovými jednotkami. Rozhraní si můžeme představit jako jakési spojení mezi námi navolenými třídami, díky němuž dokážeme uskutečnit například přenos dat mezi třídami nebo vzájemnou komunikaci.

3.4.13. Modelování procesů správy pozemků

Příloha M – Modelování procesů správy pozemků (*Modelling land administration processes*) nabízí následující popis. *Land Administration Domain Model* poskytuje, vedle modelování dat z pohledu dynamických procesů, také možnost zkoumat vzájemné vztahy mezi funkcemi a procesy. UML digramy tříd budou proto dále doplněny koncovým uživatelem stavovými diagramy (diagramy užití, sekvenční diagramy, diagramy spolupráce, stavové diagramy nebo diagramy aktivit), zahrnující další hlediska. Diagramy aktivit ukazují, v jaké souvislosti jsou procesy k informacím (datům) a jak dochází k přesunům z jednoho na druhý. U ostatních typů UML diagramů hrají představitelé nebo organizace důležitou roli, v závislosti na (národních) ujednáních. Zavedení různých úrovní prostorových jednotek (bod, obraz, mapování), práv (počáteční, pozemkové vlastnictví, absolutní vlastnictví) nebo stran dále odráží dynamický charakter systému (ISO 19152, 2012).

3.4.14. Historie a dynamické aspekty

K vyřešení manipulace s časovými stavy a dynamickými aspekty, Příloha N – Historie a dynamické aspekty (*History and dynamic aspects*), nabízí LADM dva základní pohledy sloužící k modelování následku dynamických systémů (jednotlivé změny stavu systému):

- Modelování na základě událostí
 - Událost reprezentuje instance *LA_Source*.

- Je-li znám počáteční stav události, při skutečnosti, že transakce eviduje systém jako samostatné entity, je možné reverzně rekonstruovat její minulé stavy.
- Modelování na základě stavu
 - Pro každý stav ukládá systém dva časové údaje, po které je daný stav aktuální.
 - Porovnáním dvou časových údajů lze rekonstruovat, co se stalo v důsledku jedné události.
 - Časové údaje zaznamenávají atributy *beginLifespanVersion* a *endLifespanVersion* z třídy *VersionedObjects*.

LADM dále připouští možnost modelování přímé asociace rodič – dítě (následnictví) mezi prostorovými jednotkami, např. když je prostorová jednotka podrozdělena (ČSN EN ISO 19152).

3.4.15. LADM a jiné mezinárodní normy ISO/TC 211

Mezinárodní norma ISO 19152:2012 poukazuje na začlenění Modelu domény správa pozemků do národních správ pozemků za účelem jednodušší správy, a také za účelem jednodušší mezinárodní spolupráce. Aby byla tato spolupráce efektivní a účelná, nestačí přijmout pouze tuto normu, ale nezbytností je také čerpat z jiných mezinárodních norem ISO. Zejména ze standardů týkajících se geografických informací, které z většiny případů sestavuje Technická komise 211 Mezinárodní organizace pro normalizaci⁴ (TC 211/ISO). Například rozhraní *GM_Point* je převzato z normy ISO 19107, *Coordinate Reference Systems* z normy ISO 19111 nebo *OM_Observation* z normy ISO 19156.

⁴ Mezinárodní organizace pro normalizaci: <http://www.iso.org/iso/home.html>

4. Možnosti evidence pozemku dle LADM

Předchozí kapitola uvozuje témata, která jsou předmětem normy LADM. Tato kapitola podrobněji popisuje možné způsoby evidence pozemku v rámci LADM.

4.1. Základní pojmy

Abychom mohli popsat možnosti evidence pozemku podle LADM, je nejprve nutné uvést definice základních pojmů. Nejedná se o výčet všech pojmů uvedených v normě, ale pouze těch význačných a důležitých z hlediska evidence pozemku v souladu s LADM.

Pozemek

Pozemek je část zemského povrchu oddělená od sousedních částí hranicemi územní správní jednotky nebo hranicí katastrálního území, hranicí vlastnickou, hranicí držby, hranicí druhů pozemků, popřípadě rozhraním způsobu využití pozemků (Terminologický slovník VÚGTK). V samotném dokumentu normy se uvádí tato definice: Pozemek je část povrchu Země, hmoty pod ním, vzdušný prostor nad ním a všechny věci pevně spojené se zemí (ČSN EN ISO 19152).

Základní správní jednotka (LA_BAUnit)

Jedná se o správní entitu, předmět registrace (podle zákona) nebo soupisu, nesestávající se z žádné nebo sestávající se z více prostorových jednotek, vůči kterým jsou na celou entitu vztažena jedinečná a homogenní práva (jedno nebo více), odpovědnosti nebo omezení, jak to odpovídá systému správy pozemků. Základní správní jednotka může sestávat z nulového počtu prostorových jednotek, pokud existuje registr, ale neexistuje katastr. Základní správní jednotky jsou kromě jiného zapotřebí k registraci základních jednotek vlastnictví (*basic property units*), které sestávají z několika prostorových jednotek, náležejících straně na základě stejného práva (ČSN EN ISO 19152).

Prostorová jednotka (LA_SpatialUnit)

Mluvíme o jednotlivé ploše (anebo více dílčích plochách) pozemku a/nebo vodní ploše nebo jednotlivém objemu (nebo více dílčích objemech) prostoru. Prostorové jednotky jsou strukturovány takovým způsobem, aby podporovaly vytvoření a řízení základních

správních jednotek (ČSN EN ISO 19152). Prostorové jednotky mohou být sdružovány do skupin, *LA_SpatialUnitGroup*, kterou může například představovat samosprávná obec. Dále lze dělit prostorovou jednotku (parcelu) na jednotlivé díly jednotky, což je realizováno dekompozičním vztahem *LA_SpatialUnit* na sebe sama (viz obrázek 4). Zvláštními případy prostorové jednotky jsou samostatné jednotky v budově (podtřída *LA_LegalSpaceBuildingUnit*) a sítě technického vybavení (podtřída *LA_SpaceUtilityNetwork*). Popisu těchto dvou specifických podtříd se věnují kapitoly 6. Vedení inženýrských sítí podle LADM a 7. Jednotky budovy vedené podle LADM.

4.2. Evidence pozemku

Z výše uvedených definic lze tedy vyvodit, že pokud je veden registr pozemků, není nutné zavádět prostorovou jednotku, ale stačí zavést základní správní jednotky. Pro potřeby záznamu vztahů mezi vlastníky, uživateli a pozemky při použití například digitální katastrální mapy je však nutné použít k popisu prostorovou jednotku.

Prostorová jednotka je podle (ČSN EN ISO 19152) synonymem pro parcelu, a tedy předmětem evidence je pozemek s geometrickým a polohovým určením. Evidenci pozemku můžeme uchopit dvěma následujícími způsoby. Pozemek pojmem jako celek, který je nutné zařadit do evidence z hlediska jeho právních vztahů, nebo ho můžeme pojmut z hlediska jeho náležitosti k zemskému povrchu a vztahům k sousedním pozemkům.

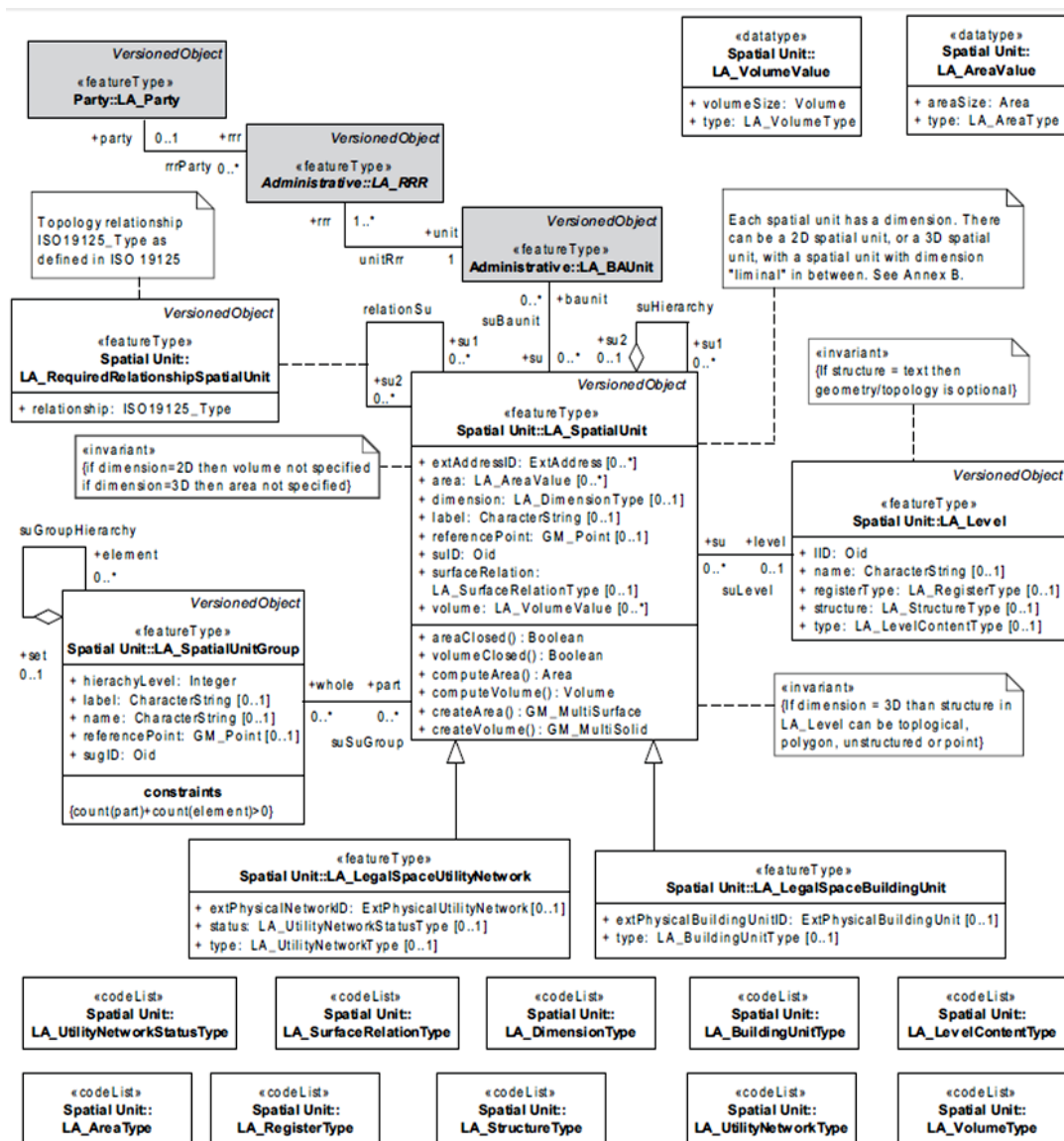
Podle přílohy E normy ČSN EN ISO 19152 může být prostorová jednotka popsána různými způsoby. Jednotlivé typy prostorových jednotek popisuje atribut *structure* ve třídě *LA_Level*:

- **na náčrtech založená (*sketch based*)** – jedná se o popis, máme-li k dispozici pouze náčrt prostorové jednotky, popřípadě většího počtu jednotek,
- **na bodech založená (*point based*)** – používá se v případě prostorové jednotky, u níž je známa pouze dvojice souřadnic polohy jednoho jejího bodu. V případě známé výšky daného bodu umožňuje atribut *referencePoint* objektu *LA_SpatialUnit* tuto hodnotu uložit,

- **na textu založená (*text based*)** – tato možnost nabízí evidovat prostorovou jednotku, respektive její hranice, textovým řetězcem, tedy slovním popisem. Například může dojít k evidenci pozemku ležícího na pobřeží. Oddělení pozemku od pohybující se vodní hladiny se může určit slovně, a nemusí tedy být striktně závislá na měnicích se souřadnicích pobřežní čáry,
- **nestrukturovaně (na liniích) založená (*unstructured (line) based*)** – typ připouští nekonzistentní reprezentaci prostorové jednotky, například volné linie nebo neúplné hranice,
- **na polygonu založená (*polygon based*)** – prostorové jednotky v tomto typu existují jako jednotlivé entity bez vzájemných topologických souvislostí. Například dvě sousedící jednotky mají zdánlivě společnou hranici bez „mezer“, ale není tomu tak, neboť jednotlivé hranice tvoří dvě různé reprezentace, každá zvlášť pro sousedící jednotky, bez topologických souvislostí,
- **na topologii založená (*topological based*)** – v tomto případě se spolu sousedící prostorové jednotky uvažují podle topologických pravidel. Na příklad sousedí-li spolu dvě prostorové jednotky, mají společnou hranici uloženou v systému pouze jednou a doplněnou o informace o směru a orientaci.

Nabízené typy reprezentace prostorových jednotek lze kombinovat, pokud si okolnosti tuto možnost vyžadují. V takových případech může nastat například situace, kdy pozemek sousedí s vodní hladinou a pozemky na souši. K definování hranic tohoto stavu tak lze použít textový popis a například topologický popis. Na obrázku 12 je znázorněna situace diagramu tříd pro prostorovou jednotku (*LA_SpatialUnit*), kde je navíc doplněna asociace na základní třídu *LA_BAUnit*. Dále je znázorněna asociace mezi třídami *LA_BAUnit* a *LA_RRR* a mezi *LA_RRR* a *LA_Party*.

Vzhledem k různému použití jednotlivých reprezentací prostorových jednotek slouží ke konkrétnějšímu popisu jednotlivých jednotek tzv. prostorový profil. Prostorové profily blíže definuje příloha E normy ČSN EN ISO 19152 (popsáno v této práci v kapitole 3.4.5. Prostorové jednotky a prostorové profily). Každý profil má omezený počet potřebných atributů a tříd, jenž mohou být k popisu použity. U jednotlivých profilů najdeme odlišná specifika, například u popisu hranice prostorové jednotky textem není požadována informace o referenčním bodu.



Obr. 12: Spojitost třídy *LA_SpatialUnit* s dalšími třídami (ISO 19152:2012).

Instancí třídy *LA_LegalSpaceBuildingUnit* je jednotka v dané budově. V tomto případě jde o část budovy, a nejde tedy přímo o pozemek. Dále uvádí výše uvedený obrázek asociaci *LA_SpatialUnit* s třídou *LA_LegalSpaceUtilityNetwork*, jejíž instancí je síť technického vybavení. Nejedná se tedy opět přímo o pozemek, ale o část technického vybavení, ať je plánované nebo v provozu, které však zasahuje do právního prostoru prostorové jednotky. Například plynovod, jenž může být technickým vybavením, vedený pod povrchem země omezuje využití pozemku, pod kterým prochází. Další třídou ve výše uvedeném obrázku je *LA_RequiredRelationshipSpatialUnit*. Instancemi této asociační třídy jsou vztahy mezi prostorovými jednotkami, jenž nemusí být asociovány s žádnou prostorovou jednotkou nebo může být asociována s více jednotkami (ČSN EN ISO 19152).

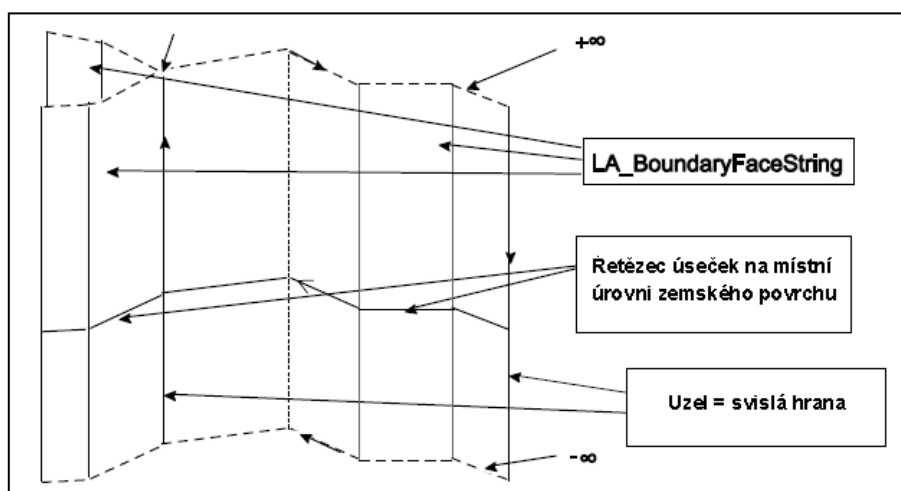
4.3. Reprezentace prostorových jednotek

Sousedící prostorové jednotky musí být navzájem oddělené. To znamená, musí být definované jejich hranice. Hranice tvoří mez dané prostorové jednotky a pro její možný popis byly zavedeny dva důležité pojmy:

- řetězec hraničních stěn (*boundary face string*) a
- hraniční stěna (*boundary face*).

Řetězec hraničních stěn (*boundary face string*)

Hranice, množina reprezentující mez entity, vytvářející část vnějšku prostorové jednotky. Řetězce hraničních stěn se používají k reprezentaci hranic prostorových jednotek pomocí řetězců úseček ve 2D. Tato 2D reprezentace je 2D hranicí ve 2D systému správy pozemků. Ve 3D systému správy pozemků to reprezentuje řada svislých hraničních stěn, kde je předpokládán neohraničený objem, obklopený hraničními stěnami protínajícími povrch Země (ČSN EN ISO 19152). Řetězce hraničních stěn v sobě obsahují řetězce úseček pokrývajících fyzický povrch a znázorňujících hranice na něm, viz obrázek 13.



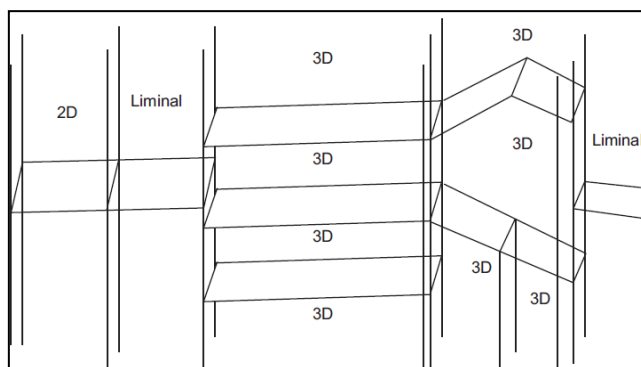
Obr. 13: Řetězec hraničních stěn (ČSN EN ISO 19152).

Hraniční stěna (*boundary face*)

Stěna, dvourozměrné topologické primitivum, která je použita v 3D reprezentaci hranice prostorové jednotky. Hraniční stěny jsou užity v případech, kdy implicitní svislé a neohraničené stěny řetězce hraničních stěn nepostačují k popisu 3D prostorových jednotek. Hraniční stěny uzavírají objemy do výšky (např. každého bytového podlaží) nebo do hloubky (např. podzemní parkovací garáže), nebo formují ohraničený objem v jakémkoliv jiném směru. Objemy reprezentují právní prostor, na rozdíl od fyzického prostoru (ČSN EN ISO 19152).

4.4. Kombinace 2D a 3D reprezentace

LADM nabízí vedení prostorových dat ve 3D, avšak není vždy nutné uchovávat prostorové jednotky ve 3D po celém území, pro vybrané lokality může být naopak vhodnější použití 2D reprezentace. To vede k otázce, je-li možné vedle sebe vést data různých dimenzí? Struktura LADM tuto možnost nabízí. Můžeme společně vést například prostorová data rozlehlých lánů vedených ve 2D a data o složitých stavbách měst ve 3D. Nastává však problém při přechodu z 2D na 3D prostorovou jednotku. V tomto případě (pro přechod mezi 2D a 3D prostorovými jednotkami) je nutné použít prahové (*liminal*) prostorové jednotky představující kombinaci řetězců hraničních stěn a svislých hraničních stěn. Sousední 3D prostorová jednotka totiž obsahuje větší počet hraničních stěn ve svislém směru, například boční stěny nad sebou sousedících bytů. Příklad je zobrazen na obrázku 14. U prahové prostorové jednotky dojde tedy ke vzniku řetězce hraničních stěn, který v části, kde sousedí s jednotkou vedenou ve 3D, musí být rozdělen ve svislém směru na více částí – svislé hraniční stěny. Tyto svislé hraniční stěny musí být plně definovány od (nedefinované) nejvzdálenější horní hranice po (nedefinovanou) nejvzdálenější dolní hranici.



Obr. 14: Rozhraní 2D a 3D prostorových jednotek (ČSN EN ISO 19152).

Zda se jedná o prostorovou jednotku s reprezentací ve 2D, prahovou jednotku nebo prostorovou jednotkou s reprezentací ve 3D, poznáme podle hodnoty atributu *dimension* ve třídě *LA_SpatialUnit*.

4.5. Prototyp 3D katastru na základě topologie

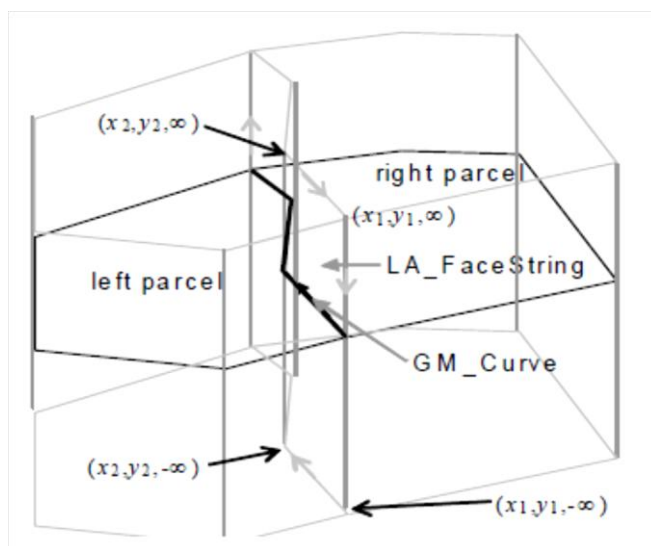
Norma ČSN EN ISO 19152 specifikuje šest různých úrovní reprezentace parcel, ale pouze dvě úrovně nabízí v kontextu prostorové evidence širší uplatnění. Jsou to reprezentace na polygonu založená a na topologii založená.

4.5.1. Prostorová jednotka na polygonu založená

Jedná se o prostorovou jednotku (2D, 3D nebo kombinace) vyjádřenou pomocí uzavřené křivky tvořící její hranice. Uzavřená křivka představuje ve 2D polygon, v případě 3D tvoří hraniční křivky mnohostěn. Sousedící prostorové jednotky však tvoří samostatné entity bez topologických vztahů. K prostorové jednotce náleží podle LADM prostor nad ní a pod ní, a proto ohraničující křivkou prochází svislé plochy (*LA_BoundaryFaceString*) vymežující tento prostor (obrázek 13). V tomto případě je považován *LA_BoundaryFaceString* za soubor ploch. Přímka tvořená body (x_1, y_1) a (x_2, y_2) definuje dílčí plochu tvořenou body $(x_1, y_1, -\infty)$, $(x_2, y_2, -\infty)$, (x_2, y_2, ∞) a (x_1, y_1, ∞) . Směr této dílčí plochy je po směru hodinových ručiček, neboť se jedná o pohled zevnitř parcely (Thompson a van Oosterom, 2011). Je-li prostorovou jednotkou budova, situace je jiná. Její rozměry ve vertikálním směru jsou konečné, ale právní prostor nad a pod budovou může být opět zasahující do nekonečna.

4.5.2. **Prostorová jednotka na topologii založená**

Hraniční křivku prostorové jednotky (2D, 3D nebo kombinace) definované pomocí topologických vztahů tvoří tzv. okřídlené hrany. K samotné informaci o poloze se totiž pro takovou hranu uchovává její směr a orientace k přilehlým stěnám. Obrázek 15 ukazuje situaci, kdy jedna hrana (geometrie určená typem křivky *GM_Curve*) s počátkem v bodu (x_1, y_1) a koncem v bodu (x_2, y_2) popisuje hranici pro dvě sousedící prostorové jednotky. Odlišnou posloupností, která je určena směrem dané hrany, bodů tvořících společnou hraniční stěnu (*LA_FaceString*) dvou prostorových jednotek lze určit, jaká prostorová jednotka se nachází vpravo nebo vlevo od hrany. Jedna prostorová jednotka je vymezena hraniční stěnou definovanou posloupností bodů $(x_1, y_1, -\infty)$, $(x_2, y_2, -\infty)$, (x_2, y_2, ∞) a (x_1, y_1, ∞) . Druhá prostorová jednotka má naproti tomu hraniční stěnu definovanou posloupností bodů (x_1, y_1, ∞) , (x_2, y_2, ∞) , $(x_2, y_2, -\infty)$ a $(x_1, y_1, -\infty)$.



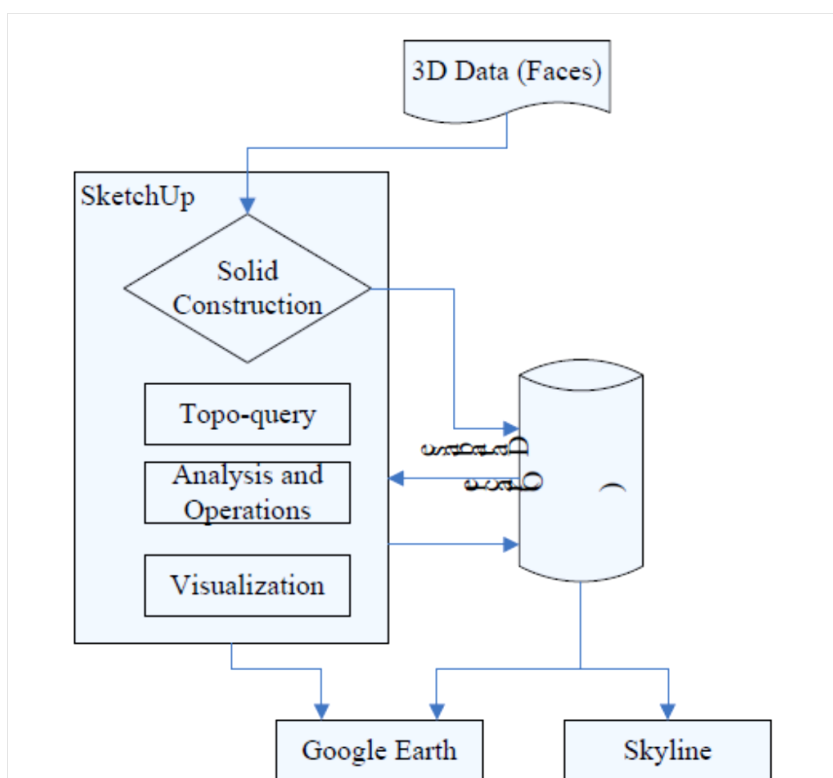
Obr. 15: Příklad vyjádření hranice prostorové jednotky na topologii založené
(Thompson a van Oosterom, 2011).

Prototyp 3D katastru na základě LADM a 3D topologie byl vyvinut ve spolupráci nizozemských a čínských expertů. Pro použití topologického modelu pro 3D katastr, územní plánování a řízení bylo rozhodnuto zejména na základě těchto tří důvodů (Ying, van Oosterom a kol. 2011):

- využití zaměřených hranic ke generování 3D prostorových objektů,
- uchovávat 3D vyjádření povrchů 3D objektů odděleně od jejich atributů,

- zajištění rychlých topologických dotazů, interakce a správy uživatele.

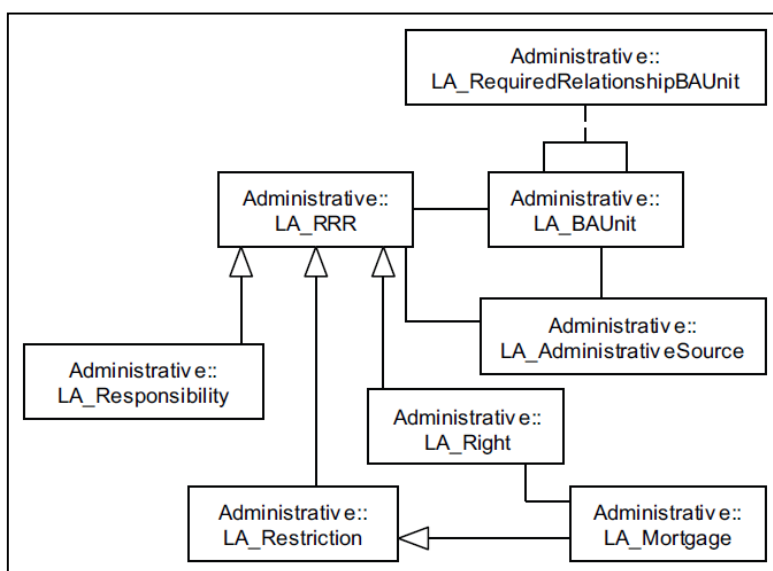
Pro uchování reálných souřadnic slouží pouze topologický element *Node* a ostatní topologické elementy (*Edge*, *Face*, *Body*) se používají k popsání vzájemných vztahů prostorových jednotek. Prostorová data, se kterými prototyp 3D katastru pracuje, musí splňovat řadu kritérií, např. každý polygon musí být uzavřený, nesmí se vyskytovat volné vrcholy, atd. Aby byla taková vstupní data konzistentní a splňovala daná kritéria, je potřeba provést jejich předzpracování. Po předzpracování již mohou být vytvářeny prostorové objekty se vzájemnými topologickými vztahy. Na obrázku 16 je znázorněn rámeček prototypu 3D katastru. Data ve 3D jsou zpracována CAD software SketchUp (v7.0), který pracuje s topologickou strukturou a umožňuje nad těmito daty provádět analýzy a topologická dotazování. Databázový systém Oracle 9i zajišťuje uložení a správu dat. K vizualizaci slouží software Google Earth nebo Skyline.



Obr. 16: Rámeček prototypu 3D katastru (Ying, van Oosterom a kol. 2011).

4.6. Vlastnictví, práva, omezení a odpovědnosti

K evidenci pozemku, jakožto části zemského povrchu, je nutné dodat další důležité informace, jako například informace o vlastníkovi, příslušná práva, omezení nebo odpovědnosti. Pro propojení prostorové jednotky s uvedenými údaji slouží základní správní jednotka (*LA_BAUnit*), na kterou jsou dané informace navázány. Základní správní jednotka tedy nese informaci o vztazích právech. S touto správní jednotkou je pak propojena prostorová jednotka, která nese informaci o poloze. Z definice LADM musí být základní správní jednotka asociována alespoň s jednou instancí práva, omezení nebo odpovědnosti.



Obr. 17: Základní třídy balíčku *Administrative* (ČSN EN ISO 19152).

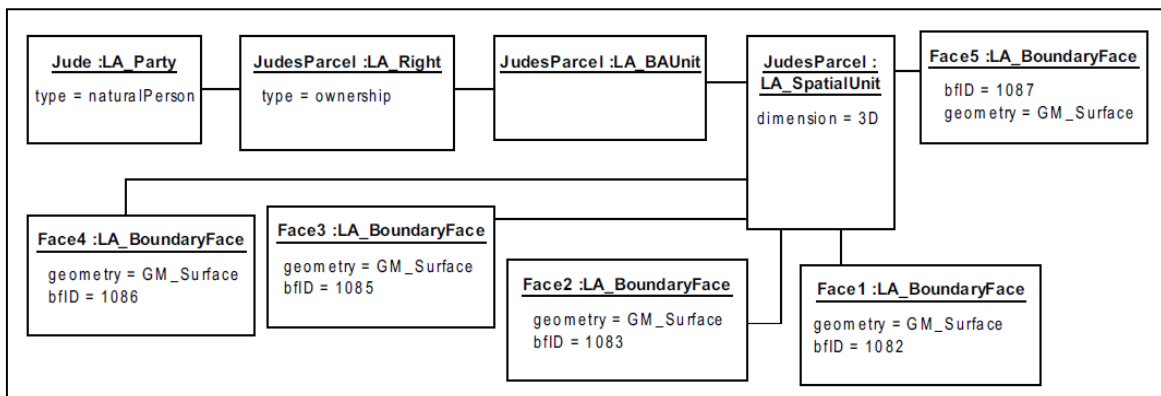
Vztahy základních tříd v balíčku *Administrative* popisuje obrázek 17. Vztah *LA_RRR* a *LA_BAUnit* je podstatným pro popis práv, odpovědností nebo omezení k dané základní správní jednotce. Třída *LA_RRR* je abstraktní třída, netvoří tedy žádné instance, ale sdružuje třídy práv (*LA_Right*), odpovědností (*LA_Responsibility*) a omezení (*LA_Restriction*). Zobrazená třída *LA_Mortgage* představuje zástavu, podtřídou třídy omezení a zároveň je asociována s třídou *LA_Right*, jelikož zástava může být spojena s právem, jenž se stalo předmětem zástavy.

Nedílnou součástí evidence pozemků je samozřejmě evidence jejich vlastníků popřípadě těch, jenž daný pozemek užívají. Tyto dvě evidence propojují jednoznačné asociace,

aby bylo možné zjistit pro daný pozemek vlastníka (uživatele) nebo ze znalosti vlastníka (uživatele) pozemek s ním spjatý. Zde se mluví o straně (*Party*), jenž představuje osobu nebo organizaci, ke které se daná práva vztahují. 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). Základní správní jednotka může být také evidována jako strana, neboť může být držitelem práva, například břemene. Z diagramu tříd pro prostorovou jednotku (obrázek 11) lze vyčíst, že strana není přímo propojena s prostorovou jednotkou, ale s abstraktní třídou *LA_RRR*. Strana se, pokud není stranou základní správní jednotka, pojí s alespoň jedním druhem práva (vlastnické nebo užívací právo k pozemku), odpovědností nebo omezením. Jak už bylo popsáno, základní správní jednotka představuje předmět registrace sestávající se z jedné nebo více prostorových jednotek, popřípadě také z žádné jednotky.

4.7. Příklad vlastnictví pozemku

Celkový pohled na vzájemné asociace mezi základními třídami je možné vyčíst z následujícího příkladu (obrázek 18). Jedná se o vlastnictví pozemku vedeného ve 3D jednou osobou.



Obr. 18: Příklad vlastnictví 3D prostorové jednotky (ČSN EN ISO 19152).

Uvedený příklad popisuje fyzickou osobu jménem Jude, tedy instanci třídy *LA_Party* (strana). O jaký typ strany se jedná, např. fyzická nebo právní osoba, uchovává atribut *type*. Třída *LA_Party* je propojena asociací s třídou *LA_Right* (právo), kde je popsán druh práva, zde právo vlastnické. Právo vlastnické se pojí k základní správní jednotkou, tedy instancí třídy *LA_BAUnit*. Její fyzickou podobu popisuje prostorová jednotka,

Ukázkový příklad byl zvolen pro lepší porozumění struktury modelu LADM. Poukazuje na jednoduchý systém evidence pozemku v rámci modelu LADM. V rámci přílohy C normy ČSN EN ISO 19152 jsou uvedeny další názorné příklady využití modelu LADM v reálných situacích.

5. Rešerše stavu 3D katastru v zahraničí

Není nutné vždy zavádět inovativní nové řešení, když je možné se poučit z předchozích zkušeností u jiných vědeckých pokusů nebo si zajistit spolupráci s již zkušeným týmem. Tato kapitola se zaměřuje na postupné zavádění pozemkové evidence ve třech dimenzích v zahraničí a na zkušenosti národních pozemkových registrů s 3D katastrem. Některé vybrané země již aktivně používají evidenci některých prostorových objektů ve třech dimenzích, jiné mají zkušenost se zavedením prototypů na lokální úrovni státu. Významný přehled o stavu 3D katastru v jednotlivých státech světa lze nalézt na (www, 2014).

5.1. Nizozemsko

Nizozemský katastr v otázce 3D katastru hraje v mezinárodním měřítku zřejmě vedoucí roli. Výzkumem pro efektivní zavedení 3D katastru se pracovní týmy zabývají v Nizozemsku již více než deset let (Stoter, van Oosterom a Ploeger, 2012).

5.1.1. Pozemková správa v Nizozemsku

Základním institutem, pod který spadá správa pozemkové evidence, je Kadaster⁵. Kadaster shromažďuje a eviduje prostorová data s vazbou na vlastnictví a práva k nim vztažených. Dále je zodpovědný za údržbu národního referenčního souřadnicového systému, národní mapování, a funguje také jako poradní orgán pro územní plánování a národní prostorové datové infrastruktury. Informace poskytuje zejména pomocí on-line webových služeb.

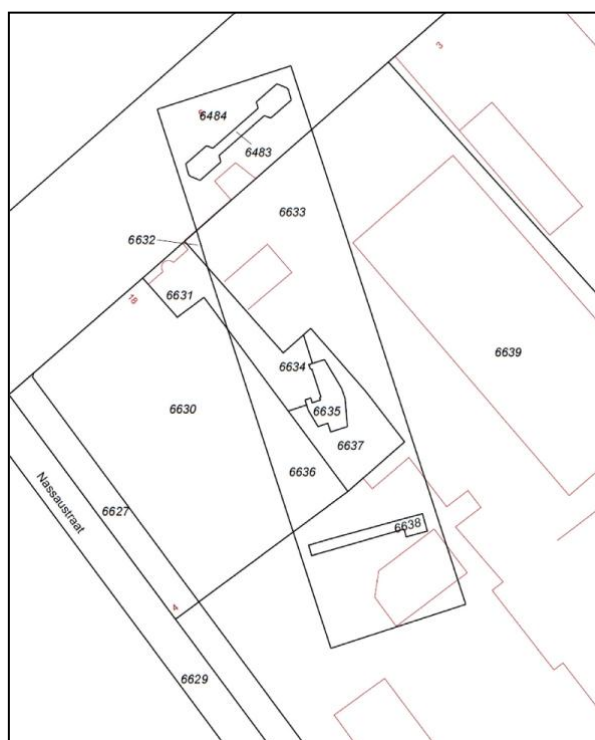
Nizozemské pozemkové právo přejímá pravidlo přístupu k pozemku z římského práva, kdy se stavba stává součástí pozemku. To znamená, že vlastnictvím pozemku, na kterém

⁵ Kadaster: <http://www.kadaster.nl/web/english.htm>

stojí jakákoliv nemovitost nebo je její součástí, znamená vlastnit i tuto danou nemovitost (Stoter, Ploeger a van Oosterom, 2012). Kromě půdy se užívací práva vztahují k vzdušnému prostoru nad pozemkem a podpovrchovému prostoru. K rozdělení stavebních komplexů mezi více majitelů dochází nejčastěji zřízením tzv. kondominia, tedy spoluvlastnictví. Každý majitel například vlastní svoji bytovou jednotku a k tomu navíc společné prostory sdílené společně s dalšími majiteli.

5.1.2. Proces zavádění 3D katastru

Hlavní důvod, proč zavést 3D katastr, vychází z pojmu víceúrovňové vlastnictví (*multi-level property*). Jedná se zejména o efektivní využití prostoru, kdy může dojít k situacím, že se jeden objekt nachází nad jiným ve vertikálním směru. V daném případě by základní (2D) katastrální mapa pro zobrazení takového stavu nejspíše nestačila nebo by byla přinejmenším hůře čitelná bez znalosti reálné situace. Obrázek 20 zobrazuje danou situaci překrývajících se budov ve vertikálním směru.



Obr. 20: Příklad překrývání budov ve městě Rotterdam (Stoter, van Oosterom a Ploeger, 2012).

Vývoj technologií na jedné straně a katastru a práv na straně druhé přináší při realizaci 3D katastru určité nejistoty. Proto je nutné zajistit součinnost zástupců technologického a právního vývoje. Pro splnění těchto nejistot je navrhované řešení 3D katastru v Nizozemsku rozděleno na dvě fáze. Cílem první fáze je získat zkušenosti s vedením 3D katastru nemovitostí. Druhá fáze se zaměří na pokročilejší řešení 3D katastru, které bude plnit 3D katastrální registraci na základní úrovni (Stoter, van Oosterom a Ploeger, 2012). To znamená, že nejprve je nutné získat zkušenosti s prostorovou evidencí ve 3D, a až poté zahrnout výsledná řešení do legislativy a samotné správy pozemkové evidence.

První fáze řeší zejména postup, jak evidovat budovy rozčleněné do více vlastnických jednotek, například budovy rozdělené na víc bytových jednotek. V případě 2D evidence se jedná o systém náčrtů jednotlivých poschodí, který nám dá základní informaci o členění budovy. Vzhledem k vzrůstající složitosti členění budov však nemusí být tento model v budoucnu dostatečně čitelný. Při praktické realizaci je cílem, aby generování 3D dat nebylo příliš nákladné. První fáze využívá jednoho z konceptuálních modelů LADM, kdy jsou jednotlivé prostorové objekty prostorové evidence rozděleny do různých úrovní podle dimenze. Je-li daný objekt nutné vést ve 3D, odkazuje 2D mapa na 3D kresbu (v tomto případě byla použita technologie 3D PDF firmy Adobe), tedy na jinou úroveň. Toto řešení navíc zapadá do dosavadní struktury právního a katastrálního rámce Nizozemska, a jen ji tak doplňuje o třetí rozměr. Zajímavým výstupem první fáze je zjištění, že náklady na generování 3D dat, ve výše zmíněné podobě, se moc neliší od nákladů na generování stejných dat pro 2D evidenci (Stoter, van Oosterom a Ploeger, 2012).

První fáze byla zaměřena rovněž na vizualizaci dat. Stejně tak je nutné data zkontrolovat z hlediska přesnosti a vzájemné návaznosti, např. jestli se navzájem nepřekrývají právní prostory prostorových objektů. Dále se musí změnit generování 3D dat, aby vznikla faktická 3D katastrální mapa. První fáze totiž řeší 3D data jako oddělenou vrstvu od stávající katastrální 2D mapy. Nizozemský katastr musí dále vybrat možnost, v jakém formátu 3D data povede, např. CityGML, IFC (*International Foundation Class*). V současnosti Kadaster nezaručuje, že údaje v mapě odráží reálnou situaci, což by mělo být změněno se zaváděním 3D evidence. Cílem druhé fáze je zejména zakotvení 3D katastru v legislativě Nizozemska a s aspektem na výše popsané technické záležitosti.

5.1.3. Získané zkušenosti

Vývoj 3D katastru v Nizozemsku využívá možnosti konceptuálního modelu LADM popsaných v ISO 19152 a čerpá i z dalších norem ISO. Nizozemský přístup k evidenci 3D katastru může být při úvahách o vedení 3D katastru pro ostatní státy inspirací, i z pohledu dosažených praktických výstupů a zapojení klíčových institucí do vlastního výzkumu a vývoje. Samotný výzkum se týkal možnosti poskytnout 3D data bez nutnosti podniknout legislativní kroky v oblasti pozemkové evidence. Vyzkoušená technologie 3D PDF vázaných odkazem na 2D katastrální mapu není pro budoucí stav vhodná, a je proto nutné přejít k plnohodnotné 3D katastrální mapě. Plnohodnotná 3D mapa však bude náročnější na objemnost dat a na manipulaci s nimi. Proto musí být efektivně vyřešeny v budoucnu otázky, kde a jak uchovávat tyto informace nebo jakým způsobem je poskytnout zákazníkovi.

5.2. Ruská federace

Jedním z vybraných příkladových států pro popis stavu tvorby a implementace 3D katastru do stávající pozemkové evidence je Ruská federace. Rusko má velký zájem na lepším stavu evidence objektů či pozemků s problematickým vyjádřením ve 2D (Vandysheva a kol. 2012).

5.2.1. Pozemková správa v Ruské federaci

Federální agentura pro státní registraci, katastr a kartografii – Rosreestr⁶ je federálním výkonným orgánem spadajícím pod Ministerstvo pro hospodářský vývoj Ruské federace. Základními cíli jsou mimo jiné státní registrace práv k nemovitostem, vedení katastru nemovitostí, průzkum a mapování, a také pozemková správa. Strukturu Rosreestr tvoří hlavní centrála, 82 územních orgánů a více než 6000 úřadů po celé zemi.

Ruská federace usilovně směřuje k 3D katastru z důvodu lepší registrace komplexů budov nebo dalších druhů staveb a podpovrchových sítí, např. kabely a potrubí (Vandysheva, 2012). Stávající katastrální systém používá reprezentaci parcel 2D založenou

⁶ Rosreestr: https://rosreestr.ru/wps/portal/cc_ib_english_version

na polygonech, podle terminologie LADM. Měřítko katastrálních map se pohybuje od 1:2 000 v městských oblastech po 1:10 000 ve venkovských oblastech. Prostorová data a správní (právní) data se uchovávají ve dvou různých databázích. V databázi se uchovává celá historie všech parcel od jejich vzniku. Pro veřejnost jsou data poskytována online na internetu.

Stěžejním zákonem pro ruský orgán Rosreestr se stal v roce 2007 federální zákon č. 221, *O gosudarstvennom kadaстре nedvizhimosti* (zkráceně nazýván Katastrální zákon). Předmětem registrace ruského katastru nemovitostí je podle tohoto zákona pět základních typů objektů (Vandysheva a kol. 2012):

- Parcely
- Budovy
- Bytové jednotky
- Ostatní stavby (např. mosty, potrubí, atd.)
- Rozestavěné objekty (budovy, mosty, potrubí, atd.)

Vzhledem k vzrůstající nedostatečnosti evidence parcel, budov či ostatních objektů ve dvou dimenzích a požadavkům nového zákona, bude nutné přistoupit k plánu vytvořit základy pro 3D katastr.

5.2.2. Pilotní verze

Samotná konstrukce modelu pro 3D katastr vychází z modelu LADM, jenž se stal modelem referenčním, protože již počítá s evidencí ve 3D. Pro vytvoření pilotní verze 3D evidence byly vybrány tři specifické případy z regionu Nizhegorodskaya Oblast, který se nachází východně od hlavního města ruské federace. První případ představuje budova Teledom, s různými přesahy nad okolní parcely (obrázek 21). Jedná se o jeden z mnoha případů, kde by zavedení 3D katastru zpřehlednilo dosavadní 2D digitální katastrální mapu.



Obr. 21: Budova Teledom (Elizarova a kol. 2012).

Druhým případem je bytový komplex s podzemním parkovištěm (obrázek 22). Pokud by byl v tomto případě zaveden 3D katastr, mohly by být znázorněny objekty v digitální katastrální mapě nad zemským povrchem, bytový komplex, a pod zemským povrchem, podzemní parkoviště, současně.



Obr. 22: Fotografie budovy a podzemního parkoviště této budovy (Elizarova a kol. 2012).

Třetí případ představuje podzemní plynovod, který prochází několika parcelami. Plynovod prochází pod povrchem jedné parcely a ve dvou parcelách ústí na povrch vývod plynovodu, tedy počátek a konec. Jedná se tedy o konkrétní část rozvodné sítě.

Pro každý případ byla použita tato vstupní data:

- 3D parcely a související právní informace
- 2D parcely a informace o výšce terénu
- 2D referenční topografická data
- 3D referenční modely (budovy)
- Digitální fotografie

Jako je tomu u ruského 2D katastru i zde by měl být výstup v podobě veřejnosti přístupné webové služby. Základní interakcí s uživatelem je kliknutí myši na 3D symbol. Klikne-li uživatel na tento symbol, dojde k posloupnosti příkazů od webového prohlížeče k webovému serveru, komunikujícím s databází, a ten k uživateli vrátí požadované informace.

Cílem pilotního projektu bylo poukázání na výhody 3D katastru v kontextu s daty, jejichž interpretace ve 2D není dostatečně názorná nebo dokonce možná. Pilotní projekt také nastínil způsob, jakým může být v budoucnosti ruský 3D katastr veden.

5.2.3. *Poznatky a výstupy*

Cílem projektu Modelování 3D katastru v Rusku, na kterém spolupracují partneři z Ruské federace a Nizozemska, má být vytvoření příznivých (právních, institucionálních a technických) podmínek pro zavedení 3D katastru v Rusku (Vandysheva 2012). K tomu, aby bylo možné v budoucnu vést prostorová data ve třech dimenzích, se musí zavést takové metody, které umožňují vyjádření stavu ve 3D:

- Přímé měření ve 3D,
- rychlé, nejlépe automatické, metody převodu 2D dat do 3D,
- postoupení 3D modelů nově stavěných budov pro účely pozemkové správy.

Pilotní projekt vytvořil fungující model potenciálně umožňující vedení 3D katastru. Před zavedením 3D katastru do reálné praxe však bude ještě nutné překonat několik významných překážek. Jednou je zajištění dostatečné úložné kapacity pro velký objem nejen prostorových dat. Dále bude nutné vyřešit, jak bude uskutečněn přenos dat z databází a jejich následná vizualizace pomocí webového prohlížeče. Aby byla data korektní např. z hlediska topologie, bude nutné vytvořit validační nástroj, který zkontroluje správnost vstupních dat do systému a zajistí jejich konzistenci. Problematika zavedení 3D katastru je v souladu se současným inovativním obrazem Rosreestr v oblasti informačních technologií (Elizarova a kol. 2012).

5.3. *Polsko*

Zavedení 3D katastru v Polsku by zpřehlednilo, tak jako i v jiných státech (viz kapitoly 3.1. Nizozemsko a 3.2. Ruská federace), stávající pozemkovou evidenci. Při tvorbě 3D katastru v Polsku bude použito konceptuálního modelu LADM.

5.3.1. *Pozemková správa v Polsku*

Informace o katastrálních parcelách evidují v Polsku dva informační systémy, Katastr nemovitostí (*Land Register*), jehož objekty nemají prostorovou referenci, a Katastr pro pozemky a stavby (*Cadastr for Grounds and Buildings*). Katastr nemovitostí má za úkol získávat, udržovat a poskytovat informace o právních objektech, nemovitostech. Tyto informace se nejčastěji týkají popisu a určení práv, povinností a omezení, včetně hypoték (Bydłozs, 2012). Katastr nemovitostí spravují v Polsku soudy, kdežto Katastr pro pozemky a stavby spravují místní úřady jednotlivých okresů (*powiat*). Objekty spravovány v Katastru nemovitostí jsou nejčastěji nemovitosti. Za nemovitosti se považují parcely, budovy nebo byty. Nejtypičtější nemovitostí je spojení parcely (parcel) a budovy (budov). Parcelou v Polsku rozumíme souvislou zemskou plochu nacházející se v jednom katastrálním území, právně homogenní a oddělenou od okolí hraniční linií.

5.3.2. Předpoklady pro 3D katastr v Polsku

Pro zavedení 3D katastru může být využito buď stávajících prostorových dat a nebo nově vytvořených objektů. Využití stávajících dat a převedení do 3D se zdá být schůdnější cestou. V (Bydłosz, 2012) jsou uvedeny čtyři základní důvody, proč vést polská prostorová data v katastru nemovitostí také ve 3D:

- Odlišný majitel nebo uživatel nemovitosti než jakým je vlastník pozemku, na kterém nemovitost stojí, případně přesah nemovitosti nad jinou parcelu,
- různé počty pater v různých částech budov nebo přidané elementy, např. kolektory mezi budovami nebo cesty pod nadzemními částmi budov,
- odlišná projekce nadzemní a podzemní části budovy v mapě,
- nestandardní tvary budov.

Pro zavedení 3D katastru má Polsko závažné, výše uvedené důvody. K realizaci 3D katastru je však nejprve nutné provést průzkum, studii proveditelnosti, a zjistit tak potřebné informace o různých typech budov či objektů, které vyžadují 3D reprezentaci. Následně přichází na řadu pilotní projekt, který bude v souladu se směrnicí INSPIRE. Polsko, jako každý členský stát Evropské unie, musí tuto směrnici dodržovat, zde konkrétně se specifikacemi Budovy a Parcely. V souladu bude právě také s LADM, neboť se Polsko přidalo ke státům podporující vznik a implementaci tohoto standardu.

5.3.3. Poznatky a výstupy

Nejprve je nutné provést studii proveditelnosti a podle ní vytvořit pilotní projekt. Cílem pilotního projektu by měly být zkušenosti s vedením 3D katastru na vybraných objektech nebo územích v Polsku. Využití znalostí a zkušeností států, zabývajících se také implementací 3D katastru, povede k nalezení efektivního řešení pro polskou pozemkovou evidenci. Pozemková evidence by měla být vedena podle pravidel LADM včetně využití souvisejících modelů, samozřejmě však přizpůsobena pozemkové evidenci v Polsku. Nutné je najít efektivní řešení pro grafickou podobu dat, způsob uchování a jejich následného poskytnutí pro možné uživatele.

6. Vedení inženýrských sítí podle LADM

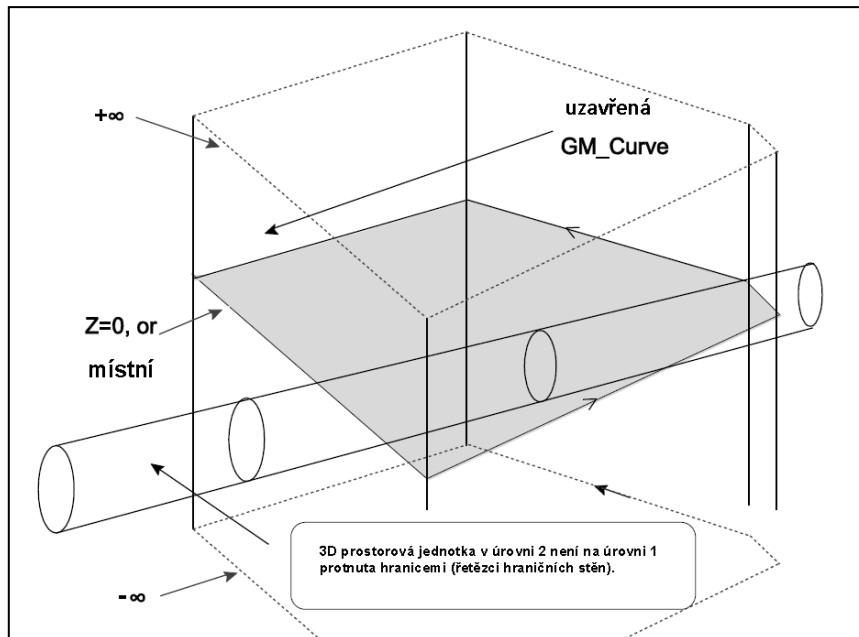
Speciálním případem prostorové jednotky jsou sítě technického vybavení. Sítě technického vybavení se podle LADM míní sít' popisující právní prostor topologie technického vybavení, který se nutně nemusí krýt s fyzickým prostorem takovéto sítě (ČSN EN ISO 19152). Jedná se například o právní prostor potřebný k přístupu k dané technické síti (kabely, potrubí, atd.). Pro model LADM byla zavedena podtřída *LA_LegalSpaceUtilityNetwork* třídy *LA_SpatialUnit* tvořící instance pro jednotlivé druhy sítí technického vybavení.

6.1. Definice pojmu úroveň (level)

Na obrázku 23 lze vidět, že prostorová jednotka sítě technického vybavení nemusí být rozdělena na části podle fyzické hranice jiné prostorové jednotky, kterou protíná. Z obrázku lze dále vyčíst zavedení pojmu úroveň (*level*), jež upravuje organizaci a vzájemné vztahy jednotlivých instancí.

Úroveň (*level*) je množina prostorových jednotek s geometrickou a/nebo topologickou a/nebo tematickou souvislostí (ČSN EN ISO 19152).

Úrovní může být použito ve více významech. Například úroveň 1 by představovaly na bodu založené prostorové jednotky, úroveň 2 na úsečce založené prostorové jednotky a třetí úroveň na polygonu založené prostorové jednotky (ČSN EN ISO 19152). Díky oddělení úrovněmi jsou oddělené i možné konfliktní vztahy mezi nimi, jak je tomu na obrázku 23. Kdyby totiž byly obě úrovně spojeny do jedné, došlo by například ke křížení jednoho prostorového objektu představujícího sít' technického vybavení s řetězcí hraničních stěn vymežujících parcely. Jiným příkladem použití úrovní může být přiřazení jednotlivých úrovní k určitým časovým obdobím zaznamenávajících pro toto období stav pozemkového vlastnictví.



Obr. 23: Příklad umístění sítě technického vybavení (ČSN EN ISO 19152).

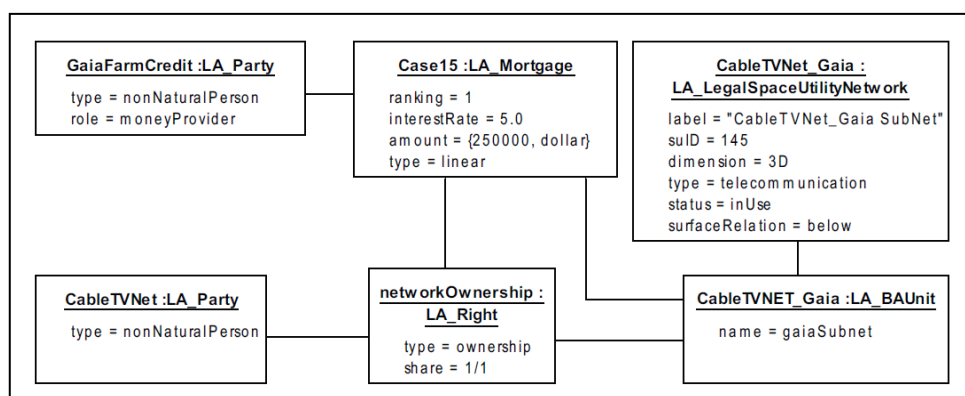
V reálné situaci ve většině případů však dochází k jednoznačnému omezení práv při výskytu sítě technického vybavení nad nebo pod dotčeným pozemkem. Jednoduchým příkladem může být síť elektrického vedení nad zemským povrchem, jehož ochranná pásma omezují některá práva pozemků, nad kterými elektrické vedení vede.

6.2. Technický popis

Jak již bylo zmíněno, LADM se zabývá právním prostorem daných prostorových jednotek, který nemusí nutně pokrývat jejich fyzický prostor. Jedním atributem u třídy *LA_LegalSpaceUtilityNetwork* je *extPhysicalUtilityNetworkID*, který odkazuje na třídu *ExtPhysicalUtilityNetwork* vytvořené pro vnější registraci zobrazovacích dat dané sítě technického vybavení, tzn. směr toku v síti a uvedení organizace odpovědné za síť technického vybavení. Vyplnění tohoto atributu není povinné pouze volitelné. Tento odkaz směřuje na vnější třídu *ExtPhysicalUtilityNetwork* pomocí identifikátoru ID. Dalším důležitým atributem instancí třídy *LA_LegalSpaceUtilityNetwork* je atribut *type*. Tento atribut popisuje, o jaký typ sítě technického vybavení se jedná. Může jít například o síť sloužící k telekomunikaci, teplovody, vodovody, ropovody, sítě el. vedení, atd.

6.3. Příklad sítě technického vybavení

V uvedeném případě (obrázek 24) je předmětem vlastnictví telekomunikační sítě. Vlastníkem této sítě je CableTVNet, právnická osoba. Z instance *LA_LegalSpaceUtilityNetwork* lze vyčíst, že se jedná o podzemní síť (atribut *surfaceRelation*) vedenou ve 3D. Daná síť však figuruje v tomto případě také jako předmět zástavy, což dokazují vztahy mezi instancemi *LA_Mortgage* a *LA_BAUnit* a *LA_Right*. Vlastnické právo je tedy omezeno touto zástavou. Zástava vznikla poskytnutím půjčky právnické osobě CableTVNet od banky (GaiaFarmCredit). V příkladu není rozvedena vlastní geometrie sítě technického vybavení. Asociace mezi *LA_LegalSpaceUtilityNetwork* a *LA_BAUnit* skrývá asociace přes *LA_SpatialUnit*, což lze vidět na obrázku 12. Samotná geometrie právního prostoru je uložena pomocí tříd podbalíčku *Surveying and Representation*, který jsou asociovány s třídou *LA_SpatialUnit*.

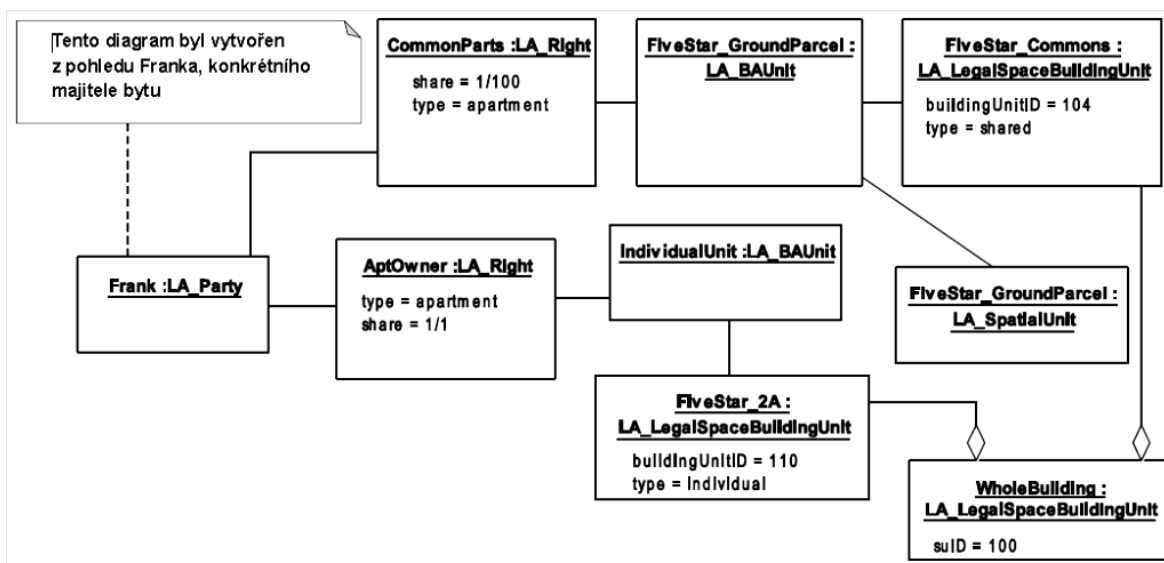


Obr. 24: Příklad sítě technického vybavení (ČSN EN ISO 19152).

7. Jednotky budovy vedené podle LADM

Jednotka v budově, jako specializace prostorové jednotky, je instancí třídy *LA_LegalSpaceBuildingUnit* (ČSN EN ISO 19152). Atribut *extPhysicalBuildingUnitID* slouží k zaznamenání identifikátoru jednotky v budově a je volitelný, neboť zděděný atribut *suID* z třídy *LA_SpatialUnit* postačuje k jedinečné identifikaci jednotky v budově. Atribut *type* určuje, o jaký typ jednotky v budově se jedná, např. soukromá nebo komerční jednotka. Na příkladu (obrázek 25) je ukázáno vlastnictví bytu majitelem jménem Frank. Dům obsahuje byty (jeden patří

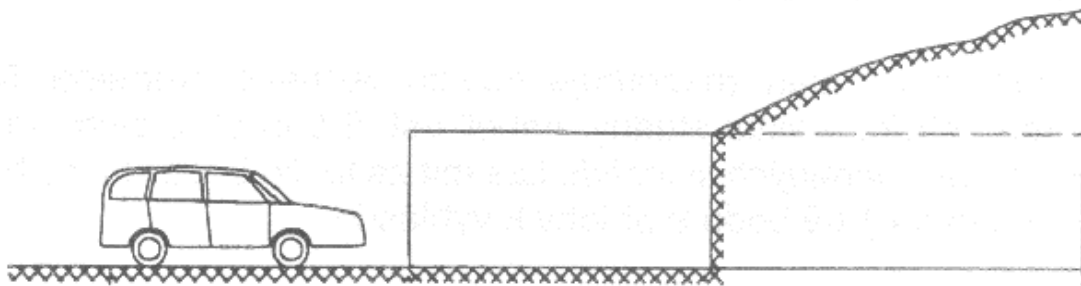
Frankovi), sdílenou jednotku a pozemkovou parcelu. Ke sdílené jednotce a pozemkové parcele mají všichni vlastníci bytů podílové vlastnictví.



Obr. 25: Situace vlastníka bytu v bytovém domě (ČSN EN ISO 19152).

8. Možnosti Oracle Spatial pro implementaci LADM

Hlavním cílem této práce je zahájit diskuzi o 3D katastru v České republice. Je tedy nutné se zaměřit na možnosti implementace konceptuálního datového modelu LADM do stávající datové struktury pozemkové evidence České republiky. Katastr nemovitostí České republiky je v současné době veden převážně počítačovými prostředky. Informační systém katastru nemovitostí (ISKN) je integrovaný informační systém zřízený pro podporu výkonu státní správy a k zajištění uživatelských služeb katastru nemovitostí (www, 2013). Tento systém je vytvořen nad databázovým systémem Oracle s využitím nadstavby Spatial pro prostorová data. Popisná (SPI) i prostorová (SGI) data jsou uložena společně v databázi Oracle, kde pro grafická data se využívá rozšíření Oracle Spatial (Souček a Formánek, 2012). Vzhledem k robustnosti spravovaných dat ISKN, není příliš pravděpodobné, že by v blízké budoucnosti došlo ke změně databázového systému na místo stávajícího systému Oracle. Následující případ slouží ke zjištění možností Oracle Spatial pro implementaci LADM. Jedná se o vlastnictví garáže částečně zapuštěné ve svahu, který je však vlastněn jinou osobou (obrázek 26).



Obr. 26: Příklad vlastnictví garáže zapuštěné ve svahu (Bumba, 1999).

8.1. Oracle Spatial

Oracle Spatial je integrovaná množina funkcí, procedur, operátorů, podpůrných utilit, mechanismu prostorového indexování a schématu geometrických datových typů pro rychlý a efektivní způsob uložení, přístup a analýzu prostorových dat v databázi Oracle (Janečka, 2011). Důležité z hlediska této práce je především to, že Oracle Spatial plně podporuje 3D včetně vektorových a rastrových dat, topologie a síťových modelů.

8.2. Datový typ *SDO_GEOMETRY*

Prostorové objekty, kterými mohou být body, mračna bodů, linie, polygony, povrchy a uzavřené plochy, jsou společně ukládány pomocí objektově-relačního datového modelu. Pro vyjádření geometrie prostorového objektu nabízí Oracle Spatial datový prostorový typ *SDO_GEOMETRY*. K popisu prostorových vztahů objektů nabízí *SDO_GEOMETRY* pět atributů:

- *sdo_gtype* – tento atribut popisuje geometrii prostorového prvku čtyřmi číslicemi tvořících řetězec **dltt**, kde **d** identifikuje dimenzi prvku, **l** je využíváno k lineárnímu odkazování a **tt** vyjadřuje geometrický typ (př. linie, polygon, atd.),
- *sdo_srid* – atribut vyjadřuje, jaký souřadnicový systém je použit k popisu geometrického prvku,
- *sdo_point* – atribut sloužící k uložení souřadnic bodu, je-li geometrie prostorového objektu typu bod (*point*),

- *sdo_ordinates* – pomocí tohoto atributu se uchovávají souřadnice všech elementů prostorového objektu, respektive se tak ukládají souřadnice bodů vyjadřujících geometrický popis daného prostorového objektu,
- *sdo_elem_info* – tento atribut blíže specifikuje způsob uložení souřadnic v atributu *sdo_ordinates*.

Velmi důležitou vlastností Oracle Spatial je prostorové indexování prostorových objektů uložených v databázi. Prostorový index snižuje čas k vyhledávání určitých prostorových objektů s požadovanou vlastností. Oracle Spatial podporuje k vyhledávání pomocí prostorové složky objektů dva prostorové indexy (Linhartová, 2013):

- *Quadtree* – neboli čtyřstrom, používá dlaždicové indexy, ale jeho použití není Oracle Spatial doporučeno,
- *R-tree* – pro každou geometrii vytváří minimální ohraničující obdélník/kvádr.

V kapitole 4.5. Prototyp 3D katastru na základě topologie této práce je poukázáno, že nejvhodnějšími způsoby reprezentace 3D prostorových objektů jsou na polygonech založená a na topologii založená reprezentace. Oracle Spatial umožňuje uložit, spravovat a analyzovat prostorová data ve zmíněných reprezentacích. Všechna geometrická data v rámci jedné vrstvy musí mít stejný počet dimenzí, nemohou být tedy v jedné vrstvě uchována například dvojdimenzionální a trojdimenzionální data (Janečka, 2009). Je tedy nutné, aby byla data v různých dimenzích striktně oddělena do vrstev s jednotnou dimenzí. V případě Oracle Spatial se na sloupec typu *SDO_GEOMETRY* dané tabulky, kde mají veškeré zaznamenané objekty shodnou množinu atributů, nahlíží jako na vrstvu.

8.3. Datový typ *SDO_TOPO_GEOMETRY*

Pro reprezentaci prostorových objektů založenou na topologii je v Oracle Spatial určen datový typ *SDO_TOPO_GEOMETRY*. Typ *SDO_TOPO_GEOMETRY* je identifikován těmito atributy (Janečka, 2009):

- *TG_TYPE* – atribut popisuje typ geometrie topologického prvku. Nabývá hodnoty **1** pro bod (*point*) nebo vícenásobný bod (*multipoint*), hodnoty **2** pro liniový řetězec (*line string*) nebo řetězec vícenásobné linie (*multiline string*), hodnoty **3** pro polygon (*polygon*) nebo vícenásobný polygon

(*multipolygon*) a nebo hodnoty **4** pro heterogenní kolekci (*heterogeneous collection*),

- *TG_ID* – atribut unikátního identifikátoru (generovaného Oracle Spatial) pro geometrii topologického prvku,
- *TG_LAYER_ID* – atribut identifikátoru topologické vrstvy (automaticky generovaného Oracle Spatial a unikátního pro danou vrstvu), do které daný topologický prvek náleží,
- *TOPOLOGY_ID* – unikátní identifikátor topologického prvku automaticky generovaný Oracle Spatial.

Oracle Spatial dovoluje uložit topologickou strukturu dat pomocí tzv. „okřídlené hrany“. Principem okřídlené hrany je pomocí základních topologických primitiv (uzel, hrana, stěna) uložit do databáze sousedící hrany vpravo a vlevo od začátečního a koncového uzlu hrany a sousedící stěny dané hrany. Více je možno nalézt v (Janečka, 2009).

8.4. Na polygonech založená reprezentace

V popisu reprezentace založené na polygonu v kapitole 4.5. Prototyp 3D katastru na základě topologie této práce je uvedeno, že daný polygon je určen hraniční uzavřenou křivkou pro 2D a hraničními plochami tvořících uzavřený objem v případě 3D. Pro evidenci, reprezentující polygon nebo mnohostěn, je nutné nejprve určit, jaký datový typ bude k reprezentaci prostorového objektu používán. V úvodu kapitoly by zmíněn datový typ *SDO_GEOMETRY*, který vyhovuje pro účely evidence pomocí reprezentace na základě polygonu. Danou hraniční křivku reprezentují lomové body, jejichž poloha je zaznamenána atributem *sdo_ordinates*. V kapitole 4.3. Reprezentace prostorových jednotek této práce je však popsáno, že hraniční křivka je interpretována pomocí svislé hraniční stěny.

Nejprve je nutné uložení lomových bodů do jedné tabulky, tedy instancí třídy *LA_Point*, pomocí geometrického typu *POINT* datového typu *SDO_GEOMETRY*. Hraniční stěny (*LA_BoundaryFace*) nebo řetězce hraničních stěn (*LA_BoundaryFaceString*) jsou dále uloženy v tabulkách opět pomocí datového typu *SDO_GEOMETRY* s asociací k tabulce s uloženými lomovými body. Podle LADM je hranice prostorové jednotky vyjádřena

křivkou *GM_MultiCurve* (popis v ČSN EN ISO 19107) v základní úrovni (použití geometrického typu *MULTICURVE* datového typu *SDO_GEOMETRY*) pro řetězec hraničních stěn a povrchem *GM_Surface* (popis v ČSN EN ISO 19107) pro hraniční stěnu (použití geometrického typu *SOLID* datového typu *SDO_GEOMETRY*). V případě řetězce hraničních stěn je nutné rozšíření popisu hranice z křivky do plochy, tedy definování vertikálního uzavřeného polygonu s průnikem v hraniční křivce pomocí geometrického typu *SURFACE* datového typu *SDO_GEOMETRY*.

Zásadní problém však nastává při interpretaci hraniční stěny, která má souřadnici výšky určenou v nekonečnu pro horní a spodní část stěny, jak je naznačeno na obrázku 13. V takovém případě však není možné nastavit v souřadnici výšky hodnotu nekonečno. Musí být tedy zvolena ekvivalentní hodnota, například střední hodnota výšky atmosféry nad zemským povrchem, respektive hranice zemské kůry pod zemským povrchem. Je také možno použít vyjádření pomocí homogenních souřadnic. Oracle Spatial umožňuje ukládat bod o čtyřech souřadnicích, otázkou však je, do jaké míry by fungovala praktická realizace včetně prostorového indexu nad takovými daty. Problematikou využití homogenních souřadnic při realizaci 3D katastru se zabývá článek (Iván, 2012).

8.5. Na topologii založená reprezentace

Princip uložení topologické struktury v Oracle Spatial, založeném na topologických primitivech, je blíže popsán v (Janečka, 2009). V případě 2D topologické reprezentace určuje geometrii hranice (třída *LA_BoundaryFaceString*) datový typ *GM_MultiCurve* (více v ČSN EN ISO 19107) a u 3D topologické reprezentace hranice (třída *LA_BoundaryFace*) datový typ *GM_Surface* (více v ČSN EN ISO 19107). Hraniční křivka je opět interpretována pomocí hraniční stěny.

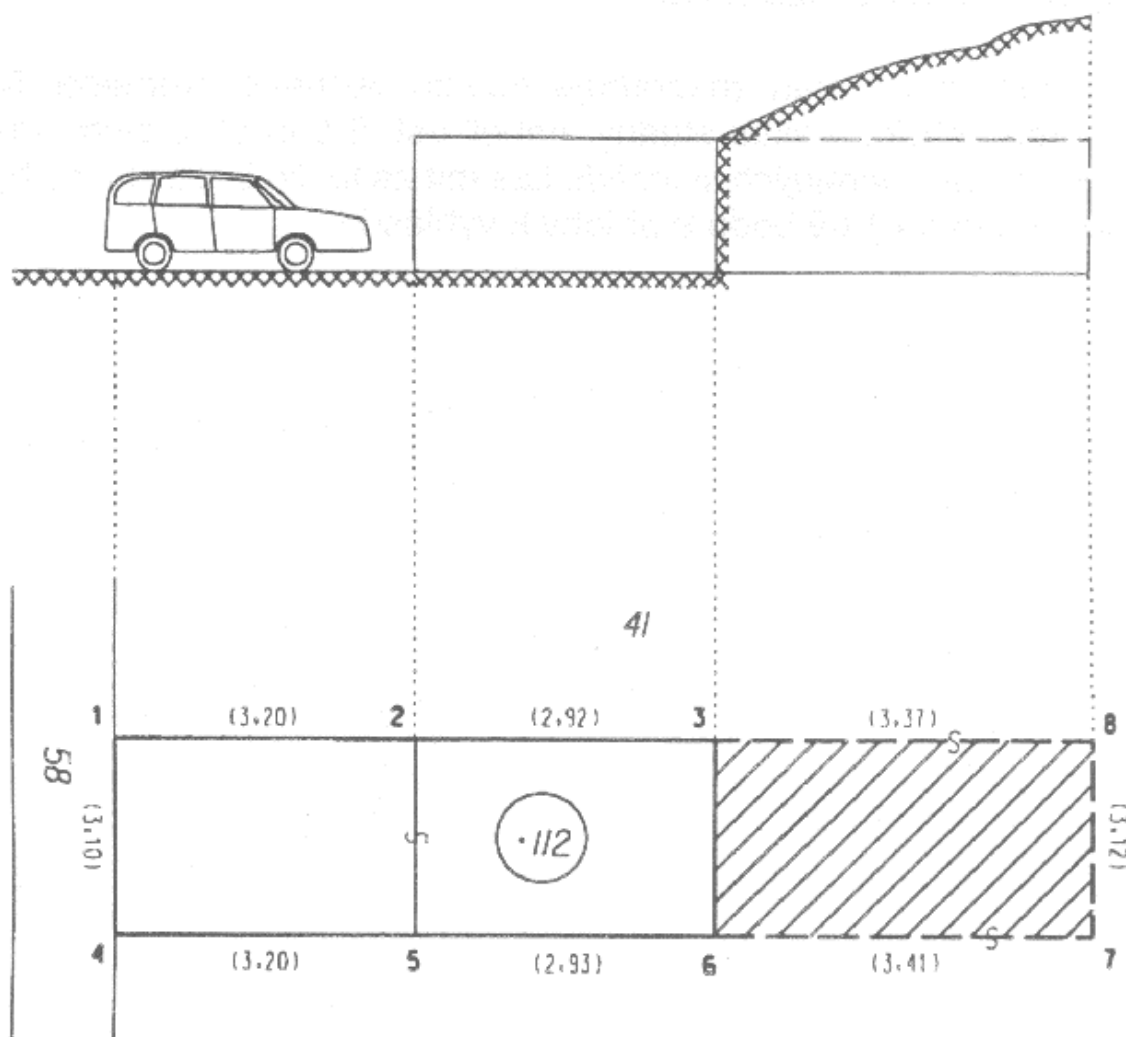
V topologické struktuře sice nejsou jednotlivé prostorové objekty samostatnými entitami bez vzájemných vztahů, jejich vztahy jsou dané topologií, ale i v tomto případě zůstává otázkou hodnota souřadnice výšky v nejvyšší a nejnižší části hraniční stěny, respektive řetězce hraničních stěn. Pokud se jedná o hraniční stěnu s konečnou souřadnicí výšky, například u bytové jednotky, je tento problém vyřešený. Nikoliv však u prostorového

objektu s hodnotou výšky rovnu nekonečnu (může nastat plus i minus nekonečno). Jak bylo řečeno v předchozí podkapitole, řešením může být zavedení homogenních souřadnic.

8.6. Ukázkový případ

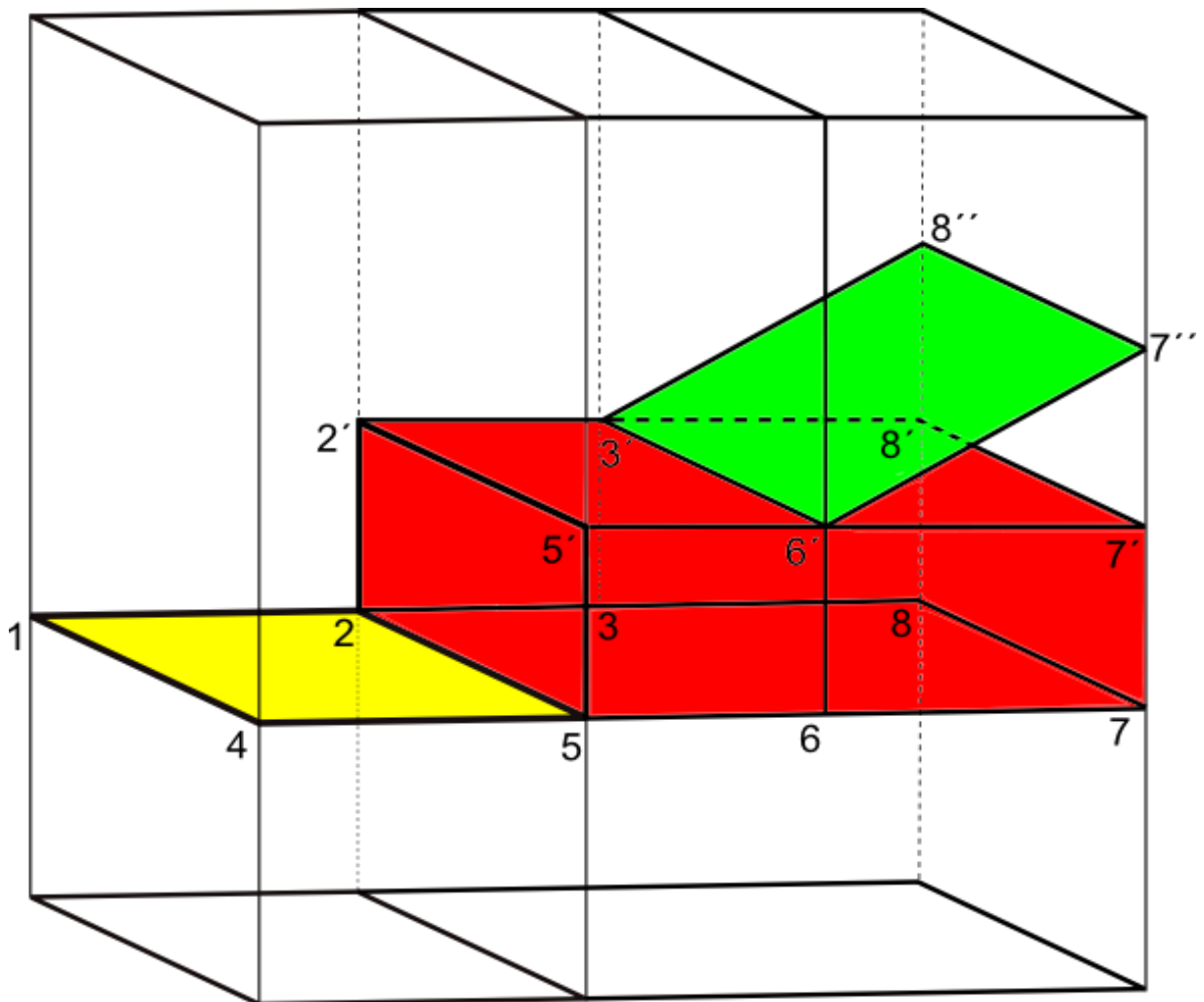
Na obrázku 26 je zachycena situace vlastnictví garáže. Z hlediska vlastnických vztahů mezi vlastníkem garáže a sousedního pozemku komplikuje situaci fakt, že garáž je částečně zapuštěna do svahu. Omezuje tedy vlastníka pozemku ve svahu ve výkonu některých práv, např. vlastník nemůže na svém pozemku zřídit studnu.

Současná digitální katastrální mapa takový stav nezobrazuje, omezuje se pouze na nadzemní stavby. V publikaci (Bumba, 1999) autor uvádí příklad, jakým způsobem by mohla být v katastrální mapě zaznamenána zmíněná situace. Mohl by být zřízen institut věcného břemene na část garáže nacházející se ve svahu, který by byl zakreslen do geometrického plánu, tak jak tomu je na obrázku 27. Ani tento způsob zobrazení garáže zapuštěné částečně do svahu však přehledně nevystihuje situaci. V tomto případě by danou situaci mohl nejpřehledněji zobrazit 3D katastr.



Obr. 27: Zaznamenání věcného břemene v geometrickém plánu (Bumba, 1999).

Obrázek 28 zobrazuje situaci garáže zapuštěné částečně ve svahu v 3D nákresu. Nákres je pouze schematický, neodpovídá přesně rozměrům uvedeným v obrázku 27, neboť účelem je názorně ukázat přehlednost situace zobrazené ve 3D. Čísla lomových bodů parcel jsou převzata z obrázku 27 a jsou rozšířena o další čísla takových lomových bodů, které byly doplněny na základě vyjádření stavu ve 3D (např. čísla lomových bodů 3', 4', atd.). Budova garáže je v tomto případě jasně a viditelně ohraničena plochami spojující lomové body garáže. Nemůže tedy dojít k situaci, že by vlastník garáže mohl teoreticky rozšiřovat prostor garáže do libovolné hloubky svahu, a přesto neporušit vlastnická práva dotčené sousední parcely ve svahu. Situace na obrázku 28 dále vystihuje právní prostor nad a pod pozemky v souladu s LADM. Jakým způsobem budou prostorová data uložena v databázi, určí již správce prostorových dat. Z výše uvedených důvodů lze doporučit reprezentaci na polygonech založené nebo na topologii založené.



Obr. 28: Zjednodušené zobrazení garáže zapuštěné ve svahu ve 3D (Vlastní zpracování).

Podle obrázku 28 je zřejmé, že vzniknou tři prostorové objekty. Prvním je prostor před garáží, vyznačený žlutou barvou. Podle LADM by se jednalo o 2D prahový prostorový objekt, jinak též *liminal*, neboť se nachází v sousedství objektu evidovaného ve 3D. Budova garáže je vyznačena červenou barvou. Pozemek nacházející se nad částí garáže je zvýrazněn barvou zelenou a jedná se o pozemek vedený jako 3D prostorový objekt, neboť podle LADM ho nelze považovat ani za 2D ani za prahový (*liminal*) prostorový objekt. Zde je tak ukázána výhoda možnosti vést vedle sebe prostorové objekty v různých dimenzích. Současná 2D pozemková evidence tedy představuje zdroj prostorových dat, který může být v požadovaných případech doplněn o 3D data a převeden do společného konceptuálního datového modelu LADM. Nedošlo by tak ke ztrátě existujících prostorových dat, jen k jejich doplnění. Naznačený prostor nad a pod danými prostorovými objekty představuje právní prostor náležící zmíněným prostorovým objektům.

9. Závěr

Hlavním cílem této práce je upozornit na přínosy zavedení 3D katastru a zahájit na toto téma diskuzi v České republice. Jakkoliv se může zdát zavedení 3D katastru utopickým snem, zkušenosti z pilotních projektů napovídají, že se jedná o reálný a splnitelný cíl. Výhody zavedení 3D katastru jsou nesporné. Na druhou stranu je ale nutné dodat, že zavedení 3D katastru přináší i různá omezení, například zvýšení objemu evidovaných dat, větší náročnost na hardware nebo potřeba vyspělejších software. Lze se domnívat, že tyto důvody však s ohledem na rychle se rozvíjející počítačový průmysl postupně vymizí.

Norma ČSN EN ISO 19152 je stěžejním standardizačním nástrojem, který pomocí konceptuálního datového modelu realizuje myšlenku možnosti evidence prostorových jednotek také ve 3D. Nejen že tato norma podporuje evidenci prostorových objektů ve 3D, ale také navazuje na současný trend harmonizace datových sad prostorových objektů na úrovni mezinárodní spolupráce. Z pozitivních výsledků výzkumné činnosti zahraničních pracovních týmů věnujících se 3D pozemkové evidenci je možné čerpat velmi cenné informace a zkušenosti. Na základě normy a normou publikovaného konceptuálního datového modelu jsou vyvíjeny národní prototypy 3D katastru v řadě zemí, nejen ve státech, které zmiňuje kapitola 5. Na rozdíl od České republiky je téma 3D katastru v zahraničí rozvíjeno a zkoumáno již řadu let.

Zmíněný databázový systém Oracle s nadstavbou Spatial umožňuje ukládání 3D prostorových dat včetně vytváření analýz a prostorových operací nad těmito daty. Na vybrané ukázce garáže částečně zapuštěné ve svahu jsem ukázal možný přínos pozemkové evidence vedené ve 3D. Ve většině případů by pozemková evidence vedená ve 3D zpřehlednila situaci vlastnictví prostorových jednotek. To vše za předpokladu, že by taková evidence byla využita v případech, kde pozemková evidence ve 2D není dostatečně přehledná. Pozemková evidence nemusí být nutně vedena pouze ve 3D, ale může být kombinací 2D a 3D. Takový stav popisovaný konceptuální datový model LADM dovoluje.

Závěrem je důležité poukázat na možnost rozvést problematiku 3D prostorové evidence a navázat tak na tuto práci. Nabízí se navázání spolupráce s pracovními skupinami FIG pro 3D katastr nebo zjištění úrovně shodnosti konceptuálního datového modelu LADM s parcelním datovým modelem České republiky.

10. Literatura

- [1] About Kadaster. *Kadaster* [online]. [cit. 2014-05-11]. Dostupné z: <http://www.kadaster.nl/web/english.htm>.
- [2] BUMBA, Jan, 1999. *Věcné břemeno v katastru nemovitostí a geometrickém plánu*. Zdíby: Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, 54 s., 12 obr. příl. ISBN 80-858-8113-6.
- [3] BYDŁOSZ, J., 2012. The Cadastre in Poland – The Current Status and Possibilities of Transformation into 3D One. [online], s. 9 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: http://www.fig.net/pub/fig2012/papers/ts04c/TS04C_bydlosz_5809.pdf.
- [4] ČSN EN ISO 19106. *Geografická informace – Profily*. Česká republika: Český normalizační institut, 2005.
- [5] ČSN EN ISO 19107. *Geografická informace - Prostorové schéma*. Česká republika: Český normalizační institut, 2005.
- [6] ČSN EN ISO 19152. *Geografická informace – Model domény Správa pozemků (LADM)*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [7] ELIZAROVA, G. et al., 2012 -Dutch Project “3D Cadastre Modelling in Russia“. [online], s. 16 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.cadastre2012.org/paper/Russian-Dutch%20Project%20%E2%80%9C3D%20Cadastre%20Modelling%20in%20Russia%E2%80%9D.pdf>.
- [8] EVROPSKÁ KOMISE. *Core Conceptual Model for Land Parcel Identification System (LCM)*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2009. Dostupné z: http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CDQQFjAA&url=http%3A%2F%2Fmars.jrc.ec.europa.eu%2Fmars%2Fcontent%2Fdownload%2F1676%2F9118%2Ffile%2F10272pubsy.pdf&ei=vplvU--7IsKu7AaCqIHgDw&usg=AFQjCNG_vLBzFm8pvs7kZdeFVIdmLnPuwg&sig2=4_cCKs0BX7FQXXZejdQLLeA&bvm=bv.66330100,d.ZGU.
- [9] Federal Service for State Registration, Cadastre and Cartography - Rosreestr. [online]. 2012 [cit. 2014-05-11]. Dostupné z: https://rosreestr.ru/wps/portal/cc_ib_english_version.

- [10] Informační systém katastru nemovitostí - ISKN. *Český úřad zeměměřický a katastrální* [online]. 2013 [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: <http://www.cuzk.cz/Katastr-nemovitosti/O-katastru-nemovitosti/Informacni-system-katastru-nemovitosti-ISKN.aspx>.
- [11] INSPIRE Thematic Working Group Cadastral Parcels. D2.8.I.6 INSPIRE Data Specification on Cadastral Parcels – Guidelines [online]. 2009-09-07 [cit. 2012-05-25]. Dostupné z: http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_CP_v3.0.pdf.
- [12] ISO 19152. *Geographic Information - Land Administration Domain Model (LADM)*. Ženeva, 2012.
- [13] IVÁN, G. 3D Cadastre Developments in Hungary. [online]. 2012, s. 14 [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: https://www.fig.net/pub/fig2012/papers/ts06f/TS06F_ivan_6079.pdf.
- [14] JANEČKA, Karel, 2009. *Modelování konzistentní báze geodat na úrovni datového modelu katastru nemovitostí = Modelling of consistent geodatabase on data model of cadastre level*. Plzeň. Disertační práce. Západočeská univerzita, Fakulta aplikovaných věd.
- [15] JANEČKA, K., 2011. *Oracle Spatial: Výukový materiál k předmětu KMA/PDB*. [cit. 2014-04-27].
- [16] LINHARTOVÁ, E., 2013. *Topologické operace ve vybraných software a geodatabázích*. Praha. Dostupné z: http://maps.fsv.cvut.cz/diplomky/2013_DP_Linhartova_Topologicke_operace_ve_vybraných_software_a_geodatabázích.pdf. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze.
- [17] Options for realization. *3D Cadastres* [online]. 2012 [cit. 2014-05-11]. Dostupné z: <http://www.gdmc.nl/3DCadastres/realization/>.
- [18] ORACLE CORPORATION, 2009. *Oracle Spatial User's Guide and Reference* [online]. [cit. 2014-04-27]. Dostupné z: http://docs.oracle.com/cd/B28359_01/appdev.111/b28400.pdf.
- [19] RAK, P., 2012. *Srovnání objektů ve směrnici INSPIRE a OpenStreetMap = Comparing objects in the INSPIRE directive and OpenStreetMap*. Plzeň. Bakalářská práce (Bc.). Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd. Vedoucí práce Otakar Čerba.

- [20] SOUČEK, P. a FORMÁNEK, J., 2012. Data spravovaná resortem ČÚZK jsou stále přístupnější. [online], s. 7 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2012/sbornik/papers/soucek.pdf.
- [21] STOTER, J., VAN OOSTEROM, P. a PLOEGER, H., 2012. The Phased 3D Cadastre Implementation in the Netherlands. In: [online], vyd. [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.cadastre2012.org/paper/The%20Phased%203D%20Cadastre%20Implementation%20in%20the%20Netherlands.pdf>.
- [22] STOTER, J., H. PLOEGER a P. VAN OOSTEROM. *3D cadastre in the Netherlands: Developments and international applicability*. Elsevier, 2012. ISSN 0198-9715. Dostupné z: <http://repository.tudelft.nl/view/ir/uuid%3A0b89e8b5-f6e7-49d6-89a0-736c67a65fb1/>.
- [23] Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí. *Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický* [online]. 2005 [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://www.vugtk.cz/slovník/>
- [24] THOMPSON, R. a VAN OOSTEROM, P., 2011. Axiomatic Definition of Valid 3D Parcels, potentially in a Space Partition. [online], s. 20 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://3dcadastres2011.nl/documents/023.pdf>.
- [25] VANDYSHEVA, N. a VAN OOSTEROM, P., 2012. The 3D Cadastre Prototype and Pilot in the Russian Federation. [online], s. 16 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: https://www.fig.net/pub/fig2012/papers/ts08h/TS08H_vandysheva_vanoosterom_et_al_6037.pdf.
- [26] 3D Cadastres Home. *3D Cadastres* [online]. 2014 [cit. 2014-05-11]. Dostupné z: <http://www.gdmc.nl/3DCadastres/realization/>.