



Datové infrastruktury pro prostorově informační společnost

Milan Konečný, Petr Kubíček a kolektiv

Masarykova univerzita
Brno 2012

Publikace byla vytvořena v rámci projektu „Lidský potenciál pro informační společnost využívající prostorová data – GEOTÝM“ (CZ.1.07/2.3.00/09.0199), který byl realizován v letech 2010-2012 a financován Operačním programem „Vzdělávání pro konkurenceschopnost“.

© 2012 Masarykova univerzita

ISBN 978-80-210-6014-2

SEZNAM AUTORŮ



PETR DUDA
LUKÁŠ HERMAN
MIROSLAV KOLÁŘ
MILAN KONEČNÝ
JIŘÍ KOZEL
PETR KUBÍČEK

EVA MULÍČKOVÁ
TOMÁŠ ŘEZNÍK
ZDENĚK STACHOŇ
RADIM ŠTAMPACH
ZBYNĚK ŠTĚRBA



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

OBSAH

SEZNAM ZKRATEK	9
PŘEDMLUVA	13
1. GLOBÁLNÍ GEOINFORMAČNÍ INFRASTRUKTURY	15
1.1 GIS a internet	15
1.2 Vznik geoinformačních infrastruktur	16
1.3 Národní geoinformační infrastruktura	17
2. INFRASTRUKTURA PRO PROSTOROVÉ INFORMACE V EVROPSKÉM SPOLEČENSTVÍ (INSPIRE)	19
2.1 Obecný rámec INSPIRE	19
2.1.1 Historie	19
2.1.2 Základní principy INSPIRE	20
2.1.3 Stav realizace Směrnice v České Republice	21
2.2 Infrastruktura INSPIRE	23
2.2.1 Soubory prostorových dat	24
2.2.2 Metadata	26
2.2.3 Síťové služby	26
2.2.4 Sdílení dat	28
2.2.5 Monitoring a reporting	28
2.3 Vytváření a správa metadat podle požadavků směrnice INSPIRE	29
2.3.1 Úvod	29
2.3.2 Základní profil pro INSPIRE metadata	29
2.3.3 INSPIRE metadata pro interoperabilitu	32
2.3.4 Využití metadat ve vyhledávacích službách INSPIRE	32
2.4 Vytváření a správa dat podle požadavků směrnice INSPIRE	33
2.4.1 Struktura a obsah datových specifikací	33
2.4.1.1 Jednotlivé části datových specifikací a jejich obsah	33
2.4.2 Co je potřeba znát pro vytvoření dat podle specifikace	34
2.4.2.1 UML - zápis pravidel ve formě diagramu	35
2.4.2.2 GML Application Schema - jak vypadá přepis UML do XML	36
2.4.2.3 GML - formát pro sdílení dat formou síťových služeb	36
2.4.3 Ukázka převodu z XSD do GML	36

3. GLOBÁLNÍ PROJEKTY	39
3.1 GMES	39
3.1.1 Vesmírná divize (Space division)	40
3.1.2 Divize služeb (GMES Services)	41
3.1.3 Stav a vývoj GMES v roce 2012	41
3.1.3.1 Divize služeb - služby krizového managementu (Emergency)	41
3.1.3.2 Divize služeb - služby sledování zemského povrchu (Land monitoring)	42
3.2 GEOSS	43
3.2.1 GEO	43
3.2.2 GMES a GEOSS	43
3.2.3 Součásti GEOSS	43
3.2.4 GEO Portal	44
3.2.5 Plán prací a rozvoje pro roky 2012-2015	45
3.2.6 Příklad systému GEOSS	46
3.3 Rámcové programy Evropské unie	46
3.3.1 Historie rámcových programů	46
3.3.2 Šestý rámcový program	46
3.3.2.1 ORCHESTRA	46
3.3.2.2 SANY - Sensors anywhere	47
3.3.3 Sedmý rámcový program	48
3.3.3.1 Struktura a zaměření	48
3.3.3.2 ENVIROFI	48
3.3.3.3 SUDPLAN	49
3.3.3.4 TaToo	50
3.4 Shrnutí	50
4. 3D MODELOVÁNÍ V KONTEXTU GEOINFORMAČNÍCH STANDARDŮ	51
4.1 CityGML 1.0	51
4.1.1 Vznik a vývoj	51
4.1.2 Víceúrovňová reprezentace	51
4.1.3 Geometrie a topologie	52
4.1.4 Textury a vizualizace	53
4.1.5 Sémantický model	53
4.1.6 Rozšiřitelnost sémantického modelu	55
4.1.7 Využití	56

4.2 CityGML 2.0	57
4.3 Datové specifikace INSPIRE	57
4.3.1 Téma prostorových dat Budovy (Buildings)	57
4.4 Webové služby pro 3D data	58
4.5.2 Hlukové mapování v Severním Porýní - Vesfálsku	60
4.5 Projekty využívající 3D geoinformační standardy	60
4.5.1 3D model Berlína	60
4.5.3 Výpočty energetické bilance budov	61
4.6 Shrnutí	62
5. PUBLIKACE DAT ZE SENZOROVÝCH SÍTÍ	63
5.1 Úvod	63
5.1.1 Senzory a aktuátory	64
5.1.2 Typy senzorů	64
5.1.3 Systém senzorů	66
5.2 Senzorové sítě	67
5.2.1 Způsoby přenosu dat v senzorových sítích	67
5.2.2 Výhody a nevýhody drátových a bezdrátových senzorových sítí	68
5.2.3 Typy senzorových sítí	69
5.2.4 Další služby senzorových sítí	70
5.2.5 Senzorové sítě pro aplikace v reálném čase	70
5.3 Specifika senzorových dat	71
5.3.1 Senzorové aplikace	71
5.3.2 Vyhledávání v senzorových datech	72
5.3.3 Centralizované portály	73
5.4 Middleware	73
5.4.1 Internet věcí, web věcí	74
5.5 Senzorový web	75
5.5.1 Standardy OGC SWE	76
5.5.2 Observations & Measurements	78
5.5.3 Sensor Observation Service	80
5.5.4 Služby SWE a interakce formátů	81
5.6 Závěr	82

6. KARTOGRAFICKÁ VIZUALIZACE SENZOROVÝCH DAT	83
6.1 Úvod	83
6.2 Kartografická vizualizace	83
6.2.1 Kartografická vizualizace senzorových dat	83
6.3 Kartografická symbolika	84
6.3.1 Členění a vlastnosti mapových znaků	84
6.3.1.1 <i>Bodové mapové znaky</i>	85
6.3.1.2 <i>Bodové mapové znaky zobrazující více charakteristik</i>	85
6.4 Formalizace mapového jazyka	85
6.4.1 Historický vývoj	85
6.4.2 Otevřené specifikace kartografické symboliky	86
6.5 Specifikace Symbology Encoding verze 1.1.0	87
6.5.1 Struktura SE dokumentu	87
6.5.2 Základní prvky SE dokumentu z hlediska kartografie	88
6.5.3 Symbolizéry	88
6.6 Hodnocení mapových znaků	89
6.7 Závěr	89
REFERENCE	90

SEZNAM ZKRATEK

2D	2 dimenze nebo dvojrozměrný
3D	3 dimenze nebo trojrozměrný
3DCityDB	3D City Database
3DPIE	3D Portrayal Testing Experiment
3DS	3D Studio
4D	4 dimenze nebo čtyřrozměrný
ADE	Application Domain Extension
API	Application Programming Interface
BIM	Building Information Modeling
CAFM	Computer Aided Facility Management
CDM	Common Data Model
CENIA	Česká informační agentura životního prostředí
CityGML	City Geography Markup Language
COLLADA	COLLABorative Design Activity
CS-W	Catalogue Service for Web
CSM	Common Service Model
CSW	Catalogue Service for Web
ČR	Česká republika
DTM	Digital Terrein Model
E-ESDI	Environmental European Spatial Data Infrastructure
EC	European Commision – Evropská komise
EEA	European Environmental Agency – Evropská agentura pro životní prostředí
EFAS	European Flood Awareness System
EGA	European GNSS Agency
EGII	European Geographic Information Infrastructure – Evropská infrastruktura geografických informací
EIONET	European Environment Information and Observation Network
EK	Evropská komise
EOS	Earth Observation Systém
ES	Evropské společenství
ESA	European Space Agency – Evropská kosmická agentura
EU	Evropská unie
FAO	Food and Agriculture Organization of the UN – Organizace OSN pro výživu a zemědělství
FI-PPP	Future Internet Public-Private-Partnership
FP	Framework Programme – Rámcový program
GCI	GEOSS Common Infrastructure
GCM	Generic Conceptual Model
GDI NRW	Geodata Infrastructure North Rhine-Westphalia
GEOSS	Global Earth Observation System of Systems
GeoTIFF	Geographic Tagged Image File Format

GII	Geographic Information Infrastructure – Infrastruktura geografických informací
GIS	Geographic Information System
GISC	GMES in situ coordination
GMES	Global Monitoring for Environment and Security
GML	Geography Markup Language
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
HFT	Hochschule für Technik – Technická univerzita
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
ICT	Information and Communication Technology
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in Europe
IP	Internet Protocol
JRC	Joint Research Centre
ISO	International Organization for Standardization
J2SE	Java 2 Platform, Standard Edition
KML	Keyhole Markup Language
LADM	Land Administration Domain Model
LiDAR	Ligh Detection And Ranging nebo Laser Induced Detection And Ranging
LMO	Legally Mandated Organisation
LOD	Level of Detail – úroveň detailu
MUTEP	Multivariantní testovací program
NASA	National Aeronautics and Space Administration – Národní úřad pro letectví a kosmonautiku
NDSI	National Spatial Data Infrastructure – Národní prostorová informační infrastruktura
NGII	National Geoinformational Infrastructure – Národní geoinformační infrastruktura
NRW	North Rhine-Westphalia – Severní Porýní – Vestfálsko
O&M	Observations & Measurements
OGC	Open Geospatial Consortium
PP	Prováděcí pravidla
REST	Representational State Transfer
RFID	Radio Frequency Identification
SAR	Synthetic Aperture Radar
SAS	Sensor Alert Service
SDI	Spatial Data Infrastructure – Prostorová informační infrastruktura
SDIC	Spatial Data Interest Communities
SE	Symbology Encoding
SEIS	Shared Environmental Information System
SensorML	Sensor Model Language
SensorSA	Sensor Service Architecture
SES	Sensor EventService
SIG 3D	Special Interest Group 3D
SIR	Sensor Instance Registry

SLD	Styled Layer Descriptor
SMS	Short Message Service
SOA	Service-Oriented Architecture
SOAP	Simple Object Access Protocol
SOR	Sensor Observation Registry
SOS	Sensor Observation Services
SPS	Sensor Planning Service
SUDPLAN	Sustainable Urban Development Planner for Climate Change Adaptation
SVG	Scalable Vector Graphics
SWE	Sensor Web Enablement
RM-OA	Reference Model for the ORCHESTRA Architecture
RSS	Rich Site Summary
TaToo	Tagging Tool based on Semantic Discovery Framework
TIC	Terrain Intersection Curve
TIN	Triangulated Irregular Network
TML	Transducer Model Language
TransducerML	Transducer Model Language
TU	Technische Universiät – Technická univerzita
UML	Unified Modelling Language
URI	Uniform Resource Identifier
URL	Uniform Resource Locator
USD	United States Dollar – americký dolar
VRML	Virtual Reality Modeling Language
W3C	World Wide Web Consortium
W3DS	Web 3D Service
WCS	Web Coverage Service
WFS	Web Feature Service
WMS	Web Map Service
WNS	Web Notification Service
WPAN	Wireless Personal Area Network
WPS	Web Processing Service
WPVS	Web Perspective View Service
WTS	Web Terrain Service
WVS	Web View Service
WWW	World Wide Web
X3D	eXtensible 3D
XLink	XML Linking Language
XML	eXtensible Markup Language
XSD	XML Schema Definition

PŘEDMLUVA

Publikace je jedním z klíčových výstupů projektu OPVK s názvem „Lidský potenciál pro informační společnost využívající prostorová data – GEOTÝM“ (CZ.1.07/2.3.00/09.0199). Shrnuje hlavní vědecké a edukační zkušenosti jeho řešitelů a účastníků. Ústřední zadání projektu vychází z požadavků evropských a národních dokumentů, které analyzují hlavní směry rozvoje v oblasti senzorových sítí, souvisejících tematických aplikací, možných dopadů zavedení připravované národní geoinformační infrastruktury (GII) a legislativního rámce při její implementaci. Projekt navazuje na materiály Evropské komise související s tvorbou geoinformačních infrastruktur (INSPIRE) a programem pro zajištění efektivního sběru, předávání a využití informací a dat o stavu životního prostředí a bezpečnosti (GMES). Zajištění obou iniciativ je ze strany EU pouze rámcové a legislativní a pro jednotlivé země, tedy i ČR, bylo rozpracovááno až v průběhu jejich řešení.

Kvalitní aplikace a uplatnění snah i na regionální a lokální úrovni nezbytně vyžaduje i aplikačního vzdělávání těsně spjaté s dosaženými výsledky v oblasti výzkumu a vývoje. Projekt vycházel z existujícího konceptu geoinformační infrastruktury (Konečný, 1996, 2008) a jejího dalšího rozvoje směrem k prostorově-informační společnosti. Prostorové umístění a prostorová (geografická) informace tak získává komerční využití, je dostupná jak občanům, tak i aplikační sféře. Pro potřeby cílových uživatelských skupin je potřeba propojit a sdílet prostorová (geografická) data mezi různými organizacemi, vytvářet technologické platformy pro sdílení a přístup k uvedeným datům a iniciovat tvorbu služeb s nimi spojenými. Jako překážka se ukázala doposud nedostatečná spolupráce se zahraničními experty a výměna nejlepších zkušeností se zahraničím („best practices“) v zájmu dosažení oboustranného prospěchu (tzv. win-win řešení). Právě proto byla stěžejní částí projektu otázka rychlého předání a implementace zahraničních zkušeností ve výzkumu, jejich porovnávání s domácími poznatky a výměna jak přednášejících, tak i stážistů na zahraničních evropských pracovištích.

Tvorba a využití GII není jenom otázkou technologickou, ale i procesu zvyšování povědomí o významu geografických informací ve společnosti a jejich úloze v ekonomickém, ekologickém, edukačním i sociálním životě zemí a ekonomických či politických společenství. V mezinárodní odborné veřejnosti je uznávána existence první a druhé generace GII. Vznik 1. generace GII proběhl ve vyspělých zemích (USA, Austrálie) v polovině 80. let minulého století a vedl k podpoře ekonomického rozvoje, stimulaci lepší a kvalitnější činnosti vlád (e-government) a posílení myšlenky trvale udržitelné rozvoje. Postupný vznik 2. generace GII kolem roku 2000 vedl ke změně a aktualizaci konceptuálních modelů GII na více uživatelsky orientované, s předpoklady pro maximalizaci přidané hodnoty vytvářené z vlastnictví národních prostorově informačních zdrojů, jež jsou také cenově efektivní, neboť působí jako mechanismy pro šíření dat (Masser, 2007).

Druhá generace GII se mnohem více zaměřuje na usnadnění správy a řízení informačních zdrojů, namísto přístupu k databázím a využití procesově založeného přístupu (Rajabifard et al, 2006). Pro 1. generaci GII byla data hlavním cílem, druhá generace je naopak silně ovlivněna požadavky uživatelů na využití dat a jejich aplikace. Výsledkem je též posílení úlohy regionálních a lokálních vlád a privátního sektoru (Williamson et al, 2007).

Rozvoj GII je také posuzován z hlediska vzniku nových koncepcí rozvoje společnosti. Díky úspěšnému vybudování GII vznikla v Austrálii koncepce tzv. Spatially Enabled Society (SES) „prostorově otevřená společnost“, která existuje v případě, že prostorová data jsou považována za běžné spotřební zboží dostupné pro privátní i komerční aktivity. Tento fakt potom podpoří další rozvoj společnosti (Wallace et al., 2006). V tomto případě tvoří většina společnosti uživatele prostorových dat, ať vědomě nebo nevědomě. Realizace myšlenky předpokládá splnění čtyř strategických cílů (Rajabifard, 2007) a to: vytvoření mechanismů pro správu GII, mechanismů umožňujících sdílení dat, vytvoření příhodných, podpůrných a přístupných („enabling“) platform a vyčlenění dostatečných kapacit. Základním předpokladem pro fungování

konceptu SES je existence vlády prostorově otevřené společnosti (Spatially Enabled Government), SES může být chápán jako způsob řízení maximálně využívající procesy a koncepty prostorových dat a technologií (Bennett a Rajabifard, 2009). Správné a efektivní fungování takových vlád předpokládá splnění tří základních předpokladů (Rajabifard 2007, Konečný 2008): 1. efektivní a transparentní zpřístupnění informací o rozhodnutích volených zástupců jejich voličům. Tento fakt umožní efektivní zhodnocení jejich práce. 2. vytvoření prostředí relativního ekonomického blahobytu prostřednictvím rozvoje produkce a služeb založených na prostorových informacích sbíraných na různých úrovních státní administrativy a 3. zajištění trvalé udržitelnosti pomocí pravidelného a opakovaného monitoringu širokého spektra indikátorů.

Otázky řešené v předkládané publikaci a odpovědi na ně se snaží přispět k výše uvedenému vývoji a přípravě společnosti na něj, byť se zaměřuje zejména na otázky spojené s tvorbou a využitím GII.

Prof. RNDr. Milan KONEČNÝ, CSc.

RNDr. Petr KUBÍČEK, CSc.

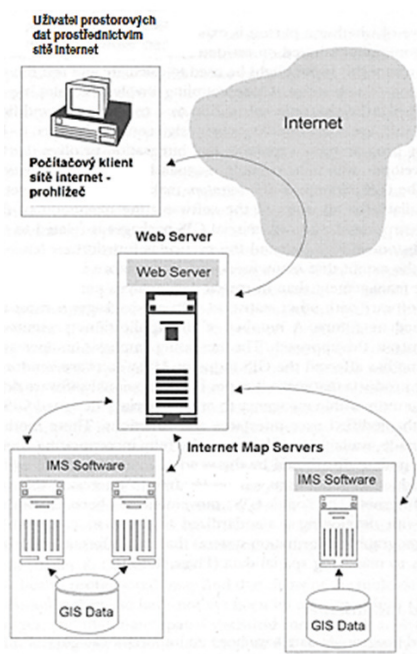
1. GLOBÁLNÍ GEOINFORMAČNÍ INFRASTRUKTURY

Milan KONEČNÝ, Petr KUBÍČEK, Miroslav KOLÁŘ

1.1 GIS a internet

Geografická data, mapy a později mapové výstupy byly jednou z významných kategorií obsahu internetu od počátku jeho nástupu a postupného růstu v 90. letech minulého století. Ruku v ruce s rozvojem správy geografických databází a teorie GIS se publikování a šíření geografických dat stalo důležitým předpokladem pro širší rozvoj geoinformačních aktivit v rámci sítě internet.

Hlavním rozdílem oproti samostatnému stolnímu počítači je možnost využití vícevrstevné architektury založené na komunikaci mezi klientem a jedním či více mapovými servery. Základní technologické principy využití kartografických výstupů v rámci sítě internet publikoval souhrnně PLEWE (1997). Obecné schéma využití a vizualizace distribuované geografické informace si lze představit tak, že uživatel (v našem specifickém případě geograficky lokalizovaných zdravotních dat) prostřednictvím webového prohlížeče pošle požadavek na jeden či více webových mapových serverů, které jej zpracují a pošlou zpět výsledek v odpovídající formě (mapa, text, datový soubor). Výsledek je následně předán ve srozumitelné formě do webového prohlížeče, kde je zobrazen (obr. 1.1).



Obr. 1.1 Základní schéma využití a vizualizace distribuované geografické informace (upraveno podle PLEWE, 1997)

Rozvoj internetu přinesl rozšíření možností geografických dat a GIS analýz především proto, že uživatelé již nemusí nezbytně mít databáze a programové vybavení na stolním počítači, ale mohou přímo přistupovat k distribuovaným zdrojům zdravotních data ve formě map a databází.

Nejvýznamnějšího pokroku v širokém zapojení geoinformatiky do řešení řady problémů, informování veřejnosti a atraktivní vizualizace, přinesl GOOGLE. Zejména jeho možnosti vedou k širokému tvůrčímu

využívání výsledků geoinformatiky a kartografie obecnou veřejností. Ve vědecké oblasti pak umožňují řešení komplexních problémů, v poslední době obohacených i o sociální aspekty.

1.2 Vznik geoinformačních infrastruktur

Na počátku 90. let byla velká pozornost věnována GISu jako základu pro geoinformační systémy a později geoinformační vědu, a to zejména z hlediska technologického. Brzy se však ukázalo, že čistě technologický přístup je třeba nahradit komplexním přístupem, který bere do úvahy ale také ostatní součásti systému, jakými jsou datové, organizační a politické aspekty na lokální, regionální, národní a mezinárodní úrovni. Právě na tomto základě vznikl koncept „prostorových datových infrastruktur“ (Spatial Data Infrastructures), respektive geoinformačních infrastruktur (GII). GII dovolují sdílení geodat a geoinformací z různých často geograficky velmi vzdálených zdrojů a tím umožňují uživatelům šetřit finanční i materiální náklady, čas a úsilí při získávání nových datových sad. Zabraňují také duplikaci či dokonce multiplikaci nákladů spojených s tvorbou a údržbou dat a integrací s dalšími datovými zdroji. Kromě role technologické, tedy hrají velmi významnou roli ekonomickou a mohou přinést významné úspory jak v rámci lidských zdrojů, tak vynaložených či získaných finančních zdrojů.

Hlavní výhody zavedení GII souvisejí s podporou ekonomického rozvoje, efektivním fungováním státní správy a napomáháním trvale udržitelnému rozvoji přírodního prostředí. Zavedení GII se projeví také ve snazším přístupu k datům, a to nejenom geografickým, ale také napomůže širšímu použití geoinformací během rozhodovacích procesů. Pozitivní ohlasy jsou patrné také v modernizaci veřejné správy a propagaci využití geoinformací v politických, ekonomických, sociálních i osobních aktivitách.

Koncepce GII zahrnuje řadu aspektů, a proto není jednoduché ji přesně definovat. Na národní úrovni jako jeden z prvních států definovaly NGII USA v roce 1994 prostřednictvím nařízení prezidenta Clintona:

„Národní geoinformační infrastruktura (NGII) zahrnuje technologii, pravidla, standardy a lidské zdroje nezbytné pro sběr, zpracování, ukládání, šíření a zlepšení využití geoinformací“ (EXECUTIVE ORDER, 1994).

Evropská komise následně definovala Evropskou geoinformační infrastrukturu (EGII) v rámci dokumentu GI2000 s předpokladem, že půjde o:

„Evropský politický rámec vytvářející nezbytné podmínky pro dosažení cílů. Zahrnuje všechny nařízení, regulativy, pobídky a struktury vytvořené jak na úrovni EU institucí, tak na úrovni států“ (EVROPSKÁ KOMISE, 1995).

Dokument GI2000 představoval především politický rámec pro EGII, který definoval politické kroky, které je potřeba podniknout k překonání existujících překážek. Mimo jiné konstatoval, že hlavní problémy pro úspěšné šíření a užití geoinformací v Evropě nejsou technického, ale především organizačního a politického charakteru. Požadoval dále vytvoření stabilní sady dohodnutých pravidel, standardů, postupů a pobídek pro tvorbu, sběr, výměnu a užití geoinformací a ve své podstatě přebíral hlavní cíle americké koncepce GII.

Další definice vytyčující základní stavební kameny GII podává například MASSER (1999). Podle něj jsou hlavními cíli snazší přístup ke geoinformacím a podpora rozvoje trhu s nimi.

Zkušenosti z 90. let prokázaly, že kromě samotné existence zdrojů a podnětů státní správy je nezbytným předpokladem existence politického záměru vytvořit danou infrastrukturu. V té době byly definovány také hlavní priority GII, mezi které patří (FRANK et al, 2000):

- Legislativa, pravidla a postupy nezbytné pro tvorbu, údržbu, výměnu a přístup ke geoinformacím
- Vytvoření metadatových služeb a případně datových skladů pro výměnu dat

- Samotná data, zejména pak data základní (referenční), na jejichž základě lze budovat služby a vytvářet odvozená data s přidanou hodnotou
- Lidé

Jak je zřejmé při porovnání jednotlivých definic GII a priorit v nich stanovených, tak mají řadu bodů společných, a to zejména v oblasti technologické a samotné správy geodat. Většina debat kolem GII na konci 20. století probíhala kolem stanovení priorit určitých činností a vytvoření legislativního rámce, který by odrážel vztah zájmů mezi tvůrci geodat na straně jedné a uživateli na straně druhé. Snahy o vytvoření jednotné GII na úrovni Evropy se ovšem podařilo legislativně naplnit teprve dále zmíněnou směrnicí INSPIRE.

1.3 Národní geoinformační infrastruktura

Při přípravě konference a související diskuzi o globální úrovni GII zkoumal ONSRUD (1998) v tehdejší době existující a případně vznikající iniciativy na národní úrovni, které nazýval národní prostorové informační infrastruktury – NDSI (ONSRUD, 1998). Ve stejné době MASSER (1999) publikoval příspěvek „*První generace strategie národních geografických informací*“, ve kterém popsal hlavní přístupy a současný stav rozvoje NGII v různých zemích. Uvedené studie dokazovaly, že od počátku devadesátých let začaly vznikat iniciativy pro budování GII na národní úrovni. Téměř všechny státy, které reagovaly na Onsrudův průzkum, daly na srozuměnou, že připravují určité iniciativy k vytvoření NGII. Obecně platilo, že iniciativy řídí centrální vládní organizace, ačkoliv panovala obecná shoda s nutností koordinovat další organizace, firmy a orgány veřejné správy. NGII většinou zahrnovaly geografická data v digitální formě, a to především data topografická a data katastru nemovitostí. Zdůrazněna byla nutnost budování metadat a datových skladů a spolupráce s privátní sférou. Souhrn počátečních aktivit na národní úrovni uvádí tab. 1. (MASSER, 1999). Detailní popis počátků NGII v jednotlivých státech lze nalézt ve FRANK et al (2000).

Problematicku geoinformačních infrastruktur v rámci ČR akcentoval na pozadí tzv. informační dálnice již v roce 1995 Konečný. O rok později zdůraznil nutnost rozvoje národní prostorové informační infrastruktury, jako základního předpokladu rozvoje a plného využití geografických informačních systémů (KONEČNÝ, 1996). Na sklonku 20. století uvedl stejný autor také do českého prostředí koncept Digitální planety Země (*Digital Earth*), který zahrnuje datové infrastruktury od lokální až po globální úroveň (KONEČNÝ, 1999).

Tab. 1.1 Počáteční aktivity v souvislosti s NGII v různých státech (MASSER, 1999)

STÁT	NÁZEV INICIATIVY	ZAČÁTEK	PLOCHA (v tis. Km ²)	POČET OBYVATEL (v milionech)	HDP (v tisících USD v roce 1990)
Austrálie	ALIC / ASDI	1986	7686,8	18,1	14,5
USA	FGDC / NSDI	1990	9809,1	259,7	18,1
Katar	NCGIS / NGIS	1990	11,0	0,5	16,6
Portugalsko	CNIG / SNIG	1990	92,1	9,9	7,5
Holandsko	Ravi / NGII	1992	40,8	15,4	13,0
Indonésie	Bakosutanal / NGIS	1993	1904,6	189,9	2,0
Malajsie	NaLIS study	1994	329,7	20,1	5,1
Korea	NGIS	1995	98,7	44,6	6,7
Japonsko	NSDI	1995	377,7	124,8	14,3
Kanada	IACG / CCDI	1996	9970,5	29,6	17,1
Velká Británie	NGDF	1996	244,1	58,4	13,2

V České republice vznikl pod vedením Josefa Hojdara a Milana Martínka na počátku 21. století koncepční dokument s názvem „Národní geoinformační infrastruktura České republiky - Program rozvoje v letech 2001 – 2005“, který navrhoval jednotlivé kroky rozvoje GII v horizontu 5 let a v souladu s tehdy známou evropskou koncepcí. Národní geoinformační infrastruktura byla popsána jako:

„Soubor vzájemně provázaných podmínek, které v prostředí ČR umožňují zajistit a zpřístupnit co největšímu okruhu uživatelů širokou škálu geoinformací uživatelsky vhodnou formou při plném využití potenciálu moderních (geo)informačních a komunikačních technologií“ (NEMOFORUM, 2000).

Soubor podmínek byl následně členěn do hlavních okruhů NGII:

1. existence Programu rozvoje NGII a jeho všeobecné přijetí orgány veřejné správy a profesní samosprávy,
2. vytváření NGII ve vazbě na související evropské a světové iniciativy,
3. koordinace a spolupráce subjektů působících v oblasti geomatiky a geoinformatiky,
4. technické podmínky pro zpracovávání a zpřístupňování geodat a geoinformací,
5. organizační, legislativní, finanční a další podmínky pro dostupnost geodat a geoinformací,
6. základní datové fondy (datové báze) geodat,
7. informovanost o dostupných datových fondech geodat, jejich zdrojových místech a podmínkách dostupnosti,
8. standardní přenosové formáty geodat a jejich souborů, standardní popis datových fondů, terminologie v oblasti geomatiky a geoinformatiky,
9. kvalifikace odborných pracovníků z oblasti geomatiky a geoinformatiky,
10. znalostní úroveň uživatelů z široké veřejnosti umožňující využití nových možností a dostupnosti geodat a geoinformací.

Pro jednotlivé hlavní okruhy jsou dále specifikovány cíle, kterých je potřebné dosáhnout, a projekty nebo opatření, která vedou k jejich zabezpečení. Dokument se stal prvním oficiálním vymezením hlavních okruhů NGII a v rámci geoinformační komunity představuje jeden z „de facto“ uznávaných materiálů. V současné době připravuje sdružení NEMOFORUM (2010) jeho aktualizace pro roky 2010 – 2015 v závislosti na současném stavu státní informační politiky a zavádění pravidel směrnice INSPIRE (viz dále).

2. INFRASTRUKTURA PRO PROSTOROVÉ INFORMACE V EVROPSKÉM SPOLEČENSTVÍ (INSPIRE)

Eva MULÍČKOVÁ, Tomáš ŘEZNÍK, Radim ŠTAMPACH

Kapitola podává obecný přehled problematiky INSPIRE (kap. 2.1 a 2.2), a dále se blíže věnuje dvěma specifickým oblastem této Směrnice - metadatům (kap. 2.3) a popisu datových sad (kap. 2.4).

Dílčí kapitoly 2.1 a 2.2 byly vytvořeny s využitím informací a dokumentů, které jsou k dispozici na stránkách Evropské komise (<http://inspire.jrc.ec.europa.eu>) a na stránkách Ministerstva životního prostředí ČR (<http://inspire.gov.cz>), které v současnosti provozuje Česká agentura životního prostředí (CENIA) zodpovědná za koordinaci INSPIRE v České republice. Stav informací v těchto kapitolách odpovídá říjnu 2012.

2.1 Obecný rámec INSPIRE

2.1.1 Historie

Dlouholeté snahy o vytvoření co nejpríznivějších podmínek, které by umožnily využívání geodat a geoinformací na území Evropy - zejména snaha o vytvoření tzv. Evropské geoinformační infrastruktury (EGII) koncem 90. let - vyústily v záměr realizovat funkční infrastrukturu zpřístupňující geodata a geoinformace z území Evropy v síti Internet (KUBÍČEK, 2010). Takto pojatá infrastruktura byla od počátku 21. století připravována pod názvem INSPIRE (*INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe*).

V září 2001 byla v Bruselu svolána první schůzka expertní skupiny INSPIRE – v té době ještě nesla název E-ESDI (The Environmental European Spatial Data Infrastructure). Tato expertní skupina sestávala ze zástupců Evropské komise, EEA (European Environment Agency) a zástupců členských zemí z oblasti geoinformatiky a životního prostředí. Účastnili se též zástupci vládních a nevládních organizací.

V prosinci 2001 byl vydán „*ESDI Organisation and E-ESDI Action Plan*“ (E-ESDI, 2001), který definoval šest základních principů Evropské prostorové datové infrastruktury, čímž byly vytyčeny základní principy INSPIRE:

1. Data by měla být sbírána a vytvářena jednou a spravována tam, kde je to nejefektivnější.
2. Mělo by být možné bezešvě kombinovat prostorová data z různých zdrojů a sdílet je mezi mnoha uživateli a aplikacemi.
3. Informace shromažďované na jedné úrovni by mělo být možné sdílet s informacemi na jiných úrovních; podrobné informace pro podrobné studie, obecné informace pro strategické účely
4. Geografické informace potřebné pro dobré rozhodování na všech úrovních státní správy a samosprávy by měly být hojně využívány a poskytovány za podmínek, které nebudou omezovat jejich extenzivní využití.
5. Mělo by být snadnější vyhledávat dostupná prostorová data, vyhodnotit vhodnost jejich využití pro daný účel a zjistit, za jakých podmínek je možné tato data použít.
6. Geografická data by měla být snadno pochopitelná, interpretovatelná a vizualizovaná v rámci vhodného kontextu vybraného uživatelsky přívětivým způsobem.

"Směrnice Evropského parlamentu a rady 2007/2/ES o zřízení Infrastruktury pro prostorové informace v Evropském společenství" (dále jen Směrnice INSPIRE) vstoupila v platnost dne 15. května 2007.

Z historického hlediska byly pro fungování směrnice vytyčeny 3 základní období (fáze), které byly v souvislosti s měnícími se ekonomicko-politickými podmínkami průběžně aktualizovány:

Fáze přípravná (2005 – 2006) – aktivity pro toto období byly definovány v dokumentu „*INSPIRE Work Programme Preparatory Phase 2005 – 2006*“ (WP, 2004). Toto období vyžadovalo v členských státech určité specifické aktivity. Zatímco některá nařízení/návrhy bylo možno pouze transponovat – přenést do národního prostředí, pro jiná bylo nezbytné vytvořit tzv. Prováděcí pravidla (viz dále). Ze strany členských zemí to vyžadovalo zejména časové a pracovní vytížení odborníků.

Fáze transpoziční (2007 – 2009) – aktivity pro toto období byly definovány v dokumentu „*INSPIRE Work Programme Transposition Phase 2007-2009*“ (WP, 2007). Jakmile byla směrnice INSPIRE schválena na úrovni Direktivy, nastalo období její transpozice do úrovně národních legislativních předpisů, které mělo podle plánu trvat dva roky. INSPIRE vyžadovala řadu formálních kroků, včetně přijetí uvedených pravidel podle „*Comitology Procedure*“ a také vytvoření výboru INSPIRE (*INSPIRE Committee*). Jmenovaný výbor zajišťuje transparentní hlasování o jednotlivých částech Prováděcích pravidel. Členy výboru jsou jednotlivé členské země EU a pravidla jsou schválena pouze v případě, že se většina členských států vysloví kladně. Jakmile jsou Pravidla přijata, získají jeden ze statutů, a to „*European Commission Decision*“ nebo „*European Commission Regulation*“ (viz kap. 2.1.4). Přijatá pravidla je poté možno aplikovat na národní úrovni.

Fáze implementační (2009 – 2019) – po přijetí příslušných legislativních opatření nastává fáze implementace a sledování všech pravidel. Koordinace projektu je zajištěna jak na úrovni EU, tak na úrovni národní a vzájemně propojena. Státy informují Komisi o průběhu projektu na základě přijatého časového plánu.

2.1.2 Základní principy INSPIRE

Směrnice INSPIRE stanovuje **pravidla pro zřízení infrastruktury pro prostorové informace v rámci Evropské unie (EU)**. Jejím cílem je *nalezení prostorových dat a služeb o životním prostředí a umožnění jejich následného sdílení a výměny*.

INSPIRE si klade za cíl *zajistit koordinaci* mezi uživateli a poskytovateli informací tak, aby bylo možno *kombinovat a šířit informace* pocházející z různých odvětví.

Iniciativa INSPIRE se zaměřuje na *politiku životního prostředí*. Zahrnuje především informace potřebné ke sledování a zlepšování stavu životního prostředí včetně ovzduší, vody, půdy a krajiny. Dotýká se však i dalších odvětví, jako jsou např. zemědělství, doprava, energetika či krizové řízení.

Směrnice vychází z *existujících datových zdrojů veřejné správy*, které jsou již v členských státech vybudovány, a umožňuje, aby mohly být vzájemně propojeny jako součást infrastruktury pro prostorové informace v rámci Evropské unie. Směrnice navrhuje koordinační mechanismus potřebný k fungování infrastruktury na evropské úrovni.

V oblasti *harmonizace* upravuje aspekty potřebné k dosažení přeshraniční a mezioborové návaznosti prostorových dat. Důraz je kladen na *interoperabilitu*. Tou se rozumí možnost kombinace prostorových dat a vzájemné komunikace mezi službami založenými na prostorových datech bez opakování ručních zásahů. Směrnice nepožaduje, aby členské státy měnily formát svých prostorových dat, ale skrze rozhraní mohou heterogenní data převádět na jednotný model.

Prostorové informace musí být doplněny kompletními *metadaty*. Ta se mimo jiné týkají podmínek přístupu a používání prostorových informací a služeb založených na prostorových datech, jejich kvality a platnosti, a informují o tom, kdo je za ně odpovědný.

K zajištění interoperability informací jsou vypracovávána *prováděcí pravidla* (angl. *implementing rules*). Nové prostorové informace musí být *v souladu* s těmito pravidly do dvou let po jejich přijetí, zatímco stávající informace do sedmi let. Prováděcí pravidla zahrnují také definici a klasifikaci geografických objektů vztahujících se k tematickým oblastem, kterými se Směrnice INSPIRE zabývá.

Pro uživatele prostorových dat jsou členskými státy zpřístupněny *sítové služby*, které umožňují vyhledávání, prohlížení, stahování a transformaci těchto dat. Prostorová data a služby založené na prostorových datech jsou zpřístupněny prostřednictvím **geoportálu INSPIRE**, který je na úrovni Evropského společenství (ES) spravovaný Evropskou komisí (EK), nebo prostřednictvím národních geoportálů provozovaných jednotlivými členskými státy. Některé služby mohou být zpoplatněné.

Členské státy musí *sdílet* svá data a umožnit orgánům veřejné správy přístup k těmto datům, jejich výměnu a používání za účelem plnění veřejných úkolů, které mohou mít vliv na životní prostředí.

Koordinaci infrastruktury INSPIRE na úrovni EU vykonává EK a na úrovni členských států příslušné struktury a mechanismy určené těmito státy.

Směrnice INSPIRE se týká souborů prostorových dat, které splňují tyto podmínky:

- *vztahují se k oblasti, ve které stát má nebo vykonává svrchovaná práva;*
- *jsou v elektronické podobě;*
- *jsou drženy:*
 - *orgánem veřejné správy, přičemž byly orgánem veřejné správy vytvořeny nebo přijaty, nebo jsou tímto orgánem spravovány nebo aktualizovány a spadají do oblasti jeho veřejných úkolů,*
 - *třetí stranou, již byla síť zpřístupněna v souladu s článkem 12, nebo jejich jménem (čl. 12 ... síť je zpřístupněna třetí stranám, jejichž soubory prostorových dat a služby založené na prostorových datech jsou v souladu s prováděcími pravidly, kterými se stanoví povinnosti, zejména pokud jde o metadata, sítové služby a interoperabilitu);*
- *týkají se jednoho nebo více témat uvedených v Přílohách I, II nebo III (viz dále).*

Podle Směrnice INSPIRE mají jednotlivé složky INSPIRE na starost tzv. **povinné subjekty**. Ty vytváří, spravují, aktualizují a distribuují prostorová data a služby založené na prostorových datech. V České republice se legislativní povinnosti vyplývající ze Směrnice INSPIRE (na základě novely zákona č. 123/1998 Sb. - viz dále) vztahují na tyto organizace a osoby:

- *Správní úřady a jiné organizační složky státu a orgány územních samosprávných celků.*
- *Právnícké nebo fyzické osoby, které na základě zvláštních právních předpisů vykonávají v oblasti veřejné správy působnost vztahující se přímo nebo nepřímo k životnímu prostředí.*
- *Právnícké osoby založené, zřízené, řízené nebo pověřené subjekty uvedenými v bodech 1 a 2, jakož i fyzické osoby pověřené těmito subjekty, které na základě právních předpisů nebo dohody s těmito subjekty poskytují služby, které ovlivňují stav životního prostředí a jeho jednotlivých složek.*

2.1.3 Stav realizace Směrnice v České Republice

Směrnice je v České Republice transponována **novelou Zákona č. 123/1998 Sb.**, o právu na informace o životním prostředí, která vyšla jako „**Zákon č. 380/2009**“, a dále „**Vyhláškou č. 103/2010 Sb.**“ Tato vyhláška vstoupila v platnost 30. 4. 2010, což je také oficiální datum dokončení transpozice.

Pro přípravu novelizace zákona byla na podzim roku 2007 založena mezirezortní pracovní skupina, která sdružovala zástupce všech ministerstev, regionálních samospráv a profesních organizací. Základem byla spolupráce *Ministerstva životního prostředí ČR, Ministerstva vnitra ČR, Českého úřadu zeměměřického a katastrálního a České asociace pro geoinformace.*

Zákonem č. 380/2009 Ministerstvo životního prostředí zřídilo **Národní geoportál INSPIRE**, který má široké veřejnosti zpřístupňovat prostorová data, která se týkají alespoň jednoho z témat přílohy.

Služby na geoportálu mají umožnit uživateli vyhledávat, prohlížet, stahovat a transformovat data. Na geoportálu je také zřízena služba elektronického obchodu pro placení úhrad za data, která jsou zpoplatněna (viz Zákon č. 380 / 2009, § 11a).

Zákon č. 380 / 2009 stanovuje, že kdokoliv může přistupovat k datům prostřednictvím síťových služeb. Vyhledávací a prohlížečské služby založené na prostorových datech včetně dat jsou zpřístupňovány bezplatně. Ostatní služby (stahování dat, transformační služby, služby umožňující spouštění jiných služeb založených na prostorových datech) mohou být poskytovány za úplaty a přístup je možný na základě licenčních smluv.

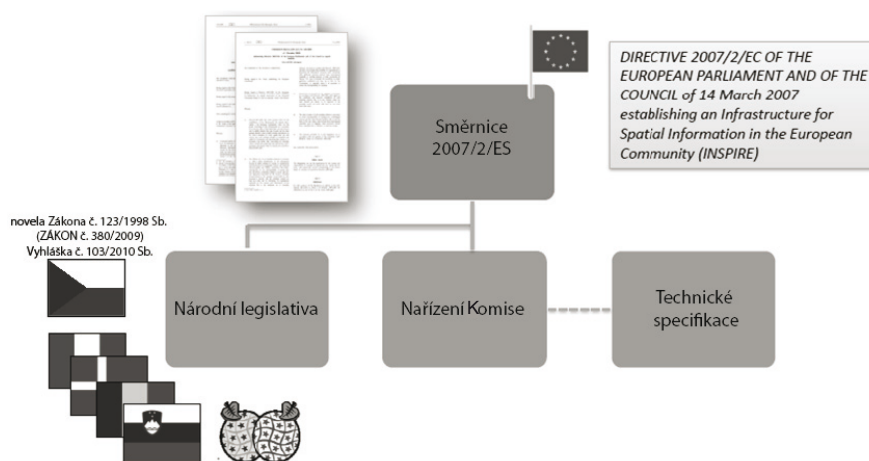
Orgány veřejné správy, státní příspěvkové organizace a organizační složky státu zřízené nebo založené ministerstvy mají k datům, která odpovídají tématům Směrnice, přístup zdarma, pokud je používají pro plnění úkolů majících vliv na životní prostředí.

2.1.4 Dokumenty INSPIRE

Směrnice INSPIRE obsahuje základní informace nutné pro vytvoření infrastruktury, ale legislativně závazné jsou i některé další dokumenty, které vycházejí z této směrnice. Dokumenty je z právního hlediska možné rozdělit do čtyř základních úrovní:

1. **Směrnice samotná** - základní dokument s nejvyšší prioritou, který musí mít ekvivalent v zákoně daného státu, tj. je transponován (např. slovenský Zákon č. 3/2010 Z. z. o národnej infraštruktúre pre priestorové informácie).
2. **Rozhodnutí Komise** (*Commission Decision*) - prováděcí pravidla, která vstupují na úrovni Evropské komise téměř okamžitě v platnost. Aby však platila v členském státě, musí být zakotvena v národní legislativě. Zatím bylo vydáno pouze jedno, které se týká sledování a podávání zpráv - ROZHODNUTÍ KOMISE 2009/442/ES (EU, 2009c), a v ČR bylo transponováno pomocí Vyhlášky č. 103/2010.
3. **Nařízení Komise** (*Commission Regulation*) - prováděcí pravidla, která souvisí s technickou úrovní infrastruktury. Nařízení Komise platí ve všech státech 20 dní po zveřejnění v Úředním věstníku EU.
4. **Technické specifikace** - tyto dokumenty obsahují detailní technický popis včetně ukázek zdrojových kódů a tvoří tak doplněk k prováděcím pravidlům ve formě Nařízení Komise. Nejsou však legislativně závazná.

Na obrázku 2.1 je ilustrován vztah mezi jednotlivými dokumenty - prováděcími pravidly a technickými specifikacemi. Technické specifikace jsou doporučeními, jak členské státy mohou implementovat pravidla, která jsou dána závazně Nařízeními Komise. Pokud se členské státy rozhodnou postupovat v souladu s těmito specifikacemi, dosáhnou maximální interoperability služeb INSPIRE.



Obr. 2.1 Vztah mezi INSPIRE dokumenty

Prováděcí pravidla (PP) ve formě Rozhodnutí či Nařízení jsou přijímána pro následující oblasti:

- **Metadata.** Požadavky INSPIRE na metadata pro data a služby jsou zpracovány tak, aby tyto mohly být konzistentně implementovány napříč Evropou.
 - Pro tuto oblast bylo přijato *NARÍZENÍ KOMISE (ES) č. 1205/2008, které se týká metadata* (EU, 2008).
- **Specifikace dat.** Jsou vytvářeny základy pro specifikaci dat, zpracována metodologie pro její harmonizaci a přijetí pravidel k opatřením pro výměnu prostorových dat.
 - Pro tuto oblast byla přijata *NARÍZENÍ KOMISE (EU) č. 102/2011* (EU, 2011c) a *č. 1089/2010, která se týká interoperability sad prostorových dat a služeb prostorových dat* (EU, 2010a).
- **Sítové služby.** Jsou definovány provozními a neprovozními požadavky na podporu následujících funkcionalit služeb: nahrávání (upload), stahování (download), vyhledávání, transformace, prohlížení a vyvolání.
 - Pro tuto oblast bylo přijato *NARÍZENÍ KOMISE (ES) č. 976/2009, které se týká sítových služeb* (EU, 2009a) a *NARÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1088/2010, které se týká stahování dat a transformačních služeb* (EU, 2010c).
- **Sdílení dat a služeb.** Je vytvořen rámec předpisů umožňujících organizacím veřejné zprávy a evropským institucím sdílení prostorových dat a služeb za účelem splnění potřeb uživatele ve sféře environmentálně zaměřených politik.
 - Bylo přijato *NARÍZENÍ KOMISE (EU) č. 268/2010, které se týká poskytnutí přístupu k sadám prostorových dat a službám prostorových dat členských států orgánům a subjektům Společenství za harmonizovaných podmínek* (EU, 2010d).
- **Monitorování a podávání zpráv** – vytvoření metodiky monitorování a stanovení indikátorů pro monitoring a reporting.
 - Bylo vydáno zatím jediné *ROZHODNUTÍ KOMISE 2009/442/ES* (EU, 2009c).

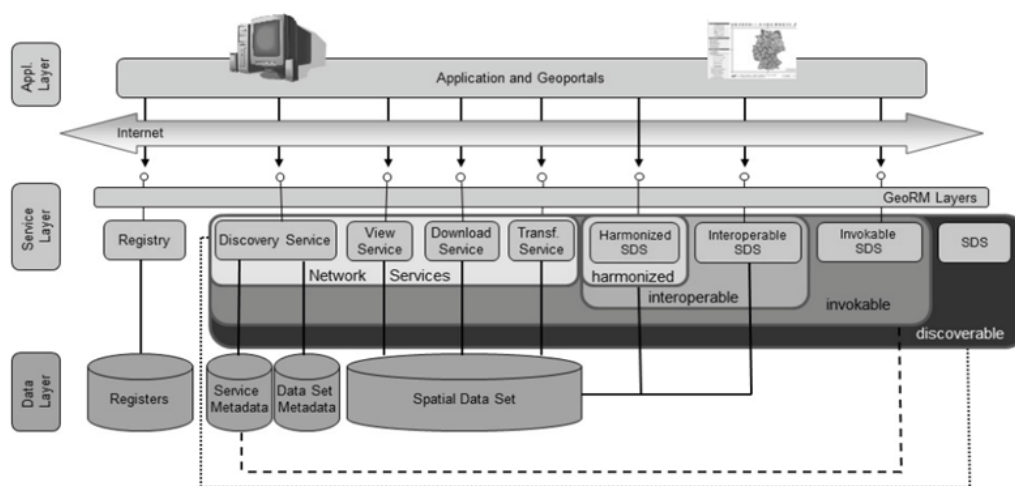
Prováděcí pravidla jsou přijata Komisí. Pomáhá jí při tom regulační výbor, který sestává z reprezentantů členských států a je řízený představitelem Komise. Na poměrně komplikovaném procesu přípravy PP se podílejí tzv. návrhové týmy (*“drafting teams”*), které jsou složeny z odborníků z různých zemí. Ti jsou na své pozice navrženi SDIC (*Spatial Data Interest Communities*, tedy organizací/sdružením zabývajícím se prostorovými daty) a LMO (*Legally Mandated Organisation*, tedy právně pověřené organizace; většinou se jedná o budoucí povinné poskytovatele) z jednotlivých států a vybraní Evropskou komisí.

2.2 Infrastruktura INSPIRE

Množinou propojených prvků infrastruktury INSPIRE jsou v oblasti prostorových dat:

- soubory prostorových dat
- metadata
- sítové služby (vyhledávací, prohlížeč, stahovací, transformační)
- sdílení (licenční politika)
- monitoring a reporting
- a další

Přístup k prostorovým datům a jejich metadatům se děje prostřednictvím *služeb založených na prostorových datech* (angl. *spatial data services - SDS*) (viz obr. 2.2). Všechny služby jsou popsány *metadaty*, která umožňují lidem a softwarovým aplikacím nalézt specifickou službu v rámci infrastruktury. Soubory služeb založených na prostorových datech, které jsou předepsány Směrnicí, jsou plně specifikovány jako *sítové služby* (*network services*).



Obr. 2.2 Složky INSPIRE

2.2.1 Soubory prostorových dat

Umožnění interoperabilního přístupu k prostorovým datům je jedním z hlavních cílů Směrnice. Vzhledem k tomu, že INSPIRE zahrnuje 34 témat prostorových dat (viz obr. 2.3), bylo nezbytné vytvořit společný rámec pro zajištění interoperability mezi tématy. Tento rámec pro modelování je tvořen následujícími dokumenty:

- Generic Conceptual Model (GCM, 2012)
- Guidelines for the encoding of spatial data (GfEoSD, 211)
- Methodology for the development of data specifications (MfDoDS, 2008)
- Definition of Annex Themes and Scope, version 3.0 (DoATsS, 2008)
- Generic Network Model (GNM, 2012)
- INSPIRE Coverage Types (CT, 2012)
- INSPIRE Data Specifications – Base Models – Activity Complex (DS BM, 2012).

Tyto dokumenty usnadňovaly proces vývoje *specifikací dat* (ang. *data specifications*), které zaručují interoperabilitu stávajících prostorových dat. Specifikace dat jsou vytvářeny pro všechna témata v přílohách Směrnice (viz obr. 2.3). Struktura a obsahu datových specifikací se blíže věnuje kapitola 2.4.

Testování specifikací pro data z témat Přílohy I Směrnice skončilo na jaře 2009. Výsledky testování sloužily jako podklad pro vytvoření prováděcích pravidel, která byla Evropským parlamentem schválena dne 23. listopadu jako Nařízení 1089/2010 (EU, 2010a).

Práce na popisu a přípravě pro testování specifikací pro témata z Příloh II a III Směrnice probíhá od začátku roku 2009. V červnu 2011 byly zveřejněny pracovní verze datových specifikací pro témata Příloh II a III Směrnice, které bylo možné testovat a připomínkovat až do října 2011. Prováděcí pokyny k datovým specifikacím příloh II a III jsou nyní v poslední verzi. Výsledná prováděcí pravidla by měla být legislativně schvalována začátkem roku 2013.

Specifikace dat z témat Přílohy I Směrnice jsou k dispozici na stránkách Komise <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/index.cfm/pageid/2>. Je zde možné nahlédnout i na pracovní verze specifikací ostatních dat (Příloha II a III).

PŘÍLOHA 1 1. Souřadnicové referenční systémy 2. Systémy geografických souřadnicových sítí 3. Zeměpisná jména 4. Územní správní jednotky 5. Adresy 6. Parcely 7. Dopravní sítě 8. Vodstvo 9. Chráněná území	PŘÍLOHA 3 1. Statistické jednotky 2. Budovy 3. Půdy 4. Využití území 5. Lidské zdraví a bezpečnost 6. Veřejné služby a služby veřejné správy 7. Zařízení pro sledování životního prostředí 8. Výrobní a průmyslová zařízení 9. Zemědělská a akvakulturní zařízení 10. Rozložení obyvatelstva – demografie 11. Správní oblasti/chráněná pásma/ regulovaná území a jednotky podávající hlášení 12. Oblasti ohrožené přírodními riziky 13. Stav ovzduší 14. Zeměpisné meteorologické prvky 15. Zeměpisné oceánografické prvky 16. Mořské oblasti 17. Bioregiony 18. Stanoviště a biotopy 19. Rozložení druhů 20. Energetické zdroje 21. Nerostné suroviny
PŘÍLOHA 2 1. Nadmořská výška 2. Krajinný pokryv 3. Ortofotosnímky 4. Geologie	

Obr. 2.3 Témata INSPIRE

Následující tabulka (tab. 2.1) podává přehled základních dokumentů, které souvisejí se soubory prostorových dat a časový rámec povinností, které z nich plynou.

Tab. 2.1 Přehled dokumentů a povinností souvisejících se soubory prostorových dat

Zkrácený název dokumentu	Číslo dokumentu	Vstup v platnost	Povinnost	Naplnění povinnosti
<i>Nařízení Komise pro interoperabilitu souborů prostorových dat a služeb pro témata přílohy I (EU, 2010a)</i>	1089/2010	15.12.2010	Nově sebrané nebo rozsáhle rekonstruované soubory prostorových dat pro témata přílohy I	4.2.2013 (23.11.2012)
<i>Dodatek nařízení (EU, 2011c)</i>	102/2011	4.2.2011		4.2.2018 (23.11.2017)
<i>Nařízení Komise pro interoperabilitu a harmonizaci souborů prostorových dat a služeb pro témata příloh II a III</i>	???	Podle hlasování Evropského parlamentu a Rady (?2013)	Nově sebrané nebo rozsáhle rekonstruované soubory prostorových dat pro témata přílohy II a III	do 2 let od přijetí IP (?2015)
				do 7 let od přijetí IP (?2020)

2.2.2 Metadata

INSPIRE se zabývá nejen metadaty pro prostorová data, ale také metadaty pro služby. Prováděcí pravidla popisují obsah a strukturu metadat pro data z témat v Přílohách I, II a III Směrnice.

Prováděcí pravidla pro metadata vstoupila v platnost 24. 12. 2008. Pro data z témat Příloh I a II musela být metadata v souladu s těmito pravidly do dvou let. Pokud jsou data z témat přílohy III, budou muset být metadata v souladu s pravidly do pěti let od vstoupení v platnost (viz tab. 2.2).

Na stránkách Evropského INSPIRE geoportálu je dostupný **editor metadat**, který lze pro jejich tvorbu použít. Od ledna 2011 je také přístupný editor metadat na Národním geoportálu.

Podrobně se problematice metadat věnuje kapitola 2.3.

Tab. 2.2 Přehled dokumentů a povinností souvisejících s metadaty

Zkrácený název dokumentu	Číslo dokumentu	Vstup v platnost	Povinnost	Naplnění povinnosti
<i>Nařízení Komise pro metadata (EU, 2008)</i>	1205/2008	24.12.2008		
			Zpřístupnění metadat k již existujícím datům přílohy I. a II. Směrnice	24.12.2010
			Zpřístupnění metadat k již existujícím datům přílohy III. Směrnice	24.12.2013

V souvislosti s metadaty byla vydána technická specifikace *INSPIRE Metadata Implementing Rules: Technical Guidelines based on EN ISO 19115 and EN ISO 19119*.

2.2.3 Síťové služby

Směrnice INSPIRE stanovuje obecná pravidla pro zřízení Infrastruktury pro prostorové informace v Evropském společenství. Členské státy mají zřídit a provozovat síť služeb určenou pro soubory prostorových dat a služby založené na prostorových datech, pro které byla v souladu s uvedenou směrnicí vytvořena metadata.

Jedná se o následující služby:

- **Vyhledávací služba** (*discovery*) - Služba umožňující vyhledání souborů prostorových dat a služeb založených na prostorových datech na základě obsahu odpovídajících metadat a umožňující zobrazení obsahu metadat.
- **Prohlížecká služba** (*view*) - Služba umožňující alespoň zobrazit, procházet, přiblížit a oddálit, posouvat nebo překrývat zobrazitelné soubory prostorových dat a zobrazit vysvětlivky a jakýkoli další významný obsah metadat.
- **Služba stahování dat** (*download*) - Služba umožňující stažení úplných souborů prostorových dat nebo jejich částí a tam, kde je to prakticky možné, přímý přístup k nim.
- **Transformační služba** (*transformation*) - Služba, která umožňuje, aby soubory prostorových dat byly transformovány za účelem dosažení interoperability.
- **Vývolání služby založené na prostorových datech** (*invoke*) - Služba, která umožňuje definovat jak vstupní, tak výstupní data očekávaná službou založenou na prostorových datech, stejně jako pracovní tok či řetězec služeb kombinující více služeb. Umožňuje také definovat externí rozhraní webové služby pro pracovní tok či řetězec služeb.

Prováděcí pravidla pro síťové služby zahrnují pravidla pro vyhledávání, prohlížení, stahování a transformaci dat. Pro jednotlivé typy služeb jsou vytvářena a schvalována postupně (viz tab. 2.3).

Prováděcí pravidla pro vyhledávací a prohlížecké služby vstoupila v platnost v listopadu 2009 jako Nařízení

976/2009 (EU, 2009a). Prováděcí pravidla pro stahovací a transformační služby byla schválena Evropským parlamentem jako Nařízení 1088/2010, kterým se doplňuje Nařízení 976/2009 o stahovací a transformační službě (EU, 2010c).

Spuštění služeb do provozu je rozděleno do dvou fází. V první budou služby spuštěny pouze s počáteční funkcionalitou, kdy ještě nemusí splňovat všechny parametry uvedené v Nařízení.

Vyhledávací a prohlížecké služby s počáteční funkcionalitou musely být spuštěny do osmnácti měsíců od vstupu Nařízení v platnost, tedy do 9. května 2011 a do 28. června 2012 pak stahovací a transformační služby.

Do dvou let od vstupu Nařízení v platnost, tedy do 9. listopadu 2011 pro vyhledávací a prohlížecké služby a do 28. prosince 2012 pro stahovací a transformační služby, budou obě muset splňovat všechny požadavky stanovené v Nařízení.

Tab. 2.3 Přehled dokumentů a povinností souvisejících se síťovými službami

Zkrácený název dokumentu	Číslo dokumentu	Vstup v platnost	Povinnost	Naplnění povinnosti
Nařízení pro síťové služby (EU, 2009a) - Vyhledávací a prohlížecké služby	976/2009	9.11.2009		
			Počáteční funkčnost vyhledávacích a prohlížeckých služeb	9.5.2011
			Plně funkční vyhledávací a prohlížecké služby v souladu s Nařízením	9.11.2011
Nařízení pro stahovací a transformační služby (EU, 2010c)	1088/2010	28.12.2010		
			Počáteční funkčnost stahovacích a transformačních služeb	28.6.2012
			Plně funkční stahovací a transformační služby	28.12.2012
Nařízení pro služby umožňující spouštění služeb	???	Podle hlasování Evropského parlamentu a Rady (? 2012)		
			Plně funkční služby umožňující spouštění služeb	do 2 let od přijetí IP (? 2015)

V souvislosti se síťovými službami byly vydány následující technické specifikace, které doplňují výše zmíněná Nařízení:

- pro stahovací služby: *Technical Guidance for the implementation of INSPIRE Download Services* (TG, 2012)
- pro vyhledávací služby: *Technical Guidance for the implementation of INSPIRE Discovery Services* (TG, 2011a)
- pro prohlížecké služby: *Technical Guidance for the implementation of INSPIRE View Services* (TG, 2011b)
- pro transformaci schématu: *Technical Guidance for the INSPIRE Schema Transformation Network Service* (TG, 2010a)
- pro transformaci souřadnic (pracovní verze): *Draft Technical Guidance for INSPIRE Coordinate Transformation Services* (TG, 2010b)

2.2.4 Sdílení dat

Sdílení prostorových dat podle INSPIRE upravuje *Nařízení Komise EU 268/2010*, pokud jde o poskytnutí přístupu k sadám prostorových dat a službám prostorových dat členských států orgánům a subjektům Společenství za harmonizovaných podmínek (zkráceně Nařízení o sdílení dat) (EU, 2010d) a prováděcí pokyny, které vyšly jako dokument *Guidance on the 'Regulation on access to spatial data sets and services of the Member States by Community institutions and bodies under harmonised conditions'* (GR, 2010).

Nařízení určuje jak přístup Evropských orgánů k prostorovým datům a službám úřadů jednotlivých členských států, tak i pravidla používání. Součástí Pokynů vydaných k nařízení jsou modely licencí (základní licence, specifická licence a rámcová dohoda) a příklady dobré praxe sdílení dat, které umožní snazší implementaci Nařízení.

Tab. 2.4 Přehled dokumentů a povinností souvisejících se sdílením dat

Zkrácený název dokumentu	Číslo dokumentu	Vstup v platnost	Povinnost	Naplnění povinnosti
<i>Nařízení Komise o sdílení dat (EU, 2010d)</i>	268/2010	19.4.2010		
			Pro nově vytvořené dohody	19.10.2011
			Pro již existující dohody	19.4.2013

2.2.5 Monitoring a reporting

Monitoring a reporting pokrývá čtyři hlavní oblasti INSPIRE: metadata, soubory prostorových dat a služeb založených na prostorových datech, síťové služby a sdílení dat. **Monitoring** sleduje kvantitativní ukazatele a probíhá každý rok, zatímco **reporting** se zabývá kvalitativními aspekty a probíhá každé tři roky.

Základní principy monitoringu a reportingu jsou specifikovány v článku 21 Směrnice. Prováděcí pravidla pro monitoring a reporting vstoupila v platnost dne 5. června 2009 jako *Rozhodnutí Komise 2009/442/ES* (EU, 2009c). Protože Rozhodnutí komise je nutné transponovat do národní legislativy, stal se monitoring a reporting součástí *Vyhlášky 103/2010 Sb.* První zprávu (report) musely členské země zaslat do 15. května 2010 (viz tab. 2.5).

V rámci monitoringu sledujícího kvantitativní ukazatele poskytují členské země seznam souborů prostorových dat a služeb založených na prostorových datech. Tento seznam zahrnuje jak data a služby, které jsou již v souladu s prováděcími pravidly, tak i ty, které ještě v souladu nejsou. Sleduje se např. existence metadat, jejich soulad s prováděcími pravidly pro metadata, geografické pokrytí souborů prostorových dat, soulad s datovými specifikacemi apod.

Reporting sleduje kvalitativní stránku. Členské státy musí poskytnout informace o koordinaci a zajištění kvality, fungování a koordinaci infrastruktury, sdílení dat a analyzovat náklady a přínosy.

Výsledky monitoringu a reportingu jsou veřejně přístupné na webových stránkách Komise.

Tab. 2.5 Přehled dokumentů a povinností souvisejících s monitoringem a reportingem

Zkrácený název dokumentu	Číslo dokumentu	Vstup v platnost	Povinnost	Naplnění povinnosti
<i>Rozhodnutí Komise pro monitoring a reporting (EU, 2009c)</i>	2009/442/ES	5.6.2009		
			Ukazatele o využívání infrastruktury budou reportovány až v době, kdy budou relevantní. Tedy v době, kdy budou dostupné všechny dokumenty a budou spuštěny služby.	15.5.2010 a každé tři roky

2.3 Vytváření a správa metadat podle požadavků směrnice INSPIRE

2.3.1 Úvod

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/2/ES ze dne 14. března 2007 o zřízení Infrastruktury pro prostorové informace v Evropském společenství (dále jen směrnice INSPIRE) byla vytvořena především pro vyhledávání prostorových dat a služeb. I v samotném textu této směrnice se proto objevuje důraz na popis prostorových dat a webových služeb publikujících prostorová data. Tento popis se pak v odborné geoinformační terminologii nazývá metadata. Metadata fungují jako „živá voda“ celé infrastruktury prostorových dat s tím, že těžiště jejich využití spočívá ve vyhledávacích službách.

Směrnice INSPIRE navazuje na předchozí evropskou legislativu, zejména na Směrnici Evropského parlamentu a Rady 2003/98/ES ze dne 17. listopadu 2003 o opakovaném použití informací veřejného sektoru (dále jen směrnice PSI). Směrnice PSI uvádí, že pro vývoj informační a znalostní společnosti je nutné vytvořit obecný rámec podmínek opakovaného použití dokumentů, které již jednou byly vytvořeny veřejným sektorem, jinými slovy byly zaplacen z veřejných zdrojů (státního rozpočtu, dotačních titulů Evropské unie apod.). Aby bylo možné využívat již dříve vytvořený dokument veřejného sektoru, je nutné o takovém dokumentu vyhledat si obdobné dokumenty, tj. v geoinformačním pojetí nemožnost vyhledat si určitá data a služby, se stali hlavní bariérou pro využití směrnice PSI v reálné praxi. Také z tohoto důvodu směrnice INSPIRE si klade za hlavní cíl vytvoření takových mechanismů, které povedou k nalezení existujících prostorových dat a služeb. Na základě výsledků vyhledávání je pak možné využívat již existující data a služby místo vytváření nových – duplicitních – dat a služeb. Pro realizaci těchto mechanismů jsou nezbytná metadata k prostorovým datům (datovým sadám, resp. sériím datových sad) a k webovým službám.

Pro naplnění výše uvedeného konkretizuje směrnice INSPIRE požadavky na metadata ve dvou úrovních (viz také obr. 2.4):

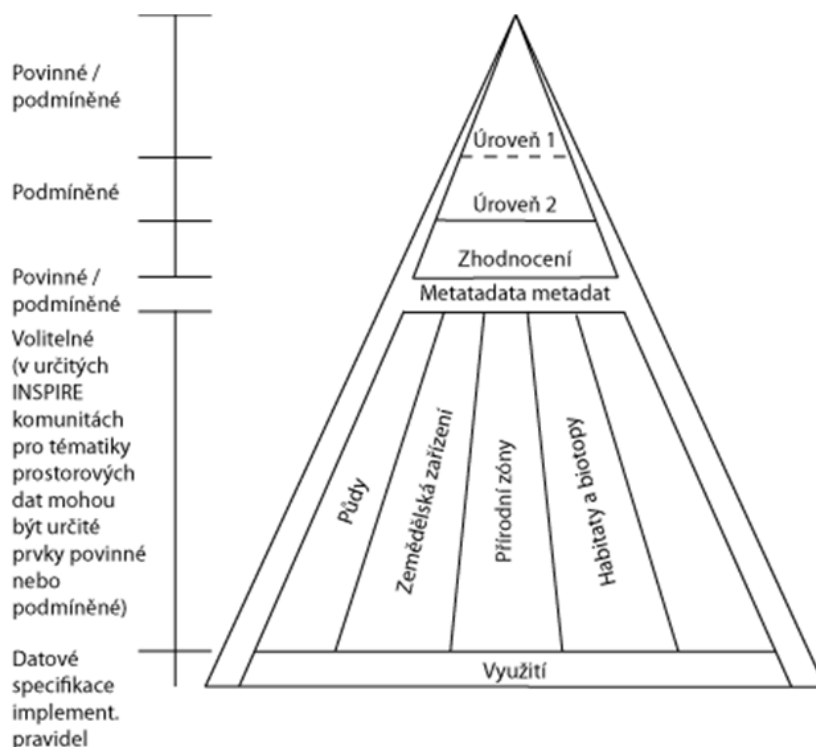
- **zhodnocení** – na této úrovni jsou popsána prostorová data a služby pro účely **vyhledávání**, tj. jejich užití ve vyhledávacích službách odpovídajících implementační specifikaci Open Geospatial Consortium (OGC) nazvané Catalogue Service for Web (CSW; OGC, 2007a).
- **využití** – tato úroveň navazuje na úroveň zhodnocení, zpřístupňuje celý dostupný popis prostorových dat nebo služby, tento popis slouží jako detailní informace při užití prostorových dat či služby na expertní úrovni.

2.3.2 Základní profil pro INSPIRE metadata

Samotná směrnice INSPIRE definuje strukturu metadat o prostorových datech a službách na obecné úrovni. Explicitně jsou ve směrnici INSPIRE uvedeny následující komponenty metadat:

1. soulad souborů prostorových dat s prováděcími pravidly pro interoperabilitu¹ ;
2. podmínky pro přístup k souborům prostorových dat a službám založeným na prostorových datech, jejich používání a popřípadě odpovídající poplatky;
3. kvalita a platnost souborů prostorových dat;
4. orgány veřejné správy, které jsou pověřeny vytvářením, řízením, aktualizací a distribucí souborů prostorových dat a služeb založených na prostorových datech;
5. omezení přístupu veřejnosti a důvody takového omezení.

¹ dále uvedenými jako Nařízení komise o interoperabilitě



Obr. 2.4. Kategorie a povinnost metadat podle směrnice INSPIRE (zpracováno podle DT METADATA, 2007)

Komponenty metadat uvedené ve směrnici INSPIRE rozvádí do konkrétních prvků metadat Nařízení Komise (ES) č. 1205/2008 ze dne 3. prosince 2008, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/2/ES týkající se metadat (dále jen Nařízení komise o metadatech). Prvky metadat jsou uvedeny v tab. 2.6 (na následující straně) s rozdělením požadavků na metadata prostorových dat a metadata ke službám.

Z tab. 2.6 je patrné, že základní profil pro INSPIRE metadata zahrnuje 21 metadatových prvků na obecné úrovni. Tyto metadatové prvky slouží pro zhodnocení prostorových dat nebo služby při jejich získání ve vyhledávacích službách. Těchto 21 metadatových prvků na obecné úrovni je dále rozvedeno v technických návodech pro INSPIRE metadata, které rozvádějí problematiku metadat na implementační úrovni včetně zápisu do jazyka XML (eXtensible Markup Language). Technické návody pro INSPIRE metadata¹ vycházejí z norem ISO 19115:2003 Geografická informace – Metadata a ISO 19119:2005 Geografická informace – Služby. Koncept INSPIRE metadat a koncept metadat podle ISO jsou si podobné s tím, že INSPIRE metadata tvoří podmnožinu ISO metadat. Na implementační úrovni nedochází k žádným změnám oproti ISO konceptu, protože se jednotně využívá ISO 19139:2007 Geografická informace – Metadata – XML schéma implementace. Jinými slovy řečeno, INSPIRE i ISO koncepty užívají identické elementy v jazyce XML. To zajišťuje přímou převoditelnost metadat v obou konceptech na implementační úrovni.

¹ INSPIRE Metadata Implementing Rules: Technical Guidelines based on EN ISO 19115 and EN ISO 19119 (Version 1.2)

Tab. 2.6 Metadata souborů prostorových dat, sérií prostorových dat a služeb založených na prostorových datech podle požadavků Nařízení komise o metadatach.

Reference	Prvek metadat	Násobnost	Podmínka
1.1	Název zdroje (Resource title)	1	
1.2	Abstrakt zdroje (Resource abstract)	1	
1.3	Typ zdroje (Resource type)	1	
1.4	Lokátor zdroje (Resource locator)	0..*	Povinný, pokud je k dispozici adresa URL pro získání dalších informací o zdroji a/ nebo pro přístup k souvisejícím službám. Povinný, pokud je k dispozici odkaz na službu.
1.5	Jednotný identifikátor zdroje (Unique resource identifier)	1..* neaplikovatelné pro služby	
1.6	Vázaný zdroj (Coupled resource)	0..* neaplikovatelné pro data	Povinný, jestliže jsou k dispozici soubory dat, na nichž je služba provozována.
1.7	Jazyk zdroje (Resource language)	0..* neaplikovatelné pro služby	Povinný, pokud zdroj zahrnuje textové informace.
2.1	Tematická kategorie (Topic category)	1..* neaplikovatelné pro služby	
2.2	Typ služby založené na prostorových datech (Spatial data service type)	1 neaplikovatelné pro data	
3	Klíčové slovo (Keyword)	1..*	
4.1	Geografické ohraničení (Geographic bounding box)	1..* (data) 0..* (služby)	Povinné u služeb s explicitně vyjádřeným geografickým rozsahem.
5.	Časová reference (Temporal reference)	1..*	
6.1	Původ (Lineage)	1 neaplikovatelné pro služby	
6.2	Prostorové rozlišení (Spatial resolution)	0..*	Povinné u datových souborů a sérií datových souborů, jestliže lze stanovit odpovídající měřítko nebo hodnotu rozlišení. Povinné v případech, kdy existuje omezení prostorového rozlišení dotyčné služby.
7	Soulad (Conformity)	1..*	
8.1	Podmínky přístupu a použití (Conditions applying to access and use)	1..*	
8.2	Omezení veřejného přístupu (Limitations on public access)	1..*	
9	Odpovědná organizace (Responsible party)	1..*	
10.1	Kontaktní místo metadat (Metadata point of contact)	1..*	
10.2	Datum metadat (Metadata date)	1	
10.3	Jazyk metadat (Metadata language)	1	

2.3.3 INSPIRE metadata pro interoperabilitu

Jak bylo uvedeno výše, základní profil pro INSPIRE metadata slouží především pro vyhledání prostorových dat a služeb a k jejich základnímu zhodnocení. Na tento základní profil pak navazují INSPIRE metadata pro interoperabilitu, která se nacházejí v Nařízení komise č. 1089/2010 ze dne 23. listopadu 2010, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/2/ES, pokud jde o interoperabilitu sad prostorových dat a služeb prostorových dat (dále jen Nařízení komise o interoperabilitě). Rozšíření základního profilu pro INSPIRE metadata podle Nařízení komise o interoperabilitě umožňuje využití dalších popisných informací k prostorovým datům. V této souvislosti je důležité podotknout, že rozšíření základního profilu je aplikovatelné pouze na prostorová data, tj. nelze jej vztáhnout na metadata služeb. Rozšíření základního profilu pro INSPIRE metadata čítalo v době psaní této kapitoly, tj. k 31. 10. 2012, pět dalších metadatových prvků (viz tab. 2.7). Kromě těchto pěti metadatových prvků společných pro všech 34 témat prostorových dat INSPIRE existují další metadatové prvky, které představují rozšíření specifická vždy pro jedno konkrétní téma prostorových dat INSPIRE. Sumárně tak metadata vytvářená a udržovaná poskytovatelem dat mohou obsahovat 21 metadatových prvků základního profilu, dalších 5 prvků metadat pro interoperabilitu, například 7 dalších metadatových prvků specifických pro konkrétní INSPIRE téma (například dopravní síť) a k tomu ještě poskytovatel dat může přidat takřka libovolný počet dalších metadatových prvků odpovídajících jeho aplikacím.

Tab. 2.7 Rozšíření základního profilu pro INSPIRE metadata podle Nařízení komise o interoperabilitě; legislativně označováno též jako „Metadata nezbytná pro interoperabilitu“.

Prvek metadat	Násobnost	Podmínka
Souřadnicový referenční systém (Coordinate reference system)	1	
Časový referenční systém (Temporal reference system)	0..*	Tento prvek je povinný, pouze pokud sada prostorových dat obsahuje časové informace, které se nevztahují na výchozí časový referenční systém.
Kódování (Encoding)	1..*	
Topologická správnost (Topological consistency)	0..*	Tento prvek je povinný, pouze pokud datová sada obsahuje typy z obecného síťového modelu (Generic Network Model) a nezajišťuje topologii osy (propojení os) pro síť.
Kódování znaků (Character encoding)	0..*	Tento prvek je povinný, pouze když se používá kódování, které není založeno na UTF-8.

2.3.4 Využití metadat ve vyhledávacích službách INSPIRE

Vyhledávací služby INSPIRE jsou logickou nadstavbou konceptu INSPIRE metadat. Jak bylo uvedeno výše, vyhledávací služby INSPIRE jsou založeny na katalogové službě OGC podle implementační specifikace Catalogue Service for Web (OGC, 2007a). **INSPIRE kompatibilní (vyhledávací) služba je zároveň OGC kompatibilní (vyhledávací) službou. Obrácená provázanost neplatí – tj. OGC kompatibilní služba není automaticky kompatibilní z pohledu INSPIRE.** Nařízení Komise o síťových službách se v části pro vyhledávací služby dělí do tří základních částí. První (úvodní) odkazuje na existující standardy, popisuje objektivní důvody pro vytvoření infrastruktury vyhledávacích služeb, vysvětluje užité zkratky apod. Druhá (pouze dvoustránková) část se věnuje citaci preambule a článků 11 a 12 Směrnice 2007/02/ES – tj. částí vztahujících se ke konceptu vyhledávací služby. Poslední, nejrozsáhlejší, pasáž se věnuje vlastnímu popisu funkcionality a náležitostem vyhledávací služby, kromě toho je v úvodu zmíněna i analýza stávajících řešení.

Stejně jako u dalších síťových služeb i vyhledávací služby INSPIRE mají jako základní operaci *Získat metadata* vyhledávací služby (v OGC pojetí GetCapabilities; pro základní informace, tj. metadata, o této službě – jako např. kdo je jejím vlastníkem, jaká data je možné stáhnout, za jakých – nejen obchodních

– podmíněk, kde je odkaz na ceník apod.). Navazující operací je *Vyhledat metadata* (podle OGC GetRecords). Tato operace umožňuje nad metadaty kombinovat logické, matematické a prostorové operátory a zodpovědět tak otázku, resp. nalézt odpovídající data na dotaz např. „Hledám prostorová data s panevropskou železniční sítí v měřítku větším než 1 : 50 000 pokrývající území Jihomoravského kraje, která byla aktualizována po roce 2005“. Vyhledávání probíhá nad metadaty, která jsou obsažena ve vyhledávací službě (tj. metadatovém katalogu). Výsledky vyhledávací služby jsou opět metadata obsahující mj. odkaz na prohlížeč službu, službu stahování dat a e-shop (v případě zpoplatněných dat). Další operací je *Zveřejnit metadata*, která odpovídá OGC operacím harvest a transaction a slouží pro přenos metadat mezi jednotlivými servery s vyhledávacími službami.

Pro vyhledávací služby platí následující kritéria zajišťující minimální nefunkční požadavky:

- *Výkon* (odezva pod 3 vteřiny na straně serveru pro 250 záznamů vyhledávací služby)
- *Dostupnost* (99% času)
- *Kapacita* (30 současných dotazů na vyhledávací službu)

2.4 Vytváření a správa dat podle požadavků směrnice INSPIRE

Datové specifikace jsou velmi důležitou součástí INSPIRE. Zahrnují pravidla, která říkají, jakým způsobem se mají data poskytovat, aby byla v souladu s požadavky směrnice. Datové specifikace pokrývají všech 34 témat ze tří příloh směrnice.

2.4.1 Struktura a obsah datových specifikací

Všechny datové specifikace mají jednotnou strukturu.

2.4.1.1 Jednotlivé části datových specifikací a jejich obsah

Některé části (např. 1, 3, 4) jsou velmi krátké, jiné (např. 5, 8) jsou velmi rozsáhlé a pro tvorbu dat zcela zásadní. Rozsah jednotlivých částí se také velmi liší u datových specifikací různých témat.

General Executive Summary – všeobecný úvod o INSPIRE

Theme-specific Executive Summary – souhrn celé datové specifikace

1. **Scope** – zařazení datové specifikace do přílohy
2. **Overview** – souhrn teorie tématu dané specifikace, vysvětlení pojmů
3. **Specification scopes** – vztah k jiným specifikacím
4. **Identification information** – identifikační údaje
5. **Data content and structure** – nejdůležitější část celé specifikace. Je zde popis struktury dat vytvořených podle datové specifikace. Tato kapitola obsahuje UML schéma (viz dále) a popis a vysvětlení jednotlivých elementů a jejich vzájemných vztahů, které mají být obsaženy v poskytovaných datech.
6. **Reference Systems** – popis souřadných systémů a kalendáře, které mají být použity
7. **Data Quality** – popis toho, jak by měla být měřena kvalita poskytovaných dat – kompletnost, topologická správnost apod.
8. **Metadata** – vysvětlení metadatového popisu poskytované datové sady
9. **Delivery** – zde je určeno v jakém formátu a jakým způsobem dodat vytvořená data uživateli
10. **Data Capture** – informace pořizování dat o jeho parametrech
11. **Portrayal** – popis, jak data zobrazovat v prohlížečích službách INSPIRE

2.4.1.2 Další potřebné podkladové dokumenty

2.4.2 Co je potřeba znát pro vytvoření dat podle specifikace

[illegible]

Obr. 2.5 UML diagram datové specifikace tématu Půdy (převzato z DS SOIL, 2011, s. 16). Vlevo nahoře vyznačen výšek na obr. 2.6

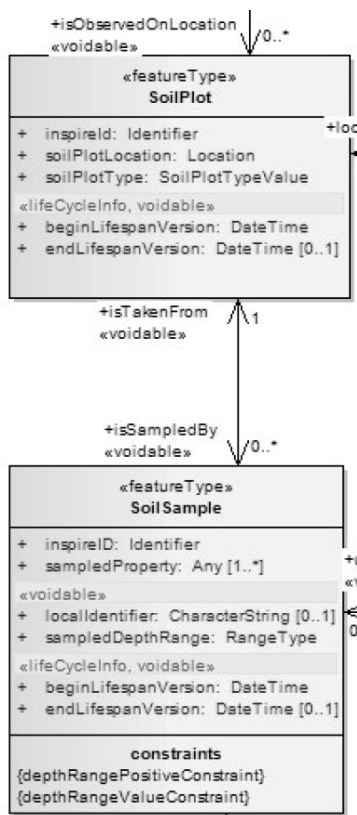
2.4.2.1 UML - zápis pravidel ve formě diagramu

V jazyce UML je vytvořeno schéma, které je umístěno v kapitole 5.2 všech datových specifikací. Je zde vyznačeno, co je obsahem poskytovaných dat, jaké atributy mohou nabývat jakých hodnot apod. Spolu s popisem dat v kapitole 5 jde o komplexní popis dat. Schéma UML bývá v některých specifikacích velmi složité a kompletní vysvětlení jazyka UML je nad rámec této kapitoly. Na obr. 2.5 na předchozí stránce je coby příklad znázorněno schéma z datové specifikace Půdy (DS SOIL, 2011, s. 16).

Na obr. 2.6 je malý výsek UML, který poslouží jako příklad. UML je tvořeno dvěma hlavními součástmi – třídami s jejich obsahem (obdélníky) a asociacemi (čarami). Výsek obsahuje dvě třídy. Významy obou najdeme definovány v kap. 5.2 datové specifikace tématu půd. SoilPlot symbolizuje „místo s půdou“ - např. určitou půdní sondu a SoilSample je půdní vzorek.

Oba elementy obsahuje povinně jednoznačný identifikátor pod názvem inspireID. Jiné atributy se už ale u obou tříd liší. Zatímco půdní sonda obsahuje údaj o poloze (soilPlotLocation), třída půdní vzorek požaduje např. atribut sampledProperty informující o zkoumané vlastnosti. Tento atribut má navíc pomocí údaje [1..*] vyznačeno, že může nabývat i více než jedné hodnoty (ovšem min. alespoň jedné), pokud je z daného půdního vzorku zkoumáno více vlastností.

Podobně lze číst údaje o vzájemných vztazích mezi třídami. Oboustranná šipka symbolizuje, že vazba je oboustranná. U třídy SoilPlot je vedle šipky napsáno isTakenFrom a číslo 1, u třídy SoilSample pak isSampledBy a číslo 0..*. To lze číst tak, že každý půdní vzorek byl získán právě z jediné půdní sondy, zatímco každá sonda může být zastoupena žádným ale i neomezeně velkým počtem vzorků.



Obr. 2.6 Výsek z UML diagramu Půdy (převzato z DS SOIL, 2011, s. 16)

2.4.2.2 GML Application Schema - jak vypadá přepis UML do XML

Už bylo řečeno, že GML Application Schema (GML aplikační schéma) není součástí datové specifikace, ale pro tvorbu dat je naprosto nezbytné. Je zmíněno v kapitole 9.2 datové specifikace. Jde o jazyk z rodiny XML, který slouží pro tvorbu šablon a schémat pro tvorbu a kontrolu jiných XML souborů – např. geografických dat uložených v jazyce GML.

Jde o soubor s koncovkou XSD obsahující přepis pravidel z UML diagramu do textového formátu. Slouží jako šablona při tvorbě dat, ale také jako kontrolní šablona pro ověření správnosti dat vytvořených podle specifikace. Specifikace půd má např. GML Application Schema s názvem soilCore.xsd. Jelikož soubor obsahuje mnoho pravidel obsažených v často komplikovaných UML diagramech, jde o velmi dlouhé a složité dokumenty.

2.4.2.3 GML - formát pro sdílení dat formou síťových služeb

Geography Markup Language je jazyk z rodiny XML. Slouží pro modelování, transport a ukládání geografických informací. V kap. 9. Delivery datové specifikace je právě tento formát určen jako ten, ve kterém se budou dodávat data pomocí stahovací služby k uživatelům. Pro INSPIRE byla zvolena verze – 3.2.1. Výhodou GML je, že ho za standard prohlásily jak organizace Open Geospatial Consortium (OGC), tak International Organization for Standardization (ISO). Jde tudíž o standard známý a rozšířený. Nevýhodou jsou naopak velké soubory, které vznikají při kódování dat v GML, důvodem je komplikovanost tohoto jazyka.

2.4.3 Ukázka převodu z XSD do GML

Tato kapitola se pokusí vysvětlit, jak na základě pravidel ze šablony v GML Application Schematu vytvořit dokument s daty zakódovaný v GML. Za příklad bude použit krátký výsek GML Application Schematu půd. V dokumentu XSD jsou kromě jiných definována následující pravidla: jednotlivé typy elementů, jejich obsah (např. další elementy), vzájemné pořadí elementů, max. a min. počet jednotlivých elementů atd. Význam elementů je definován v datové specifikaci – kap. 5.2.

Ukázka ukazuje převod elementu ChemicalParametersType definovaného v XSD do GML. XSD definuje, že element ChemicalParametersType má dva podelementy – baseSaturation a cationExchangeCapacity. V kap. 5.2 se lze dočíst, že první atribut je nasycení bazickými ionty, zatímco druhý je výměnná kapacita měřená v cmol/100g. Oba podelementy mají atribut nillable=true, což znamená, že mohou nabývat hodnotu null – hodnota nemusí být vyplněna. V takovém případě je ale připraven atribut nilReason, kam by se měl uvést důvod proč je hodnota nevyplněna – zda je např. neznámá.

```
<element name="ChemicalParametersType" type="so:ChemicalParametersTypeType">
  <complexType name="ChemicalParametersTypeType">
    <sequence>
      <element name="baseSaturation" nillable="true">
        <complexType>
          <extension base="gml:MeasureType">
            <attribute name="nilReason" type="gml:nilReasonType"/>
          </extension>
        </complexType>
      </element>
      <element name="cationExchangeCapacity" nillable="true">
        <complexType>
          <extension base="gml:MeasureType">
            <attribute name="nilReason" type="gml:nilReasonType"/>
          </extension>
        </complexType>
      </element>
    </sequence>
  </complexType>
```

Následuje ukázka vyplněných dat ve formátu GML, které odpovídají dané šabloně GML Application Schema. Vyplněn je jen atribut `cationExchangeCapacity`, jehož hodnota je 24 cmol/100g. Hodnota druhého atributu je označena za neznámou. Je vidět, že z mnohařádkové šablony GML Application Schema vzniklo jen pár řádků kódu GML. Závěrem lze proto prohlásit, že bez ohledu na to, jak dlouhé a složité se zdají být šablony jednotlivých témat, výsledná data pro stahovací službu jsou poměrně přehledná.

```
<ChemicalParametersType>
  <baseSaturation nilReason="unknown"></baseSaturation>
  <cationExchangeCapacity uom="cmol (+) / 100g">24</cationExchangeCapacity>
</ChemicalParametersType>
```


3. GLOBÁLNÍ PROJEKTY

Radim ŠTAMPACH, Zbyněk ŠTĚRBA

V současné době probíhá příprava nebo realizace řady významných mezinárodních projektů týkajících se geoprostorových dat. Některé jsou řešeny na celosvětové, jiné na regionální a lokální úrovni. Ty významnější jsou zaštiťovány vládami a řízené zákony, jiné jsou iniciativami přicházejícími „zdola“ od samotných uživatelů a správců geoprostorových dat nebo mezinárodních vědeckých organizací. V kapitole nejsou popsány všechny existující projekty, ale její autoři upozorňují na ty nejvýznamnější, které se dotýkají i ČR a podstatně ovlivní podmínky rozvoje geoinformatiky u nás i v zemích Evropské unie v blízké budoucnosti. Patří k nim zejména směrnice INSPIRE, o které pojednává předchozí kapitola. Další velkou evropskou iniciativou je GMES. Díky němu hraje EU významnou roli také v mezinárodním projektu GEOSS. V druhé polovině kapitoly jsou popsány projekty evropských rámcových programů, které jsou významné svou velikostí nebo dosaženými výsledky, a které by měly v příštích letech určovat další směr vývoje v oblasti využívání geoprostorových dat.

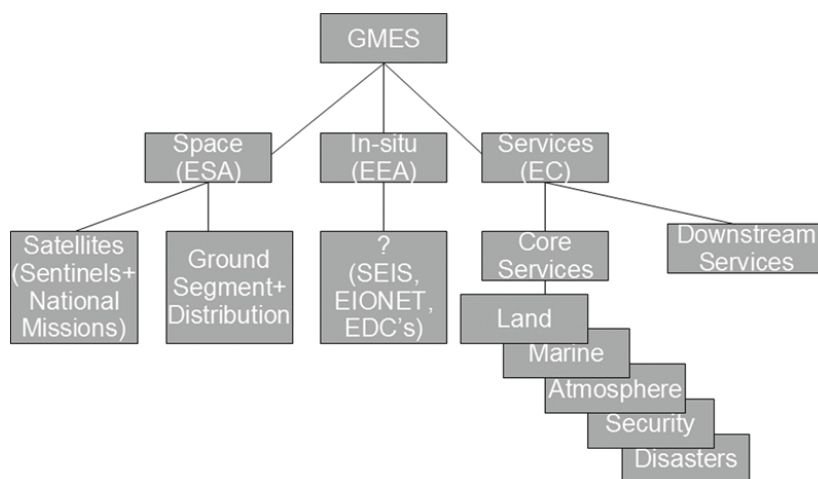
3.1 GMES

GMES je zkratkou názvu *Global Monitoring for Environment and Security*. Jde o program pro vytvoření evropských kapacit pro pozorování Země a to zejména za účelem poskytování informací pro správu životního prostředí a bezpečnosti. GMES bylo založeno nařízením EU č. 911/2010 (EU, 2010b). Je součástí Evropské vesmírné politiky (EU, 2011a, s. 2). V současné době probíhá tzv. přípravná fáze (2011-2013), po které by měla následovat fáze operační (EU, 2011a, s. 2).

Celé GMES je podle GMES CZ (2012) a GMES EU (2012) řízeno Evropskou komisí, konkrétně DG Podnikání a průmysl (*DG Enterprise and Industry*). V dokumentech EU (2011a, s. 6) se předpokládá účast na koordinaci i ze strany European GNSS Agency (EGA), která řídí projekt evropského navigačního systému Galileo.

Celá iniciativa se skládá z několika složek (Obr. 3.1):

1. **vesmírná divize (*space division*)** je řízena Evropskou kosmickou agenturou (dále ESA). Důležitou roli zde hraje i Evropská organizace pro využívání meteorologických satelitů (dále EUMETSAT). Nejdůležitější složkou této divize jsou satelity pro sledování Země, zvané „Sentinels“. Družice budou majetkem ESA a EUMETSAT, ale data budou poskytována pro potřeby Evropské komise zdarma.
2. **„pozemní“ divize (*in situ division*)** je řízena Evropskou agenturou pro životní prostředí (dále EEA). Český název je v uvozovkách, neboť je poněkud závadějící. Divize totiž kromě různých pozemních senzorů zahrnuje také senzory umístěné na letadlech, balónech, mořských bójích apod. Podle (EEA, 2012) jde o různé typy senzorů, které jsou spravovány různými organizacemi. Hlavním cílem EEA tedy není budovat nové sítě senzorů, ale koordinovat přenos dat od vlastníků senzorů a jejich využití pro divizi služeb. Zajištění dostupnosti dat z této složky GMES je náplní projektu „GMES in situ coordination“ (GISC).
3. **divize služeb (*services*)** má za úkol zpracovávat data získaná předchozími dvěma složkami a nabízet je uživatelům v podobě map, dat a jiných produktů. Tato složka je řízena Evropskou komisí a jejími organizacemi. Jednotlivé skupiny služeb by měly být podle EU (2011a, s. 6) řízeny tou agenturou, do jejíž oblasti spadají – např. služby skupiny Emergency Management by měly být zaštiťovány Evropským centrem rychlé reakce (*European Emergency Response Centre*).



Obr. 3.1 Organizační schéma iniciativy GMES (převzato z GIGAS, 2010)

3.1.1 Vesmírná divize (Space division)

Vypuštěné družice jsou rozdělovány do pěti typů nazvaných Sentinel 1 až 5. Některé z těchto typů mají plánované dvě družice. V současné době jsou práce naplánovány asi do roku 2020. Další pokračování bude záviset na zájmu uživatelů a finančních možnostech. Časové údaje o vypuštění některých satelitů se v dokumentech zainteresovaných organizací vzájemně poněkud liší, nejnovější a asi nejspolehlivější údaje v tomto případě podává ESA, která má celou divizi na starosti.

Sentinel 1 obsahuje radar typu *Synthetic Aperture Radar* (SAR). Umožňuje snímání za jakýchkoliv povětrnostních podmínek. SAR interferometrie pak umožňuje měřit změny terénu. Plánovány jsou postupně dvě družice, podle ESA (2012) a ESA S1 (2012) bude Sentinel 1A vypuštěn roku 2013. Druhý pak patrně 2015.

Sentinel 2 určený pro multispektrální snímkování zemského povrchu ve vysokém rozlišení by měl podle ESA S2 (2012) odstartovat v roce 2013, podle ESA (2012) pak o rok později. I zde je plánována druhá družice, která by měla snímat povrch zároveň s prvním satelitem, aby byla nová data k dispozici co pět dní. Sentinel 2 lze označit za pokračovatele známých družic Landsat a SPOT.

Sentinel 3 bude využíván pro snímání zemského i mořského povrchu. Mezi jeho přístroji je radiometr měřící teplotu moře a také altimetr na snímání výšky mořské hladiny. Podle EU (2009b, 8) a ESA S3 (2012) bude první ze dvou plánovaných satelitů vypuštěn v roce 2013, podle ESA (2012) v roce 2014. I zde je plánováno, že po vypuštění druhého satelitu budou oba snímat povrch zároveň.

Sentinel 4 bude mít mezi jinými přístroji také spektrometr snímající v oblasti ultrafialového, viditelného a blízkého infračerveného pásma. Bude zaměřen na sledování atmosféry a jejího složení. Sentinel 4 nebude samostatným satelitem. Přístroje pro tuto misi ponese geostacionární satelity Meteosat (*Meteosat Third Generation*). Podle ESA (2012) je vypuštění satelitů plánováno na rok 2017 a 2019.

Sentinel 5 bude také sledovat atmosféru, ale na rozdíl od geostacionárního Sentinelu 4 ji bude snímat z nízké polární oběžné dráhy synchronizované se Sluncem. Také tento Sentinel ponese spektrometr měřící v UV, viditelném a blízkém IR pásmu a další přístroje a také bude pouze součástí jiné družice. Bude nesen na družici post-EUMETSAT Polar system (EUMETSAT, 2012). Start je podle (EU, 2009b, s. 8) naplánován na rok 2019 a podle (EUMETSAT, 2012) a ESA (2012) na rok 2020. Sentinel 5 by měl být následníkem současné mise Envisat. Aby se předešlo výpadku dat mezi oběma misemi, je plánováno vypuštění „předběžné verze“ Sentinelu 5. Podle stránek ESA (2012) a EUMETSAT (2012) bude start v roce 2015.

3.1.2 Divize služeb (GMES Services)

Využití GMES má být zaměřeno na sledování a předpovědi stavu složek životního prostředí Země. Podle (ESA, 2012; GMES EU, 2012; GMES CZ, 2012) je definováno šest hlavních zájmových okruhů (tzv. *Core Services*), které mají jednotlivé služby pokrývat:

Sledování zemského povrchu (Land Monitoring) – mezi jinými mají být získávány informace o typu využití povrchu a jeho změnách, stavu vegetace, kvality vody a také využívány pro územní plánování, lesní a vodní hospodaření, ochranu půdy a další činnosti.

Sledování moří (Marine Environment Monitoring) – tyto služby mají poskytovat informace o kvalitě vody a životním prostředí, ale také např. informace potřebné pro bezpečnost námořní dopravy, rybolov, likvidaci havárií a ropných skvrn.

Sledování atmosféry (Atmosphere Monitoring) – kromě dat naměřených o současném stavu atmosféry, kvalitě ovzduší, množství skleníkových plynů a UV záření mají tyto služby poskytovat i údaje pro krátkodobou předpověď.

Krizový management (Emergency Management) – pro řízení záchranných operací při přírodních katastrofách nebo humanitárních krizích jsou potřeba včasné a přesné informace, které mají být získávány z těchto služeb.

Bezpečnost (Security) – tato skupina služeb má být využívána zejména pro zabezpečení hranic EU včetně mořských a podporu pro mírových misí během krizí mimo EU.

Změna klimatu (Climate Change) – skupina služeb, které mají za cíl lépe monitorovat a pochopit změny klimatu.

Další specificky orientované služby, které na základě uživatelské poptávky budou řešit speciální zadání a budou hrazené zadavatelem (instituce, členský stát apod.) se označují jako *Downstream Services*.

3.1.3 Stav a vývoj GMES v roce 2012

Pro rok 2012 bylo na vznik GMES vyčleněno 40 mil. EUR. Důraz v tomto roce měl být kladen na rozvoj následujících prvků (EU, 2011b, s. 3).

3.1.3.1 Divize služeb - služby krizového managementu (Emergency)

3.1.3.1.1 Služby krizového managementu - mapování

Podle EU (2011b, s. 6) má být tato služba k dispozici na konci roku 2014. Je odhadováno, že ji uživatelé využijí asi 50x za rok. Služby nebudou závislé jen na datech z družicového snímkování. Počítá se i s využitím dat již existujících v jednotlivých státech a zpřístupněných v rámci směrnice INSPIRE. Pro službu jsou stanoveny následující úkoly:

- zajistit rychle dostupné („rush mode“) mapové podklady během krizové situace:
 - **mapy následků, škod a průběhu katastrof** v hodinách a dnech po katastrofě. Mají být k dispozici do 24 hodin od zadání požadavku.
 - **topografické mapy oblastí postižených katastrofou**, zejména infrastruktury a přírodních zdrojů. Dostupné mají být do 6 hodin.
- podporovat další fáze krizového managementu (prevenci, připravenost, odstraňování následků apod.) poskytováním dalších mapových podkladů jako např. pohyb a lokalizace uprchlíků.

3.1.3.1.2 Služby krizového managementu - systémy včasného varování

Podle EU (2011b, s. 11) má být tato skupina služeb k dispozici na konci roku 2014. Hlavní účel je poskytování podpory *evropskému systému včasného varování před povodněmi - EFAS* (European Flood Awareness System). Do EFAS mají vstupovat data meteorologická, hydrologická i předpovědi. Vstupními daty mají být i data ze satelitů GMES. Systém se bude vzájemně doplňovat s národními systémy, ze kterých má čerpat historická a současná hydrologická data. Má umožnit vzájemné poskytování informací v případě velkých krizí, které vyžadují koordinaci na evropské úrovni. EFAS bude dvakrát denně produkovat celoevropské povodňové předpovědi tři až deset dní dopředu. Výsledky se mají publikovat prostřednictvím GMES služeb krizového managementu.

3.1.3.2 Divize služeb - služby sledování zemského povrchu (Land monitoring)

3.1.3.2.1 Služby sledování zemského povrchu - celoevropské sledování využití země (Pan-European Land Cover component)

- Práce začaly roku 2011, kdy bylo nasnímáno zhruba třetina území. V roce 2012 měl být nasnímán zbytek. Podle EU (2011b, s. 14) má být služba k dispozici na konci roku 2013 a má poskytovat data získávaná z družic i dalších zdrojů dat. Samotná služba má sloužit pro:
 - post-processing nasnímaných dat a ověřování jejich kvality
 - produkci pěti vrstev s vysokým rozlišením (20 m) podle typu využití povrchu (umělé povrchy, lesní plochy, zemědělské plochy, mokřady, vodní plochy). Tyto mají sloužit jako vstup pro Corine Land Cover a Urban Atlas.
 - zajištění pokračování dat ze série Corine Land Cover pro rok 2012
 - aktualizaci GMES Urban Atlas – projekt poskytující údaje a vzájemné srovnání o využití země pro hustě osídlené oblasti Evropy s více než 100 tis. obyvateli.

3.1.3.2.2 Služby sledování zemského povrchu - Global Land Component

Tato skupina služeb má podle EU (2011b, s. 18) poskytovat data o stavu a změnách zemského povrchu v celosvětovém měřítku. Má být také hlavním evropským přínosem do projektu GEOSS (viz kap. 3.2). Výsledky mají být využitelné pro odhad úrody, zkoumání změny klimatu, boj proti desertifikaci apod. K dispozici má být ve třetím čtvrtletí 2014.

3.1.3.3 Propagace služeb GMES mezi uživateli

Velmi důležitým cílem pro rok 2012 je propagace služeb GMES mezi potenciálními uživateli, aby se předešlo situaci, že po svém spuštění nebudou služby dostatečně využity (EU, 2011b, s. 22). Tato činnost potrvá až do konce přípravného období na konci roku 2013. Součástí tohoto cíle je tvorba propagačních materiálů, organizace workshopů a tréninkových seminářů, tvorba ukázkových příkladů, jak může GMES pomoci různým organizacím při jejich činnostech, příprava uživatelských rozhraní pro zpřístupnění služeb GMES různým skupinám uživatelů atd. Zároveň má být získána i zpětná vazba od uživatelů.

3.1.3.4 Vesmírná divize

V roce 2012 pokračuje příprava vesmírné divize. Vypuštění Sentinelu 1 je plánováno podle EU (2011b, s. 25) na konec roku 2013, přičemž se zároveň pokračuje i v přípravě misí Sentinel 2 a 3.

3.2 GEOSS

GEOSS je zkratka názvu *Global Earth Observation System of Systems*. Systém má umožnit výměnu dat a poznatků z pozorování jak ze zemského povrchu (in-situ), tak i pomocí družic otevřeným způsobem a s minimálními náklady (GMES CZ, 2012). Tento „systém systémů“ propojí existující a plánované systémy na sledování Země a podpoří jejich vytvoření tam, kde doposud chybí. Projekt používá technické standardy, takže data z tisíců různých přístrojů bude možno vzájemně kombinovat (GEOSS, 2012b).

3.2.1 GEO

Základem projektu GEOSS byl projekt GEO – Skupina pro pozorování Země (*Group for Earth Observation*) založený roku 2005 v Bruselu. Jeho předchůdcem byl projekt EOS (*Earth Observation System*) založený v r. 2003 na jednání Světového summitu G7 ve Washingtonu. Podle GEOSS (2012b) bylo v březnu 2012 jejím členem 88 států, Evropská komise a 64 organizací. GEO schválila desetiletý implementační plán do roku 2015, který zasahuje do řady tematických oblastí a definuje sérii konkrétních úkolů.

3.2.2 GMES a GEOSS

V textech mnoha významných institucí lze najít vzájemné spojení mezi oběma těmito projekty. Několik příkladů za všechny: „V globálním kontextu je GMES integrální součástí systému GEOSS“ (cit. EEA, 2012), „GMES je srdcem příspěvku EU do systému GEOSS: princip sdílení dat definovaný na tomto mnohostranném fóru je jedním ze základů pro správu dat ze Sentinelů“ (cit. EU, 2009b, s. 6), „GMES ve své iniciační fázi je považován za evropský příspěvek k systému GEOSS v rámci skupiny GEO“ (cit. GMES CZ, 2012).

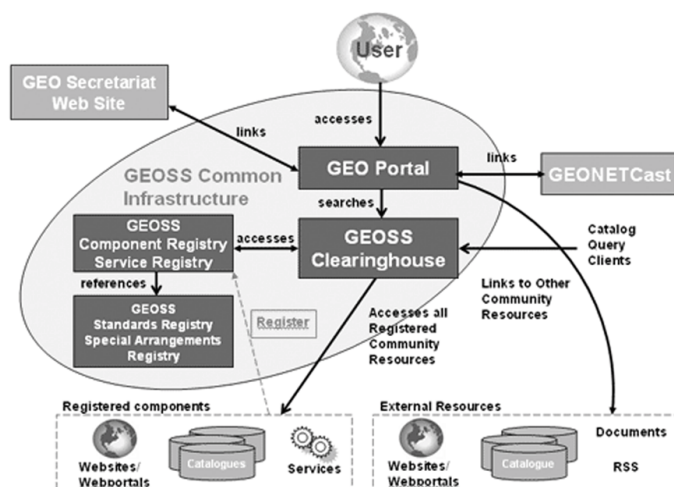
Výše zmíněné citace mohou být ale poněkud zavádějící, GMES totiž nebylo původně definováno jako „evropská část GEOSS“, ale jedná se o samostatný projekt. Lze však konstatovat, že se jí může po svém dokončení určitě stát, protože oba projekty sdílejí některé podobné aspekty, jakými jsou např. důraz na sdílení dat, využívání a propojení stávajících systémů, či využívání dat pro podobné účely. Mezi oběma projekty jsou však také určité odlišnosti:

- GEOSS je založen na dobrovolném členství, zatímco GMES je projekt řízený Evropskou komisí.
- GEOSS má mnohem víc členů z různých kontinentů než evropský GMES (v březnu 2012 bylo jejím členem 88 států, Evropská komise a 64 organizací).
- GEOSS nemá tak striktní plán jako GMES. Byl založen roku 2005 s výhledem do roku 2015 (GMES CZ, 2012). Současný plán prací je pro roky 2012-2015.
- GEOSS neplánuje vyslání žádných satelitů určených výhradně pro tento program, ale chce naopak využít již existující satelity různých organizací, které už vypuštěny byly a budou, a to včetně satelitů z misí Sentinel v rámci programu GMES.

3.2.3 Součásti GEOSS

Infrastruktura, která umožňuje uživateli vyhledat a použít data, se v GEOSS nazývá GEOSS Common Infrastructure (GCI). Podle GEOSS (2012b) se skládá z (viz obr. 3.2):

- **GEO Portal**, který tvoří místo, kde uživatel vyhledává dostupná data a služby.
- **GEOSS Clearinghouse** vyhledává data a distribuuje je uživateli přes GEO Portal.
- **Registr komponent a služeb** (GEOSS Components and Services Registry) obsahuje jméno, obsah a další informace o jednotlivých zdrojích dat.
- **Registr standardů** (GEOSS Standards and Interoperability Registry) poskytuje poskytovatelům dat informace o standardech doporučených pro použití v GEOSS, aby jejich data mohla být použita co nejširší skupinou uživatelů.



Obr. 3.2 Schéma infrastruktury projektu GEOSS - „GEOSS Common Infrastructure“ (převzato z GEOSS, 2012b)

3.2.4 GEO Portal

GEO Portal je klíčovou součástí projektu. Jedná se o webové rozhraní, ve kterém uživatel může vyhledat data, která jsou mu v rámci projektu GEOSS k dispozici, přičemž portál nabízí tři různé způsoby, jak data vyhledávat (obr. 3.3). Jednak je možné data vyhledat podle výběru požadované lokality na interaktivním glóbu, vložením klíčového slova do vyhledávacího textového pole (to je na obrázku umístěno hned nad glóbem) nebo podle nabízených tematických okruhů v levé části celého uživatelského rozhraní.



Obr. 3.3 GEO Portal – webové rozhraní pro vyhledávání dat v projektu GEOSS (převzato z GEO Portal, 2012)

3.2.5 Plán prací a rozvoje pro roky 2012-2015

Na konci roku 2011 byl stanoven plán rozvoje projektu GEOSS pro následující tři roky (GEO, 2011). V porovnání s plánem projektu GMES pro rok 2012 EU (2011b) je rozsáhlejší, s větším počtem cílů, ale zároveň i méně konkrétní. Hlavní důvod byl naznačen už dříve v této kapitole, totiž že GEOSS chce především využívat data z již fungujících nebo budovaných systémů nebo využít zkušenosti z jejich budování, a z tohoto důvodu se často „čeká“ než budou tyto systémy dokončené. Protože jde o systém celosvětový, je kladen důraz i na budování systémů a infrastruktury v rozvojových zemích, ve kterých podobné technologie prozatím chybí.

Plán budování GEOSS v letech 2012-2015 je možné shrnout do následujících bodů:

- **Systémy pro sledování Země (Earth Observing Systems)**

Cílem je zajistit a koordinovat kontinuální sběr dat z pozemních i vesmírných zařízení. Bude nutno doplnit tyto systémy v těch případech, ve kterých nejsou dostatečné, např. v rozvojových zemích. Součástí této snahy je i lepší koordinace stávajících sítí (např. seismografických), lepší koordinace sběru dat pomocí družic a letadel. Při koordinaci sběru dat ze zdrojů mnoha organizací by měly být využity zkušenosti EEA koordinující pozemní divizi GMES. I proto je Evropská komise důležitým členem skupiny, která má naplnit tento bod.

- **Data o Zemi (Earth Data Sets)**

Kromě získání dat z různých systémů je nutné také zajistit jejich validaci, dostupnost pro uživatele a další náležitosti.

- **Společná infrastruktura GEOSS (GEOSS Common Infrastructure)**

Tato část pojednává o vypracování strategie na vylepšení stávající infrastruktury.

- **Komunikační síť GEOSS (GEOSS Communication Networks)**

V této části je zdůrazněna nutnost zajištění sítě pro přenos a sdílení dat, především pak v rozvojových zemích.

- **Rozvinutí principů sdílení dat (Advancing GEOSS Data Sharing Principles)**

Cílem je, aby co největší část dat byla uživatelům k dispozici zcela volně bez jakýchkoliv poplatků či omezení. Jedním z bodů je i vytvoření kolekce volně dostupných dat pro každého, a to v rámci tzv. GEOSS Data CORE.

- **Vytvoření institucionálních a individuálních kapacit (Developing Institutional and Individual Capacity)**

Je potřeba zajistit tréninkové kurzy pro uživatele, rozšířit využívání dat z GEOSS mezi vědeckými týmy a udělat propagaci mezi politickými představiteli.

- **Data GEOSS mají být využita v nejrůznějších oblastech lidské činnosti:**

- sledování oceánu (pomocí družic i in-situ senzorů)
- sledování změn využití zemského povrchu (v rozlišení pod 50 m)
- sledování urbanizovaných území
- sledování lesů a hospodaření s nimi
- monitorování ekosystémů a biodiverzity a jejich ovlivnění činností
- podpora managementu krizových situací poskytováním aktuálních informací
- poskytnutí nástrojů a informací pro zdravotnictví – sledování kvality vody a vzduchu, alergenů, škodlivin apod.
- vyhledávání energetických zdrojů – vyhledávání geologických ložisek, míst s příznivými podmínkami pro stavbu větrných a slunečních elektráren apod.
- sledování skleníkových plynů, plochy zmrzlé půdy a ledovců a další služby pro zkoumání klimatických změn
- předpověď počasí, zejména jeho extrémních projevů
- celosvětové sledování a odhad úrody pro zajištění potravinové bezpečnosti

Mnoho z těchto bodů má být naplněno i ve spolupráci s GMES – např. sledování využití zemského povrchu úzce souvisí se službou GMES *Global Land Component*.

3.2.6 Příklad systému GEOSS

Ukázkou toho, jak mohou být v programu GEOSS shromážděna a využita data z různých zdrojů, může být projekt *Supersites* (GEOSS, 2012a). Tento projekt umožňuje přístup ke geofyzikálním datům zaměřených na zemětřesení, sopečnou činnost a další s tímto spojené jevy. Dostupná data jsou získána jak sledováním Země z vesmíru (např. syntetický radar SAR nebo sledování deformací povrchu pomocí GPS), tak i z pozemních stanic (např. seizmografie).

3.3 Rámcové programy Evropské unie

3.3.1 Historie rámcových programů

Rámcové programy (*Framework programme*, dále FP) jsou v Evropském společenství jedním z nejdůležitějších způsobů financování rozvoje vědeckého a technologického pokroku v tzv. Evropském výzkumném prostoru. Motivace a zaměření těchto výzkumných programů vychází už ze zakládajících smluv Evropské unie, přičemž hlavním cílem je podpořit pomocí výsledků těchto programů ostatní politiky EU, a dosáhnout tak zvýšení její mezinárodní konkurenceschopnosti.

První z rámcových programů (FP) byl zahájen už v roce 1984 (ukončen byl v roce 1988; každý další program trval zpravidla pět let. Počínaje 7. FP je doba trvání prodloužena na sedm let. Česká republika se účastnila již 3. FP (zahájen v roce 1990). Jednotlivé programy se svým zaměřením, rozpočtem i podmínkami čerpání podpory lišily. V rámci této kapitoly budou představeny vybrané projekty z posledních dvou rámcových programů, zejména pak ze 7. FP.

3.3.2 Šestý rámcový program

Hlavním cílem 6. FP bylo především přispět ke koordinaci evropských výzkumných aktivit, které byly to této doby relativně roztržštěné. Z tohoto důvodu byly jednotlivé oblasti programu zaměřeny na organizování spolupráce zejména na mezinárodní úrovni, propojování národních politik v této oblasti či zvyšování mobility jednotlivců.

6. FP byl strukturován na dva specifické programy: první byl zaměřen na *Integraci a posilování Evropského výzkumného prostoru* (tento program obsahoval dva bloky aktivit s celkem sedmi prioritními tematickými oblastmi), druhý program *Strukturování Evropského výzkumného prostoru* měl poté za úkol uvádět do praxe hlavně specifický výzkum. Více se lze o cílech 6. FP a zaměření jednotlivých bloků dočíst např. na internetových stránkách 6. FP (<http://ec.europa.eu/research/fp6>).

Z hlediska tematiky této publikace budou zmíněny projekty spadající svým zaměřením do druhé prioritní oblasti prvního specifického bloku *Technologie informační společnosti*. Projekty z této oblasti byly zaměřeny na výzkum v oblasti bezpečnosti, komplexních informačních systémů, komunikační infrastruktury, softwarových technologií, nanosystémů a výzkumem v oblasti nových technologií a principů majících vztah k IT. Do této oblasti spadají i projekty ORCHESTRA a SANY.

3.3.2.1 ORCHESTRA

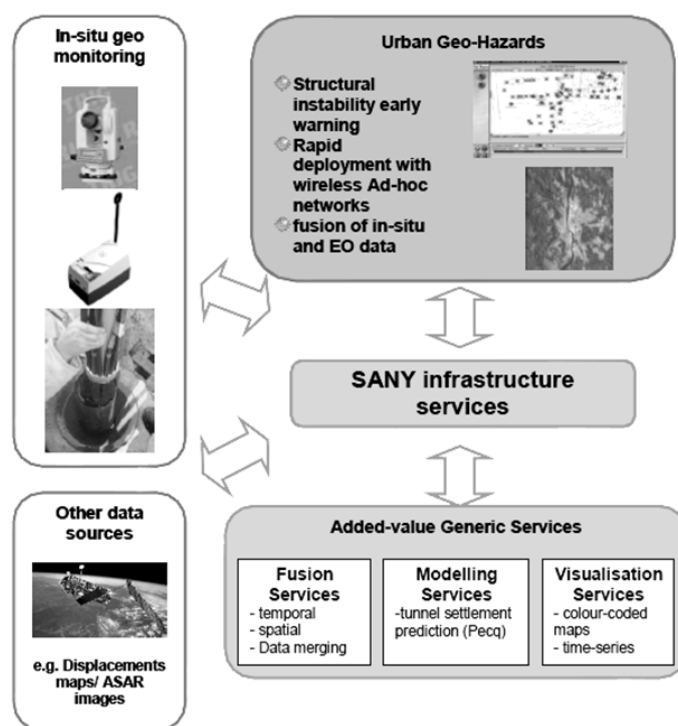
Projekt Orchestra (probíhal v letech 2004 až 2008) je na tomto místě zmiňován zejména s ohledem na to, že některé jeho výsledky byly využity i při přípravě evropských iniciativ INSPIRE a GMES (o těchto projektech pojednávají předcházející kapitoly) a mnoha dalších projektů šestého a později i sedmého rámcového programu. Projekt byl zařazen v prioritní ose *Improving Risk Management* (ten byl zaměřen na projekty rozvíjející integrované systémy a komponenty pro krizové řízení a civilní bezpečnost; viz ISTWEB, 2012)

Cílem systému ORCHESTRA bylo především navrzení služby, jejíž architektura bude umožňovat zkonanění interoperability mezi jednotlivými složkami souvisejícími s krizovým managementem. Tento cíl byl splněn převážně prostřednictvím vytvoření referenčního modelu tzv. *Reference Model for the ORCHESTRA Architecture* (RM-OA), který blíže specifikuje nároky na informační a funkční interoperabilitu systémů pro použití v krizovém managementu. Tento model byl vystavěn na základě standardů a specifikací ISO, OGC a W3C. Hlavní výsledky a výstupy projektu ORCHESTRA, včetně podrobných specifikací RM-OA, lze nalézt na internetových stránkách projektu (ORCHESTRA, 2012).

3.3.2.2 SANY - Sensors anywhere

Projekt SANY (probíhal v letech 2006 až 2009) byl v rámci 6. FP financován v prioritní ose *ICT for Environmental risk management*, která byla zaměřena na řešení problematiky informačních a komunikačních technologií u koncových uživatelů v rámci GMES (více viz ISTWEB, 2012)

Projekt SANY vytvořil předlohu pro environmentální informační systémy, kterou lze považovat za implementaci principů, které vycházejí z projektu ORCHESTRA. Původní architektura RM-OA, která byla z projektu ORCHESTRA převzata, byla ověřena při reálných situacích, jakými byli například monitorování přírodních hazardů či znečištění ovzduší. Pro tyto účely navíc proběhlo i rozšíření a optimalizace modelu RM-OA.



Obr. 3.4 Ilustrace SANY architektury na jednotlivé komponenty systému v rámci pilotního projektu Sledování rizik v zastavěných Obroblastech (podle KLOPFER et al, 2009).

Jedním z hlavních výsledků projektu SANY bylo tedy vytvoření architektonického rámce *SensorSA* (Sensor Service Architecture), který se stal základním prostředím pro vytváření environmentálních aplikací využívajících informací z různých druhů sensorů. Koncepte SensorSA vychází z již zmíněného modelu RM-OA, ale zároveň i z OGC specifikací SWE (viz kapitola 5). Na těchto základech umožňuje SensorSA vytváření velmi rozmanitých služeb, které mohou flexibilně reagovat na požadavky koncových uživatelů, což bylo v poslední fázi projektu ověřeno i při třech pilotních projektech (KLOPFER et al, 2009).

3.3.3 Sedmý rámcový program

Právě probíhající 7. rámcový program (dále 7. FP) je zatím nejrozsáhlejším rámcovým programem, a to co se týká délky trvání i celkového rozpočtu pro podpořené projekty. 7. FP začal v roce 2007 a během následujících sedmi let (program trvá až do konce roku 2013) budou podpořeny projekty za celkových více než 50 miliard eur. Relativně zajímavým poznatkem je celkové zjednodušení tohoto programu ve srovnání s těmi předcházejícími, a to zejména ve strukturování jednotlivých podporovaných oblastí.

3.3.3.1 Struktura a zaměření

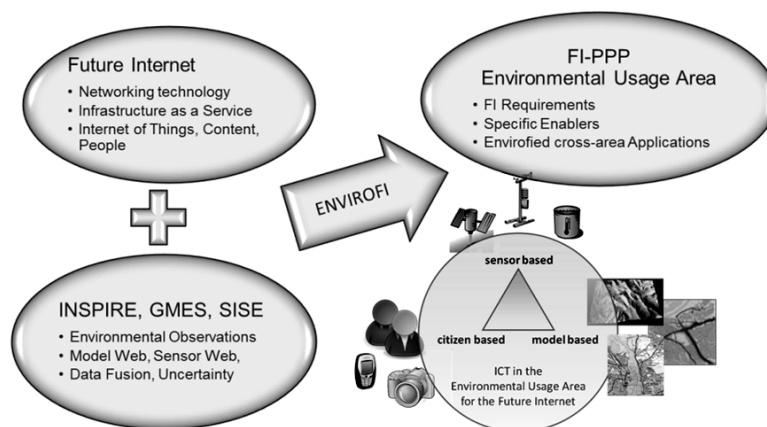
Zaměření 7. FP je rozděleno do čtyř specifických programů, které přitom odpovídají čtyřem hlavním cílům současné evropské výzkumné politiky. Jak se lze dočíst v Rozhodnutí Evropského parlamentu č. 1982/2006/ES, jsou těmito specifickými programy: *Spolupráce, Myšlenky, Lidé a Kapacity*. Stejně jako v ostatních předcházejících rámcových programech je kladen důraz na mezinárodní spolupráci (zejména v rámci programu *Spolupráce*, který je zaměřen především na problematiku informačních a komunikačních technologií, nanotechnologií, ale i životního prostředí a zdraví obyvatel). V rámci 7. FP jsou významně rozvíjeny teoretické i technologické výsledky zejména předcházejícího rámcového programu, což je i případ dále zmiňovaných projektů ENVIROFI, TATTOO či SUDPLAN.

3.3.3.2 ENVIROFI

Projekt *ENVIROFI* je projekt 7. FP podpořený specifickým programem *Spolupráce*, který začal v roce 2011, a který bude probíhat až do konce roku 2013. *ENVIROFI* je zároveň jedním z osmi pilířů (tematických projektů) v rámci partnerského projektu FI-PPP (*Future Internet Public-Private-Partnership*).

Hlavním cílem projektu je vytvoření tzv. *Environmental Observation Web*, který lze chápat jako efektivní nástroj pro přístup ke všem datům o životním prostředí pro koncové uživatele, a to zejména pro subjekty činné v rozhodovacích procesech o životním prostředí; jak podotýkají HAVLIK et al (2011) měl by výsledný stav „environmentalizovat“ prostředí budoucího internetu, a to právě ve smyslu snadného přístupu nejrozličnějších aplikací k datům o životním prostředí. HAVLIK et al (2011) a SCHADE et al (2011) pak uvádějí konkrétní příklady aplikace výše uvedeného internetového prostředí. Pomocí vhodně vytvořených senzorových sítí bude například možné (s pomocí např. tweetů či jiných informací ze sociálních sítí) lépe sledovat a posuzovat různé přírodní katastrofy v reálném čase, včetně jejich příčin a průběhu. Tyto informace bude možné mnohem rychleji využívat pro podporu všeobecné bezpečnosti či pro efektivní naplňování jednotlivých zásahových akcí.

V rámci projektu *ENVIROFI* budou v první fázi ve vybraných oblastech (sledování biodiverzity, atmosférické a oceánské podmínky) vytvořeny tzv. *environmental enablers*, tedy specifické aplikace, které budou zaměřeny na sběr, třídění a vizualizaci konkrétních dat ze senzorových pozorování v dané oblasti. Tyto aplikace by měly mít takové vlastnosti, aby je bylo možné flexibilně implementovat i v prostředí ostatních dat o životním prostředí (viz *ENVIROFI*, 2012).



Obr. 3.5 Role projektu ENVIROFI při „environmentalizaci“ internetu (převzato z ENVIROFI, 2012)

3.3.3.3 SUDPLAN

Stejně jako v předchozím případě, je i projekt SUDPLAN (*Sustainable Urban Development Planner for Climate Change Adaptation*, 2010 až 2012) financován ze specifického programu 7. FP Spolupráce. Cílem tohoto programu je obohatit metodiku urbánního plánování o prostředky prediktivního nástroje, který by bral v úvahu různé environmentální aspekty mající vliv na městský subsystém. Jednotliví uživatelé (především urbanisté či architekti) tak budou mít možnost relativně jednoduchým způsobem posuzovat vliv plánovaných staveb a s tím související dopravní situace na kvalitu života v zastavěných oblastech (včetně kvality ovzduší, půdy apod.).



Obr. 3.6 Ukázka uživatelského rozhraní s vizualizací modelu možného vývoje znečištění ovzduší v nově zastavěné oblasti (převzato ze SUDPLAN, 2012)

Na tomto místě je nutné uvést, že výše uvedené informace je možné již v současnosti získat a projekt si proto neklade za cíl vytvářet nové databáze či senzorové sítě. Hlavním výsledkem je v tomto případě efektivní propojení existujících informací ze simulačních modelů, senzorových sítí, datových infrastruktur nebo klimatických modelů pro urbánní systémy, k čemuž budou zároveň využity existující architektury

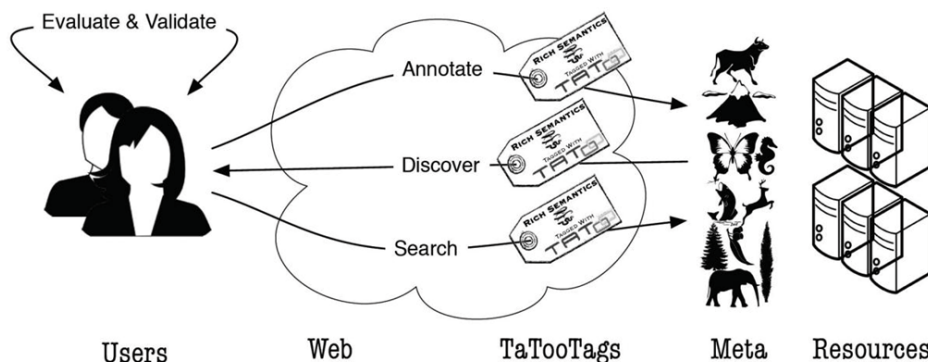
(SOA) a specifikace OGC (SWE aj.). Stejně tak budou využity technologické postupy vytvořené v rámci projektu ORCHESTRA a SANY (hlavně co se týká zkušeností z pilotních projektů). Takto vytvořený nástroj bude poté schopný zhodnotit různé scénáře, vizualizovat je a porovnávat je s dalšími alternativami, včetně komparace s reálnými situacemi (DENZER et al, 2011).

Jedním z hlavních výstupů bude softwarová komponenta umožňující vizualizace vytvořených modelů ve 4D prostoru. Tato aplikace je součástí celého vytvářeného nástroje, přičemž v současné době (podzim 2012) lze na internetových stránkách projektu nalézt ukázkou první verze této komponenty (viz SUD-PLAN, 2012).

3.3.3.4 TaToo

Posledním projektem 7. FP, který bude zmíněn v této kapitole je TaToo (akronym pro *Tagging Tool based on Semantic Discovery Framework*, 2012 až 2012). Náplň tohoto projektu relativně úzce souvisí s předchozím projektem, jeho hlavním úkolem je totiž umožnění správné identifikace požadovaných a relevantních informací v internetovém prostoru, které jsou současně v daném momentě dostupné.

Hlavní důraz je proto kladen na vývoj nástrojů pro efektivní třídění dat o životním prostředí a zároveň i pro přidání odpovídajících sémantických informací k těmto datům (pro jejich rychlejší budoucí použití). Východiskem je totiž v současné době velké množství dat o životním prostředí, které nemají zcela jasný původ, a jejichž relevantnost není v mnoha případech uživateli známa. Hlavní cíle projektu lze proto možné spatřovat v těchto oblastech: vytvoření jakéhosi „prostředníka“ mezi zdroji dat a koncovými uživateli, přičemž tato architektura musí být schopna podrobně popsat původ těchto dat (což vyžaduje integraci a případné zpracování existujících metainformací). Za druhé je nutné zajistit, aby byl tento nástroj schopen k těmto datům rychle přistupovat (TATOO, 2012).



Obr. 3.7 Schéma TaToo infrastruktury umožňující popis, třídění a vyhledávání a relevantních dat na internetu (převzato z TATOO, 2012)

3.4 Shrnutí

V této kapitole byly uvedeny příklady řady významných projektů, které se různými způsoby snaží o jistou míru standardizace ve využívání geoprostorových dat. Je zřejmé, že bez existence vhodných nástrojů nebude možné efektivně používat dostupné informace o životním prostředí, kterých je již v dnešní době velké množství a lze se domnívat, že s nastupujícím fenoménem internetu věcí bude jejich množství i rychle narůstat. Je možné předpokládat, že výsledky výše zmíněných projektů budou schopné nabídnout dostatečně účelné nástroje pro efektivní využívání těchto informací.

4. 3D MODELOVÁNÍ V KONTEXTU GEOINFORMAČNÍCH STANDARDŮ

Lukáš HERMAN

Tato kapitola je věnována především standardu CityGML, jeho vývoji, hlavním vlastnostem a využití. Dále je analyzována související problematika tématu prostorových dat budovy z datových specifikací směrnice INSPIRE a 3D síťových služeb. Na příkladech konkrétních projektů jsou popsány možné aplikace 3D modelů v oblasti hlukového mapování, výpočtů energetické bilance budov.

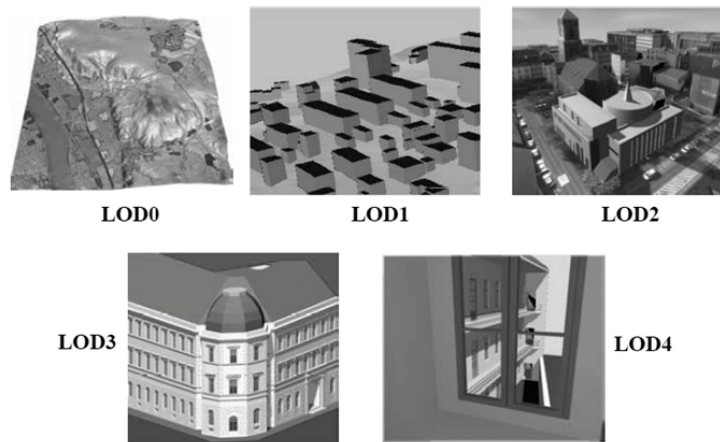
4.1 CityGML 1.0

4.1.1 Vznik a vývoj

Za zrodem formátu CityGML stojí organizace Special Interest Group 3D (SIG 3D), jenž má více jak 70 členů, převážně z Německa. Patří mezi ně nejen výzkumné ústavy a vysoké školy, ale i soukromé firmy, zemská (Severní Porýní – Vestfálsko) a místní samospráva. V čele skupiny SIG 3D stojí profesor Thomas Kolbe z TU Berlin a doktor Gerhard Gröger (TU Bonn). Vývoj CityGML byl zahájen v roce 2002, v roce 2006 se o formátu začalo diskutovat také v rámci **Open Geospatial Consortia** (OGC) a v říjnu 2008 bylo CityGML ve verzi 1.0 uznáno jako oficiální standard. Tím se ale vývoj standardu nezastavil, v průběhu roku 2011 vrcholily práce na nové verzi, původně označované jako 1.1, nakonec však byla tato nová verze označena jako 2.0 a v dubnu 2012 byla OGC schválena.

4.1.2 Víceúrovňová reprezentace

Další důležitou vlastností je víceúrovňová reprezentace. Ta je realizována pěti *úrovněmi detailu* (*Level of Detail* – LOD). Podrobnost se zvyšuje od 2,5D modelu v LOD0 až po model budov včetně interiérů a jejich vybavení v LOD4. Se zvyšující se úrovní detailu roste zpravidla počet a složitost geometrických prvků a mění se i tematická náplň. V jednom modelu mohou být použity prvky z různých úrovní a naopak jeden objekt může mít v každé úrovni detailu jinou reprezentaci.

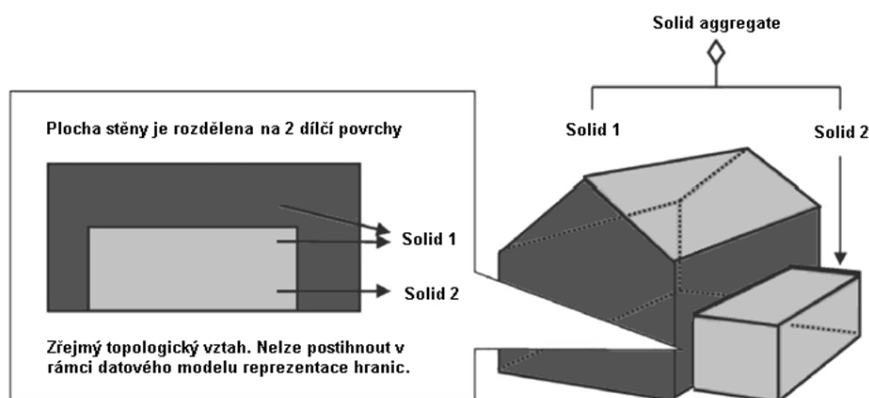


Obr. 4.1 Úrovně detailu (LOD) v CityGML (převzato z OGC, 2008)

Nejméně podrobnou úrovní je LOD0, což je v především 2,5D model terénu. LOD1 je označení pro blokový model (bez modelace střech). Střechy podrobněji jsou modelovány v LOD2. LOD3 obsahuje ještě podrobnější architektonický model i s detaily jako jsou na stěnách. LOD4 doplňuje předchozí úroveň o znázornění interiérů a jejich zařízení.

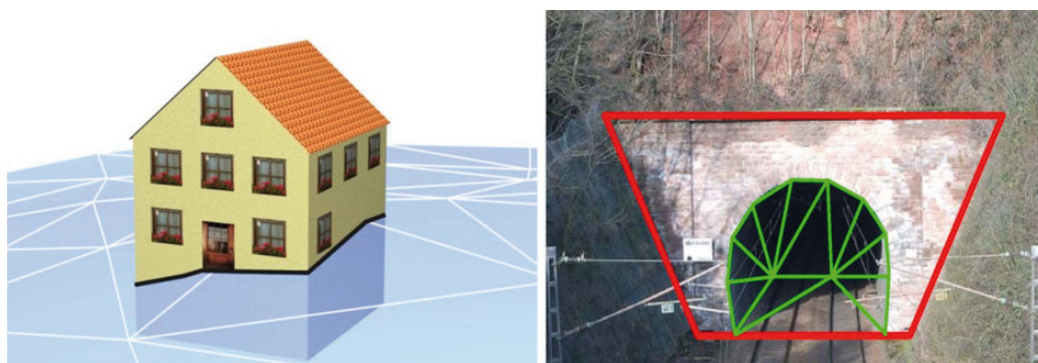
4.1.3 Geometrie a topologie

Geometrie CityGML vychází z jazyka GML3. 3D objekty jsou založeny na datovém modelu reprezentace hranic (v angl. „*boundary representation*“), jenž musí být uzavřené, aby se dalo pracovat s objemem jednotlivých objektů. V případě, že fyzicky uzavřené nejsou, jako například tunely, jsou uzavírány pomocí virtuálního povrchu ClosureSurface. CityGML obsahuje i další nadstavbové koncepty, kterými se od GML3 odlišuje. Jedním z nich je tzv. TIC – *Terrain Intersection Curve*. Tato křivka přesně popisuje, kde objekt, například budova, protíná terén, čímž je zajištěn správný topologický vztah. Při znázornění opakujících se objektů, například stromů, se používá koncept *Implicit Geometry*. Prototyp objektu, který může být i v odlišném formátu, například VRML (Virtual Reality Modeling Language) nebo 3DS, je opakovaně vkládán do modelu. Má vlastní souřadnicový systém a obsahuje transformační matici nebo kotevní bod pro umístění do souřadnicového systému, používaného v modelu (OGC, 2008).



Obr. 4.2 Geometricko-topologická datová struktura (převzato z HERMAN, 2011a)

CityGML se výrazně liší od GML přístupem k definování topologie. Pro popisování topologických vztahů se používá XLink (*XML Linking Language*), který odkazuje na unikátní ID jednotlivých prvků. Konkrétní geometrie, například polygon tvořící společnou zeď dvou domů, je tedy definována jednou a při jejím dalším použití je na ni pouze odkazováno. Budova (*Building*) se může skládat jak z geometrických (*lod1Solid* až *lod4Solid*), tak z topologických elementů (*lod1TopoSolid* až *lod4TopoSolid*). CityGML tak může být nejen čistě geometrickým modelem, ale i modelem topologicko-geometrickým. Tím se CityGML liší od starších řešení, které geometrii a topologii oddělovaly (KOLBE, 2008).



Obr. 4.3 Znázornění průběh TIC (vlevo černě a vpravo červeně) a vpravo virtuální povrch ClosureSurface zvýrazněný zelenou barvou (převzato z OGC, 2008)

4.1.4 Textury a vizualizace

Své místo v CityGML mají rovněž textury a informace o vzhledu povrch, uložené v rámci třídy *Appearance*. Jednotlivé objekty jsou pokrývány texturami transformovanými podle zadaných parametrů (*ParametrizedTextures*) a k pokrytí terénu se zpravidla používají georeferencované textury (*GeoreferencedTextures*). CityGML podporuje takzvaný *multi-texturing*, což lze využít v případech, kdy pro jeden model existuje více variant vzhledu. Příkladem může být několik textur budov - z termálního snímkování či pořízené ve viditelné části spektra. Rovněž mohou být použity odlišné textury s různými úrovněmi detailů. Rastrový obraz je připojen pomocí atributu *imageURI*, což může být buď odkaz na soubor, nebo požadavek na webovou službu. K dispozici je pět základních přístupů k přikládání textur *none*, *wrap* – textura se opakuje, *mirror* – textura se opakuje a zrcadlí, *clamp* – textura je roztažena k okrajům a *border* – barva pozadí textury je určena elementem *borderColor* (OGC, 2008).



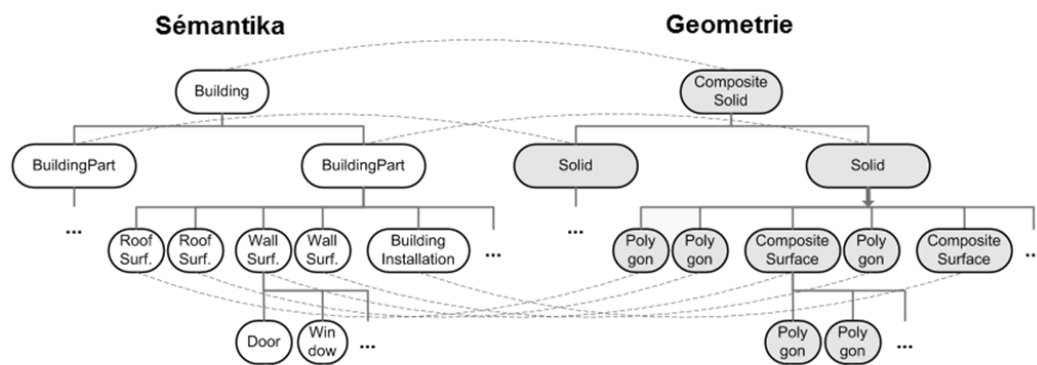
Obr. 4.4 Georeferencovaná textura na modelu a terénu a parametrizované textury na budovách a vegetaci (převzato z HERMAN, 2011a)

Vzhled může být určen nejen rastrovými snímky, ale i definicí materiálu a světelného chování objektu. Tato možnost je převzata z formátů COLLADA (*COLLAborative Design Activity*) a X3D (*eXtensible 3D*). Pomocí atributů *emissiveColor*, *diffuseColor*, *ambientIntensity*, *shininess*, *transparency* lze nastavit barvy a komplexní světelné chování objektů (OGC, 2008; KOLBE, 2008).

4.1.5 Sémantický model

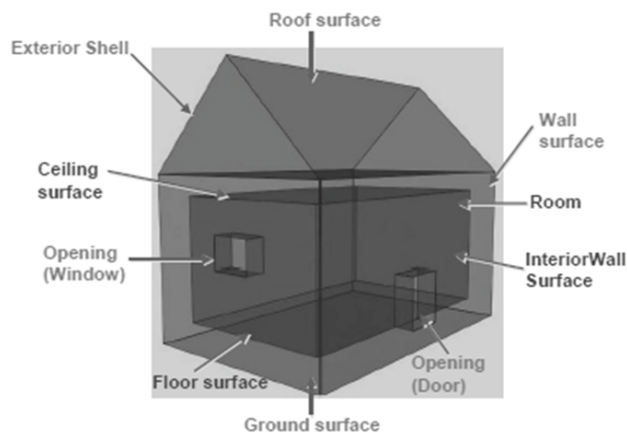
Klíčovým principem, kterým se CityGML odlišuje od ostatních 3D formátů, je sémantické modelování. Model je tedy složen ze sémantických tříd a každé z nich je přiřazena jedna nebo více geometrických tříd (sémantická třída může existovat i bez přiřazené geometrie, pak se označuje jako třída abstraktní). Třídy a jejich vzájemné vztahy a atributy jsou modelovány v jazyce UML (*Unified Modelling Language*). Sémantická struktura použitá v CityGML je založena na standardu ISO 19109 (OGC, 2008).

Obecné schéma CityGML se skládá z horizontálních a vertikálních složek. Vertikální složky popisují tematické entity (budovy, reliéf, vegetace a další). Tři horizontální složky (*Core*, *Appearance*, *Generics*) pak definují strukturu závaznou pro tematické moduly (KOLBE, 2008). Základní sémantické (vertikální) třídy v CityGML 1.0 jsou budovy, model terénu, hydrografie, land use, vegetace a dopravní objekty. Na nejvyšší úrovni se ve strukturním modelu CityGML nachází abstraktní třída *CityObject*. Konkrétní prvky *CityObject* jsou součástí kolekce *CityModel*, stejně jako třída definující vzhled objektů – *Appearance* (OGC, 2008).



Obr. 4.5 Vzájemné provázání sémantické a geometrické datové struktury (převzato z HERMAN, 2011a)

Základní částí většiny modelů je digitální model terénu. Ve struktuře CityGML je reprezentován třídou *ReliefFeature*, která je obsažena ve všech LOD. Terén může být reprezentován jako GRID (třída *RasterRelief*), TIN (*TINRelief*), pomocí lomových linií (*BreaklineRelief*), nebo pomocí bodů (*MasspointRelief*). Jednotlivé reprezentace reliéfu mohou být vzájemně kombinovány. Atribut *extentOfValidity* přitom vymezuje území, pro které je použit daný model terénu. Zpravidla jsou takto kombinovány různé přesné modely terénu. Použití rastrového reliéfu je realizováno pomocí odkazu na soubor GeoTIFF (*Geographic Tagged Image File Format*). Ostatní typy jsou uloženy přímo v rámci souboru CityGML (OGC, 2008).



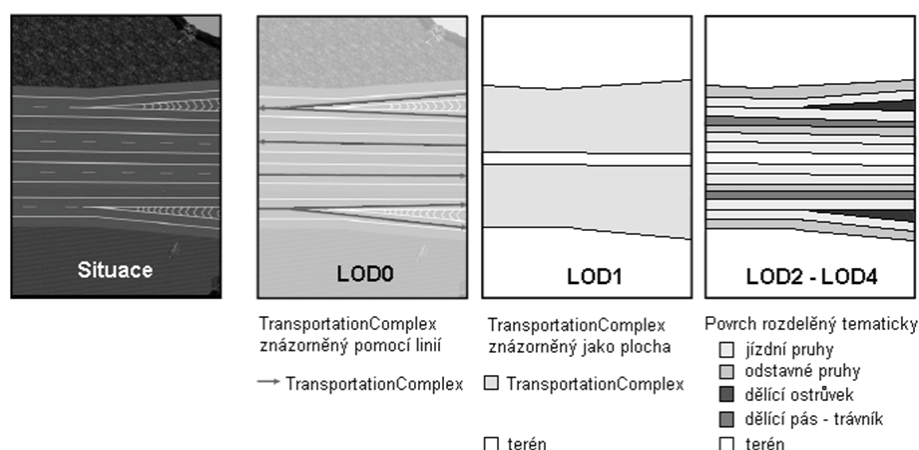
Obr. 4.6 Vybrané sémantické prvky z třídy budovy (převzato z OGC, 2008)

Do největší hloubky je sémantický model rozpracován pro budovy a jejich části. Jednotlivé domy lze rozložit na části, místnosti nebo stěny. Nejvyšší třída, která popisuje budovy *AbstractBuilding*, je specifikována pomocí atributů *class*, *function*¹, *usage* (specifikují druh a využití budovy), *yearOfConstruction*, *yearOfDemolition* (časové určení budovy), *roofType* (typ střechy), *measuredHeight* (výška budovy), *storeyAboveGround*, *storeyBelowGround* (počet pater nad a pod zemí), *storeyHeightsAboveGround* a *storeyHeightsBelowGround* (výška nadzemních a podzemních pater). Třídy *AbstractBuilding*, jsou pak bezprostředně podřízeny třídě *Building* a *BuildingPart*. Tyto třídy mohou být mimo jiné provázány s bodovou třídou *Address*. U budov je dobře patrné uplatnění víceúrovňové reprezentace. Zatímco *Building* se vyskytuje od LOD1, další (podrobnější) třídy jako *BuildingInstallation* se objevují v LOD2 a *Window* nebo *Door* v LOD3. Tyto prvky jsou ohraničeny prvky z třídy *BoundarySurface*, např. *RoofSurface*, *WallSurface*, *GroundSurface* (OGC, 2008).

1 Rozdíl mezi třídou (class) a funkcí (function), spočívá v počtu hodnot, které mohou zároveň nabývat. Třída musí být v rámci jednoho objektu jen jedna, funkcí může být více. Toto platí i u dalších tříd, které mají tyto atributy.

K popisu vodstva slouží třída *WaterBody*. Ta může být z hlediska geometrie jak křivka (*MultiCurve*), plocha (*MultiSurface*) v obou případech LOD0 a LOD1, i těleso (*Solid*) v LOD1 až LOD4. V druhém případě je pak element ohraničen pomocí třídy *WaterBoundarySurface*, složené z *WaterSurface* (hladina), *WaterGroundSurface* (dno) a případně *WaterClosureSurface* (virtuální uzavření, např. v případě moře). Typ a využití vodního objektu je definováno příslušnými atributy (OGC, 2008).

Hlavní třídou pro popis dopravních objektů je *TransportationComplex*, jenž se skládá z dílčích tříd *TrafficArea* (například samotná plocha silnice) a *AuxiliaryTrafficArea* (středové pásy nebo příkopy), obě třídy jsou blíže charakterizovány atributy *function*, *usage* a *surfaceMaterial*. Tříde *TransportationComplex* jsou podřízeny třídy *Track*, *Road*, *Railway* a *Square*. *TransportationComplex* je definován v LOD0 jako liniový prvek v podrobnějších LOD jako povrch (OGC, 2008).



Obr. 4.7 Silnice a její znázornění v jednotlivých úrovních detailu (převzato z HERMAN, 2011a)

Vegetace je v CityGML definována dvěma způsoby. Jednotlivé rostliny (nejčastěji stromy) jsou znázorněny pomocí třídy *SolitaryVegetationObject*, kdežto rozsáhlejší plochy používají třídu *PlantCover* (s *MultiSurface* nebo *MultiSolid* geometrií). Třída *CityFurniture* slouží k popisu a znázornění objektů, jako jsou pouliční světa, semaforey, reklamní panely a podobně. Atributy jsou specifikovány funkce konkrétních objektů. Třídou Land use je v rámci CityGML definováno využití půdy. Tato třída má vždy geometrii *MultiSurface*. Konkrétní funkce a využití jednotlivých ploch definují atributy. Tuto třídu lze používat ve všech úrovních detailu (LOD0 – LOD4). Třída *CityObjectGroup* slouží k seskupení jednotlivých elementů *CityObject* (OGC, 2008).

Řada zmiňovaných atributů (např. *class*, *function*, *roofType*) je definována prostřednictvím číselníků obsažených v OGC specifikaci. Jakýkoliv z prvků v modelu může v CityGML sloužit i jako odkaz (prostřednictvím atributu *externalReference*) na zdroj dat nebo na doplňující informace. Budova tak může kupříkladu odkazovat do katastru nemovitostí na informace o majiteli (OGC, 2008, KOLBE, 2008).

4.1.6 Rozšiřitelnost sémantického modelu

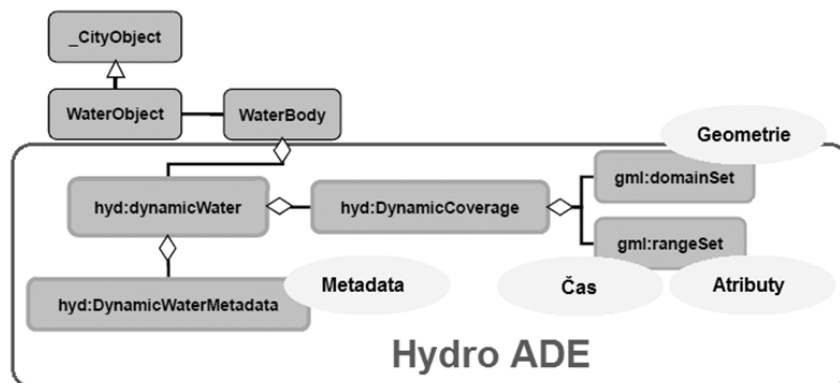
Pro případné rozšíření základního tematického modelu CityGML slouží dvě základní koncepty. Prvním konceptem jsou generické prvky a atributy. Druhým je pak ADE (*Application Domain Extension*). Generické prvky (*GenericCityObject*) je možné použít jen pro objekty neobsažené v základním CityGML modelu, tyto třídy nejsou formálně specifikovány a snižují sémantickou interoperabilitu a při jejich používání mohou vznikat konflikty. *GenericCityObject* může mít libovolný typ geometrie a podporuje také koncepty TIC a *ImplicitGeometry*. Generické atributy (*GenericAttribute*) mohou odpovídat jakémukoliv z datových typů povolených v CityGML, tj. *String*, *Integer*, *Double*, *Date* a *URI* (OGC, 2008).

ADE vzniká definováním nových tříd nebo rozšířením stávajících o nové atributy nebo relace. Jejich cílem je rozšíření možnosti využití formátu CityGML. Každé ADE je specifikováno prostřednictvím vlastního XSD schématu (*XML Schema Definition*). Definice elementů v ADE musí být vždy vztažena k základnímu tematickému schématu CityGML, tzn. nová ADE třída je vždy podřízena třídě obecné (OGC, 2008).

4.1.7 Využití

ADE určené k mapování hlukové zátěže je přímou součástí specifikace CityGML 1.0.0. Toto ADE zavádí jak nové třídy, tak rozšiřuje některé stávající o další atributy. Obecné třídě *Road* je nově přiřazena podtřída *NoiseRoadSegment*. Podobně je třída *Railway* rozšířena o podtřidu *NoiseRailwaySegment* a jí podřízený element *Train*. O atributy je rozšířena i třída *AbstractBuilding*. Hlukové bariéry jsou popsány pomocí třídy *NoiseCityFurnitureSegment*, která je odvozena z obecné třídy *CityFurniture*. Všechny nové třídy obsahují atributy používané pro výpočty hlukové zátěže. Třída *NoiseRoadSegment* nese například informace o průměrné hustotě dopravy (počtu aut) za hodinu ve čtyřech časových úsecích dne, podíl nákladních automobilů, údaje o rychlostních limitech nebo průměrná denní hustota dopravy. Další atributy pak popisují parametry samotné silnice. Upřesňují její materiál, korekci odrazu zvuku, šířku vozovky nebo sklon daného úseku. Třída *AbstractBuilding* je rozšířena údaji o korekci odrazu hluku od budovy. Třída *NoiseCityFurnitureSegment* je blíže určena konkrétním typem protihlukové bariéry, odrazovými vlastnostmi, výškou a vzdáleností od dopravní komunikace (OGC, 2008). Širší aspekty použití tohoto ADE jsou popsány v příslušné podkapitole.

CityGML bylo využito například při studiu povodní. Na HFT (*Hochschule für Technik*) Stuttgart je vyvíjeno rozšíření pro integraci dat o změnách výšky vodní hladiny do CityGML. V tomto případě je rozšířena třída, popisující hydrografii. Třída je modifikována *WateryBody* zavedením podtřídy *DynamicWater*. Tato třída má dále dvě podtřídy *DynamicWaterMetadata* (popisující k výpočtu užitý software, hydraulický model a další parametry) a *DynamicCoverage*. V rámci této třídy jsou pak uloženy údaje o výšce vodní hladiny a jejich změnách v čase, když specifikace atributů pro vyjádření času je převzata z GML3 (SCHULTE et al, 2009).



Obr. 4.8 Schéma rozšíření Hydro ADE a napojení na strukturu CityGML (upraveno podle SCHULTE et al, 2009)

UtilityNetwork ADE slouží k implementaci popisu rozvodných sítí do 3D modelů měst. ADE tvoří obecný rámec pro definování sítí konkrétních rozvodů (elektřina, plyn, pitná a odpadní voda). Základem je implementace síťového grafu, který je tvořen uzly (třída *Node*) a hrany (*Edge*). Ty jsou ve struktuře ADE podřízeny třídám *Network*, *NetworkGraph*, *FeatureGraph* a *NetworkFeature*. Zmíněné rozšíření umožňuje provádět síťové analýzy a simulace v rozvodných sítích. V neposlední řadě umožňuje také vyjádřit síťové komponenty jako 3D objekty (BECKER et al, 2010).

Skutečností, že CityGML umožňuje modelovat i vnitřní členění budov a interiérů, využívají rozšíření pro BIM (*Building Information Modeling*) a CAFM (*Computer Aided Facility Management*), obě jsou určeny pro správu informací o budovách (bližší informace viz: HERMAN, 2011a). Obdobné informace o

druzích povrchů v interiérech obsahuje i rozšíření vyvíjené společností Hitachi, které má sloužit jako podklad pro optimalizaci automatického pohybu robotů v interiérech (OGC, 2012b). Formátu CityGML lze rovněž využít ve spojení rozšířenou realitou (*augmented reality*). Příkladem může být oblast námořní navigace, když jsou promítány 3D informace, důležité k navigaci u pobřeží nebo v přístavu, do okulárů speciálního dalekohledu kormidelníka lodi (HAASE et al, 2010). Své místo má CityGML i při simulaci silniční dopravy a krizovém managementu. Těmto oblastem se věnují společnosti Rheinmetall Defence Electronics a CPA Geoinformation.

4.2 CityGML 2.0

Nová verze CityGML byla původně schvalována jako verze 1.1, posléze se přešlo na označení 2.0. Mezi hlavní novinky patří zavedení nových sémantické třídy pro mostní konstrukce (*AbstractBridge*) a tunely (*AbstractTunnel*). Sémantika obou tříd (atributy a podřízené třídy) vychází do značné míry ze sémantické struktury třídy *AbstractBuilding*, například třída *TunnelPart* je ekvivalentem *BuildingPart* (OGC, 2012b).

Sémantika třídy budov byla rovněž mírně modifikována přidáním dvou nových prvků z třídy *BoundarySurface*, a to *OuterCeilingSurface* (např. strop balkonu) a *OuterFloorSurface* (podlaha terasy). Další úpravou třídy *Building* je její doplnění i do LOD0 ve formě 2D polygonu, což může být buď půdorys, nebo průmět obvodu střechy. Byly přidány i nové atributy, například *relativeToTerrain* a *relativeToWater* pro vyjádření pozice objektu vůči povrchu terénu nebo vodní hladině. Upravena byla i podoba číselníků. Úspěšná migrace z CityGML 1.0 instancí do verze 2.0 vyžaduje změnu jmenných prostorů a umístění schémat na aktuální (2.0) hodnoty (OGC, 2012b).

4.3 Datové specifikace INSPIRE

CityGML bylo použito i při návrhu datových specifikací v rámci směrnice INSPIRE, konkrétně tématu prostorových dat Budovy. Ze CityGML byla k tomuto účelu použita část popisující budovy (na nejvyšší úrovni je třída *AbstractBuilding*). CityGML se ale s datovými specifikacemi INSPIRE obsahově překrývá i v jiných tématech. Tento překryv je naznačen v tabulce 4.1. Nutno dodat že se však jedná o překryv z hlediska tematického. 3D geometrie, která je neoddelitelnou součástí standardu CityGML, je v rámci datových specifikací směrnice INSPIRE začleněna především do témat prostorových dat *Elevation* (nadmořská výška) a *Buildings* (budovy).

4.3.1 Téma prostorových dat Budovy (Buildings)

Kromě standardu CityGML bylo při tvorbě datové specifikace tématu prostorových dat budovy využito také datový model LADM (*Land Administration Domain Model*), který popisuje budovy z hlediska katastru nemovitostí, označovaný také jako standard ISO 19152 (draft verze). Pro číselníky je částečně použita klasifikace Eurostatu.

Nejvyšší úroveň sémantiky základního 2D profilu představuje třída *AbstractConstruction*. Této třídě jsou podřízeny třídy *OtherConstruction*, která reprezentuje objekty, jako jsou např. mosty, tunely, protihlukové bariéry nebo vysílače, a *AbstractBuilding*, jenž blíže popisuje budovy (tyto třídy musí mít přiřazenu geometrii). Třída *AbstractBuilding* dále sdružuje třídy *Building* a *BuildingPart*, což je koncept vycházející z vyjádření budov v CityGML. Povinnou částí je geometrie. Mezi atributy, které popisují třídu *AbstractConstruction* patří kupříkladu výška objektu, datum výstavby nebo demolice. Rozšířený 2D profil obsahuje oproti základní variantě navíc atributy popisující architekturu budovy (typ střechy, materiál omítky, počet pater) a katastrální informace, např. oficiální výměra. Navíc jsou zařazeny i další třídy, konkrétně *Installation* (zařízení) a *BuildingUnit*, zařazená pod třídy *Building* a *BuildingPart*, která představuje část budovy homogenní z hlediska managementu (DS BUILDINGS, 2012).

Tab. 4.1 Vztah témat prostorových dat podle směrnice INSPIRE a sémantických tříd standardu CityGML 1.0

Příloha	Téma prostorových dat INSPIRE	Třída v CityGML 1.0
I	Dopravní sítě (Transport networks)	TransportationObject
II	Vodstvo (Hydrography)	WaterObject
II	Nadmořská výška (Elevation)	ReliefFeature
II	Krajinné pokrytí (LandCover)	VegetationObject, LandUse
III	Budovy (Buildings)	AbstractBuilding, CityFurniture,
III	Využití území (LandUse)	LandUse
III	Veřejné služby a služby veřejné správy (Utility and governmental services)	Abstract Building, CityFurniture
III	Výrobní a průmyslová zařízení (Production and industrial facilities)	Abstract Building, CityFurniture

Tab. 4.2 Profily a aplikační schémata v tématu prostorových dat Budovy (převzato z DS BUILDINGS, 2012)

	Jednodušší sémantické informace	Bohaté sémantické informace
2D (a 2.5D) geometrie	Core 2D profil (základní a core 2D aplikační schéma)	Rozšířený 2D profil (základní a rozšířené 2D aplikační schéma)
Plnohodnotná 3D geometrie	Core 3D profil (základní a core 3D aplikační schéma)	Rozšířený 3D profil (základní a rozšířené 3D aplikační schéma)

Geometrie základního 3D profilu je založena na datovém modelu reprezentace hranic. Jeho podrobnost je definována, v případě 3D geometrii, od LOD1 až po LOD4. Tyto LOD jsou převzaty z CityGML. Povolená je však i 2D geometrie. Sémantický model základního 3D profilu se shoduje se základním 2D profilem. Rozšířený 3D profil rovněž vychází z modelu budov v CityGML, geometrie může být jak, 2D tak 3D (opět CityGML LOD1 až LOD4). Sémantické třídy vycházejí z rozšířeného 2D profilu, ale navíc obsahuje rozšířený 3D profil i charakteristiky stěn, střech, oken nebo dveří. Dále může obsahovat také odkazy na textury (DS BUILDINGS, 2012). Oba 3D profily podporují také prvek *terreinIntersection*, což je obdoba TIC z CityGML.

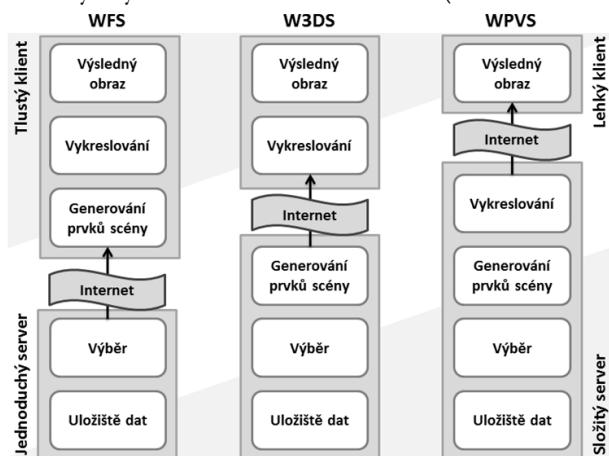
Základní (base) aplikační schéma obsahuje definice prvků společných pro ostatní schémata a tedy i všechny čtyři profily. Předně jsou to definice datových typů a číselníky. Základní klasifikace budov, je prováděna jak na základě využití budovy (číselník *CurrentUseValue*) tak podle konkrétního druhu objektu (číselník *BuildingNatureValue*). Pomocí číselníku (*HorizontalGeometryReferenceValue*) je popsáno jakému rozměru budovy vlastně odpovídá daná geometrie, která tak nabývá kupříkladu hodnot *footprint* (půdorys), *roofEdge* (průmět obvodu střechy) nebo *envelope* (ohraničující pravoúhelník). Obdobně *ElevationReferenceValue* upřesňuje, který výškový údaj má objekt přiřazen (DS BUILDINGS, 2012). Pro všechny profily je rovněž společný koncept *externalReference*, tedy odkaz na další informace o daném objektu, což je další společný prvek s CityGML.

4.4 Webové služby pro 3D data

Kromě standardizace 3D formátů existují i snahy o standardizaci 3D webových služeb. Konkrétně jde o služby WPVS (*Web Perspective View Service*) a W3DS (*Web 3D Service*), ani jedna nebyla dosud oficiálně schválena. K WPVS jsou dostupné materiály Discussion Paper a W3DS existuje jako návrh (Draft), ačkoliv jsou zpracovávány od roku 2005, respektive 2001. WPVS byla zpočátku vyvíjena pod názvem WTS (*Web Terrain Service*) a označuje také jako WVS (*Web View Service*). Tato služba vrací na serveru renderované pohledy na scénu (tedy 2D rastrové obrazy). Služba vrací odpovědi na dotazy *GetCapabilities*, *GetView* (povinné), volitelně *GetDescription* a *GetLegendGraphic* (OGC, 2010b).

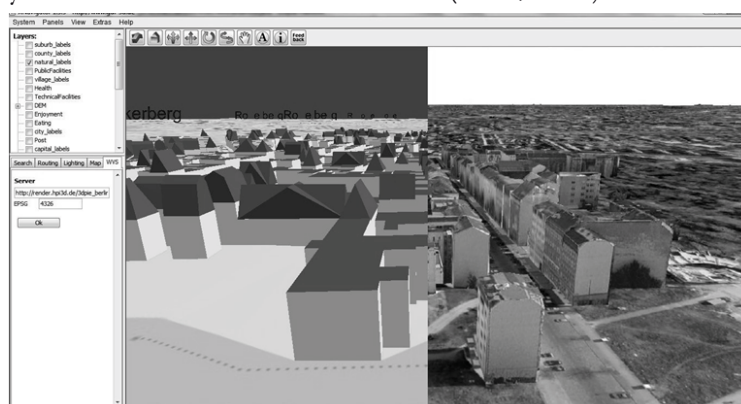
Služba W3DS naproti tomu vrací 3D geometrii a informace o vzhledu objektů (vektorová 3D data, která mohou být doplněna o rastrové textury) ve formě grafu scény. Výstup je buď ve formátu X3D. Klientská aplikace pak provádí vykreslování pohledů, čímž se tato služba odlišuje jak od WPVS, tak od WFS, kde aplikace musí nejdříve graf scény vytvořit v klientovi. Služba vrací odpovědi na dotazy *GetCapabilities*, *GetScene* (povinné), volitelně *GetFeatureInfo*, *GetLayerInfo* a *GetTile* (OGC, 2010a)

Mezi serverové řešení, které poskytují W3DS patří *CityServer3D*. Je to modulární klientsko-serverový systém, vyvíjený v IGD Fraunhofer. Dále může poskytovat i WMS nebo vlastní proprietární webovou službu. Využívat může data uložená v databázích MySQL, Oracle nebo PostGIS. Jako referenční implementace WPVS specifikace byla vyvinuta HPI Web View Service (SCHILLING et al, 2012).



Obr. 4.9 Srovnání služeb WFS (Web Feature Service), W3DS a WPVS (upraveno podle OGC, 2010a)

Příkladem klientské aplikace primárně určené pro W3DS je *XNavigator*. Dále podporuje WMS (*Web Map Service*), SOS (*Sensor Observation Services*), WPS (*Web Processing Service*) a *Catalogue Service for Web* (CS-W). Díky tomu, že je vytvořen pomocí Java3D a J2SE (*Java 2 Platform, Standard Edition*). Je platformě nezávislý. Tento nástroj je využíván kupříkladu v projektu *OpenStreetMap-3D*. Další klientskou aplikací je engine BSContakt Geo od společnosti Bitmanagement Software GmbH určený pro vizualizaci 3D prostorových dat v aplikacích třetích stran. Podporuje CityGML a komponenty (tagy) pro manipulaci s geografickými souřadnicemi z formátů X3D a VRML (OGC, 2012a).



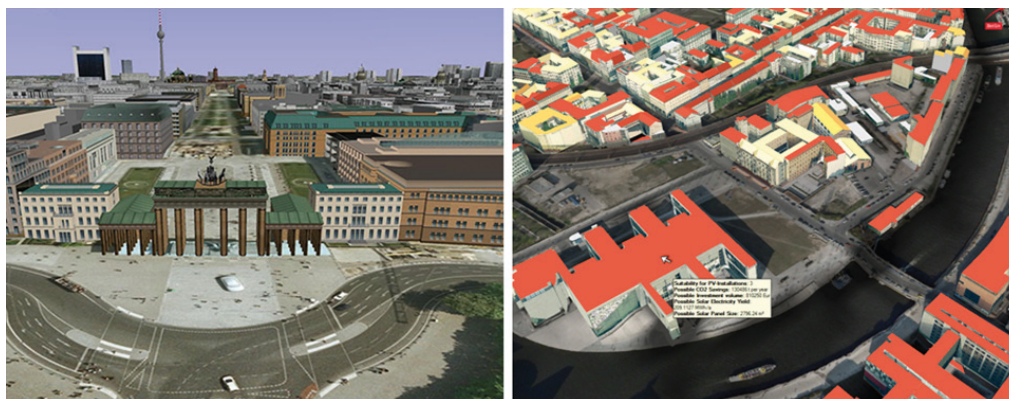
Obr. 4.10 Provázání dat poskytnutých W3DS (v levé části) a WPVS (vpravo) v prohlížeči XNavigator při 3DPIE (převzato z OGC, 2012a)

Všechny výše zmíněné aplikace a jejich vzájemná interoperabilita byly poměrně úspěšně testována v rámci OGC, jako tzv. *3D Portrayal Testing Experiment* (3DPIE).

4.5 Projekty využívající 3D geoinformační standardy

4.5.1 3D model Berlína

V praxi je pořizování 3D dat komplexní úkol, a tak dochází ke kombinaci trojrozměrných dat získaných z různých zdrojů. Příkladem může být právě 3D model Berlína, pro která byly použity data z katastru nemovitostí, digitální model terénu (DTM), letecké snímky a 3D model budov pořizovaných LiDARem (*Light Detection And Ranging* nebo *Laser Induced Detection And Ranging*). Pro ukládání dat slouží 3D City Database (3DCityDB), což je open source 3D geodatabáze založená na Oracle 10G R2 / 11G. Databázový model zohledňuje hierarchickou i sémantickou strukturu a víceúrovňovou reprezentaci. K importu a exportu 3D modelů do této databáze slouží 3D City Database Import/Export Tool. Export může probíhat do formátů CityGML, KML (*Keyhole Markup Language*) nebo COLLADA. Pro zpracování 3D dat je určena open source Java knihovna a API citygml4j. Pro editaci 3D modelu byl využíván také program LandXplorer Studio Profesional od společnosti Autodesk (DÖLLNER et al, 2006).



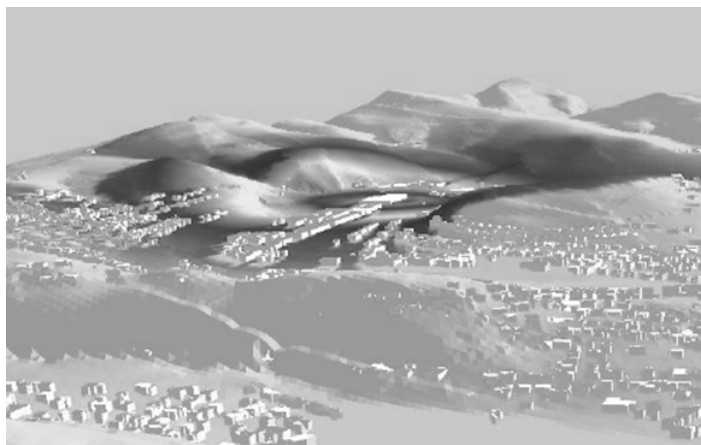
Obr. 4.11 3D model Berlína, vlevo Braniborská brána fotorealistická vizualizace pro virtuální turistiku, vpravo zobrazení potenciálu pro umístění solárních panelů na střechách (převzato z HERMAN, 2011b)

Model Berlína může být zobrazován ve fotorealistické podobě, kterou si lze prohlédnout po transformaci do formátu KML v programu GoogleEarth. Model je však zároveň využíván i při nefotorealistické vizualizaci. Projekt SIMKAS 3D do 3D modelu integruje informace o inženýrských sítích. Další projekt *SolarAtlas Berlin* se zabývá optimalizací rozmístění solárních panelů na základě modelu města (DÖLLNER et al, 2006; HERMAN, 2011b)

4.5.2 Hlukové mapování v Severním Porýní - Vestfálsku

Jak již bylo zmíněno, součástí specifikace CityGML 1.0 je ADE pro hlukové mapování. Bylo vyvinuto v rámci projektu *EU-Umgebungslärmkartierung in NRW* a vychází i z Geodata Infrastructure North Rhine-Westphalia (GDI NRW).

Toto GDI vzniklo jako společná iniciativa ministerstev zemské vlády spolkové země Severní Porýní – Vestfálsko a zdejší zemské mapovací agentury (CZERWINSKI et al, 2008). GDI NRW používá CityGML a rastrový GeoTIFF jako jediné výměnné formáty mezi webovými službami a softwarem počítajícím hlukovou zátěž. Použitá data i celková struktura ADE je dána směrnicí evropského parlamentu a rady 2002/49/ES ze dne 25. června 2002 o hodnocení a řízení hluku ve venkovním prostředí, která ukládá členským státům povinnost zjišťovat každých 5 let hlukovou zátěž na budovách ve výšce 4 m od povrchu země. Zároveň stanovuje základní metodiku výpočtů. Úroveň hluku je tak vypočítávána zvlášť pro denní (6:00 – 18:00), večerní (18:00 – 22:00) a noční (22:00 – 6:00) dobu (OGC, 2008).



Obr 4.12 Vizualizace hlukové zátěže vypočtené pomocí 3D modelu (převzato z GRÖGER et al, 2008).

Model používaný pro výpočty je tvořen rastrovým DTM, 3D budovami doplněnými o atributy 3D daty o dopravních komunikacích s atributy a daty o hlukových bariérách (blíže viz kapitola o ADE). Jednotlivé třídy mají úroveň podrobnosti LOD0 nebo LOD1 (podtřídy, které jsou omezeny na podrobnější LOD jsou vynechány). Použit je rastrový reliéf, budovy (LOD1), landuse a dopravní komunikace (LOD0). Naopak vypuštěny jsou celé třídy *VegetationObject*, *CityObjectGroup* a *WaterObject*. Jednotlivé datové třídy nejsou uloženy v jednom úložišti, ale vektorová data jsou poskytována pomocí WFS a rastrový model terénu pomocí WCS (*Web Coverage Service*). Výsledkem výpočtů je pak rastrová mapa hlukové zátěže, která je publikována pomocí služby WMS (CZERWINSKI et al, 2008).

4.5.3 Výpočty energetické bilance budov

K další významné oblasti použití CityGML patří problematika stanovení energetických nároků budov. 3D modely zde využívány pro výpočty objemů budov, ploch jednotlivých stěn (zdi, střechy) nebo stanovení ploch společných (sousedních) stěn. S těmito údaji je pak možné porovnat data o spotřebě energií, určit na kterých ukazatelích je spotřeba nejvíce závislá a v neposlední řadě zda, a jakým způsobem, je možné energii uspořít. Data o energetických nárocích budov, je možné také dále kombinovat s údaji o potenciálu pro umístování solárních panelů, čímž je možné stanovit celkovou bilanci jednotlivých budov. Pro optimalizaci rozmístění solárních panelů na budovách jsou důležité především výpočty zastínění. I relativně malý stín (tvořený například anténou nebo komínem) způsobuje významné ztráty při produkci energie takto ovlivněným solárním panelem. Pro tyto účely navrhli pracovníci HFT Stuttgart. Jako zdrojová data se používá CityGML model zástavby v LOD2 (EICKER et al, 2010; STRZALKA et al, 2011).

Modelové území pro výpočty energetické bilance představuje město Ludwigsburg. Zatím se k výpočtům používají jen modely budov, do budoucna se plánuje rozšíření i o další prvky (např. vegetaci). Princip výpočtů však zůstane stejný. Ke zpracování výpočtů vyvíjí vlastní Java aplikaci a zároveň využívá i serverovou aplikaci CAT3D, ve které jsou integrována podkladová data. Velký význam má však při analýze CityGML dat validace geometrie v rámci předzpracování. Validní geometrie je totiž základním předpoklad pro úspěšné provedení dalších analytických operací, jako jsou výpočty povrchů nebo objemů. K validaci a kontrole dat je na HFT aplikace vyvíjena aplikace *CityDoctor* (EICKER et al, 2010; STRZALKA et al, 2011).

4.6 Shrnutí

Protože je 3D modelování poměrně progresivním oborem, je většina aktuálních studijních materiálů k dispozici na internetu. Weby www.citygml.org a www.citygmlwiki.org obsahují informace o CityGML, přehledy volně dostupných datových sad, komerčních i nekomerčních programů, dostupných rozšířeních nebo publikovaných článků. Další materiály nejen k problematice CityGML, ale i o W3DS a WPVS jsou dostupné na webu OGC. Web *Joint Research Centre* (JRC) obsahuje informace o datových specifikacích INSPIRE a to i v případě tématu prostorových dat budovy.

Podpora 3D geometrie, sémantické modelování a přizpůsobivost datových struktur jsou společné znaky a zároveň přednosti formátu CityGML a tématu prostorových dat. Tyto datové modely jsou v kombinaci s aplikačními daty multifunkční a tudíž vhodné pro široké spektrum uživatelů.

5. PUBLIKACE DAT ZE SENZOROVÝCH SÍTÍ

Petr DUDA

5.1 Úvod

Úspěšnost integrace spolehlivých, aktuálních a okamžitě využitelných informací do geoinformačních infrastruktur je podmíněna fungujícím provázáním geoinformační infrastruktury se senzorovými sítěmi, které jsou dnes za určitých podmínek již schopny tyto informace poskytovat. Díky technologickému vývoji v oblasti miniaturizace elektroniky a elektrotechniky je možné sestavovat malá a poměrně levná elektronická zařízení, která jsou schopna sledovat jednu nebo více vlastností svého okolí, tyto informace zaznamenávat, podle požadavků uživatele předzpracovat, a odesílat v digitální podobě. Celé takovéto výpočetní systémy lze dnes umístit do jednoho čipu. Jsou malé (i ve velikosti větší mince), poměrně levné (v cenové relaci nižší než 1000 USD za kus) a v současné době velmi často schopné komunikovat se svým okolím pomocí bezdrátové technologie (prostřednictvím integrované radiostanice, infračerveného vysílače apod.).

Takováto zařízení jsou pro pokrytí určitého území často sdružována do komunikační sítě. Poté si vzájemně mohou vypomáhat při předávání informací o stavu prostředí, v němž se nachází, k dalšímu zpracování do vzdáleného místa. V takovém případě hovoříme o senzorové síti. Jednotlivá zařízení, která síť tvoří, se poté označují jako *uzly (nody) senzorové sítě*. Pomocí velkého počtu těchto malých senzorových uzlů je tak možné pokrýt i velké území a sledovat různé jevy, v závislosti na účelu takové senzorové sítě.

Automatické senzory, organizované v senzorových sítích, umožňují získávat informace o sledovaném jevu rychle, podrobně, na poměrně velkém území a za tak nízkých nákladů, o kterých se nám dříve ani nesnilo. Tyto kladné vlastnosti jsou ovšem vyváženy celou řadou *ale*. Existuje velké množství druhů senzorů, z nichž každý má svá specifika (např. přesnost, spotřebu energie aj.), komunikace mezi jednotlivými senzory a místem sbírajícím informace je značně komplikovaná, části přenášené informace se často ztrácejí a získaná data je vždy nutno prověřovat, neboť vzhledem k odlehle poloze senzorů nevíme jistě, zdali jsou získané hodnoty ovlivněny nějakou nepředvídanou událostí, změnou nastavení či dokonce poruchou senzoru. Senzory také vždy nemusí zcela pokrývat celý fenomén. Geoinformační infrastruktury, které integrují senzorová data, by měly být na tato specifika připraveny tak, aby na ně uživatel mohl reagovat, a aby taková data byla případně nahrazena jiným, dostatečně adekvátním způsobem.

Největší překážku v pochopení různých omezení a slabých míst v datech z především automatizovaných senzorových sítí je stále způsob, jakým jsou tyto sítě a jejich jednotlivé komponenty projektovány a jakým způsobem je omezena či naopak rozšířena jejich funkčnost. Geografické systémy využívající *živá* senzorová data musí v řadě svých aplikací brát specifika architektury a pracovního procesu senzorových sítí v potaz. V případě, že chceme, aby naše aplikace byla schopna zajišťovat výstupy ze senzorových dat v reálném čase či pro bezpečnostní infrastrukturu či aplikace, na kterých je závislé lidské zdraví, je nutné se ještě hlouběji zaměřit na výpočetní mechanismy a softwarovou vybavenost jednotlivých senzorů tak, aby senzorová síť i výsledná aplikace byly dostatečně spolehlivé pro řešení daných úkolů.

V následujících odstavcích si přiblížíme některé zásadní vlastnosti senzorových sítí, jejich obvyklou architekturu a vlastnosti jejich komponent. V druhé části této kapitoly se zaměříme na specifické vlastnosti dat, pocházejících ze senzorových sítí, a představíme si některé přístupy, jež umožňují plné využití senzorových sítí v geoinformačních systémech.

Systémy, v nichž se tyto přístupy aplikují, nacházejí uplatnění v mnoha odvětvích lidských aktivit, od sledování životního prostředí, přes bezpečnostní aplikace v armádě či policii, dopravu (např. s jakým zpožděním budete muset počítat, ať už jedete autem či letíte letadlem), až po vytváření tzv. chytrého domova (např. regulace topení, osvětlení, zabezpečení, přesměrování audiovizuálních datových toků

apod.). Kontrolu stavu jednotlivých sledovaných objektů pak lze provádět i vzdáleně, například přes internet, a to nejen pomocí klasických webových služeb, ale i pomocí chytrých telefonů či obdobných zařízení. Spojením technologie *Web 2.0* s mikrokontroléry senzorů tak lze vytvořit efektivní zdroj informací a služeb, dostupný různým uživatelským vrstvám.

Dále jsou uvedeny základní skladební kameny sensorové sítě a popsány způsoby jejich propojení s geoinformačními infrastrukturami.

5.1.1 Senzory a aktuátory

Senzor (*čidlo, snímač*) je základní stavební jednotkou sensorové sítě. Obecně jej lze definovat jako zdroj určité informace o prostředí, v němž se nachází. Obvykle se jedná o zařízení, které reaguje na určitý stimul určitým deterministickým způsobem, a to např. produkcí signálu. Signál lze přenášet na dálku tak, aby byl čitelný pro pozorovatele či jiné zařízení, např. řídicí systém (tj. i mozek). Každý senzor tedy sleduje určitou vlastnost vnějšího prostředí. Tato *vlastnost* (angl. *property*; např. fyzikální veličina) v určitém časovém bodě (úseku) určuje či identifikuje určitý jev (*fenomén*; angl. *phenomenon*), jenž je takto sledován (pozorován). Pozorovaná vlastnost je obvykle senzorem transformována do odlišné reprezentace (obvykle elektrické či mechanické). Tato vnitřní reprezentace je označována jako *signál*¹ a je odesílána vně senzoru k dalšímu zpracování. Za senzor lze považovat i člověka, pokud nasbíraná data (mohou být jak kvantitativní, tak kvalitativní povahy) předává dále ke zpracování (KLOPFER et al, 2009; CHATZIGIANNAKIS et al, 2007).

Aktuátor (*akční člen, servopohon*; angl. *actuator*) je druh motoru, který přeměňuje vstupní signál na pohyb. Příkladem aktuátoru může být elektrický motor, hydraulický píst, relé, elektroaktivní polymer aj. V sensorových sítích je často využíván pro ovládání senzorů, jejich pohyb a nastavení (YICK et al, 2008). V určitém ohledu je aktuátorem i lidský sval; případně celý člověk, je-li instruován systémem k nějaké fyzické akci.

Aktuátory tak lze považovat za opak senzorů, neboť zatímco od senzorů systém informace přijímá, aktuátory naopak řídí. Ovšem za určitých okolností lze obvykle aktuátory také využít jako senzory.

Převodník (*převaděč, měnič, převáděcí člen*; angl. *transducer*) je souhrnné označení skupiny zařízení, které převádí energii z jedné formy do jiné. Mezi převodníky patří mj. např. i mikrofony, reproduktory, termometry, fotovoltaické články, žárovky či antény. *Převodník* je tedy nadřazeným pojmem pro pojmy senzoru a aktuátoru.

5.1.2 Typy senzorů

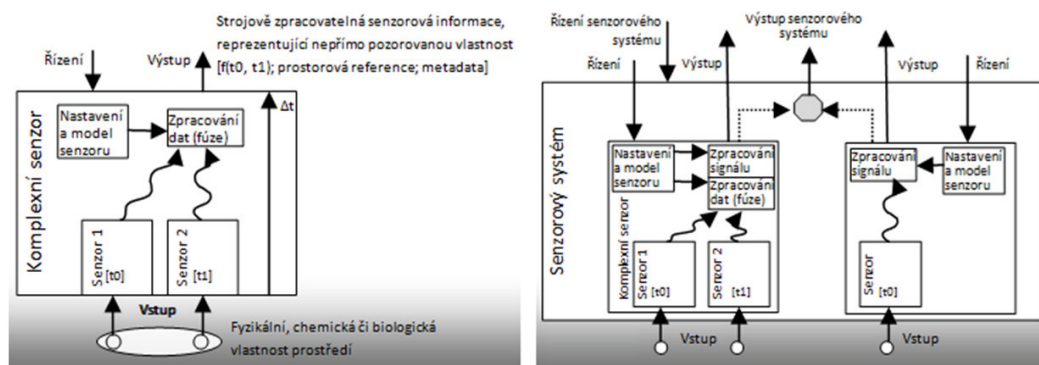
Existuje velké množství zařízení, které lze podle předchozí definice označit za senzory. Mezi senzory tak lze zařadit jak zařízení produkující jednoduchou informaci v určitém místě a čase, a to jak s *analogovým signálem*, např. rtuťový teploměr (produkuje jednoduchou analogovou informaci o teplotě), srážkoměr, seismograf, tak i jednoduché *senzory digitální*, jako například snímač polohy (např. GPS přijímač), scintilační detektor, radar, aj.

Mimo tato zařízení existují i senzory, které produkují komplexní informaci, tedy informaci skládající se z více dílčích informací, např. videokamery či detektory více druhů chemických látek. Jako senzor tak lze chápat nejen jednoduché čidlo, ale taktéž soubor čidel, které měří různé charakteristiky v jednom místě a čase (tzv. *komplexní senzor*).

1 Např.: frekvence otáček hydrologické vrtule je reakce vrtule, ponořené do řeky, na proudění vody (vlastost) v řece (fenomén). Pomocí indukční cívky (či čítače otáček) připevněné na ose vrtule se v závislosti na frekvenci indukuje určité napětí (nebo se načte počet otáček za určitou časovou jednotku), a to je vodičem odváděno jako signál k dalšímu zpracování (signál tak může být jak analogový, tak digitální). Pomocí hodnoty napětí (či frekvence otáček) a příslušných technických parametrů vrtule tak lze spočítat rychlost proudění vody v daném místě. To však může být učiněno již v řídicí jednotce této hydrologické vrtule a jako signál se poté mimo senzor dostává již výsledná hodnota rychlosti.

Komplexní senzor (KLOPPER et al, 2009) se obvykle používá v situaci, kdy požadovaná vlastnost či fenomén nemůže být pozorován pomocí jediné senzorové technologie. Informaci o jednotlivých pozorovaných jevech – součástech komplexního jevu – však je možné zpracovat a výslednou informaci o komplexním jevu tak získat syntézou jednotlivých naměřených veličin. Takové senzory již zpravidla využívají ke komunikaci výhradně digitální signál. Abstraktní model komplexního senzoru je uveden na obr. 5.1 vlevo.

Senzor, který podává jedinou informaci o jednom jediném jevu, ačkoli jej pozoruje na digitální bázi jedním či více způsoby a na výstup vysílá analogový signál, se někdy označuje jako *simulovaný analogový senzor*¹.



Obr. 5.1 Blokové schéma komplexního senzoru (vlevo) a blokové schéma senzorového systému (upraveno podle KLOPPER et al, 2009)

Uvnitř senzoru je také možné další zpracování signálu (např. linearizace, upravení kalibračními koeficienty, transformace do jiného druhu reprezentace a další úpravy dat pro výstup ze senzoru). Pokud senzor poskytuje doplňující funkce, které nejsou nutné ke generování korektní reprezentace pozorované veličiny, je označován jako *chytrý senzor* (smart sensor).

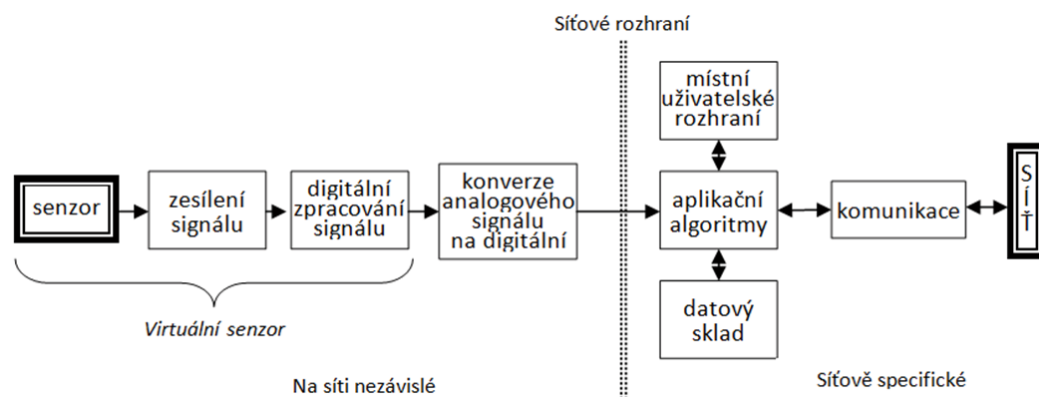
Podoba a funkčnost chytrého senzoru je upravena rodinou standardů **IEEE 1451** (IEEE, 2000). Tyto standardy popisují univerzální a na konkrétní síti nezávislá komunikační rozhraní pro připojování senzorů k mikroprocesorům či přístrojovým systémům, jejichž propojením a spoluprací chytré senzory vznikají. Chytré senzory obvykle bývají malé, lehké a s minimální spotřebou, a skládají se z jednoho nebo více čidel, A-D převodníků², řídicí jednotky, vnější paměti, vysílače s přijímačem a zdroje energie. Takováto jednotka je často schopna přijímat data i z dalších senzorů v síti, sama je předzpracovat (např. agregovat) a poté odeslat buď dalšímu uzlu, nebo výstupnímu zařízení síť. V případě, že jsou tato zařízení schopna určitých samostatných úkolů při práci s příchozími a odchozími daty, jsou často označovány jako *mote*. Tato zařízení dnes tvoří základní komunikační uzly bezdrátových senzorových sítí. Obecný model chytrého senzoru podle IEEE 1451 je zobrazen na obr. 5.2.

Jako *virtuální senzor* je poté označováno zařízení, které obsahuje fyzický převaděč (senzor), zařízení pro úpravu signálu a digitální zpracování signálu. Virtuální senzor je vždy součástí chytrého senzoru (LEWIS, 2005)

V některých publikacích jsou však jako *virtuální senzory* označovány i tzv. sběrné body v matematických modelech. Výstupní data z mnohých matematických modelů mají často formu podobnou datům ze senzorů, proto lze některé přístupy pro řízení a správu senzorových dat použít i pro data vypočítávaná.

1 Simulovaným analogovým senzorem může být např. hydrologická vrtule popsáná v poznámce 1. Tento typ senzoru je nutno odlišovat od simulovaných senzorů či simulovaných senzorových sítí obecně. Simulace činnosti senzorů či celých senzorových sítí se obvykle provádí matematickým modelováním pomocí počítačů a obvykle slouží k testování funkčnosti navrhovaných instrukcí pro práci senzorové sítě před jejich nasazením do fyzické sítě.

2 Převodník analogového signálu, nesoucího informaci z čidla, do digitálního signálu, jež může být dále výpočetně zpracován.



Obr. 5.2 Blokové schéma obecného modelu chytrého senzoru (upraveno podle LEWIS, 2005)

Je třeba zmínit, že umístění senzoru se může lišit od umístění sledovaného objektu. Taková situace nastává vlastně u všech zařízení, provádějících dálkový průzkum (radary, videokamery aj.). Zatímco zařízení *in-situ* jsou obvykle umístěna v těsné blízkosti sledovaného objektu, takže jejich polohu a polohu sledovaného jevu lze (pro danou aplikaci) považovat za identickou. (KLOPFER et al, 2009)

I samotný signál ze senzoru však může být přenášen na dlouhé vzdálenosti. To lze zajistit jak různými druhy signálních vodičů (elektrické či optické kabely, hydraulická vedení, lana aj.) nebo bezdrátově (obvykle radiovým či infračerveným signálem), tak i člověkem (např. přenášejícím vzorek vody do laboratoře). Rozlišujeme tedy *vedením připojené (drátové, wired)* a *bezdrátové (wireless)* senzory.

Velmi důležitým poznatkem, který ovlivňuje aplikaci senzorových dat v geoinformačních systémech je skutečnost, že období mezi pozorováním a výstupem zpracovaného signálu ze senzoru (i sítě) je vždy nějak dlouhé, přičemž zpracování daného signálu může probíhat postupně na více místech. Časový a prostorový kontext¹ pozorování však musí být pro jednoznačnou identifikaci výsledných dat vždy zachován (KLOPFER et al, 2009).

Z hlediska časové proměnlivosti pozice lze senzory rozdělit na *mobilní* (které snímají informace plynule během pohybu), *semimobilní* (které lze přemísťovat a sbírat s nimi informace na různých místech) a *statické*, které jsou určeny k instalaci na jedno místo, a z nichž zjišťované hodnoty mají vždy jasný prostorový kontext.

5.1.3 Systém senzorů

Více senzorů i aktuátorů (ať již analogových, nebo komplexních) různých druhů může být kombinováno do senzorového systému. Senzorový systém obvykle tvoří fyzický celek, ale není to vždy nutností. Příkladem senzorového systému je satelit (fyzická konstrukce satelitu je ovšem označena termínem *platforma*, nikoli termínem senzor), na němž jsou připevněny různé dálkové senzory a senzory indikující vnitřní stav satelitu. Dalšími příklady mohou být meteorologická stanice, či zdravotní stanice kombinující senzory pro měření krevního tlaku a pulsu.

Senzorový systém dovoluje správu nejen jednotlivých senzorů, ale též i systému senzorů jako celku. K tomu slouží rozhraní správy senzorového systému. Klíčovou vlastností senzorového systému je jeho *jednotné rozhraní výstupu a řízení*, které reflektuje jeho organizační strukturu (senzory lze řídit jednotlivě i v celém systému podle určitých kritérií).

¹ Tj. v jakém místě (absolutně i relativně k jiným objektům a prostředí v okolí) a čase bylo pozorování uskutečněno. Například v případě, že jsou odebírány vzorky půdy pro jejich analýzu v laboratoři, musí být jasné patrné, na kterých místech, kým, kdy, za jakých okolností a jakou technikou byly tyto vzorky odebrány, jakým způsobem byly dopraveny do jaké laboratoře, a kdy, jakým způsobem a kým byly zpracovány.

Na rozdíl od komplexního senzoru (který se uživateli jeví jako nerozborný celek) umožňuje senzorový systém přímé adresování jeho jednotlivých částí (podsystemů, senzorů), jakož i celého systému. Tento rozdíl se projevuje především v rozhraní správy senzoru, ovšem nemá vliv na podobu odezvy senzoru. Jak komplexní senzor, tak i senzorový systém může poskytovat data výsledovatelná k jejich jednotlivým částem. Abstraktní model senzorového systému je uveden na obr. 5.1 vpravo.

5.2 Senzorové sítě

Senzorová síť je definována jako *skupina specializovaných převodníků* (senzorů a aktuátorů), *jež jsou propojeny komunikační infrastrukturou*, a jsou určeny pro sledování a ukládání informací o podmínkách v odlišných místech prostředí (KLOPFER et al, 2009). Moderní senzorová síť obvykle sestává z množství sběrných či komunikačních uzlů, označovaných jako (senzorové) uzly (nody).

Senzorová síť však nemusí být pouze elektronická, za svého druhu senzorovou síť lze považovat například i soustavu analogových sond, z nichž je jednou za čas *fyzicky* ("ručně") odebírána či odečítána informace, ruční sčítání provozu na pozemních komunikacích, kdy jsou sčítací komisaři systematicky rozmístěni na silniční síti a do notýsku si zapisují druhy a počty projíždějících vozidel, podobně jako hlídky policie, které v případě přetížení komunikace uzavírají z obou stran dopravu. Charakter senzoru či aktuátoru tak není v abstraktním konceptu rozhodující, důležité je pouze to, zda jsou nějaké informace o prostředí sbírány a nějakým způsobem odesílány k uložení či dalšímu zpracování.

5.2.1 Způsoby přenosu dat v senzorových sítích

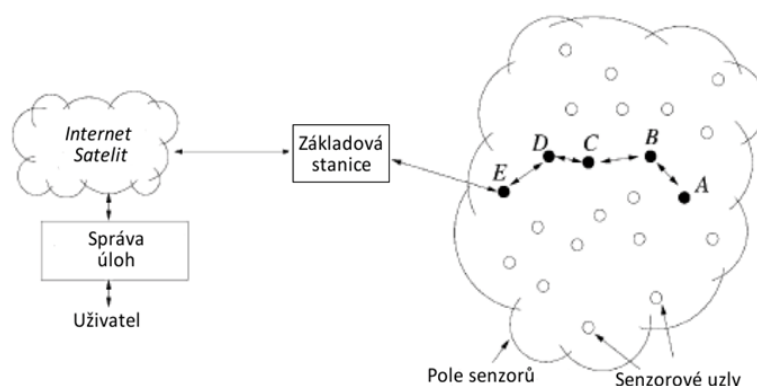
Jednou ze základních vlastností senzorových sítí, která do značné míry předurčuje výpočetní a komunikační schopnosti senzorových uzlů i síť jako celku, je použitý druh nosiče pro přenos dat v senzorové síti. Pokud je jako přenosové médium použit pevný vodič, hovoříme o *drátových senzorových sítích* (*wired sensor networks*), pokud se využívá bezdrátového spojení (především radiového, ale může být použito i např. infračervené záření nebo zvukové vlny), jedná se o *bezdrátové senzorové sítě* (*wireless sensor networks*). Právě bezdrátové sítě zažívají v poslední době značný rozvoj, a to především z toho důvodu, že dochází ke značné miniaturizaci elektronických součástek i senzorů, snižování energetické náročnosti jejich provozu a zlevňování jejich výroby, a to při zachování jejich funkcí. Takové senzory je pak možné rozmístit velmi hustě, na rozsáhlá území nebo umístit do různých dálkově ovládaných zařízení a zařízení s omezeným prostorem či nosností (např. bezpilotních letadel, inspekčních robotů, vrtných souprav, miniponorek aj.). Oba typy sítí lze podle potřeby kombinovat.

Posledním způsobem propojení senzorů do komunikační sítě je použití *agentů*. *Agent* je autonomní entita (např. robot či člověk), který fyzicky zajišťuje sběr a přenos dat ze senzorů do datového skladu, případně provádí kalibrace a nastavení senzorů (sběrných míst).

Obecně lze říct, že v senzorové síti existují dva dominantní směry informačních toků. Jedním směrem jsou sbírána a odesílána senzorová data k uživateli (aplikaci), druhým směrem jsou od základového uzlu k jednotlivým senzorům posílány řídicí a kontrolní příkazy. Na nižších vrstvách síťového modelu je ovšem situace jiná, neboť pomineme-li fakt, že před každou výměnou dat musí dojít k nalezení cesty, navázání spojení a v průběhu provozu sítě musí být toto spojení udržováno, jednotlivé uzly jsou schopny i určité samostatné práce při některých úlohách, jako je například rozpoznávání sousedů pro komunikaci, oprava chybně přijatých zpráv, určování vlastní polohy v síti, agregaci a předzpracování senzorových dat aj.

Obecný model komunikace v senzorové síti je znázorněn na obr. 5.3. V moderních senzorových sítích, zvláště těch bezdrátových, neproudí každá senzorová informace přímo od daného senzoru do základové stanice a dále k uživateli. Jednotlivé senzorové uzly si v přenosu informace vypomáhají. Určitá informace (ať už senzorová, nebo řídicí) tak dorazí k cíli až po několikátém přeskočení mezi jednotlivými senzorovými uzly. Tento způsob spojení značně snižuje energetickou náročnost vysílání a zvyšuje spolehlivost přenosu

dat. Vzhledem ke snížení počtu přenosů jsou data během přenosu v jednotlivých uzlech sítě agregována a různým způsobem předpracována.



Obr. 5.3 Obecný model komunikace v senzorových sítích (upraveno podle AKYILDIZ et al, 2002)

Cesta, jakou data v dané síti od konkrétního zdroje ke konkrétnímu cíli proudí, je určována pomocí směrovacích mechanismů. Těchto mechanismů existuje celá řada. Obecně je lze rozdělit mezi statické (kdy jsou jednotlivé cesty mezi uzly určeny již před spuštěním sítě a nelze je měnit) a dynamické (které nejen že v době běhu sítě měnit lze, ale také je možné tyto cesty přizpůsobovat aktuálnímu stavu sítě, např. poruchou či přidáním nového uzlu). Dynamické směrování je jednou z podmínek, které umožňují vytvářet tzv. *samoorganizující* se senzorové sítě.

5.2.2 Výhody a nevýhody drátových a bezdrátových senzorových sítí

Mezi hlavní nevýhody *drátových senzorových sítí* patří především nutnost vést fyzické vedení mezi všemi uzly sítě. Bezdrátové senzory mohou být, na rozdíl od bezdrátových, umístovány i na plně mobilní zařízení. Drátové senzory jsou také často, pro úsporu vedení, zapojené v sériích či větších shlucích, což může při poruše jednoho spoje odstavit celou síť. Hledání poruchy poté může být velmi náročné. V některých případech také bývá velmi nepraktické, až nemožné, vůbec fyzické vedení položit, ať už proto, že jednotlivé uzly od sebe dělí značné geografické vzdálenosti, fyzické překážky, nebo jejich spojení vodičem neumožňuje způsob depozice (shoz z letadla, snímání na balónu, automobilu aj.). Také blesky zvyšují riziko zničení části či dokonce celé sítě.

Na druhou stranu bývají uzly drátové senzorové sítě trvale zásobovány proudem, takže mohou vysílat déle, ve vyšších přenosových rychlostech, a je možné provádět náročnější úpravy dat před jejich odesláním. Bezdrátové senzory bývají kriticky závislé na stavu baterie, kterou mnohdy (ať již z důvodu obtížné dostupnosti, nebo jiného) již není možné vyměnit či dobít, proto pro úsporu energie obvykle vysílají data v určených intervalech a komprimovaném formátu. Pokud je to možné, je nutné jednou za čas jednotlivé bezdrátové uzly zkontrolovat, a baterie dobít či vyměnit. Jinak je nutné deponovat zcela nové uzly. Ovšem depozice nových uzlů nemusí být nijak náročná, neboť obzvláště bezdrátové sítě dnes disponují vlastností *samoorganizace*, tedy dokáží ze shluku na různých místech deponovaných samostatných senzorových uzlů automaticky sestavit funkční senzorovou síť, zapojit nově instalované zařízení prakticky kdykoliv, a i v případě fatální poruchy znovu síť nastavit.

Mezi hlavní nevýhody *bezdrátových senzorových sítí* patří kromě bateriového provozu také mnohem nižší přenosová rychlost a možné rušení jednotlivých senzorů mezi sebou či s jinými zařízeními. Také jsou stále, i přes jejich značné zlevnění, mnohem dražší, než senzory drátové.

5.2.3 Typy senzorových sítí

Jak je z předchozího textu patrné, senzorové sítě se používají pro nejrůznější druhy úkolů. Právě zaměření dané sítě rozhodující měrou ovlivňuje její funkčnost, architekturu, geografické rozmístění, komunikační prostředky apod. Většina senzorových sítí je dnes koncipována jako *jednoúčelové*. Jednotlivé uzly senzorové sítě obvykle ani nejsou, vzhledem ke své omezené výpočetní, energetické a komunikační síle, schopny vykonávat více rozdílných úloh najednou. V případě aplikací při sledování životního prostředí či lidských aktivit, které využívají geografickou informaci, vykazují senzorové sítě určitou podobnost, a to nezávisle na oboru výzkumu, podle prostředí, ve kterém jsou deponovány. Pro geoinformatiku se tak stává zajímavými především těchto pět typů senzorových sítí: pozemní, podzemní, podvodní, multimediální a mobilní (YICK, 2008).

Pozemní senzorové sítě bývají složeny ze stovek až tisíců levných bezdrátových uzlů, které jsou rozmístěny v určité lokalitě, a to buď podle momentální potřeby (*ad hoc*, např. shozem z letadla), nebo v předem plánované konfiguraci (např. pravidelná síť, optimalizovaná síť aj.).

Podzemní senzorové sítě se obvykle skládají z několika senzorů, uložených pod zemí či v jeskyních nebo šachtách. Další doplňkové uzly jsou uloženy nad zemí a zajišťují přenos informací ze senzorů k základové stanici. Podzemní prostory značně zvyšují požadavky na přenosovou infrastrukturu, a to z důvodu vyššího rizika ztráty a značného zeslabení signálu, neboť ten často musí procházet půdami, skálou a vodou s různým minerálním složením. Z tohoto důvodu musí být rozmístění uzlů takové sítě pečlivě navrženo, přičemž se musí, podobně jako v případě pozemních sítí, dbát na energetické nároky takové sítě, neboť baterie bývá velmi obtížné dobít či vyměnit.

Podvodní senzorové sítě sestávají z množství senzorových uzlů a vozítek či robotů, které jsou rozmístěny pod vodou. Počty uzlů bývají menší, než v předchozích případech, a to především z důvodu jejich vyšší ceny. Autonomní podvodní roboty (vozítka, ponorky) se používají pro průzkum či sběr dat z jednotlivých uzlů sítě. Typická komunikace podvodních sítí probíhá pomocí akustických vln, což má za následek užší přenosové pásmo, delší čas přenosu informací a snižování intenzity signálu. Dalším problémem je poměrně vysoké riziko selhání senzorových uzlů z důvodu nepříznivých přírodních podmínek. Takové senzory musí být schopny se samy překonfigurovat. Z těchto důvodů vznikají zvláštní komunikační a síťové protokoly pro podvodní sítě.

Multimediální senzorové sítě jsou navrhovány pro sledování událostí multimediálními prostředky (obrazově či zvukově). Skládají se z nízkonákladových uzlů, vybavených kamerami a mikrofony. Tyto senzorové uzly jsou navzájem bezdrátově propojeny, a poskytují si navzájem prostředky nejen pro čistý přenos dat, ale i jejich zpracování, sesouvztažnění a kompresi. Tyto sítě tak bývají velmi náročné na potřebnou šířku přenosového pásma a mívají velmi vysokou energetickou spotřebu. Zpracováním síťových dat, spojováním obsahu, filtrováním redundantních dat a kompresí lze značně navýšit výkonnost takové sítě. Geografické rozmístění uzlů je nutno pečlivě plánovat, aby byl pozorovaný jev dostatečně pokryt.

Mobilní senzorové sítě se skládají ze skupiny senzorových uzlů, které jsou schopny pohybu a interakce se svým fyzickým okolím. Klíčovým rozdílem mezi statickými a mobilními sítěmi je kromě změny jejich polohy také schopnost automaticky se organizovat do sítě. Jednotlivé uzly mohou být na začátku deponovány na jednom místě a samy se rozprostírat do okolí a sbírat informace. Senzorová i další data mohou proudit z jednoho mobilního uzlu do druhého, dokud jsou vzájemně v dosahu. Na rozdíl od statických senzorových sítí, kde jsou data distribuována statickým směrováním či roztékáním, se zde využívá směrování dynamického.

5.2.4 Další služby senzorových sítí

Mimo služby komunikační, které zahrnují i služby směrovací, jsou pro zajištění dostatečně spolehlivých a reprezentativních senzorových dat nutné, zvláště u bezdrátových sítí, i některé další služby. Vzhledem k tomu, že jakákoli získaná senzorová informace musí být vztažena k určitému časovému okamžiku a prostorovému umístění, nabývá přesnost určení času a místa, kde se senzor nachází, poměrně značného významu. Pro určení polohy bylo vyvinuto množství zvláštních technik *synchronizace času* mezi jednotlivými senzorovými uzly. Obvykle jsou tyto techniky založeny na měření zpoždění oproti majákovému signálu, který pomocí své radiostanice vysílá některý z uzlů. Tyto techniky jsou obvykle implementovány pomocí zvláštních protokolů

Pro určení neznámé pozice senzoru je taktéž možné využít některou z technik, založených na měření doby zpoždění radiového signálu. Nejjednodušším přístupem je instalace přijímače GPS na každý uzel, což je ovšem velmi drahé, energeticky náročné a nelze jej využít ve všech prostředích. Proto i zde existují techniky, pomocí nichž mohou jednotlivé uzly určovat svoji vzdálenost oproti ostatním uzlům, a to při rozmístění v ploše o několika kilometrech obvykle v řádu metrů (např. metodou *trilaterace*, kterou využívá i systém GPS). U některých jiných metod, např. *Spotlight* (STOLERU et al, 2005) lze dosáhnout poziční přesnosti i v mm.

V případě, že sledovaný jev (objekt) nabývá výrazně prostorového charakteru, nebo je v prostoru pohyblivý, je pro zachování dostatečného pokrytí zájmového území či zvýšení životnosti sítě při značném překryvu sledovaného území jednotlivých senzorů, je vhodné využít některou ze služeb, jež hlídá dostatečnost a adekvátnost pokrytí daného jevu. Zapínání a vypínání, případně řízení přesunu jednotlivých senzorů, je v současné době stále více autonomní záležitostí jednotlivých senzorových uzlů a vyžaduje pouze minimum zásahů z vnějšího řídicího systému.

5.2.5 Senzorové sítě pro aplikace v reálném čase

Ačkoli by se mohlo zdát, že využití nízkonapěťových senzorových sítí¹ s chytrými senzory pro aplikace, které vyžadují senzorová data v reálném čase (např. bezpečnostní či lékařské), je dnes již bezproblémové, není tomu tak. Vzhledem k nízkému výpočetnímu výkonu a velmi malým paměťovým možnostem řídicích jednotek nízkonapěťových senzorových uzlů² je velmi obtížné zamezit tomu, aby jedna úloha nezablokovala celý procesor pro sebe. Vzhledem k tomu, že je pro tyto bezpečnostní aplikace nezbytné zabezpečit příjem pouze autentizovaných příkazů a dat, a celou komunikaci šifrovat, může být zatížení těchto procesorů značné. Multitasking v takovémto systému je téměř vyloučen. Plánování činností operačního systému všech uzlů však musí být schopno alespoň umožnit programům běžet ve více vláknech a také spouštět operace v závislosti na čase jejich předpokládaného dokončení. Riziko, že daná operace bude dokončena včas a nepůsobí nadměrné zablokování uzlu, je za těchto podmínek obvykle přijatelné tehdy, když obvyklá činnost uzlu nezabírá více jak přibližně 60 % výpočetních zdrojů (FAROOQ et al, 2011).

Podmínkou k tomu, aby senzorová síť mohla být bezpečným zdrojem dat v reálném čase, je její připojení k dostatečně výkonné síti. Ačkoli potřebná rychlost přenosu dat v síti se odvíjí především od charakteru přenášených dat, snižuje přenosová rychlost sítě i riziko, že potřebná informace se k uživateli dostane se zpožděním. Základem komunikace senzorových sítí v reálném čase je především takový komunikační protokol, který umožňuje všem uzlům sítě rovný přístup k přenosovému médium tak, aby dlouhé přenosy dat z některých uzlů neblokovaly možnost přenosu i pro ostatní uzly sítě.

1 Tj. sítě, jejichž uzly využívají pro napájení pouze slabý elektrický zdroj, obvykle se jedná o malé bezdrátové senzory.

2 Typicky se paměť těchto uzlů počítá v jednotkách kilobajtů pro RAM, stovkách kilobajtů pro ROM a taktovací frekvence procesorů v jednotkách MHz.

5.3 Specifika senzorových dat

Z jakého důvodu vyčleňujeme data ze senzorů jako specifickou kategorii, která vyžaduje zvláštní pozornost? Jistě je možné při přístupu, zpracování a vizualizaci senzorových dat využívat standardních technik, ovšem tímto způsobem nejen že nevyužijeme všech možností, které nám přístup k *živým* senzorovým datům přináší, ale na druhou stranu si taktéž do jisté míry zkomplikujeme práci a výstupy z našeho systému se mohou stát nevěrohodnými.

Hlavním důvodem rozdílu mezi normalizovanými daty v databázi a daty senzorovými tkví ve skutečnosti, že senzory jsou dynamickým zdrojem informací. Během své pracovní činnosti mohou senzory, ať už vlivem vnějších okolností, nebo zásahy obsluhy či přednastaveným chováním, měnit některé ze svých vlastností (od poruchových stavů přes nastavení senzoru až např. po polohu). Tyto změny poté mohou ovlivňovat charakter získávaných dat, a to i zásadním způsobem.

Jedním ze způsobů, jakým se změny charakteristik senzoru odrazí v geoinformační infrastruktuře, je změna metadat pro data daných senzorů či senzorových systémů. Metadata se tak mohou měnit velmi rychle, např. z důvodu změny pozice rychle se pohybujícího senzoru, nebo změny statusu senzoru (zanepřázdňen, dostupný, aktivní, neaktivní). Senzorová data také mohou být dostupná pouze v určitý čas, a to například tehdy, když jsou senzory instalovány na určitém místě pouze po určitou dobu. Velmi častým případem je také neustálá instalace senzorů do sítě a jejich rekonfigurace nebo rušení. Tyto změny by tedy měly reflektovat nejen metadata senzorových dat či senzoru samotného, ale i další služby, které na vstupu senzorová data využívají.

5.3.1 Senzorové aplikace

Senzorová data jsou využívána v různých aplikacích. Jejich podoba je do jisté míry podmíněna tím, jak se daří řešit jednotlivé úkoly spojené s jejich funkcí. Funkčnost senzorových aplikací lze rozdělit podle doby jejich vzniku do tří skupin (KLOPFER et al, 2009):

- První aplikace, které se objevily (sledování cílů, místností, životního prostředí atd.), obvykle využívaly několika senzorových uzlů, které náležely do jediné sítě. Zřetel byl kladen především na algoritmy a protokoly pro efektivní správu napájení, směrování nebo lokalizaci.
- Současná druhá vlna aplikací zajišťuje určité přidané možnosti a služby, a v určitém rozsahu může využívat více senzorových bran (základových stanic), čímž dochází k formulaci a nastavování nových standardů v rozsahu a variabilitě sítí. V současné době je možné spravovat více senzorových sítí s takovou obtížností, jako dříve jednu.
- Třetí vlna, která v současné době teprve začíná, je spojena s aplikacemi v měřítku celého Internetu. Na významu nabývá především rozhraní mezi různými aplikacemi a sítěmi. Tento druh aplikací je spojen s tzv. *Internetem věcí* (*the Internet of things*, viz dále).

S tím, jak obor působnosti a rozsah senzorových aplikací stále roste, je nutné jít za dílčí a odloučené implementace. Senzorové aplikace budou hrát větší roli v tzv. *global computing*. Global computing znamená výpočetní infrastrukturu dostupnou globálně, schopnou poskytovat jednotné služby s různým stupněm záruky za komunikaci, spolupráci, mobilitu, použití zdrojů, bezpečnostních zásad a mechanismů, atd., zejména s ohledem k využití jejich univerzálního rozsahu a programovatelnosti jejich služeb. Integraci internetu a senzorových sítí lze lépe popsat např. konceptem „Sensor-oogle“, či „Google Earth Sense“. Může tak být poskytována zcela nová vrstva informací. Lze si tak představit verzi vyhledávače Google, který je schopen vyhledat senzorové služby, či Google Earth s online senzorovými daty, pokrývajících každý čtvereční kilometr Země.

5.3.2 Vyhledávání v senzorových datech

Vybudování infrastruktury, která by umožnila globální vyhledávání v senzorových datech a globální správu senzorových sítí různých výrobců, které pracují pod různými standardy, se dnes stává jednou z důležitých součástí integrace senzorových dat do informační infrastruktury, dostupné pomocí standardizovaných metod a sítě internet. Pochopení odlišností při vyhledávání v senzorových datech je základním předpokladem pro naplnění tohoto cíle. Vyhledávání v *živých* senzorových datech se v mnoha případech odlišuje od vyhledávání v normalizovaných databázích. V některých případech postačí funkcionalitu současných vyhledávacích metod rozšířit, v jiných je však nutné přijmout zcela nové přístupy.

Přestože jsou data ze senzorových pozorování obvykle také nějakým způsobem normalizována, způsobů reprezentace daného fenoménu může být velké množství. Rozdílné druhy senzorů mohou produkovat rozdílné reprezentace téže pozorované vlastnosti. Reprezentace se tak mohou lišit druhem pozorované veličiny, kvalitou či přesností reprezentace, pozorovací metodou či vnitřním zpracováním signálu. Pozorovaná vlastnost může být reprezentována např. jednou hodnotou, nebo rozpětím hodnot, výběrem mezi nejhorší a nejlepší hodnotou, řadou hodnot či vícerozměrovým polem hodnot (např. obrázek složený z hodnot pixelů). Může obsahovat jak hodnoty z každého bodu v prostorovém či časovém kontextu, tak může být statistickou reprezentací těchto hodnot v prostoru či čase. Senzor či databáze systému může dále uchovávat reprezentace staršího časového kontextu (historie) či prostorového kontextu. Taktéž může poskytovat i rozhraní pro svoji správu (např. pro označení názvem, konfiguraci vnitřního zpracování signálu či sledování chování zařízení).

Popis reprezentace pozorování, podobně jako dalších informací s ním spjatých (vč. popisu senzoru samotného), tak musí být pro korektní využití dané aplikace poskytnuta jako metainformace. Také informace o statusu senzoru mohou být využity i pro zlepšení kvality vyhledání senzorů (např. je vhodné vzít v potaz poslední pozici senzoru). Kvalita vyhledávání může být také zvýšena zpracováním údajů o sémantických vazbách mezi vyhledávanými jednotkami (např. sémantiky jevů, jež jsou měřeny senzory). Je umožněno např. vyhledávat senzory, které sledují podobné či ekvivalentní jevy. Velmi vhodné je tedy navázání vyhledávacích služeb v senzorových aplikacích na tezaury, které mohou pomoci s automatizovaným vyhledáním podobných reprezentací v zájmovém území v případě, že není k dispozici požadovaná veličina. Sémantické vyhledávání v senzorových zdrojích se tak stává jedním z největších výzev pro automatizovanou práci geoinformačních infrastruktur, které integrují senzorová data.

Senzorové datové zdroje taktéž kladou mnohem větší požadavky na řízení dat a přístupu k nim. Pro jejich vyhledání je totiž třeba mnohem většího objemu metainformací a zvláštní funkce, kterými běžné systémy přístupu k databázím nedisponují. Stejně tak je pro správné vyhledání dat či adekvátnímu úkolování senzorů nutná znalost o každém jednotlivém senzoru a jeho charakteristikách.

Z těchto skutečností vyplývá, že pro to, aby bylo možno efektivně využívat všech možností senzorových systémů v geoinformační infrastruktuře, je třeba pro komunikaci mezi senzorovými sítěmi a s řídicími systémy a publikačními platformami zavést specifický způsob komunikace a dokumenty se zvláštním kódováním, zpracovávajícím nové jevy. Protože jednotlivé senzorové systémy dnes pro vnitřní komunikaci obvykle využívají různá proprietární řešení, která nejsou vzájemně interoperabilní, je nutno na vrstvě, v níž se data z jednotlivých senzorových sítí stýkají, vytvořit novou vrstvu, která bude sloužit jako rozhraní mezi senzorovými sítěmi a uživatelskými aplikacemi, a umožní tak různým uživatelským aplikacím přistupovat k senzorovým sítím jednotným způsobem. Řešení publikace dat pomocí služeb, jako je např. WWW, vyhledávání a zpracování senzorových dat a případně úkolování senzorů vzdáleným uživatelem je na komerční úrovni obvykle stále řešeno proprietárně, což značně ztěžuje propojování těchto zdrojů dat.

5.3.3 Centralizované portály

Jedním ze způsobů, jak řešit heterogenitu¹ zdrojů senzorových dat, je vytvoření centralizovaného přístupu přes (např. webový) portál. Metadata registrovaných senzorů i nahraná senzorová data jsou hostována centrálním portálem namísto jednotlivých služeb. Výhodou takového řešení je jednotné řešení připojování zdrojů dat, uživatelských aplikací apod. Využití takového řešení je ovšem nevhodné v případě, že potřebujeme robustní architekturu, která se nespolehá na jedno komunikační hrdlo. Toto řešení například zvyšuje pravděpodobnost výpadků služeb, omezuje plnou kontrolu nad zaváděním a správou senzorů a nevyhovuje potřebám přísného utajení.

Dnes existující centralizované webové portály pro senzory mohou být chápány jako nový typ systémů na aplikační úrovni, které slouží ke zpřístupnění senzorových dat. Některé webové portály umožňují uživatelům nahrát a sdílet senzorová data. Podpora datových formátů je různá, od numerických dat (např. teploty vzduchu) až po audio a video data (např. z webových kamer). Nahraná data mohou být dotazována a zobrazována koncovým uživatelem např. jako graf časové řady či seznam videopřenosů.

Příkladem mohou být systémy jako *SensorMap* s infrastrukturou *SenseWeb*, *SensorBase*, *Pachube* či *Sensorpedia*. Některé z portálů mohou být i specializované, jako *Weather Underground*, která umožňuje lidem registrovat jejich domácí meteorologické stanice a poskytovat svá měření k výpočtům předpovědi počasí, či *EarthCam*, která odkazuje na přenosy z několika tisíců webových kamer.

5.4 Middleware

Softwarové prostředky a technologie, které formují vrstvu, jež pomáhá dostat různé senzorové zdroje do běžných počítačových sítí a internetu, a učinit je tak dostupné aplikacím, se někdy souhrnně označují jako *middleware*. Tyto technologie pomáhají spravovat rozličné senzorové zdroje a umožňují jejich použití v aplikační vrstvě (BRÖRING et al, 2011). Není tak potřeba se omezovat na služby zavedených portálů, ale pro potřeby vlastní organizace, širší skupiny dočasných nebo stálých zákazníků či veřejnosti jsou k dispozici technologie, které umožňují zprostředkovat komunikaci mezi rozličnými senzorovými sítěmi a aplikacemi pomocí standardních rozhraní.

Samotný termín *middleware* může být občas používán spíše jako módní pojem (buzzword), který znamená různé věci v závislosti na oblasti informatiky či IT, v níž je užíván. Na poli distribuovaných systémů je obvykle chápán jako software, který leží mezi operačním systémem a aplikacemi, běžícími na každém uzlu tohoto systému. Obecně lze říci, že úkolem *middleware* je skrýt vnitřní procesy a heterogenitu systému poskytnutím standardních rozhraní, abstrakcí a množiny služeb, které značně závisí na dané aplikaci.

Middleware v senzorových sítích lze rozdělit do následujících kategorií (CHATZIGIANNAKIS et al, 2007):

Nástroje správy sítě – poskytují uživateli možnost vizualizovat výsledky ze senzorové sítě a kombinovat je s daty uloženými na vstupní bráně. Tento případ nenabízí příliš programátorské flexibility, neboť je zde k dispozici pouze omezené množství dostupných funkcí. Uzly v síti se dotazují svých senzorů v předem definované vzorkovací frekvenci a odpovědi zasílají vstupní bráně. Záznamy z této sítě jsou obvykle uloženy v relační databázi pro další zpracování. Mezi tyto systémy patří *Mote-View*, *Scatterweb*, či novější *MundoCore*, *Mires* nebo *MiLAN*.

Tyto systémy obstarávají správu senzorů, ale obvykle se nezaměřují na poskytování snadného přístupu k senzorům. Mohou být chápány jako bližší k nižší senzorové vrstvě a ne zcela zasahují do aplikační vrstvy, i když některá řešení mohou sloužit jako základ pro další přístupy, jako jsou infrastruktury senzorového webu.

¹ Tj. různá struktura nebo vlastnost složení, různorodost (opak homogenity).

Senzorové databáze – základní myšlenkou je poskytnout rozhraní podobné SQL, které zajišťuje, aby senzorová síť vypadala jako systém řízení báze dat. Příkladem může být *TinyDB* či *COUGAR*.

Virtuální stroje – poskytuje programovací primitiva senzorů v jazyku připomínajícím stavebnici. Uživatelé vytvářejí skripty, které jsou nahrány do nodů sítě a jsou spouštěny ve virtuálním stroji běžícím v každém z těchto nodů. Příkladem takového systému je *Maté*.

Přístupy založené na agentech – software poskytuje programátorovi abstrakce pro výpočetní úlohy (podobně jako u virtuálních strojů), jako např. spouštění událostí, komplexní úlohy, atd., které jsou použity k naprogramování mobilních agentů, což jsou zapouzdřené mikroaplikace, jež mohou přecházet z nodu do nodu a v každém z nich vykonávat dané úkoly. Tímto způsobem mohou být realizovány komplexní úlohy v situaci, kdy každý nod může používat rozdílný software. Příkladem může být *Agrilla*, *IrisNet* či *Sensor Web Agent Platform*.

Publish/subscribe – interakce mezi poskytovatelem dat a uživatelem je zajišťována množinou prostředníků. Poskytovatelé publikují *události* (či publikace) do sítě prostředníků, a uživatelé se přihlašují k odběru událostí, které je zajímají, prostřednictvím odesílání přihlášek do sítě prostředníků. Odpovědnost dodat událost uživateli leží na straně prostředníků. Pokud je tento model založen na obsahu, mohou uživatelé specifikovat omezení obsahu událostí, za kterých jim budou tyto události dodány. Takovým systémem je *Sensor Web Enablement*, *PULSENNet* či *SOCRADES*.

Tuple-based – *Systém založený na n-ticích* sestává z omezené množiny koordinačních primitiv, které přistupují k abstraktnímu n-ticovému prostoru. Základní jednotkou tohoto publikačního systému jsou n-tice. Koordinační aktivity mezi agenty aplikace (včetně synchronizace) jsou prováděny nepřímo pomocí výměny n-tic prostřednictvím sdíleného n-ticového prostoru. Koordinační primitiva poskytují agentům přístup k tomuto prostoru (CABRI et al, 2009). Příkladem může být *TinyLIME*.

Všechna tato prostředí mohou být v jednotlivých aplikacích kombinována či obsahovat nástroje ke vzdálenému programování senzorových uzlů, jež usnadňují jejich správu a nasazení. Mezi systémy, které kombinují některé z výše uvedených prostředí, lze zařadit *GeoSWIFT*, který kombinuje *SWE* s prostorovým dotazovacím rámcem založeným na peer-to-peer, *Sensor Web 2.0* z dílny NASA kombinuje *SWE* s *Webem 2.0* a umožňuje jednoduché vytváření mash-up aplikací, integrujících data z mnoha druhů senzorů pomocí REST technologie. *Global Sensor Network* používá virtuální senzorové abstrakce, založené na XML deskriptorech, s přístupem k datům pomocí jednoduchých SQL dotazů. Podobně funguje i *Hourglass*, který se zaměřuje na kvalitu služeb datových toků. *Sensor Network Services Platform* definuje množinu rozhraní, které lze použít jako API pro bezdrátové senzorové sítě (BRÖRING et al, 2011).

Middleware lze dále členit i podle rozsahu a způsobu programování:

- **Programové abstrakce** – poskytují programátorům abstrakce pro prohlížení senzorových nodů, dat či celé sítě.
- **Programová podpora** – poskytuje mechanismy a služby, které usnadňují programování senzorových sítí, např. vysokoúrovňové skládání aplikací, vzdálená změna programového vybavení, vzdálené ladění apod.

Obě tyto skupiny lze dále dělit do podskupin v závislosti na zvlátnostech přístupu. Programové abstrakce mohou být děleny kupříkladu na abstrakce globálního či lokálního chování (CHATZIGIANNAKIS et al, 2007). Některé velké systémy naopak alespoň částečně tyto funkce sdružují.

5.4.1 Internet věcí, web věcí

Myšlenka propojení senzorů s aplikacemi je dosti podobná i myšlenkám *internetu věcí a webu věcí*. Myšlenka internetu věcí a webu věcí tkví v integraci obecných „věcí“ reálného světa s internetem či webem. Jako příklad mohou sloužit domácí spotřebiče, vestavěná a mobilní zařízení, ale také „chytrá“ senzorová

zařízení. Často např. uživatel interaguje pomocí mobilního telefonu, který funguje jako prostředník mezi člověkem, věcí, a internetem či webem (BRÖRING et al, 2011). Z technického pohledu je možné v mnoha případech k problematice těchto dvou oblastí využívat podobné přístupy, jako v případě senzorových sítí.

Internet věcí (*Internet of Things*, IoT) je koncept sítě (obvykle bezdrátové), která je vytvořena mezi nejrůznějšími objekty jak fyzického, tak virtuálního světa, a to prostřednictvím využívání možností sběru dat a komunikace. Tato síť bude jako základ pro vývoj nezávislých spolupracujících služeb nabízet určitou specifickou identifikaci objektů, senzorů a schopnost komunikace a bude ji charakterizovat vysoká míra autonomního získávání dat, přenosu událostí, propojení sítí a interoperability (ZANDL, 2009).

K těmto objektům tak lze přistupovat podobně, jako k mobilním senzorům samotným. Z technického hlediska mohou být stavebními kameny komunikační protokoly na bázi IP optimalizované pro chytrá zařízení (IPv6, 6LoWPAN), služby pro věci, či unikátní identifikace objektů (RFID).

Objekty, jež se propojují a komunikují mezi sebou, mohou být senzory (např. teploměr), ale i „chytré“ věci (např. lednička) a samozřejmě i větší počítače. Což nelze chápat tak, že z terminálu chytré ledničky se lze dostat na internet, ale že samotná lednička bude komunikovat přes internet s dalšími zařízeními (ZANDL, 2009).

Web věcí (*Web of Things*, WoT) může být chápán jako další vývojové stádium Internetu věcí, kde všechny věci a objekty denního života, které obsahují vestavěné zařízení či počítač, jsou propojeny a plně integrovány do webu. Základním stavebním kamenem je využití webových standardů pro propojení těchto zařízení, a také aplikační programové rozhraní (API), které umožňuje věci integrovat do služeb přístupných přes web.

WoT využívá existující webové protokoly jako obecný jazyk pro vzájemnou interakci mezi reálnými objekty. HTTP se používá spíše jako aplikační než jako přenosový protokol. Věci jsou adresovány pomocí URL a jejich funkcionality je přístupná pomocí standardních operací protokolu HTTP (GET, POST, PUT, atd.). WoT aplikace nabízejí REST API pro přístup k věcem a jejich vlastnostem jako zdrojům. Tato API přitom mohou být použita nejen pro interakci s věcí pomocí webu, ale taktéž mohou být poskytovány webové reprezentace věcí, které mohou zobrazovat dynamicky generované vizualizace dat sebraných věcí. Poté mohou být pro relativně snadný vývoj aplikací použity nástroje z oblasti Web 2.0 a mash-up přístup (např. aplikace může použít Twitter pro sdělení statusu pračky či může dovolit ledničce poslat seznam potravin, které je třeba koupit).

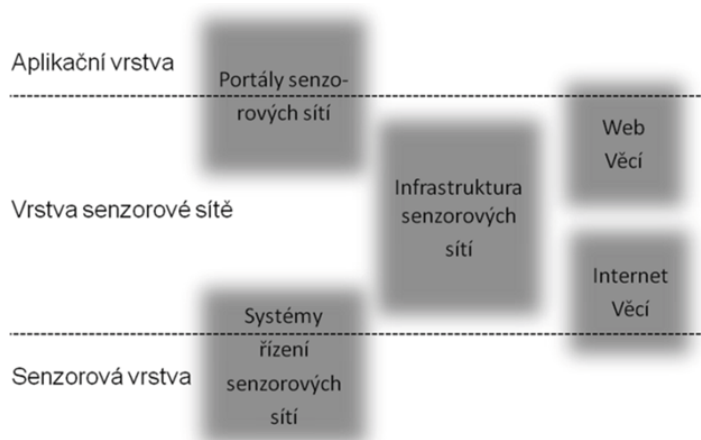
5.5 Senzorový web

Senzorový web lze chápat jako technologii, založenou na myšlence webu věcí, přičemž se prozatím omezuje na senzory. Původně (DELIN et al, 1999) byl senzorový web chápán spíše jako bezdrátová senzorová síť, jejíž nody nejen data nejen sbíraly, ale též i sdílely, a upravovaly své chování na základě těchto dat. Termín web zde byl spojen spíše s procesem inteligentní koordinace sítě, než s termínem *World Wide Web* (WWW).

Později se význam spojení senzorový web poněkud změnil. Dnes je však stále více chápán jako infrastruktura, která umožňuje interoperabilní využití senzorových zdrojů pomocí jejich vyhledávání, webového přístupu k nim, jejich úkolování, vytváření a zpracování událostí a výstrah v senzorové síti, a to pomocí standardizovaných prostředků. Tedy, *sensor web* je pro senzorové zdroje totéž, co WWW pro zdroje obecné – infrastruktura umožňující uživatelům jednoduše sdílet své senzorové zdroje jasně a standardně definovaným způsobem (BRÖRING et al, 2011).

Senzorový web lze chápat jako prostředníka mezi senzory a (webovými) aplikacemi. Vzhledem k tomu se skládá ze tří hlavních architektonických vrstev:

- První vrstvou je *vrstva senzorů*, kde se nachází hardwarová zařízení. Nejrozličnější typy senzorů zde mezi sebou komunikují pomocí nejrozličnějších druhů proprietárních či standardizovaných komunikačních protokolů (např. WPAN protokoly, IEEE 1451).
- Druhou vrstvou je zprostředkující *vrstva senzorového webu*, která poskytuje funkcionalitu mezi senzorovými zdroji a aplikacemi.
- Třetí vrstvou je vrstva aplikační, která zajišťuje přímou interakci s uživatelem. Samotné aplikace mohou opět běžet na různých typech zařízení, od mobilních telefonů po servery.



Obr. 5.4 Vrstvy architektury senzorových systémů (upraveno podle KLOPFER et al, 2009)

Obr. 5.4 ukazuje popsané vrstvy a ilustruje pozice jednotlivých typů middleware, které jsou v daných vrstvách použity. Hranice jednotlivých typů middleware nejsou ostré, neboť jejich funkce se mohou překrývat a mnohé přístupy nabízí funkcionalitu náležející více typům.

Ukrytí základních procesních vrstev a síťových komunikačních podrobností a rozličností senzorového hardware před aplikacemi nad nimi postavenými je tedy základním účelem senzorového webu. Z tohoto důvodu tento standard definuje rozhraní webových služeb, která jsou využívána pro přístup k senzorovým datům, úkolování senzorů a výstrahám založeným na sebraných senzorových pozorováních. Dále vymezuje i standardizované modely senzorů, senzorových dat a jejich kódování (BRÖRING et al, 2011).

Tuto myšlenku v roce 2003 adaptovalo *Open Geospatial Consortium* (OGC), které začalo s vývojem *Sensor Web Enablement* (SWE), v jehož rámci bylo vytvořeno množství standardů, které lze použít jako stavební kameny senzorového webu.

5.5.1 Standardy OGC SWE

Standardy OGC SWE vymezují sadu rozhraní a protokolů, pomocí nichž je možno sestavit funkční senzorový web. Pomocí těchto protokolů a rozhraní mohou aplikace přistupovat přes web k senzorům různých typů. Tato sada sestává ze specifikací služeb, registrů, slovníků a společného základu. Jednotlivé služby spolu komunikují prostřednictvím specifických dokumentů ve formátu XML, posílaných pomocí standardních HTTP metod POST/GET. Je taktéž možné využít komunikaci pomocí SOAP. V současné době je aktuální až na výjimky verze 2.0. Pro lepší orientaci je všech 12 dokumentů rozděleno do tří skupin. Skupina slovníků a registrů sestává z pěti standardů, které popisují kódování dokumentů, pomocí nichž jsou přenášena senzorová data či data o senzorech a aktuátorech, a služby registrů, které ulehčují vyhledávání a spravování senzorových zdrojů. Skupina služby obsahuje 5 specifikací služeb pro zpřístupnění senzorových dat. Společný základ poté obsahuje dvě specifikace, které jsou pro všechny standardy rodiny SWE společné, a jsou proto umístěny v centrálních dokumentech. Jednotlivé standardy jsou do těchto skupin přiděleny následovně:

a) Slovníky a registry

1. *Observations & Measurements* (O&M) - Standardní model a XML schema pro kódování pozorování a měření ze senzorů v reálném čase. Tento standard byl schválen organizací ISO jako doporučená norma s označením ISO 19156.
2. *Sensor Model Language* (SensorML) - Standardní model a XML schéma pro popis sensorových systémů a procesů spojených se sensorovými pozorováními. Poskytuje informace nutné pro nalezení senzorů, míst sensorových pozorování, zpracování nízkourovňových sensorových pozorování, získávání seznamů úkolů a podporu zpracování sensorových pozorování na požádání.
3. *Transducer Model Language* (TransducerML nebo TML) - Konceptuální model a XML schema pro popis čidel a podporu přenosu dat z a do sensorového systému v reálném čase. Tento standard není již ve verzi 2.0 podporován.
4. *Sensor Instance Registry* (SIR) - Služba a webové rozhraní pro řízení sensorových metadat. Tato služba zahrnuje sběr metadat, správu sensorových statusů a funkce vkládání sensorových metadat do standardních webových katalogů OGC.
5. *Sensor Observables Registry* (SOR) - Rozhraní webové služby, určené pro přístup k definicím jevů a pro zkoumání sémantických vazeb mezi rozličnými jevy. SIR a SOR pracují jako rozšíření standardní webové katalogové služby OGC (CS-W).

b) Služby

6. *Sensor Observations Service* (SOS) - Standardní webová služba pro dotazování, filtrování a získávání pozorování a informací o sensorových systémech. Působí jako prostředník mezi klientem a datovým skladem pozorování či přenosovým kanálem blízkým reálnému času.
7. *Sensor Planning Service* (SPS) - Standardní rozhraní webové služby pro dotazování a získávání pozorování, řízených uživatelsky. Působí jako prostředek komunikace mezi klientem a prostředím pro řízení senzorů.
8. *Sensor Alert Service* (SAS) - Standardní rozhraní webové služby pro publikování a přihlašování k výstrahám ze senzorů. Vývoj této služby byl zastaven v důsledku zavedení Sensor Event Service.
9. *Sensor Event Service* (SES) - Jedná se o rozšíření SAS, které umožňuje přihlašovat se k odběru sensorových dat a měření. Tato služba poskytuje i metody pro dynamické přidávání nových senzorů, nebo umožňuje přihlašovat se k odběru výstrah ze senzorů. Tato specifikace prozatím existuje pouze v návrhu.
10. *Web Notification Service* (WNS) - Standardní rozhraní webové služby pro asynchronní doručování zpráv či výstrah ze SES, SPS, či dalších komponent sensorového systému.

c) Společný základ (Commons)

11. *Common Data Model* (CDM) - Datový model pro společné a základní datové typy, které jsou užity v celé rodině standardů SWE.
12. *Common Service Model* (CSM) - Datový model definující podobu požadavků a odpovědí různých služeb SWE.

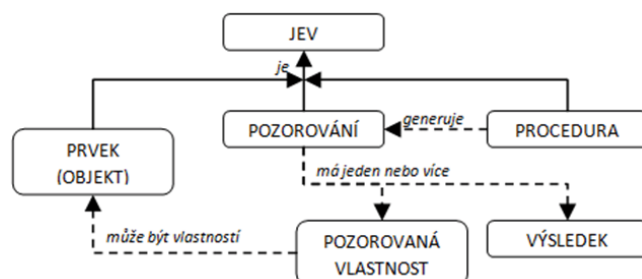
Pro nejjednodušší sensorový IS s podporou prostorových dotazů založený na standardech OGC (bez uvažování jakýchkoli nadstavbových služeb typu GIS) je nezbytné dodržet alespoň O&M, SOS a SensorML, s přihlédnutím ke společnému základu. Dále je třeba znát alespoň základy notace UncertML¹. Základní vlastnosti zápisu sensorových pozorování Observations & Measurements a služby Sensor Observation Service si nyní přiblížíme.

¹ Uncertainty Markup Language je konceptuální model a XML schéma pro kvantifikaci a výměnu komplexních informací o nejistotách v datech. Interoperabilní model může být použit pro popis nejistot různým způsobem, např. vzorkováním, středními hodnotami (průměr, rozptyl, směrodatná odchylka, kvantily) či pravděpodobnostním rozložením.

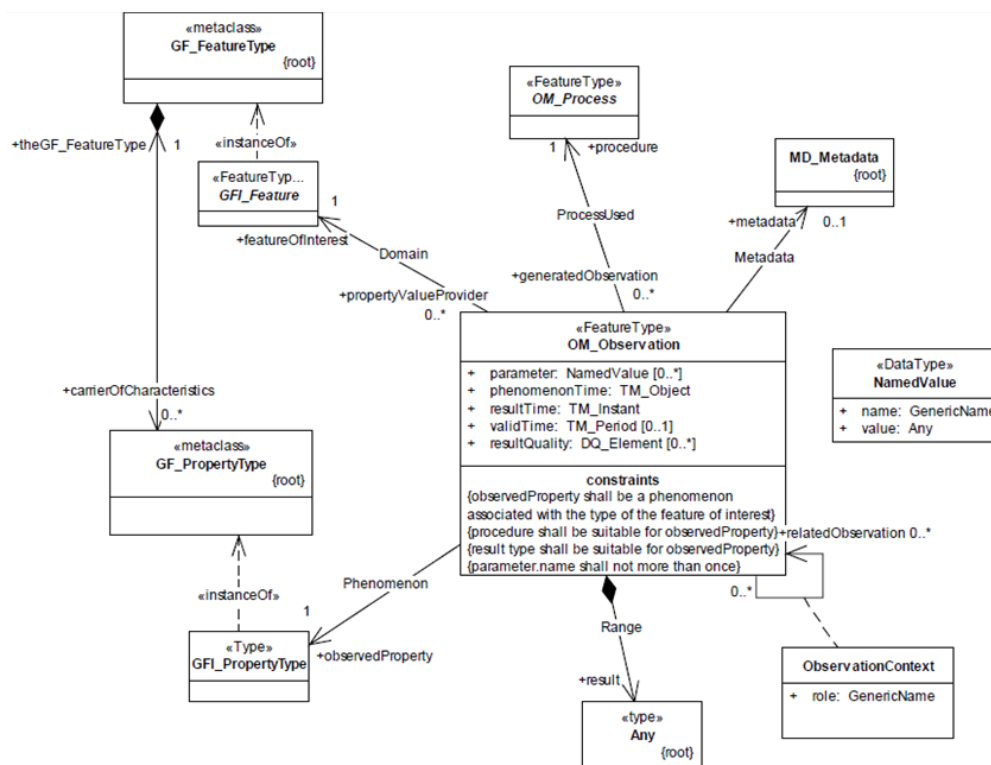
5.5.2 Observations & Measurements

Jak již bylo výše řečeno, standard Observations & Measurements je základním dokumentem rodiny SWE. Obsahuje popis standardního modelu a XML schématu pro kódování pozorování a měření ze senzorů v reálném čase, a je přijat jako norma *ISO 19156*. Jedná se vlastně o popis toho, jak by měl vypadat dokument, kterým jsou přenášena sensorová data.

Ideovým základem tohoto dokumentu je koncept *pozorování*. Jak již bylo zmíněno v kapitole o senzorech, každý senzor provádí pozorování prostředí. Každé jedno sensorové pozorování musí být vztaženo k určitému místu a času (případně plošnému fenoménu a / nebo časovému rozmezí). Pozorování (observation) je zde chápáno jako akt, proběhnuvší v určitém diskretním čase či časovém rozpětí, během něhož je hodnota, termín či jiný symbol přiřazen k určitému jevu (jakékoli pozorovatelné události)¹.



Obr. 5.5 Vztahy mezi jednotlivými prvky v modelu O&M a jejich vlastnostmi navzájem (upraveno dle KLOPPER et al, 2009)



Obr. 5.6 Obecná struktura dokumentu Observations & Measurements. (převzato z OGC, 2011)

¹ Např. hodnota 24° C je přiřazena veličině (jevu) teplota vzduchu právě v 10.00 hodin v Brně-Tuřanech. Takové pozorování lze též označit jako měření.

Základní idea pozorování, která tvoří obecnou strukturu dokumentu O&M, je zobrazena na obrázku 5.5. Na obrázku 5.6 je pak tato struktura zobrazena podrobněji.

Každé *pozorování* je vázáno na *proceduru*, která reprezentuje proces, pomocí něhož bylo pozorování provedeno (např. fyzikálním senzorem nebo simulací). *Pozorovaná vlastnost* ukazuje na popis vlastnosti jevu, jenž je pozorován (např. teplota vody či salinita). *Výsledek pozorování* (tj. výsledná naměřená hodnota) není omezen na nějaký základní model pozorování a může být jakéhokoli typu, od jediného měření po n-rozměrnou matici hodnot. Jednotlivé podtypy základního pozorování poté omezují druh výsledku pozorování.

Objektem zájmu je strojově zpracovatelná reprezentace objektu reálného světa (např. Mexický záliv či vodní sloupec X na řece Mississippi). Tato reprezentace je tedy nositelem vlastnosti, jež je pozorována či měřena. Výsledkem každého pozorování je hodnota, která je přiřazena této vlastnosti v určitém čase, označovaném jako čas jevu (*phenomenon time*). V určitých případech je však třeba ještě informovat o některých dalších časových vlastnostech daného pozorování, k čemuž byly zavedeny dvě další časové hodnoty. *Čas výsledku* (*result time*) je volitelná vlastnost, která reprezentuje čas, kdy byl výsledek pozorování vytvořen (tedy čas ukončení zpracování dat). *Čas platnosti* (*valid time*) je další volitelná vlastnost, která vymezuje časové období, pro které je výsledek pozorování použitelný. Tento údaj může být velmi cenný například v předpovědních scénářích, kde předpověď počasí, vytvořená v 9:00 může být zneplatněna novou předpovědí, vytvořenou z novějších dat v 10:00. Čas platnosti pro první předpověď proto začíná v 9:00 a končí v 10:00.

Představme si jednoduchou situaci, kdy váhy váží jablko. Konkrétní kódování pozorování podle standardu O&M potom může vypadat následovně:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
```

Deklarace XML

```
<om:Observation gml:id="obsTest1"
xmlns:om="http://www.opengis.net/om/2.0"
xmlns:swe="http://www.opengis.net/swe/2.0.1"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-
-instance"
xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"
xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/
om/2.0 ../om.xsd">
```

Hlavička; deklarace že jde o pozorování, jeho identifikace, odkazy na použité jmenné prostory a datové schéma.

```
<gml:description>Observation test instance:
fruit mass</gml:description>
<gml:name>Observation test 1</gml:name>
```

Název a krátký slovní popis obsahu tohoto dokumentu

```
<om:phenomenonTime>
<gml:TimeInstant gml:id="ot1t">
<gml:timePosition>2005-01-11T16:22:25.00</
gml:timePosition>
</gml:TimeInstant>
</om:phenomenonTime>
```

Časová známka, kdy bylo pozorování provedeno (formátování času dle standardu GML).

```
<om:procedure
xlink:href="http://www.flakey.org/register/pro-
cess/scales34.xml"/>
<!-- a notional URL identifying a procedure ...
-->
<om:observedProperty
xlink:href="urn:ogc:def:phenomenon:OGC:mass"/>
<!-- a notional URN identifying the observed
property -->
<om:featureOfInterest
xlink:href="http://wfs.flakey.org?request=get-
Feature&featureid=fruit37f"/>
<!-- a notional WFS call identifying the object
regarding which the observation was made -->
```

Tato část říká, že pozorovaná hodnota je výsledkem **procedury** „scales“ (vážení), která pozorovala a zpracovala **vlastnost** „mass“ (hmotnost) **objektu** zájmu „fruit“ (ovoce). Pro popis procedury, vlastnosti i zájmového prvku jsou použity odkazy (URL, OGC URN [OGC 06-023r1] a WFS volání) na externí dokumenty.

```

<om:parameter>
  <swe:Quantity      definition="http://sweet.jpl.
nasa.gov/ontology/property.owl#Temperature">
  <swe:uom      xlink:href="urn:ogc:def:uom:UCUM:-
Cel"/>
  <swe:value>22.3</swe:value>
</swe:Quantity>
<!-- example of optional soft-typed parameter
-->
</om:parameter>

<om:result
  xsi:type="gml:MeasureType" uom="urn:ogc:def:u-
om:OGC:kg">0.28</om:result>
<!-- The XML Schema type of the result is indi-
cated using the value of the xsi:type attribute
-->

</om:Observation>

```

Tato část popisuje **parametr** pozorování – teplotu objektu (v okamžik měření hmotnosti). Pro měření je nezbytný parametr **uom**, určující fyzikální jednotky, ve kterých je měřeno (°C).

Samotný výsledek pozorování. Vzhledem k tomu, že jde opět o měření, parametr **uom** je nezbytný.

Uzavírací značka dokumentu

Podobným způsobem jsou kódovány všechny přenosy dat ve službách Sensor Web Enablement. V současné době je možné využívat i redukováný záznam, kdy se v případě opakovaných pozorování většina informací o senzoru, objektu zájmu a dalších parametrech posílá pouze jednou, zatímco v dalších přenosech jsou již přenášeny pouze výsledky a parametry, které se změnily.

5.5.3 Sensor Observation Service

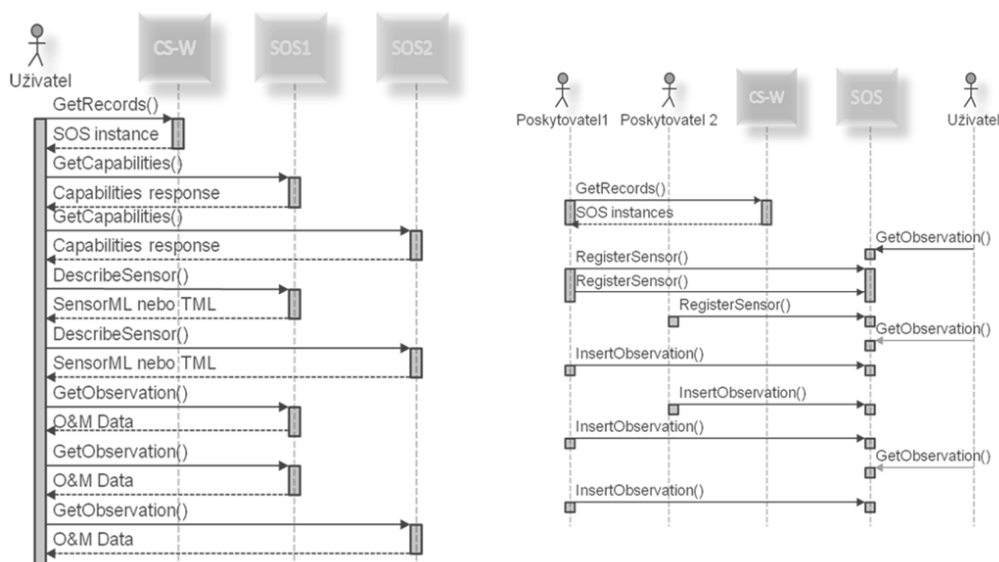
Služba pozorování senzory je základní službou rodiny SWE. Tato služba je postavena na konceptu jednotlivých pozorování. Pozorování jsou pak tematicky sdružována do nabídek pozorování (observation offerings), v nichž je poté možné vyhledávat. Nabídky pozorování jsou typicky prostorově či tematicky se nepřekrývající skupiny příbuzných senzorových pozorování (např. meteorologické jevy - teplota, vlhkost či tlak vzduchu; nebo např. provoz v ulicích). Koncept je podobný konceptu vrstev ve webové mapové službě (WMS).

Každou nabídku pozorování lze vymezit určitými parametry, mezi něž patří i následující:

- Časová období, pro která mohou být pozorování požadována (podporuje i historická data)
- Jevy, které jsou sledovány
- Geografická oblast, která obsahuje senzory
- Geografická oblast, která obsahuje prvky, které jsou předmětem senzorových sledování (a která se může lišit od oblasti, kde jsou senzory umístěny)

Nyní si představme uživatele, který potřebuje nalézt a sledovat senzorová data, a přitom přesně neví, kde má taková data hledat. Nejprve tedy potřebuje vyhledat příslušnou službu a poté se přesvědčit, zdali pozorování, jež tato služba nabízí, skutečně vyhovuje uživatelským požadavkům.

V případě, že daná služba nabízí více druhů pozorování a uživatel tak potřebuje znát o příslušných senzorech více informací (např. kalibrační konstanty, čas sběru dat aj.), může požádat o senzorová metadata. Nakonec může stáhnout samotná senzorová data.



Obr. 5.7 Typický průběh interakce uživatele se službou SOS (vlevo) a průběh interakce dvou poskytovatelů a jednoho uživatele se službou SOS (převzato z OGC, 2007d)

Vlevo na obr. 5.7 je zobrazen typický postup práce SOS z pohledu uživatele. Nejprve uživatel pošle standardní požadavek *GetRecords()* do standardní katalogové služby OGC. V případě, že jsou v odpovědi katalogové služby uvedeny instance SOS, může uživatel poslat přímo uvedené službě SOS zaslat požadavek *GetCapabilities()*. Odpověď poté obsahuje detailní informace o seznamu nabízených pozorování (observation offerings), které daná služba poskytuje.

Dalším krokem může být vyhledání senzorových metadat pomocí operace *DescribeSensor()*, která mohou být získána o každém senzoru, který je uveden v seznamu pozorování. Odpověď na požadavek *DescribeSensor()* je dokument ve formátu *SensorML*. Tento krok lze použít i k filtrování těch pozorování, které např. nemají dostatečně robustní detekci a korekci chyb, nebo nejsou dostatečně vhodná pro uživatelovy záměry. Tento krok však může být v mnoha případech přeskočen.

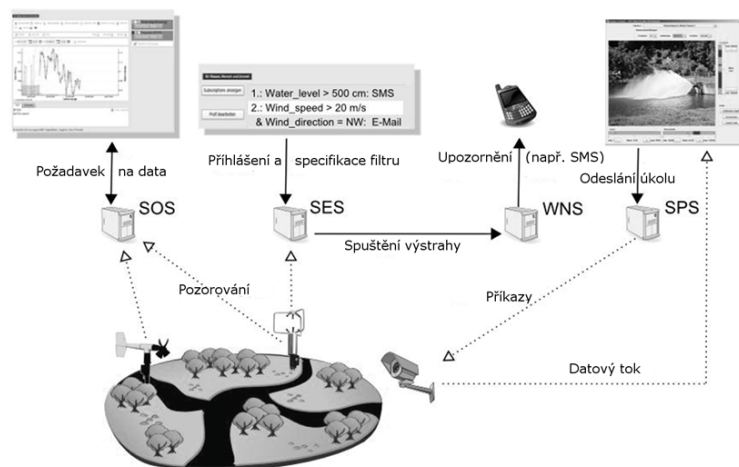
V posledním kroku uživatel spustí operaci *GetObservation()*, která vrací data ve formátu *Observation & Measurement*.

Nyní se podívejme na typický průběh práce se službou SOS z hlediska poskytovatele dat. Takovým poskytovatelem nemusí být jen obchodní společnosti, ale taktéž i soukromé osoby, které např. chtějí publikovat data ze své osobní meteorologické stanice. Takový uživatel si nemusí být jist, která z nabízených služeb je nejlepší pro publikaci jeho dat. Nejprve tedy tuto službu vyhledá (a to pomocí standardní katalogové služby operací *GetRecords()*), poté teprve vloží nový senzor do této služby (operací *RegisterSensor()*) a až od tohoto okamžiku může publikovat senzorová data (operací *InsertObservation()*).

Uživatel, který se snaží k senzorovým datům dostat, v prvním pokusu dle obr. 5.7b zjistí, že daný senzor neexistuje, v pokusu druhém nedostane žádná senzorová pozorování a až teprve po vložení prvních pozorování alespoň od jednoho poskytovatele (operací *InsertObservation()*) může tato pozorování získat.

5.5.4 Služby SWE a interakce formátů

Aby byly senzory v síti dohledatelné, je pro jejich popis použit jazyk *SensorML*, pomocí něhož jsou registrovány službou SOS do katalogu. V případě, že uživatel potřebuje data z pozorování, posílá vyhledávací dotaz katalogu. Katalog odpovídá seznamem instancí služby SOS, které vyhovují dotazu. Poté si uživatel vybere příslušnou službu, odešle jí požadavek a získá data formátovaná v *O&M*.



Obr. 5.8 příklad použitých služeb, operací a datových formátů v systému SWE (upraveno podle OGC, 2011)

V případě, že katalog nenalezne odpovídající službu, která by vyhovovala uživatelským požadavkům, může uživatel prohledávat plánovací služby (SPS), které mohou úkolovat senzory pro vytvoření odpovídající akce (zahájení pozorování aj.) podle potřeb uživatele. Katalog poskytne odkaz do instance SPS a uživatel zadá požadovanou akci. SPS přepośle příkaz senzoru.

Komunikace mezi SPS a senzorem je pro uživatele neprůhledná. Jakmile jsou senzory nastaveny tak, aby mohly snímat zadané jevy, senzor směřuje svá data do databáze, která je navázána na SOS. SPS informuje uživatele o dostupnosti dat pomocí webové notificační služby (WNS). Výhodou je, že SPS může odpovídat na požadavek úkolu přímo a má mechanismus k dosažení uživatele v další etapě, např. pokud jsou již data dostupná, nebo je úkol zpožděn či zrušen. Upozornění obsahuje všechny nezbytné informace o přístupu k datům z SOS.

Častým případem je rovněž stav, kdy uživatele nezajímají všechny výsledky senzoru, ale chce být zpraven okamžitě, pokud nastane určitá situace. K tomu slouží služba Sensor Event Service (SES).

Klient získá informace o příslušné SES z katalogu a přihlásí se k odběru služby SES. Senzory do SES publikují výsledky pozorování kontinuálně, ta je zpracovává, filtruje a upozorní klienta v případě, že podmínky odběru jsou splněny. Klient se kromě toho může registrovat pro výstrahy. V takovém případě SES spouští webovou notificační službu (WNS), která posílá klientovi výstrahu přes zadaný komunikační protokol (např. lze informovat uživatele pomocí SMS či e-mailu tehdy, když vodní hladina na sledovaném profilu přesáhne hodnotu 5 m).

5.6 Závěr

V tomto textu jsme se velmi krátce seznámili s vlastnostmi senzorových sítí a vybraných způsobů publikace jejich dat nejen v geoinformační infrastruktuře, ale obecně v prostředí sdílených zdrojů internetu. Myšlenka webu věcí se s rozšiřujícími možnostmi mikroelektroniky stává stále aktuálnější, a integrace tohoto konceptu do geoinformačních infrastruktur se zdá být dříve či později nevyhnutelná. Sprázení živých senzorových dat s prostředky GIS může nejen zrychlit a zlepšit práci různých monitorovacích a expertních systémů, ale především otevřít nové možnosti v poskytování služeb a sdílení dat. Globální automatizované vyhledávání senzorových dat umožní vytvářet nové druhy produktů pro nejrůznější cílové skupiny. Služby pro senzorové sítě, založené na webových standardech, poskytují konkurenceschopnou alternativu proprietárních systémů, přičemž přinášejí zřetelně větší interoperabilitu za nižších investičních nákladů. Služby založené na webových standardech mohou být jednoduše přidány do existujících sítí, a to bez nutnosti zásadních změn v původní infrastruktuře.

6. KARTOGRAFICKÁ VIZUALIZACE SENZOROVÝCH DAT

Jiří KOZEL, Zdeněk STACHOŇ

6.1 Úvod

Problematika senzorů a senzorových sítí je intenzivně rozvíjena jak po stránce technologické (dostupnost čidel pro zaznamenávání různých veličin), tak po stránce procesní (např. definice standardů pro přenos senzorových dat - SWE apod.) umožňující jejich využití. Senzory jsou tak stále více využívány pro sběr informací různorodého charakteru. V užším slova smyslu jsou za senzory považována zařízení zaznamenávající nějakou fyzikální veličinu. V širším slova smyslu můžeme za senzory považovat nejen zařízení, ale také informace získané z tzv. lidských senzorů apod. Získávaná data potom mohou být jak kvalitativního tak kvantitativního charakteru. Příkladem kvantitativních senzorových měření může být kontinuální záznam teploty, vlhkosti apod. Příklad kvalitativního senzorového měření je kamerový záznam, subjektivní hodnocení okolního prostředí uživateli atp.

Hlavními výhodami senzorových dat na rozdíl od jiných metod je zejména jejich získání v těsné blízkosti sledovaného jevu, možnost opakování měření a vyšší efektivita sběru dat. Většina senzorů je konstruována tak, že jsou schopny poskytovat více či méně dlouhé časové řady měření.

V úvodu kapitoly jsou představeny pojmy jako kartografická vizualizace, kartografická symbolika nebo mapový znak. Důraz je přitom kladen na vizualizaci senzorových dat. Následně se kapitola zabývá formalizací mapového jazyka, která je nezbytným předpokladem automatizované kartografické vizualizace, a s ní související specifikací Symbology Encoding. V závěru se potom kapitola zabývá hodnocením mapových znaků pro senzorová data.

6.2 Kartografická vizualizace

Pojem kartografická vizualizace je v poslední době používán stále častěji, především v souvislosti s nástupem počítačové kartografie a úzce souvisí s pojmy jako vědecká vizualizace nebo geovizualizace.

V obecném pohledu je kartografická vizualizace specifickým případem *vědecké vizualizace*, jejímž hlavním cílem je prezentovat data nebo informace vizuální formou založenou na vědeckých metodách (viz např. SLOCUM et al, 2005, str. 11 nebo MacEACHREN, 1995, str. 355). *Geografická vizualizace*, zkráceně geovizualizace, je specifický případ vědecké vizualizace, kdy jsou vizualizována geograficky vztažená data (HŘEBÍČEK et al, 2007, str. 210). *Kartografická vizualizace* je potom ta část geovizualizace, která prezentuje tato data kartografickými vyjadřovacími prostředky (KONEČNÝ, 2006, str. 9), a to především v podobě *map*. Někteří autoři chápou kartografickou vizualizaci jako součást počítačové kartografie, resp. počítačové tvorby map (PRAVDA et al, 2004, str. 186 nebo VOŽENÍLEK, 2005, str. 16), jiní naopak zastávají názor, že s počítači přímo nesouvisí (MacEACHREN et al, 1992, str. 100).

6.2.1 Kartografická vizualizace senzorových dat

Kartografická vizualizace senzorových dat se řídí zavedenými kartografickými zásadami, ale zohledňuje také specifika senzorových dat zmíněná v předchozí kapitole. Z hlediska kartografie představují vizualizace senzorových dat tzv. tematické mapy. Problematika tematické kartografické vizualizace je zpracována autory (VOŽENÍLEK, 2011; SLOCUM et al, 2005). Při tvorbě vizualizace senzorových dat je potom nutné zohlednit topografický podklad na straně jedné a senzorová data na straně druhé.

Topografický podklad jako hlavní lokalizační složka mapy je tvořen stabilními jednoznačně identifikovatelnými prvky krajiny pro dané měřítko. Typicky jsou využívány vodní objekty, sídla, budovy apod.

V případě tematických map je ovšem potlačen, aby nepoutal pozornost na úkor zobrazené tematiky.

Senzorová data je možné dále členit podle časového okamžiku pořízení na data pořízená v reálném čase a data z předchozích měření. Zatímco v reálném čase jde o jeden konkrétní záznam, v případě již zaznamenaných měření mohou být k dispozici dlouhé časové řady.

6.3 Kartografická symbolika

S kartografickou vizualizací úzce souvisí pojmy grafická jednotka, znak a mapový znak. *Grafická jednotka* je člověkem vnímatelný grafický útvar, který může mít různé vlastnosti, např. tvar, velikost, barvu, atd. (PRAVDA, 1997, str. 19). *Znak* je potom grafická jednotka, která reprezentuje nějaký význam (např. silnice 1. třídy). *Mapový znak* je grafická jednotka, která reprezentuje nějaký význam a je lokalizovaná v mapě (PRAVDA, 1997, str. 19).

Mapový jazyk, resp. jazyk mapy, je specifický znakový systém, který používáme při zaznamenávání konkrétních objektů, jeví se ze skutečnosti do mapy (DRÁPELA, 1987, str. 31 nebo KAŇOK, 1999, str. 36). Mapový jazyk lze chápat též jako souhrn mapových znaků vytvářejících specifický formalizovaný jazyk celé dané mapy (HOJOVEC et al, 1987, str. 257). Pro pojmy znak a mapový jazyk se používají i obecnější označení, např. *kartografické vyjadřovací prostředky* (ČAPEK et al, 1992, str. 133) nebo kartografická symbolika (KOZEL, 2009).

Termín *kartografická*, resp. *mapová symbolika* (angl. *cartographic symbology*, *map symbology*) vychází z pojetí mapových znaků a mapového jazyka jako specifického systému symbolů ve smyslu grafické sémiotiky (BERTIN, 1983). Lze ji definovat následovně: *Kartografická symbolika* je systém znaků a pravidel, podle kterých jsou prostorové objekty a jevy znázorněny na konkrétním mapovém díle, resp. dílech.

Kartografická symbolika jedné mapové vrstvy se blíží pojmu mapový znak, naopak kartografická symbolika celé mapy se blíží pojmu mapový jazyk. V návaznosti na předchozí kapitulu lze říci, že kartografická vizualizace se zabývá mj. tvorbou kartografické symboliky pro konkrétní mapová díla.

6.3.1 Členění a vlastnosti mapových znaků

Kartografie běžně rozlišuje bodové, liniové a plošné mapové znaky. Toto členění je kartografy považováno za nedostatečné (PRAVDA, 2003), ale z důvodu jeho jednoduchosti je stále používáno. Protože většina existujících senzorových měření je bodového charakteru, budou se následující kapitoly věnovat možnostem kartografické vizualizace bodových znaků.

Mezi základní vlastnosti mapových znaků, jak je zmiňuje např. DRÁPELA (1983) komunikovatelnou, názornost, interpretovatelnou a komprimovatelnost. BERTIN (1974) zmiňuje základní grafické proměnné, které jsou k dispozici pro konstrukci mapového znaku. Vliv základních grafických proměnných na kvalitu (funkčnost) mapového znaku můžeme určit následovně:

- Velikost – obecně lze konstatovat, že větší velikost poskytuje výhodu pro lokalizaci daného znaku. Na druhé straně ovšem vytváří nevýhodu vyššího grafického zaplnění a tím ztěžuje čtení mapy.
- Intenzita – vyšší intenzita použitého barevného odstínu opět poskytuje výhodu snazšího nalezení mapového znaku, může ovšem působit rušivě na své okolí.
- Tvar – tvar je obecně jako charakteristika mapového znaku použitelný pouze u bodových mapových znaků. Omezení použití v případě liniových a plošných znaků je dáno tvarovou závislostí na průběhu jevu, kterou může kartograf ovlivnit pouze omezeně.
- Orientace – ovlivnění orientace mapového znaku je podobně jako v případě tvaru omezeno na bodové mapové znaky a pouze v omezené míře na objekty liniové a plošné.
- Barva – představuje nejvýraznější kartografický vyjadřovací prostředek. Volbou vhodného barevného odstínu je možné zvýraznit důležité a potlačit méně důležité prvky mapy. Základním

předpokladem je nalezení míry mezi „uměřeností mapy“ a kontrastem, přičemž kontrast je důležitější (FRIEDMANNOVÁ, 2007).

- Struktura – hraje podobnou roli jako barva, přičemž k barvě zde přistupuje vzor, který mapový znak vyplňuje.

6.3.1.1 Bodové mapové znaky

Bodové mapové znaky zobrazují informace vztahující se k danému místu. Reálně by se naměřená data měla vztahovat ke konkrétní souřadnici polohy senzoru. Výhodou senzorových měření může být také získávání různorodých informací z jednoho místa. Nejjednodušší metodou pro zobrazení více charakteristik jednoho senzoru je použití vizualizace prostorového umístění senzoru a zobrazení měřených charakteristik v tabulce nebo grafu na vyžádání. Toto řešení je běžně používáno, příkladem může být Elektronický digitální povodňový portál (<http://www.edpp.cz>). Sofistikovanější přístup je zobrazení alespoň jedné charakteristiky pomocí mapového znaku a zbylých podobným způsobem jako v předchozím případě na vyžádání. Uvedené řešení je použito na portál projektu EmoMap Technické univerzity ve Vídni.

Kartograficky elegantnějším řešením je ovšem zobrazení více informací prostřednictvím jednoho mapového znaku. Zmíněné mapové znaky potom zobrazují více měřených charakteristik. V anglické literatuře používaný termín Multivariate ovšem stále nemá uspokojivý český ekvivalent.

6.3.1.2 Bodové mapové znaky zobrazující více charakteristik

SLOCUM et al (2005) uvádí pro tento typ mapových znaků několik možností. Jde o koláčový graf, hvězdíkový graf, prostý sloupcový graf nebo metodu tzv. „Chernoff faces“. Všechny uvedené metody jsou vhodné i pro vizualizaci senzorových dat.

Při konstrukci těchto mapových znaků platí obecné zásady pro tvorbu mapových znaků. PRAVDA (2003) uvádí tři základní principy a to konvečnost, libovolnost a asociativnost (motivovanost). Nejvíce možností poskytuje princip motivovanosti, který naznačuje vztah mezi mapovým znakem a jeho předlohou.

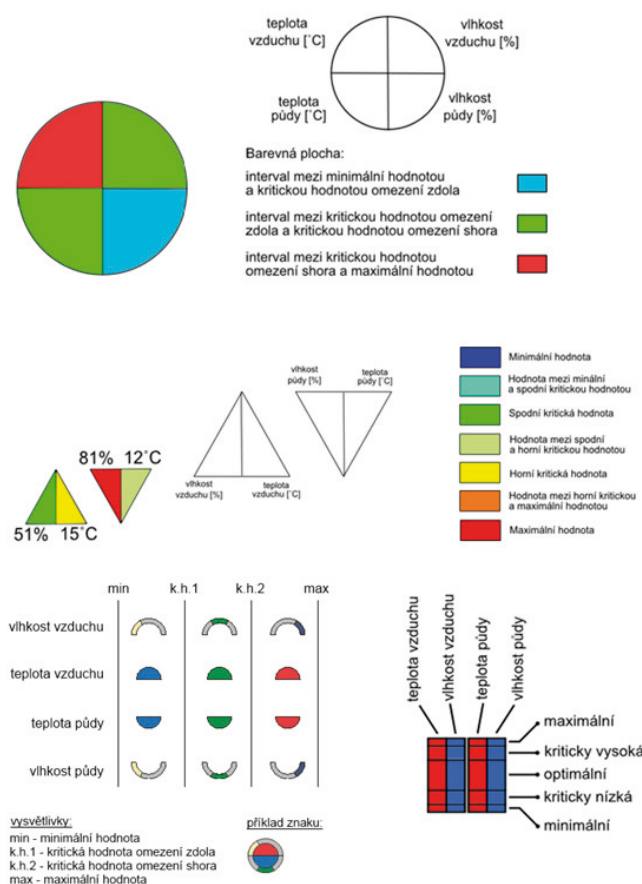
Jako praktický příklad využívajícího zmíněných principů mohou sloužit mapové znaky zaměřené na vizualizaci zobrazující teplotu a vlhkost vzduchu a půdy vytvořené studenty předmětu Mapová sémiotika na Geografickém ústavu Masarykovy univerzity v roce 2011 (viz obr. 6.1 na další stránce). Mimo zmíněné charakteristiky byl přidán požadavek pro zobrazení kritických hodnot vzhledem k dalšímu sledovanému jevu.

6.4 Formalizace mapového jazyka

Aby bylo možné provádět kartografickou vizualizaci automatizovaně, je nezbytné mapový jazyk formalizovat do podoby jasně definovaného formátu, který by byl srozumitelný pro výpočetní techniku. Otázka formalizace mapového jazyka tedy vyvstala především v souvislosti s nástupem tvorby počítačových map, ale její teoretické základy sahají hlouběji.

6.4.1 Historický vývoj

Již v 60. letech 20. století se objevují první náznaky tzv. *jazykové koncepce mapy*, která hraje v otázce formalizace mapového jazyka důležitou roli, neboť nahlíží na mapu jako na specifický jazyk. PRAVDA (1993) podrobně mapuje historii i význam jazykové koncepce mapy, kterou ovlivnili nebo utvářeli např. J. Bertin, A. Koláčný, A. F. Aslanikašvili, L. Ratajski, C. Board, A. A. Lutyj, a samozřejmě samotný Ján Pravda. Ten ve své práci pokračoval i po rozmachu informačních technologií koncem 20. století (např. PRAVDA et al, 2004).



Obr. 6.1 Návrhy mapových znaků pro zobrazení více charakteristik

První pokusy o formalizaci mapového jazyka ve světě informačních technologií však pravděpodobně probíhaly víceméně nezávisle na teoretických poznatcích výše zmíněných autorů. Lze identifikovat dva pravděpodobné důvody, proč tomu tak bylo. Zaprvé, kartografická symbolika v počítačovém prostředí – především ve svých počátcích – vycházela z obecné počítačové grafiky. Dodnes je patrné, že mnohé systémy pro popis kartografické symboliky využívají vyjadřovací prostředky, které jsou vhodnější spíše pro počítačovou grafiku než pro kartografii (např. popis barvy v modelu RGB namísto pro kartografii větší vhodnějšího modelu HSL). Zadruhé, za snahou o formalizaci mapového jazyka často stáli většinou autoři počítačových programů, kteří byli spíše (geo)informatiči než kartografové.

Zhruba od 80. let vzniklo v počítačovém světě mnoho formátů pro popis kartografické symboliky, které byly svázány s konkrétními aplikacemi. Většina z těchto formátů byla proprietárních a uzavřených. Z otevřených formátů je známý formát *MapFile*, který je spojený s mapovým serverem UMN MapServer a využívá se dodnes (FREIMUTH et al, 2005). Další zástupcem otevřených formátů je méně známý konfigurační formát programu *Mapyrus* (CHENERY, 2012), který podporuje i méně tradiční kartografickou symboliku (např. náhodně rozmístěný prostorový vzor).

6.4.2 Otevřené specifikace kartografické symboliky

Na přelomu tisíciletí přišlo *Open Geospatial Consortium* (OGC) s do jisté míry revoluční snahou o vytvoření otevřeného formátu pro popis kartografické symboliky. Výsledkem byla v roce 2002 první verze spe-

cifikace *Styled Layer Descriptor*, SLD (OGC, 2002a), která byla později rozdělena do dvou samostatných specifikací: *Styled Layer Descriptor* (OGC, 2007f) a *Symbology Encoding*, SE (OGC, 2006). Vztah mezi nimi je vysvětlen v následující podkapitole. Není náhodou, že vydání první verze SLD následovalo pouhý rok po vydání specifikace Scalable Vector Graphics, SVG (W3C, 2006), která umožňuje otevřený popis vektorové grafiky, a že SLD využívá prvky SVG.

Obě specifikace, SLD i SE, vznikly z podnětu komerčních společností a teoretická kartografie na ně neměla přímý vliv. Na druhou stranu v tuto chvíli zřejmě neexistují otevřené standardizované formáty s lepším popisem kartografické symboliky. Důležitost a unikátnost obou specifikací budiž doložena i faktem, že je pro popis kartografické symboliky využila i iniciativa Evropské unie Infrastructure for Spatial Information in the European Community, INSPIRE (viz např. ŘEZNÍK, 2010).

Kartografické symboliky se dotýkají další dvě specifikace konsorcia OGC, *Geography Markup Language* (GML) a *Keyhole Markup Language* (KML). Současná verze GML se kartografické symbolice věnuje pouze velmi okrajově a neformálně (OGC, 2007b, Annex H). Specifikace KML (OGC, 2007c) se věnuje popisu geografických dat i symboliky zároveň, přičemž z hlediska kartografické symboliky nedosahuje možností SE.

6.5 Specifikace Symbology Encoding verze 1.1.0

Specifikace SLD 1.0.0 byla vydána v roce 2002 jako rozšíření specifikací Web Map Service (WMS) 1.1.1 (OGC, 2002b). Rozšíření spočívalo v možnosti nadefinování kartografické symboliky požadovaných map a většinu specifikace tak tvořil popis formátu pro zápis kartografické symboliky. Právě tyto části se časem začaly používat pro zápis kartografické symboliky i zcela nezávisle na specifikaci WMS. Logickým vyústěním bylo rozdělení specifikace SLD na část, která se věnuje pouze popisu kartografické symboliky – *Symbology Encoding* (SE) 1.1.0 – a na část, která popisuje napojení SE na WMS – SLD 1.1.0. Pro kartografickou vizualizaci a symboliku je důležitá především specifikace SE.

6.5.1 Struktura SE dokumentu

Podle specifikace SE je popis kartografické symboliky uložen v XML (*eXtensible Markup Language*) dokumentu se specifickou strukturou, jejíž definice je hlavním obsahem specifikace. Z obecného pohledu je tedy SE dokument textový soubor zapsaný ve značkovacím jazyce XML.

SE dokumenty mohou či nemusí být svázány s konkrétní sadou geografických dat. Vytvářet SE dokument bez návaznosti na konkrétní datovou sadu má ovšem zhruba takový smysl jako vytvářet značkový klíč bez znalosti reprezentovaných dat.

Každý SE dokument je tvořený buď právě jedním stylem nebo právě jedním symbolizérem.

Styl (angl. *style*) je nositelem kartografické symboliky pro libovolnou množinu geografických objektů stejného typu (např. pro množinu sídel nebo silnic). Existují dva typy stylů, *FeatureTypeStyle* pro vektorová data a *CoverageStyle* pro rastrová data. Každý styl je tvořený jedním či více pravidly.

Pravidlo (angl. *rule*) umožňuje v rámci jednoho stylu definovat různou symboliku pro různá měřítka i pro různé podmnožiny objektů. V rámci jednoho stylu silnic je tedy možné nadefinovat různou symboliku pro měřítkové rozsahy 1:10 000-1:25 000 a 1:25 000-1:100 000, případně různou symboliku pro dálnice a silnice 1. třídy. Oba způsoby je možné kombinovat, takže lze vytvořit různou symboliku pro dálnice v měřítku 1:10 000-1:25 000, dálnice v měřítku 1:50 000-1:100 000, atd. Měřítkové rozsahy mohou uzavřené oboustranně i jednostranně. Samotná symbolika každého pravidla je zapsána pomocí jednoho či více symbolizérů.

Symbolizér (angl. *symbolizer*) je elementárním nositelem symboliky zobrazovaných geografických objektů. Pomocí symbolizérů lze popsat figurální (*PointSymbolizer*), čárové (*LineSymbolizer*) i areálové

(*PolygonSymbolizer*) znaky včetně popisků (*TextSymbolizer*). Všechny tyto symbolizéry se týkají vektorových dat, pro rastrová data existuje samostatný *RasterSymbolizer*. Díky tomu, že jedno pravidlo může mít více symbolizérů, lze v rámci jednoho pravidla popsat např. plošný znak sídel a zároveň i podobu jejich popisku.

6.5.2 Základní prvky SE dokumentu z hlediska kartografie

Styl obsahuje popis *sady příbuzných znaků* (příbuzných z hlediska typu objektu, který reprezentují), přičemž je možné v něm popsat i proměnlivost znaku s měřítkem. Je zřejmé, že se nejedná o kartografické znaky, neboť zatím nejsou umístěny v mapě. Sada může být tvořena pouze jedním znakem.

Pravidlo je nejjednodušším nositelem kartografické symboliky a z kartografického hlediska je nejbližší pojmu *znak*, neboť v sobě jednoznačně spojuje grafickou reprezentaci (v podobě symbolizéru) i význam zobrazovaného objektu.

Symbolizér leží na pomezí pojmů *grafická jednotka* a *znak*. Podobnost s grafickou jednotkou je zřejmá. Symbolizéry však mohou obsahovat (a v praxi často obsahují) odkazy na konkrétní atributy zobrazovaných objektů (např. *TextSymbolizer* většinou obsahuje odkaz na atribut názvu objektu, *PointSymbolizer* může obsahovat odkaz na atribut velikostní kategorie sídel, apod.). V takovém případě lze symbolizér považovat spíše za znak.

6.5.3 Symbolizéry

V následujících odstavcích jsou popsány výrazové možnosti symbolizérů. Použitá terminologie odpovídá terminologii Jána Pravdy (PRAVDA, 1997), případně je doplněna o některé další, dnes běžně používané termíny (např. průhlednost).

PointSymbolizer umožňuje definovat *figurální znak* reprezentující vektorová data čtyřmi způsoby:

- zvolit jeden z předdefinovaných tvarů – čtverec, kolečko, trojúhelník, hvězda, křížek nebo křížek otočený o 45° – a nadefinovat mu požadovanou výplň a tah,
- zvolit jeden znak TrueType fontu a nadefinovat mu požadovanou výplň a tah,
- uvést odkaz na libovolný rastrový nebo vektorový obrázek, který je uložen v samostatném souboru (a případně změnit jednu či více jeho barev) nebo
- nadefinovat libovolný obrázek rastrový nebo vektorový přímo v SE dokumentu (a případně změnit jednu či více jeho barev).

Takto nadefinovaným figurálním znakům lze v rámci tohoto symbolizéru dodatečně nastavit také velikost, průhlednost, orientaci, referenční bod a případně posun. Kromě toho lze v rámci jednoho symbolizéru provádět i další morfografické operace jako např. sdružování, skládání, uspořádání nebo afixace.

LineSymbolizer umožňuje definovat *čárový znak* reprezentující vektorová data. Lze popsat znaky jedno i více tahové, jedno i více barevné, vyplněné barvou i vzorem, plné, přerušované i se vzorkem vč. lemavek. Každému tahu lze nastavit barvu, šířku, průhlednost a typ ukončení. Především u složitějších kombinací typu nesymetrický vícetahový čárový znak se vzorkem je třeba počítat s tím, že specifikace nenabízí dostatečné výrazové prostředky pro popsání veškerých souvislostí.

PolygonSymbolizer umožňuje definovat *areálový znak* reprezentující vektorová data. Lze popsat znaky jedno i dvou vrstevné, ohraničené i neohraničené konturou, prázdné, vyplněné barvou, vzorem i figurálním znakem. Každé vrstvě lze nastavit barvu a průhlednost. Šrafuru lze popsat pouze pomocí opakujícího se vzoru. Kontura areálového znaku má stejný popis jako čárový znak.

TextSymbolizer umožňuje definovat *názvy na mapách (popisky)* reprezentující vektorová data. Lze popsat požadovaný řez písma (font) vč. jeho stylu (kurzíva, tučné, tučná kurzíva, normální) a velikosti. Výplň písma má stejný popis jako výplň areálového znaku. Dále lze popsat umístění popisku figurálního

a liniového znaku. V případě popisku figurálního znaku lze nastavit referenční bod, posun a orientaci, v případě liniového odsazení od linie, opakování, mezery v opakování a orientaci popisku rovnoběžně s linií nebo horizontálně. Dále je možno popsat tzv. halo efekt.

RasterSymbolizer umožňuje nadefinovat *areálové znaky* reprezentující rastrová data. Lze popsat dva typy znaků:

- jednoduchý areálový znak vymezený stykem barev (např. diskrétní barevná hypsografie) nebo
- spojitý složený areálový znak (např. snímky dálkového průzkumu Země nebo výškové modely terénu s možností vykreslení stínovaného reliéfu).

Obecně je možné nastavovat barvy a barevné přechody na základě hodnot buněk rastrových dat, případně přiřadit pásmům rastrových dat barevné složky obrazu (R, G, B nebo stupně šedi). Dále je možné nastavit průhlednost.

Symbolizéry umožňují v omezené míře popsat i kartografickou symboliku vyšší úrovně, jako např. kartogramy nebo kartodiagramy (KOZEL, 2009).

6.6 Hodnocení mapových znaků

Hodnocení mapových znaků a představuje komplexní problematiku, která je zaměřena na zjištění schopnosti mapy plnit účel ke kterému byla navržena, která má své místo i v případě vizualizace senzorových dat.

V současné době je používáno více přístupů k hodnocení mapových znaků. Zřejmě nejpoužívanější jsou expertní a uživatelské hodnocení. Tyto přístupy jsou bohužel omezeny minimální možností jejich objektivizace a vyloučením uživatelů z hodnocení v případě expertního hodnocení. Expertní hodnocení mapových znaků navržených pro vizualizaci senzorových dat použila např. TYNKLOVÁ (2012), která navržené znaky klasifikuje do skupin z hlediska jejich vhodnosti pro použití v navrženém systému vizualizace.

Objektivizaci hodnocení mapových děl se intenzivně zabýval např. MIKLOŠÍK (2002). Další variantu objektivního hodnocení mapových znaků představuje tzv. kartograficko-psychologické testování. Výhodou tohoto přístupu je zahrnutí uživatelů do procesu hodnocení s možností objektivizace výsledků. Prostředkem pro uvedené hodnocení může být SW nástroj MUTEF (Multivariantní testovací program) vyvinutý na Geografickém ústavu MU. Testovací SW a jeho použití popisuje např. ŠTĚRBA et al (2011).

6.7 Závěr

S ohledem na charakter dat poskytovaných prostřednictvím senzorů se jejich vizualizace odehrává především prostřednictvím internetu. Výhody publikace map prostřednictvím webu zmiňuje např. PETERSON (2003). Přes výše zmíněná omezení umožňují existující standardy definování kartografické symboliky odpovídající zavedeným kartografickým zásadám a nástroje pro jejich hodnocení jejich optimalizaci.

Senzory a informace získané jejich prostřednictvím mají potenciál využití v celé řadě oborů lidské činnosti. Jejich vhodná kartografická vizualizace a jejich publikace prostřednictvím internetu vnáší do tohoto procesu další přidanou hodnotu. Lze tedy předpokládat širší využití dostupných senzorových dat a také zvyšování počtu dostupných senzorů.

REFERENCE

Knihy a další tištěné materiály

- BERTIN, J. 1983. *Semiology of Graphics*. Madison: University of Wisconsin Press, 1983. 415 s. ISBN 0299090604.
- CABRI, G. ET AL. 2009. *Uncoupling Coordination*. In Tarkoma, S.: Mobile middleware: architecture, patterns and practice. Chichester: Wiley, 2009, s. 229 - 256 [cit. 2012-10-15]. ISBN 0470740736.
- CHATZIGIANNAKIS, I. – MYLONAS, G. – NIKOLETSEAS, S. 2007. *50 ways to build your application: a survey of middleware and systems for Wireless Sensor Networks*. ETFA 2007 12th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation: ETFA 2007 proceedings, Patras, Greece. Piscataway, NJ: IEEE, 2007, p. 466 – 473. ISSN 978-1-4244-0826-9.
- ČAPEK, R. – MIKŠOVSKÝ, M. – MUCHA, L. 1992. *Geografická kartografie*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1992. 373 s. ISBN 8004251536.
- DENZER, R. – SCHLOBINSKI, S. – HELL, T. – GUTTLER, R. – GIDHAGEN, L. 2011. *Towards automation of model execution from a decision support environment*. In 19th International Congress on Modelling and Simulation, Perth, Australia, 2011.
- DRÁPELA, M. V., 1983. *Výbrané kapitoly z kartografie*, Přírodovědecká fakulta J. Ev. Purkyně v Brně, Katedra geografie, 128 s.
- EXECUTIVE ORDER 12906. 1994. *Coordinating Geographic Data Acquisition and Access: the National Spatial Data Infrastructure*. Edition of the Federal Register, Vol. 59, Is. 71, p. 17671-17674.
- FRANK, A. ET AL. 2000. *Panel-GI Compendium: A guide to GI and GIS*. Vienna: GeoInfo Series 21, 2000. 141 s., ISBN 3-901716-22.
- FRIEDMANNOVÁ, L. 2007. *Kartografický znak v dynamické vizualizaci*. In *Súčasný trendy v kartografii: Zborník referátov 17. kartografickej konferencie*. vyd. Bratislava.
- HAVLIK, D. – SCHADE, S. – VAN WIJK, W. – USLÄNDER, T. – HIERRO, J. 2011. *Leveraging the Future Internet – Public Private Partnership for the Environmental Usage Area*. In *EnviroInfo Conference 2011*, Ispra, Italy, 2011.
- HERMAN, L. 2011a. *Moderní kartografické metody modelování měst*. Brno: Masarykova univerzita. Přírodovědecká fakulta. Geografický ústav. 2011. 84 s., 25 s. příloh. Vedoucí diplomové práce Tomáš Rezník.
- HERMAN, L. 2011b. *Sémantický přístup ke 3D modelování se nazývá CityGML*. *GeoBusiness*, Praha: Springwinter, 2011b roč. 10, č. 3, s. 40-42. ISSN 1802-4521.
- HŘEBÍČEK, J. – KONEČNÝ, M. 2007. *Introduction to Ubiquitous Cartography and Dynamic Geovisualization with Implications for Disaster and Crisis Management*. In: *The Geospatial Web: How Geobrowsers, Social Software and the Web 2.0 are Shaping the Network Society*, Springer, 2007. s. 209214. ISBN 9781846288265.
- HOJOVEC, V. ET AL. 1987. *Kartografie*. Praha: Geodetický a kartografický podnik, 1987. 660 s.
- ISO. 2003. *ISO 19115:2003 Geografická informace – Metadata*.
- ISO. 2005. *ISO 19119:2005 Geografická informace – Služby*.
- ISO. 2007. *ISO 19139:2007 Geografická informace – Metadata – XML schéma implementace*.
- KAŇOK, J. 1999. *Tematická kartografie*. Ostrava: Ostravská univerzita, 1999. 318 s. ISBN 8070427817.
- KLOPFER, M. – SIMONIS, I. 2009. *SANY - an open service architecture for sensor networks*. SANY IP, 2009. 161 s. ISBN 978-3-00-028571-4.
- KONEČNÝ, M. 1996. *Národní prostorová informační infrastruktura: předpoklad rozvoje a plného využití GIS*. In *Národní prostorová informační infrastruktura*. 1. vyd. Vyškov: Antrim s.r.o., 1996.

- KONEČNÝ, M. 1995. Jak dál s GIS na pozadí informačních dálnic? In *Zpracování digitálních dat v GIS a digitální kartografii. Sborník Kartografického symposia Olomouc 95*. 1. vyd. Olomouc: Kartografické sympozium Olomouc 1995, 1995. s. 46-50.
- KONEČNÝ, M. 1999. *The Digital Earth: Spatial Data Infrastructures from Local to Global Concept*. Beijing, China: Chief Guanhua Xu and Yuntai Chen, 1999. 7 s. ISBN 7-03-005600-0.
- KONEČNÝ M. 2008. *Digital Earth Idea: Quo Vadis? In Consideration of Alexander Martynenko Contributions and Ideas*. In: Systems and Tools of Informatics. Special Issue: Geoinformation Technologies. - Russian Academy of Science. The Institute of Informatics Problems of the Russian Academy of Sciences (IPI RAN)", Moscow, 2008. 400 s., s. 339-356. ISBN 978-5-902030-58-4.
- KOZEL, J. 2009. *Komplexní kartografická symbolika a specifikace Symbology Encoding*. In: Geodny Liberec 2008 - Sborník příspěvků, Liberec: Technická univerzita, 2009. 7 s. ISBN 9788073724436.
- LEWIS, F. L. 2005. Wireless sensor networks. In: COOK, D. J – DAS, S. K. *Smart environments: technologies, protocols, and applications*. Hoboken, New Jersey: Wiley, 2005, s. 13 - 31. ISBN 0-471-54448-5.
- MacEACHREN, A. M. 1995. *How Maps Work*. New York: Guilford Press, 1995. 513 s. ISBN 0898625890.
- MacEACHREN, A. M. et al. 1992. *Visualization*. In *Geography's Inner Worlds: Pervasive Themes in Contemporary American Geography*, New Brunswick: Rutgers University Press, 1992. s. 99-137.
- MASSER, I. 1999. *All Shapes and Sizes: The first generation of national geographic information strategies*. International Journal of Geographic Information Science Vol. 13 Is. 1. s. 67 – 84.
- MASSER I. 2007. *Building European Spatial Data Infrastructures*. ESRI Press. Redlands. 2007.
- MIKLOŠÍK, F. 2002. *Objektivizace hodnocení map a mapových děl*, Vojenská akademie v Brně, S-619, Brno, 90 s.
- PETERSON, M. P. 2003. *Maps and the Internet*. 1st ed. Oxford: Elsevier, 451 s. ISBN 0080442013.
- PLEWE, B. 1997. *GIS Online: Information Retrieval, Mapping, and the Internet*. Santa Fe, New Mexico: Onword Press, 1997. 336 s. ISBN 978-1566901376
- PRAVDA, J. 1993. *Jazyková koncepcia mapy, jej vývoj a súčasný stav*. Kartografické listy, Bratislava: geografický ústav SAV, 1993, roč. 1, č. 1, s. 27-36. ISSN 13365274.
- PRAVDA, J. 1997. *Mapový jazyk*. Bratislava: Univerzita Komenského, 1997. 88 s. ISBN 8022311022.
- PRAVDA, J. 2003. *Mapový jazyk*, univerzita Komenského Bratislava, Prírodovedecká fakulta, Bratislava, 88s.
- PRAVDA, J. – KUSENDOVÁ, D. 2004. *Počítačová tvorba tematických máp*. Bratislava: Univerzita Komenského, 2004. 264 s. ISBN 8022320110.
- RAJABIFARD, A. ET AL. 2006. *The Role of Subnational Government and the Private Sector in Future Spatial Data Infrastructures*. INTERNATIONAL JOURNAL OF GIS 20(7): S. 727-41, 2006.
- ŘEZNÍK, T. 2010. *Kartografická vizualizace v souladu s datovými specifikacemi INSPIRE*. Kartografické listy, Bratislava: Geografický ústav SAV, 2010, roč. 18, č. 1, s. 96-104. ISSN 13365274.
- SCHADE, S. – FOGARTY, B. – KOBERNUS, M. – SCHLEIDT, K. – GAUGHAN, P. – MAZZETTI, P. – BERRE, A., J. 2011. *Environmental Information Systems on the Internet - A Need for Change*. In: Environmental Software Systems. Frameworks of eEnvironment, Proceedings of the 9th IFIP WG 5.11 International Symposium, ISESS 2011, Brno, Czech Republic, 2011.
- SLOCUM, T. ET AL. 2005. *Thematic Cartography and Geographic Visualization*. Upper Saddle River: Pearson Education. 2005. 518 s. ISBN 0130351237.
- STOLERU, R. – HE, T. – STANKOVIC, J. A. – LUEBKE, D. 2005. *A high-accuracy, low-cost localization system for wireless sensor networks*. In: SenSys '05: Proceedings of the 3rd international conference on Embedded networked sensor systems. New York: ACM Press, 2005, 13-26.

- STRZALKA, A. – BOGDAHN, J. – COORS, V. – EICKER, U. 2011. *3D City Modelling for Urban Scale Heating Energy Demand Forecasting*. In HVAC&R Research, Vol. 17, Is. 4, 2011. 14 s. ISSN 1078-9669.
- ŠTĚRBA, Z. – STACHOŇ, Z. – ŠAŠINKA, Č. – ZBOŘIL, J. – BŘEZINOVÁ Š. – TALHOFFER V. 2011. *Evaluační kartografických znakových sad v kontextu osobnosti uživatele*. Geodetický a kartografický obzor, Praha: Český úřad geodetický a kartografický, 99/57, 8, 2011. 10 s. ISSN 0016-7096.
- TYNKLOVÁ, K. 2012. *Vybrané aspekty kartografické vizualizace dat senzorů*. Masarykova univerzita. Přírodovědecká fakulta. Geografický ústav. 2012. Vedoucí diplomové práce Petr Kubíček.
- VOŽENÍLEK, V. 2005. *Cartography for GIS*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2005. 142 s. ISBN 8024410478.
- VOŽENÍLEK, V. 2009. *Geoinformační aspekty státní informační politiky*. 1. Vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009. 187 s. ISBN 978-80-244-2253-4.
- VOŽENÍLEK, V. – KAŇOK, J. ET AL. 2011. *Metody tematické kartografie: vizualizace prostorových jevů*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011. 216 s. ISBN 978-80-244-2790-4.
- WALLACE, J. et al. 2006. *Spatial information opportunities for Government*, Journal of Spatial Science, Vol. 51, No. 1, June 2006.
- WILLIAMSON, I., RAJABIFARD, A., BINNS, A. 2007. *The Role of Spatial Data Infrastructures in Establishing an Enabling Platform for Decision Making in Australia*. In: Research and Theory in Advancing Spatial Data Infrastructure Concepts. Edited by H. Onsrud. ESRI Press. 293 s., s. 121-132. ISBN 978-158948-162-6. 2007.

Online dostupné zdroje a webové stránky

- AKYILDIZ, I. F. – SU, W. – SANKARASUBRAMANIAM, Y. – CAYIRCI, E. 2002. *Wireless sensor networks: a survey*. Computer Networks [online]. 2002, Vol. 38, Is. 4, s. 393-422 [cit. 2012-10-15]. ISSN 13891286. <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1389128601003024>>
- BECKER, T. – NAGEL, C. – KOLBE, T. H. 2010. *UtilityNetworkADE – core model – modeling proposal* [online]. 2010 [cit. 2012-9-22]. <http://www.citygmlwiki.org/upload/c/c2/UtilityNetworkADE_v0.1.0.pdf>
- BENNETT, R.M. – RAJABIFARD, A. 2009. *Spatially Enabling Government: A Snapshot from Victoria*, [on line]. 2009 [cit. 2012-10-15]. <http://www.csdila.unimelb.edu.au/publication/conferences/spatially_enabling_government_snapshot_from_victoria.pdf>
- BRÖRING, A. – ECHTERHOFF, J. – JIRKA, S. – SIMONIS, I. – EVERDING, T. – STASCH, C. – LIANG, S. – LEMMENS, R. 2011. *New Generation Sensor Web Enablement: A Survey*. Sensors [online]. 2011, Vol. 11, Is. 3. [cit. 2012-10-15]. ISSN 1424-8220. <<http://www.mdpi.com/1424-8220/11/3/2652/>>
- CHENERY, S. 2012. *Mapyrus project. Version 1.202*. 2005 [cit. 2012-10-14]. 150 s. <<http://mapyrus.sourceforge.net/mapyrus.pdf>>
- CT. 2012. *D2.10.2: Coverage Types, Version 1.0rc2* [online]. 2012 [cit. 2012-11-10]. <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/D2.10.2_CoverageTypes_v1.0rc2.pdf>
- CZERWINSKI, A. – PLÜMER, L. 2008. *Abschlussbericht EU-Umgebungslärmkartierung Stufe I in Nordrhein-Westfalen* [online]. 2008 [cit. 2012-9-21]. <http://www.umgebungslaerm.nrw.de/Dokumente/Berichte/Abschlussbericht_Kartierung_Stufe_1.pdf>
- DELIN, K. – JACKSON, S. – SOME, R. 1999. *Sensor Webs*. In NASA Tech. Briefs [online]. 1999. [cit. 2012-10-15]. <<http://geodynamics.jpl.nasa.gov/workshop/sensorweb/Delin-Jackson.pdf>>
- DÖLLNER, J. – KOLBE, T. H. – LIECKE, F. – SGOUROS, T. – TEICHMAN, K. 2006. *The Virtual 3D City Model of Berlin - Managing, Integrating and Communicating Complex Urban Information* [online]. 2006 [cit. 2012-9-23]. <http://www.citygml.org/fileadmin/citygml/docs/udms_berlin3d_2006.pdf>

- DoATaS. 2008. *Drafting Team "Data Specifications" – deliverable D2.3: Definition of Annex Themes and Scope* [online]. 2008 [cit. 2012-9-27]. <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/reports/ImplementingRules/DataSpecifications/D2.3_Definition_of_Annex_Themes_and_scope_v3.0.pdf>
- DS BM. 2012. *D2.10.3: Generic Activity Complex, Version 1.0rc2* [online]. 2012 [cit. 2012-11-10]. <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/D2.10.3_GenericActivityComplex_v1.0rc2.pdf>
- DS BUILDINGS. 2012. *D2.8.III.2 INSPIRE Data Specification on Buildings – Draft Guidelines* [online]. 2012 [cit. 2012-9-27]. <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_BU_v3.0rc2.pdf>
- DS SOIL. 2011. *D2.8.III.3 INSPIRE Data Specification on SOIL – Draft Guidelines* [online]. 2011 [cit. 2012-11-10]. <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_SO_v3.0rc2.pdf>
- DT METADATA. 2007. *DT Metadata – Draft Implementing Rules for Metadata (D1.3)* [online]. 2007 [cit. 2012-26-10]. <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/reports/ImplementingRules/draftINSPIRE-MetadataIRv2_20070202.pdf>
- EDPP. 2012. *Elektronický digitální povodňový portál* [online]. 2012 [cit. 2012-18-10]. <<http://www.edpp.cz/>>
- EEA. 2012. *Informace o GMES na stránkách EEA* [online]. 2012 [cit. 2012-8-9]. <<http://www.eea.europa.eu/about-us/what/information-sharing-1/gmes>>
- E-ESDI. 2001. *ESDI Organisation and E-ESDI Action Plan* [online]. 2001 [cit. 2012-9-27]. <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/reports/ESDI_Action_plan1aa13.pdf>
- EICKER, U. – STRZALKA, A. – SCHULTE, C. – BOGDACHN, J. – SCHUMACHER, J. – COORS, V. 2010. *Large Scale Integration of Photovoltaics in Cities* [online]. 2010 [cit. 2012-9-22]. <http://www.hft-stuttgart.de/Forschung/Kompetenzen/zafh/Publikationen/publikationen_download/2010/Eicker_Strzalka_Schulte_Bogdahn_Schumacher_Coors_ICSU_2010.pdf>
- ENVIROFI, 2012. *The Environmental Observation Web and its Service Applications within the Future Interne* [online]. 2012 [cit. 2012-10-9]. <www.envirofi.eu>
- ESA. 2012. *Informace o vesmírné divizi GMES na stránkách ESA* [online]. 2012 [cit. 2012-7-9]. <http://www.esa.int/esaLP/SEMBRS4KXMF_LPgmges_0.html>
- ESA S1. 2012. *Sentinel-1 - ESA'S Radar Observatory Mission for GMES Operational Services* [online]. European Space Agency, March 2012 [cit. 2012-10-9]. <http://esamultimedia.esa.int/docs/S1-Data_Sheet.pdf>
- ESA S2. 2012. *Sentinel-2 – the Operational GMES Optical High Resolution Land Mission* [online]. European Space Agency, March 2012 [cit. 2012-10-9]. <http://esamultimedia.esa.int/docs/S2-Data_Sheet.pdf>
- ESA S3. 2012. *Sentinel-3 – GMES Medium Resolution Land and Ocean Mission* [online]. European Space Agency, March 2012 [cit. 2012-10-9]. <http://esamultimedia.esa.int/docs/S3-Data_Sheet.pdf>
- EU. 2003. *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2003/98/ES ze dne 17. listopadu 2003 o opakovaném použití informací veřejného sektoru* [online; česká verze z Úředního věstníku Evropské unie]. 2003 [cit. 2012-28-10]. <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32003L0098:CS:HTML>>
- EU. 2006. *Rozhodnutí Evropského parlamentu č. 1982/2006/EC z 18. prosince 2006* [online] 2006. [cit. 2012-13-10]. <<http://cordis.europa.eu/documents/documentlibrary/90798681EN6.pdf>>
- EU. 2007. *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/2/ES ze dne 14. března 2007 o zřízení Infrastruktury pro prostorové informace v Evropském společenství* [online; česká verze z Úředního věstníku Evropské unie] 2007. [cit. 2012-28-10]. <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:108:0001:01:CS:HTML>>

- EU. 2008. *Nařízení Komise (EU) č. 1205/2008 ze dne 3. prosince 2008, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/2/ES týkající se metadat* [online; česká verze z Úředního věstníku Evropské unie] 2008 [cit. 2012-28-10]. <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:326:0012:0030:CS:PDF>>
- EU. 2009a. *Nařízení Komise (EU) č. 976/2009 ze dne 19. října 2009, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/2/ES, pokud jde o síťové služby* [online; česká verze z Úředního věstníku Evropské unie] 2009 [cit. 2012-28-10]. <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:274:0009:0018:CS:PDF>>
- EU. 2009b. *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European economic and social committee and the Committee of the regions - Global Monitoring for Environment and Security (GMES): Challenges and Next Steps for the Space Component*. [online] 2009. [cit. 2012-18-10]. <http://ec.europa.eu/enterprise/policies/space/files/gmes/communication_589_en.pdf>
- EU. 2009c. *Rozhodnutí Komise 2009/442/ES ze dne 5. června 2009, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/2/ES, pokud jde o sledování a podávání zpráv* [online; česká verze z Úředního věstníku Evropské unie] 2009 [cit. 2012-28-10]. <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:148:0018:0026:CS:PDF>>
- EU. 2010a. *Nařízení Komise (EU) č. 1089/2010 ze dne 23. listopadu 2010, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/2/ES, pokud jde o interoperabilitu sad prostorových dat a služeb prostorových dat* [online; česká verze z Úředního věstníku Evropské unie] 2010 [cit. 2012-28-10]. <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:323:0011:0102:CS:PDF>>
- EU. 2010b. *Regulation (EU) No 911/2010 of the European Parliament and the Council of 22 September 2010 on the European Earth monitoring programme (GMES) and its initial operations (2011 to 2013)* [online]. Official Journal of the European Union, L 276, 2010 [cit. 2012-18-10]. <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:276:0001:0010:EN:PDF>>
- EU. 2010c. *NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1088/2010 ze dne 23. listopadu 2010, kterým se mění nařízení (ES) č. 976/2009, pokud jde o služby stahování dat a transformační služby* [online; česká verze z Úředního věstníku Evropské unie] 2010 [cit. 2012-28-10]. <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:323:0001:0010:CS:PDF>>
- EU. 2010d. *NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 268/2010 ze dne 29. března 2010, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/2/ES, pokud jde o poskytnutí přístupu k sadám prostorových dat a službám prostorových dat členských států orgánům a subjektům Společenství za harmonizovaných podmínek* [online; česká verze z Úředního věstníku Evropské unie] 2010 [cit. 2012-28-10]. <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:083:0008:0009:CS:PDF>>
- EU. 2011a. *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European economic and social committee and the Committee of the regions on the European Earth monitoring programme (GMES) and its operations (from 2014 onwards)* [online]. 2011 [cit. 2012-18-10]. <http://ec.europa.eu/enterprise/policies/space/files/gmes/com%282011%29831_en.pdf>
- EU. 2011b. *European Earth monitoring programme (GMES) and its initial operations (2011 – 2013) – Work programme 2012* [online]. 2011 [cit. 10-9-2012]. <http://ec.europa.eu/enterprise/policies/space/files/gmes/gio_wp2012_final_en.pdf>
- EU. 2011c. *Nařízení komise (EU) č. 102/2011 ze dne 4. února 2011, kterým se mění nařízení (EU) č. 1089/2010, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/2/ES, pokud jde o interoperabilitu sad prostorových dat a služeb prostorových dat* [online; česká verze z Úředního věstníku Evropské unie] 2011 [cit. 2012-28-10]. <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:031:0013:0034:CS:PDF>>
- EUMETSAT. 2012. *Informace o vesmírné divizi GMES na stránkách EUMETSAT* [online]. 2012 [cit. 2012-8-9]. <http://www.eumetsat.int/Home/Main/AboutEUMETSAT/InternationalRelations/EuropeanPartners/EUEC/GMES/SP_1226310811300>
- FAROOQ, M. O. – KUNZ, T. 2011. *Operating Systems for Wireless Sensor Networks: A Survey*. Sensors [online]. 2011, Vol. 11, Is. 6, s. 5900-5930 [cit. 2012-10-15]. ISSN 1424-8220. <<http://www.mdpi.com/1424-8220/11/6/5900/>>

- FP6. 2012. *Research & Innovation – Sixth Framework Programme 2002 – 2006* [online]. 2012 [cit. 2012-9-9]. <<http://ec.europa.eu/research/fp6>>
- FREIMUTH, P. – CHRISTL, A. – TVEITE, H. 2005. *Cartographical Symbol Construction with MapServer* [online]. 2005 [cit. 2012-10-14]. <<http://www.mapserver.org/mapfile/symbology/construction.html>>
- GCM. 2012. *D2.5: Generic Conceptual Model, Version 3.4rc2* [online]. 2012 [cit. 2012-11-10]. <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/D2.5_v3.4rc2.pdf>
- GEO Portal. 2012. *GEO Portal – uživatelské rozhraní pro vyhledávání dat projektu GEOSS* [online]. 2012 [cit. 2012-10-9]. <http://www.geoportal.org/web/guest/about_gci>
- GEO. 2011. *GEO 2012-2015 Work plan, revision 1* [online]. 2011 [cit. 2012-6-9]. <http://www.earthobservations.org/documents/work%20plan/GEO%202012-2015%20Work%20Plan_Rev1.pdf>
- GoEoSD. 2011. *D2.7: Guidelines for the encoding of spatial data, Version 3.1* [online]. 2011 [cit. 2012-11-10]. <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/D2.7_v3.1.pdf>
- GEOSS 2012a. *Geohazard Supersites & Natural Laboratories* [online]. 2012 [cit. 2012-7-9]. <<http://supersites.earthobservations.org>>
- GEOSS. 2012b. *Oficiální stránky skupiny pro pozorování Země GEO a projektu GEOSS* [online]. 2012 [cit. 2012-7-9]. <<http://www.earthobservations.org/>>
- GIGAS. 2010. *GIGAS Technology Watch and Comparative Analysis*. [online]. 2010 [cit. 2012-7-9]. <<http://www.thegigasforum.eu/>>
- GMES CZ. 2012. *Oficiální stránky GEOSS/GMES v ČR* [online]. 2012 [cit. 2012-10-9]. <<http://gmes.gov.cz/>>
- GMES EU (2012) *Oficiální stránky GMES* [online]. 2012 [cit. 2012-10-9]. <<http://www.gmes.info/>>
- GNM. 2012. *D2.10.1: Generic Network Model, Version 1.0rc2* [online]. 2012 [cit. 2012-11-10]. <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/D2.10.1_GenericNetworkModel_v1.0rc2.pdf>
- GR. 2010. *Guidance on the 'Regulation on access to spatial data sets and services of the Member States by Community institutions and bodies under harmonised conditions'* [online]. 2010 [cit. 2012-11-10]. <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_and_Service_Sharing/DSSDraftGuidancedocument_v4.1.pdf>
- HAASE, K. – KOCH, R. 2010. *Extension of Electronical Nautical Charts for 3D interactive Visualization via CityGML*. [online]. 2010 [cit. 2012-9-22]. <http://www.geoinformatik2010.de/public/abstracts/haase_koch.pdf>
- IEEE. 2000. *IEEE standard for a smart transducer interface for sensors and actuators network capable application processor (NCAP) information model* [online]. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2000 [cit. 2012-10-15]. ISBN 07-381-1768-4. <http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=841361>
- INSPIRE METADATA IMPLEMENTING RULES. 2010. *INSPIRE Metadata Implementing Rules: Technical Guidelines based on EN ISO 19115 and EN ISO 19119 (Version 1.2)* [online]. 2010 [cit. 30-10-2012]. <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Metadata/INSPIRE_MD_IR_and_ISO_v1_2_20100616.pdf>
- ISTWEB, 2012. *Environmental Risk Management – Information Society Technologies* [online]. 2012 [cit. 2012-12-9]. <<http://cordis.europa.eu/ist/so/env-risk-management/home.html>>
- KONEČNÝ, M. 2006. *Mobile and Adaptive Cartography and Geoinformatics in Early Warning and Crises Management*. In: Seventeenth United Nations Regional Cartographic Conference for Asia and the Pacific Bangkok [online] New York: United Nations, 2006 [cit. 2012-01-10]. 13 s. <<http://unstats.un.org/unsd/geoinfo/17thunrccapIP36.pdf>>
- KOLBE, T. H. 2012. *CityGML Homepage* [online]. 2012 [cit. 2012-19-10]. <<http://www.citygml.org>>

- KOLBE, T. H. 2008. *Representing and Exchanging 3D City Models with CityGML*. [online] 2008 [cit. 2012-9-22]. <http://www.citygml.org/fileadmin/citygml/docs/CityGML_Paper_Kolbe_2008.pdf>
- KUBÍČEK, P. 2010. *Prostorová informační infrastruktura a zdravotní data*. [online; učební text MU Brno]. 2010 [cit. 2012-15-10]. <https://is.muni.cz/www/64052/Prostorova_infrastruktura.pdf>
- MfDoDS. 2008. *Drafting Team "Data Specifications" – deliverable D2.6: Methodology for the development of data specifications* [online]. 2008 [cit. 2012-11-10]. <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/reports/ImplementingRules/DataSpecifications/D2.6_v3.0.pdf>
- NAGEL, C. – BENNER, J. – HAEFELE, K. H. 2012. *CityGML – City Geography Markup Language* [online]. 2012 [cit. 2012-20-10]. <<http://www.citygmlwiki.org/>>
- NEMOFORUM. 2000. Národní geoinformační infrastruktura v ČR – program rozvoje v letech 2001-2005 [online]. 2000 [cit. 2012-10-14]. 8 s. <<http://www.cuzk.cz/nemoforum>>
- OGC. 2002a. *Styled Layer Descriptor Implementation Specification. Version 1.0.0*. [online]. 2002 [cit. 2012-10-14]. 107 s. <http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=1188>
- OGC. 2002b. *Web Map Service Implementation Specification. Version 1.1.1* [online]. 2002 [cit. 2012-10-14]. 70 s. <http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=1081&version=1&format=pdf>
- OGC. 2006. *Symbology Encoding Implementation Specification. Version 1.1.0* [online]. 2006 [cit. 2012-10-14]. 55 s. <http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=16700>
- OGC. 2007a. *Catalogue Services Specification. Open Geospatial Consortium. Version 2.0.2* [online]. 2007 [cit. 2012-10-14]. <http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=20555>
- OGC. 2007b. *Geography Markup Language (GML) Encoding Standard. Version 3.2.1* [online]. 2007 [cit. 2012-11-14]. 427 s. <http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=20509>
- OGC. 2007c. *KML. Version 2.2.0* [online]. 2007 [cit. 2012-10-14]. 233 s. <http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=27810>
- OGC. 2007d. *Observations and Measurements – Part 1 - Observation schema. Version 2.0* [online]. 2007. [cit. 2012-10-14]. <http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=41510>
- OGC. 2007e. *Sensor Observation Service. Version 1.0* [online]. 2007 [cit. 2012-9-14]. 109 s. <http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=20994>
- OGC. 2007f. *Styled Layer Descriptor profile of the Web Map Service Implementation Specification. Version 1.1.0* [online]. 2007 [cit. 2012-10-14]. 45 s. <http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=22364>
- OGC. 2008. *OpenGIS City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard. Version 1.0.0* [online]. 2008 [cit. 2012-9-16]. 234 s. <http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=28802>.
- OGC. 2009. *Uncertainty Markup Language (UnCertML). Version 0.6* [online]. 2009 [cit. 2012-10-16]. 61 s. <http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=33234ciS6wpU1_PPNQ>
- OGC. 2010a. *Draft for Candidate OpenGIS Web 3D Service Interface Standard. Version 0.4.0* [online]. 2010 [cit. 2012-9-18]. 95 s. <http://portal.opengeospatial.org/files?artifact_id=36390>
- OGC. 2010b. *Web View Service Discussion Paper. Version 0.3.0* [online]. 2010 [cit. 2012-9-22]. 138 s. <http://portal.opengeospatial.org/files?artifact_id=37257>.
- OGC. 2011. *Observations and Measurements - XML Implementation. Version 1.0* [online]. 2011 [cit. 2012-9-22]. 72 s. <http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=22466>
- OGC. 2012a. *OGC 3D Portrayal Interoperability Experiment. Final Report*. 2012 [cit. 2012-9-21]. 76 s. <<http://www.opengis.net/doc/ie/3dpie>>
- OGC. 2012b. *OpenGIS City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard. Version 2.0.0* [online]. 2012 [cit. 2012-9-20]. 346 s. <https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=47842>

- ONSURD, H. J. 1998. *A global survey of national spatial data infrastructure activities*. [online]. 1998 [cit. 2012-15-10]. <<http://www.spatial.maine.edu/~onsurd/gsdi/surveysum.htm>>
- ORCHESTRA. 2012. *Orchestra* [online]. 2012 [cit. 2012-10-9]. <<http://www.eu-orchestra.org>>
- SCHULTE, C. – COORS, V. 2009. *Development of a CityGML ADE for dynamic 3D flood information* [online]. 2009 [cit. 2012-9-22]. <<http://www.appliedgeoinformatics.org/index.php/agse/conference2009/paper/viewFile/6/26>>.
- SUDPLAN. 2012. *SUDPLAN 3-D Project – Augmented Vision* [online]. 2012 [cit. 2012-11-9]. <<http://sudplan.kl.dfki.de/index.html>>
- TATOO, 2012. *TaToo – FP7 Project* [online]. 2012 [cit. 2012-9-9]. <<http://www.tatoo-fp7.eu/tatoo-web/>>
- TG. 2010a. *Technical Guidance for the INSPIRE Schema Transformation Network Service*. [online]. 2010 [cit. 2012-10-22]. 92 s. <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Network_Services/JRC_INSPIRE-TransformService_TG_v3-0.pdf>.
- TG. 2010b. *Draft Technical Guidance for INSPIRE Coordinate Transformation Services*. [online]. 2010 [cit. 2012-10-22]. 18 s. <[http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Network_Services/INSPIRE-Draft_Technical_Guidance_Coordinate_Transformation_Services_\(version_2%201\).pdf](http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Network_Services/INSPIRE-Draft_Technical_Guidance_Coordinate_Transformation_Services_(version_2%201).pdf)>.
- TG. 2011a. *Technical Guidance for the implementation of INSPIRE Discovery Services* [online]. 2011 [cit. 2012-9-22]. 49 s. <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Network_Services/Technical-Guidance_DiscoveryServices_v3.1.pdf>.
- TG. 2011b. *Technical Guidance for the implementation of INSPIRE View Services*. [online]. 2011 [cit. 2012-9-22]. 114 s. <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Network_Services/TechnicalGuidance_ViewServices_v3.1.pdf>.
- TG. 2012. *Technical Guidance for the implementation of INSPIRE Download Services* [online]. 2012 [cit. 2012-9-22]. 82 s. <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Network_Services/Technical_Guidance_Download_Services_3.0.pdf>.
- VYHLÁŠKA č. 103/2010. *VYHLÁŠKA ze dne 30. března 2010 o provedení některých ustanovení zákona o právu na informace o životním prostředí* [online]. 2010 [cit. 2012-9-22]. <http://inspire.gov.cz/sites/default/files/documents/103_2010.pdf>.
- W3C. 2006. *Scalable Vector Graphics (SVG) 1.0 Specification* [online]. 2006 [cit. 2012-10-14]. <<http://www.w3.org/TR/2006/REC-xml11-20060816/>>
- WP. 2004. *INSPIRE - work programme Preparatory Phase 2005 - 2006*. [online]. 2004 [cit. 2012-10-22]. 78 s. <http://www.ec-gis.org/docs/F8323/RHD040705WP4A_V4.5.3_FINAL-2.PDF>.
- WP. 2007. *INSPIRE Work Programme Transposition Phase 2007-2009*. [online]. 2007 [cit. 2012-10-22]. 45 s. <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/reports/transposition/INSPIRE_IR_WP2007_2009_en.pdf>.
- YICK, J. – MUKHERJEE, B. – GHOSAL, D. 2008. *Wireless sensor network survey*. Computer Networks [online]. 2008, Vol. 52, Is. 12, s. 2292-2330 [cit. 2012-10-15]. ISSN 13891286. <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1389128608001254>>
- ZÁKON Č. 380/2009. *ZÁKON č. 380/2009 ze dne 8. října 2009, kterým se mění zákon č. 123/1998 Sb., o právu na informace o životním prostředí, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřičství a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, ve znění pozdějších předpisů* [online]. 2009 [cit. 2012-11-10]. <http://inspire.gov.cz/sites/default/files/documents/380_2009.pdf>
- ZANDL, P. 2009. *Internet věcí - Internet of Things*. Lupa.cz [online]. 2009 [cit. 2012-10-15]. <<http://www.lupa.cz/clanky/internet-veci-internet-of-things/>>

Datové infrastruktury pro prostorově informační společnost

Editoři: Milan Konečný, Petr Kubíček

Technická redakce: Lukáš Herman, Eva Mulíčková

Návrh a grafická úprava obálky: Jolana Folwarczná

Vydala: Masarykova univerzita v roce 2012

Výtiskla: Tiskárna DIDOT, s.r.o., Trnkova 119, Brno-Líšeň

1. vydání

200 výtisků

ISBN 978-80-210-6014-2

