

Smart IoT platforma pro monitoring kritické infrastruktury

Smart IoT platform for monitoring critical infrastructure / Smart IoT Plattform für das Monitoring der kritischen Infrastruktur

MGR. MARTIN VESELÝ, RNDR. JAN BURDA, PH.D.

Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., Most

Přijato: 31. 10. 2022, recenzováno: 6. a 11. 11. 2022

ABSTRAKT

Hořanský energetický koridor je strategicky významnou součástí energetické a průmyslové infrastruktury. Na celý koridor jsou kladeny vysoké bezpečnostní nároky, jeho nejnovější část přitom prochází Slatinickou výsypkou. Za účelem podrobného kontrolního měření byla v předchozích letech vybudována síť kontinuálního geodetického a hydrogeologického monitoringu. Tato monitorovací síť využívající principů IoT se stala základem geoinformační databázové platformy, který umožňuje automatizaci procesu ukládání, zpracování a zobrazování naměřených dat s možností dalšího budoucího rozvoje. Na serveru VÚHU byla zřízena databáze GIS a webová mapová aplikace pro zpřístupnění výsledků pro zainteresované osoby. Díky tomu byl vytvořen online přístup k nejaktuálnějším datům monitoringu. Platforma výrazně snižuje nároky na základní sběr a zpracování dat, díky čemuž se odborný personál může zaměřit přímo na pokročilé časoprostorové analýzy a risk management. Zřízením platformy byl položen základ pro vybudování komplexního způsobu uchovávání, zpracování a analýzy prostorových dat, které by mělo v budoucnu vést k vytvoření digitálního dvojčete území.

The Hořany Energy Corridor is a strategically important part of the energy and industrial infrastructure. High safety requirements are placed on the entire corridor, while its newest part passes through the Slatinická dump. A network of continuous geodetic and hydrogeological monitoring was built in previous years for the purpose of detailed control measurement. This monitoring network using IoT principles has become the basis of a geo-information database platform that enables the automation of the process of storing, processing and displaying measured data with the possibility of further future development. A GIS database and a web map application were set up on the VÚHU server to make the results available to parties involved. Thanks to this, online access to the most up-to-date monitoring data was created. The platform significantly reduces the requirements for basic data collection and processing, thanks to which professional staff can focus directly on advanced spatial-time analyses and risk management. The establishment of the platform laid the foundation for building a comprehensive way of storing, processing and analysing spatial data, which should lead to the creation of a digital twin of the territory in the future.

Der Energiekorridor von Hořany ist ein strategisch bedeutender Bestandteil der Energie- sowie auch Industrieinfrastruktur. Für den ganzen Korridor werden hohe Sicherheitsanforderungen gestellt, sein neuester Teil geht dabei die Slatinice Kippe durch. Zu Zwecken der eingehenden Kontrollmessung wurde in vorangegangenen Jahren ein Netz des kontinuierlichen geodätischen und hydrogeologischen Monitorings ausgebaut. Das Monitoring Netz, welches die IoT Prinzipien nutzt, wurde zu einer Grundlage der geoinformativen Datenbasisplattform, welche die Automatisierung der Prozesse Speichern, Verarbeitung und Darstellung der gemessenen Daten ermöglicht, wobei weitere künftige Entwicklung möglich ist. Auf dem VÚHU - Server wurde Datenbasis GIS sowie die Web Applikation eingerichtet, um die Ergebnisse den interessierten Personen zugänglich zu machen. Dank diesem Umstand wurde der online Zugang zu den neuesten Monitoringsdaten ausgebildet. Die Plattform reduziert deutlich die Ansprüche auf das grundlegende Raumdatensammlung und -verarbeitung, dank dessen sich das Fachpersonal direkt auf die Raumzeitanalysen und auf das Risikomanagement konzentrieren kann. Mit der Errichtung der Plattform wurde eine Grundlage für den Ausbau einer komplexen Weise der Raumdatenaufbewahrung, -verarbeitung und -analyse, was zu der Bildung des digitalen Zwilling-Geländes künftig führen sollte.

Klíčová slova: IoT monitoring - GIS - databáze - webová mapová aplikace

Keywords: IoT monitoring - GIS - database - web map application

1 | ÚVOD

Internet věcí (IoT) je nově vznikající technologické paradigma, které umožňuje masivní a bezproblémové propojení chytrých zařízení a systémů přes internet. Vznik a rozvoj konceptu internetu věcí jde ruku v ruce s vývojem datově řízených kybernetických a fyzických systémů, které shromažďují a zpracovávají data, rozsáhlá jak prostorově, tak časově. Oblasti použití takových datově řízených systémů

IoT jsou četné a jejich socioekonomický dopad je velmi důležitý, protože umožňují monitorování a řízení procesů v sektorech od městského managementu až po management v přírodním prostředí (Karunarathne et al. 2020). Ekosystémy IoT technologií lze tedy aplikovat ve všech odvětvích (včetně geověd, zemědělství, městského rozvoje, risk managementu, zdravotnictví, maloobchodu, dopravy, bezpečnosti, aj.), která vyžadují nepřetržité získávání, analýzu a vyhodnocování dat v reálném čase.

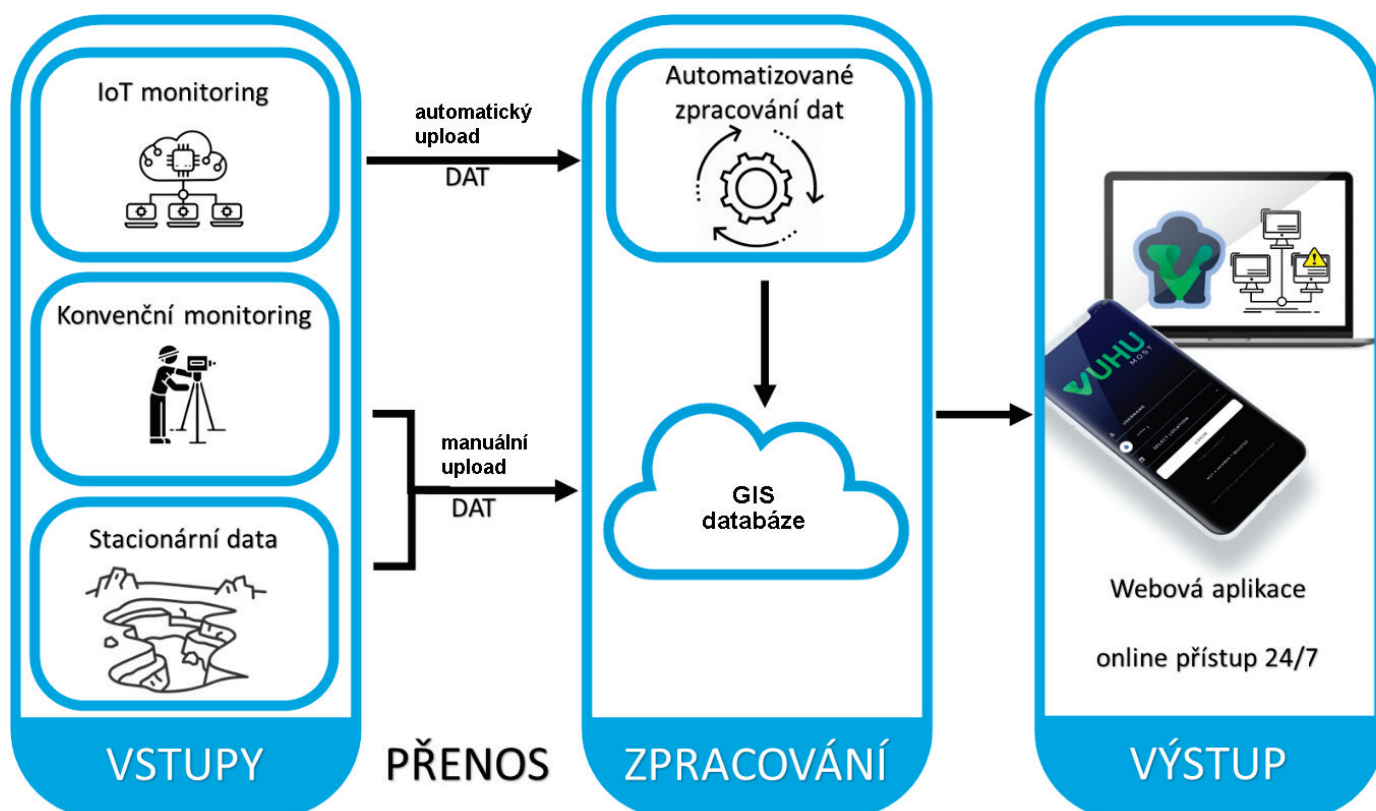
(Valsalan et al. 2020). I přesto, že byl vývoj IoT systémů doposud primárně zaměřen na Smart Cities & Communities (Putra et al. 2018), Smart výrobní a dodavatelské řetězce (Matasov et al. 2020) a Smart zemědělství (Araby et al. 2019), mohou IoT systémy významně přispět k efektivnímu monitoringu a následnému managementu přírodních ekosystémů v rámci uplatňování tzv. principů Nature Based Solutions, což je oblast, jejíž význam je stále více zdůrazňován s probíhající evropskou transformací.

Přírodní jevy, jako jsou eroze, povodně a sesuvy půdy, mohou být destruktivní a mají hluboký negativní socioekonomický dopad. Kromě ztrát na životech a fyzických škod mohou sesuvy představovat významné opakované socioekonomické hrozby v oblastech náchylných k sesuvům, a to zejména tam, kde se souběžně vyskytuje také kritická infrastruktura. Právě přímé ohrožení sítě kritické infrastruktury motivuje vývoj nových a účinných metod monitoringu sesuvů, neboť tradiční metody a techniky monitoringu sesuvů mají svá omezení a limity jak z technického hlediska (kvalita a robustnost dat), tak z hlediska použitelnosti a využitelnosti. V posledních několika letech vznikla již řada pilotních i provozních IoT monitorovacích systémů založených na zpracování interdisciplinárních dat (Moulat et al. 2018, Aggarwal et al. 2018, Oguz et al. 2019, Karunarathne et al. 2020).

Slatinická výsypka je těleso, které bylo zakládáno v letech 1972-1997 do zbytkové jámy uhelného lomu

Slatinice. Tento lom vznikl v roce 1958 jako součást lomových otvírek bylansko-slatinické oblasti a v roce 1963 byl přejmenován na lom B. Šmeral. Podstatná část Slatinické výsypky v květnu 1983 havarovala. Po následné stabilizaci postiženého svahu výsypky pokračovalo zakládání dalších výsypkových zemin, dokud nebyla vytvořena konečná podoba výsypky, v níž je celkem deponováno cca 207 000 000 m³. Vzhledem ke skutečnosti, že v koruně výsypky byla v roce 2020 zprovozněna strategická přeložka energetického koridoru (ropovod, páteřní plynovody, průmyslový vodovod, produktovody s benzinem, naftou či etylbenzenem), je celé území dlouhodobě, podrobně a komplexně monitorováno.

V roce 2022 byla spuštěna databázová platforma založená na systému GIS (geografický informační systém) s nástavbovou webovou aplikací. Pokročilý softwarový GIS komplex skládající se z více softwarových celků byl zřízen ve VÚHU a je určen ke sběru, archivaci, zpracování a vyhodnocení rozsáhlých datových souborů celé monitorovací sítě. Klíčovou funkcionalitou platformy je real-time IoT monitoring vázaný na okolí přeložky energetického koridoru a jeho průběžné doplňování o data konvenčního monitoringu a data stacionární, což má v dalším připravovaném kroku vést k vytvoření BIM (building information modelling) a tzv. digitálního dvojčete lokality. Schématický plán obecné struktury a zpracování automatického monitoringu ukazuje obrázek č. 1.



Obr. 1: Idealizované schéma architektury platformy založené na principu IoT.

Tato práce ukazuje, jak mohou systémy IoT založené na analýze rozsáhlých dat v reálném čase zefektivnit interdisciplinární výzkum a také umožnit lepší, informovanější a efektivnější rozhodování při správě kritické infrastruktury – v tomto případě evropsky významného energetického koridoru.

2 | METODIKA TVORBY PLATFORMY

Hlavními funkcemi celé GIS platformy byly automatizované archivace, zpracování a zobrazování prostorových geotechnických informací pro vybrané lokality. V první řadě byl řešen problém zajištění automatického příjmu a archivace naměřených dat monitoringu. Pro tyto účely byl zřízen FTP server, který je prvotním úložištěm pro data z automatického geodetického i hydrogeologického monitoringu. Zároveň jsou do tohoto umístění periodicky nahrávána data z manuálních měření.

Ukládání kompletních dat monitoringu do databáze pak bylo potřeba zajistit automaticky, aby byla minimalizována možnost vnesení chyby prostřednictvím lidského faktoru. Muselo být zvoleno softwarové vybavení a nastavení serveru, které tyto funkce umožňuje. Základní naměřená data mají sice svou analytickou hodnotu, ale jsou v delším časovém horizontu poměrně objemná a v některých případech neumožňují správnou interpretaci. Pro potřeby základní analýzy a zobrazování jsou taková data příliš podrobná a nemohou redukovat možné chyby měření. Proto bylo druhým krokem automatizování procesu základní analýzy – například výpočet průměrných hodnot a vytvoření dílčích tabelárních dat se zpracovanými hodnotami. Databáze musela být tedy založena na platformě vhodné pro zobrazování a prostorové dotazování geografických dat.

Konečným cílem bylo pak zpřístupnění zpracovaných geotechnických údajů monitoringu pro koncové uživatele. Za tímto účelem byla zvolena možnost využít základní webové rozhraní založené na jednoduché mapové aplikaci, díky které odpadne nutnost instalace jakýchkoliv softwarových rozšíření u koncového uživatele / zákazníka.

Pro umístění databáze byl zřízen nový prostor na serveru VÚHU. Bylo nutné rozšířit stávající hardwarové vybavení serveru, aby byl zajištěn odpovídající výpočetní výkon a dostatečný datový prostor pro rostoucí databázi. Pro zřízení celé GIS platformy a nastavení možnosti její správy, úpravy a obsluhy byl na server VÚHU implementován následující software: tabulková databáze PostGIS založená na dotazovacím databázovém systému PostgreSQL, webová zobrazovací aplikace GisQuick a pro obsluhu, tvorbu a nastavení mapových projektů byl využit software QGIS vyvíjený pro tvorbu a správu geografických dat.

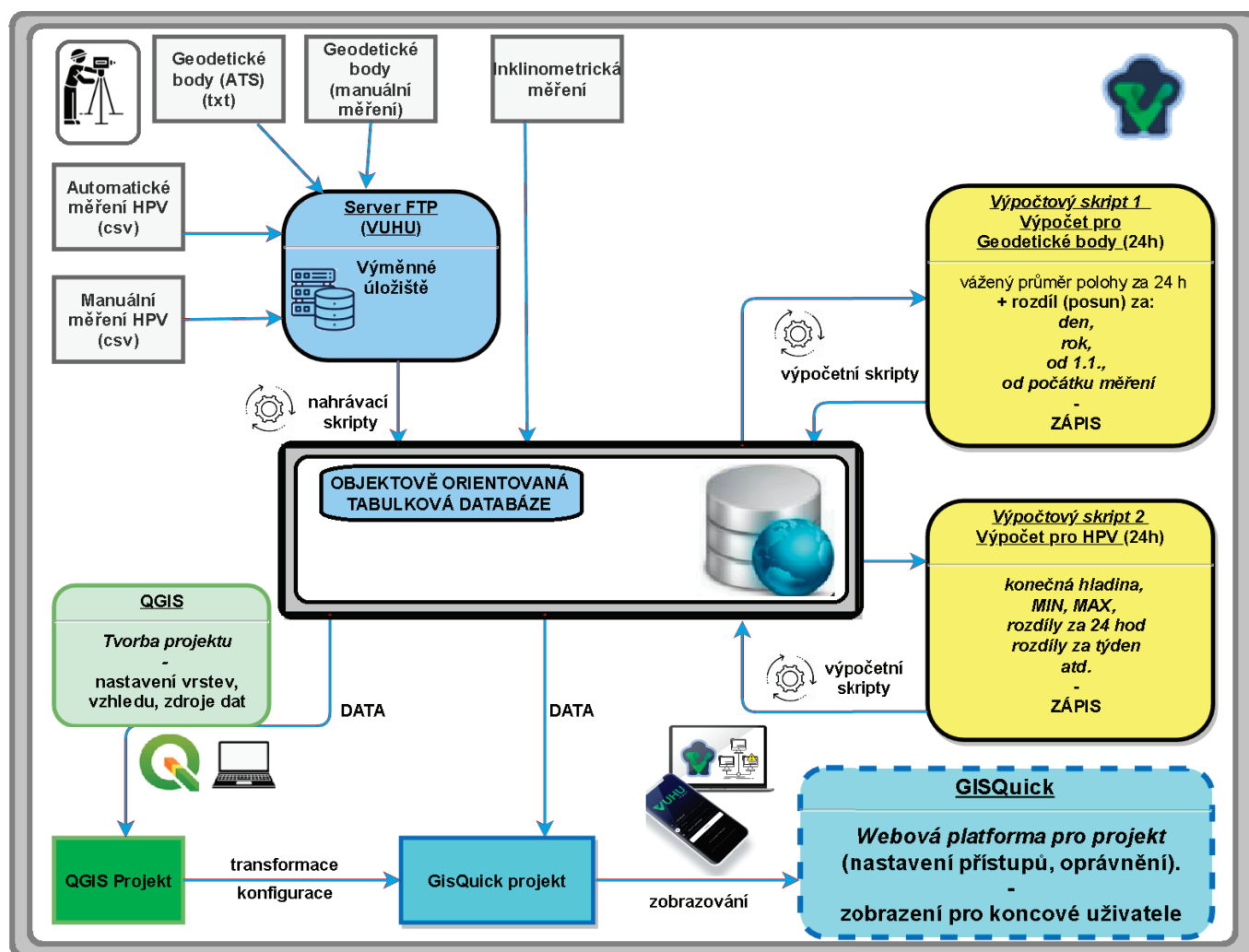
Softwarová základna GIS platformy zřízené ve VÚHU:

- PostgreSQL – Je stále se vyvíjející softwarové prostředí relačně-objektového databázového systému PostgreSQL s dotazovacími funkcemi pomocí programového jazyka SQL a představuje plnohodnotnou alternativu pro jiné běžně využívané databázové systémy.
- PostGIS – Jde o prostorově orientovanou nadstavbu systému PostgreSQL umožňující správu, manipulaci a analýzu geodat. Toto databázové rozšíření pro prostorově specifikované objekty mj. zohledňuje vzájemné topologické vazby jednotlivých objektů. Tabulkové databáze umožňují organizovat tabelární seznamy prvků, či vytvářet a spravovat vazby mezi prvky napříč tabulkami.
- QGIS – Komplexní GIS počítačová aplikace s názvem QGIS je neustále vyvíjený komunitní software, který zajišťuje programové prostředí pro tvorbu, správu a analýzu prostorových dat. Aplikace umožňuje vytvořit a nastavit mapový projekt s požadovanými daty s přizpůsobitelným grafickým stylem, který lze následně transformovat do webové mapové aplikace a umožnit tak zobrazení mapových dat klasickým způsobem na internetových stránkách.
- GisQuick – Pro koncového uživatele je mapový výtvar zobrazován pomocí webové mapové aplikace GisQuick. Ta umožňuje prohlížení prostorových dat v podobě přizpůsobitelné mapy, zobrazení atributů (numerických údajů a jiných charakteristik) vybraných objektů a v případě potřeby je zde možnost zpřístupnit editaci jak hodnot atributů, tak geometrie objektů.

3 | VSTUPY

Řada automaticky prováděných měření zapadá do v současnosti rozšířeného konceptu IoT, který se zakládá mj. na automatizování procesů, propojení chytrých zařízení v internetovém prostředí, a využití moderních aplikací pro zpracování a vizualizaci dat. Základem, který usazuje celou GIS databázi do prostorového kontextu, jsou stacionární data. V případě Slatinické výsypky jde o podkladovou mapu a základní mapové vrstvy – např. prostor produktů. Proměnlivými vstupními informacemi pro celý projekt databáze GIS jsou data z kontinuálního automatického monitoringu a data z konvenčního periodického monitoringu.

Geodetický kontinuální monitoring je prováděn v lokalitě Slatince pomocí automatické totální stanice (ATS). Jde o laserové polohové měření přesné pozice odrazových hranolů umístěných na geodetických bodech, které je prováděno každou hodinu. Výsledná data jsou v podobě jednoho textového



Obr. 2: Schéma procesu zpracování dat a funkce GIS databáze.

ho souboru odesílána prostřednictvím dílčích recipientů až na FTP úložiště na severu VÚHU.

Automatické měření HPV pomocí dataloggerů a čidel v hydrogeologických vrtech je prováděno každou hodinu. Souhrnné měření za celý den je pak přeposláno od technického správce měření rovněž na FTP úložiště v podobě textových souborů za každý jednotlivý vrt. Kromě kontinuálního monitoringu prováděného automaticky jsou v určitých intervalech na výměnné FTP úložiště přidávána data získaná manuálním měřením. To se týká periodického měření HPV a geodetického měření vybraných bodů. Ve fázi příprav vstupních dat bylo nutné zajistit stabilní jednotnou strukturu souborů, aby při dalším automatickém zpracování byla data bezchybně strojově čtena.

Jednou denně je pak automatickými databázovými procesy (skripty) datové úložiště přečteno a dodaná data jsou načtena a dále zpracována.

Inklinometrická měření, která jsou v prostoru Slatinické výsypky prováděna čtvrtletně, neobsahují tolik vstupních dat a v současnosti jsou po měření, analýze a výpočtech zapisována přímo do databáze. Tabulární údaje o inklinometrických vrtech obsa-

hují hodnoty kumulovaného horizontálního posunu ve vybraných sledovaných hloubkách, průměrnou rychlost horizontálního posunu za sledované období, datum měření a údaj o přítomnosti smykové deformace. Kromě toho jsou pro potřeby vhodné vizualizace dat vytvořeny obrazové koláže s grafickými výsledky měření.

4 | ZPRACOVÁNÍ DAT

Databáze obsahuje kompletní numerická data z monitorovaných objektů. Data jsou organizována do jednotlivých tabulek dle kategorií prvků. Dále se pro potřeby základní analýzy vytvářejí aktuální data, kde jsou naměřené hodnoty v redukované formě a doplňují je veličiny získané dodatečnými automatickými výpočty. Prvním krokem zpracování je přečtení vstupních souborů a uložení naměřených hodnot do databáze podle unikátního identifikačního klíče. Může být použito například číslo geodetického bodu nebo katastrální číslo. Tento klíč je pak rozpoznávacím znakem pro identifikaci všech dat vázaných k určitému objektu. Po uložení surových dat jsou spuštěny výpočty, které generují a ukládají další požadované veličiny.

V případě geodetického monitoringu jsou data ukládána a přepočítávána jednou za 24 hodin pomocí naprogramovaných skriptů (procesních úkolů). Skript určuje, jakým způsobem budou jaká data zpracována a jaké jsou vnitřní cesty k jednotlivým tabulkám v databázi. Kromě rozřídění dat na základě unikátního klíče k jednotlivým bodům a jejich uložení do souhrnné tabulky geodetických měření jsou jednoduchými výpočty vytvořena druhotná data. Jde tedy v podstatě o prvotní analýzu základního měření. Geodetická měření jsou průměrována pro každý kalendářní den. Pro výslednou polohu je pak vypočítán posun geodetického bodu v několika variantách: od předchozího dne, od začátku roku, za poslední rok (365 dní) a od začátku měření (1.6.2021). Výsledky výpočtů jsou rovněž uloženy do databáze a umožňují další zpracování, nebo v tomto případě zejména zobrazení v mapové aplikaci a jejich interpretaci odstupňováním do kategorií. Měření HPV není průměrováno, protože bylo empiricky ověřeno, že u něj nedochází k chybové oscilaci hodnot způsobených vnějšími vlivy jako u geodetických bodů. Nicméně pomocí skriptů jsou dopočítány změny úrovně hladiny za den, za týden, dále týdenní minima a maxima. Stejným způsobem jsou zpracována i data získaná konvenčním manuálním měřením v terénu. Měření inklinometrických vrtů je zpracováno mimo databázi, protože vyžaduje specifické programové prostředí. Výsledky jsou pak periodicky zapisovány přímo do databáze.

Celý proces od naměřených dat, jejich ukládání, výpočtů, tvorby projektu a vizualizace se skládá z řady kroků, které jsou z velké části prováděny zcela automatizovaně (obrázek č. 2).

5 | FUNKCIONALITA PLATFORMY

Relačně objektová prostorová databáze PostGIS plní funkci organizovaného datového úložiště s tabulárními daty v geografickém kontextu. Zároveň poskytuje funkce základního nástroje pro prvotní zpracování naměřených dat, na kterém je možné postavit další analýzy. Databáze automaticky načítá naměřená data z FTP úložiště, výsledky organizovaně ukládá do databázových tabulek a dopočítává další požadované veličiny. Zpracování a výpočty byly zajištěny několika automatizovanými procesy – skripty, které jsou prováděny v nočních hodinách, takže aktuální data reprezentují předchozí den. Celá databáze je pak zároveň datovým základem pro tvorbu a funkci mapových projektů, které jsou graficky a obsahově přizpůsobeny pro zveřejnění ve webovém prostředí.

V programovém prostředí aplikace QGis lze zobrazit a individuálně přizpůsobit jakýkoliv obsah uložený v databázi. Mapové údaje a relativní cesty k databázovým tabulkám jsou pak implementovány do mapového projektu, kde lze nastavit způsob vizualizace dat. Celý hotový projekt je pak v pravidelných intervalech aktualizován a nahráván

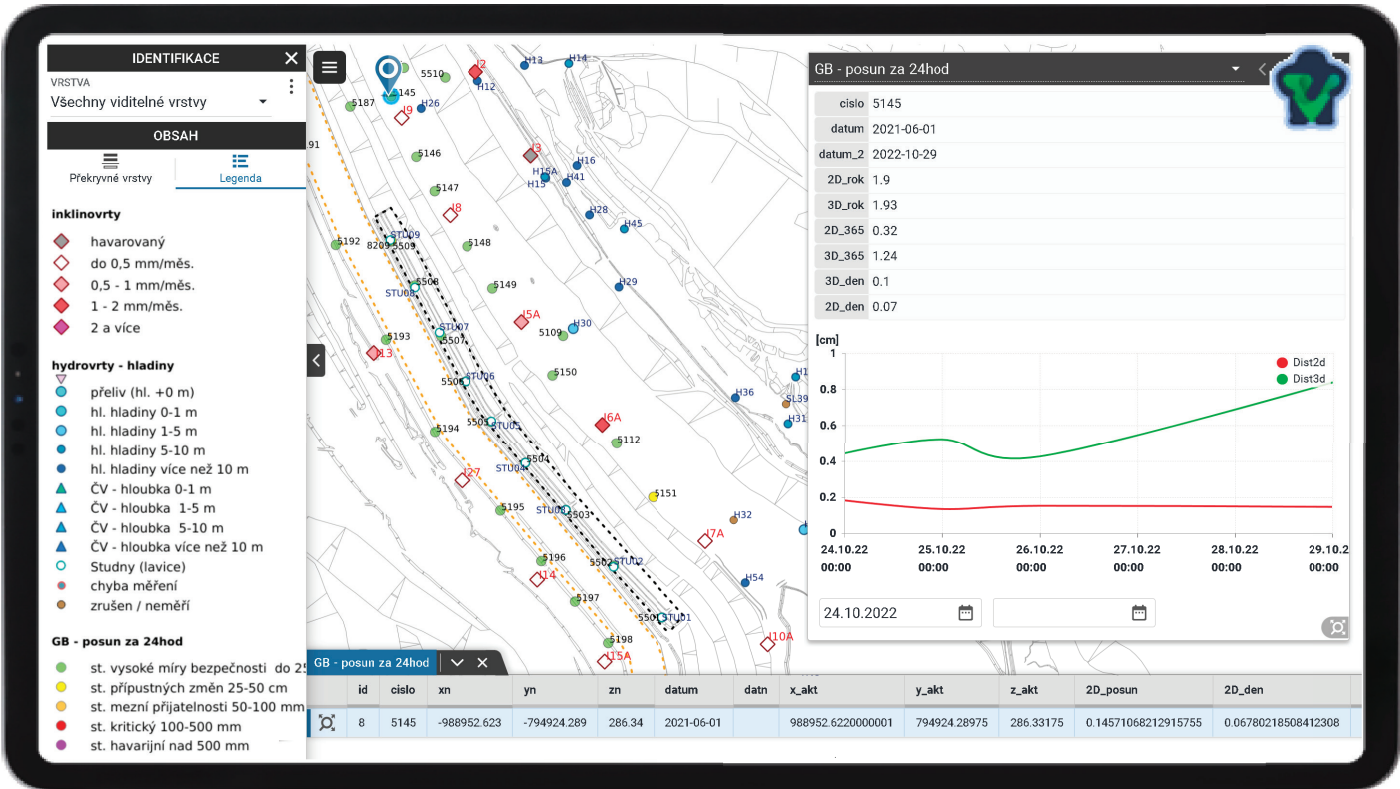
na server, kde je načítán do webové aplikace. Díky přístupovým cestám přímo na server VÚHU má zveřejněný webový mapový projekt aktuální data přímo z databáze. Webová aplikace GisQuick je nastavena tak, aby umožnila bezpečným způsobem poskytnout uživatelsky srozumitelné mapové zobrazení výsledků monitoringu se základní analýzou naměřených dat a včetně interpretace výsledků pomocí barevné škály. V mapovém okně je zobrazena prostorová lokalizace objektů, které jsou předmětem geotechnického monitoringu, včetně dotazovací funkce s možností náhledu dat v podobě tabulek, grafů či obrázků (obrázek č. 3). V aplikaci je možné zapínání a vypínání vybraných vrstev prostorových dat. Tato funkce je přizpůsobitelná, tudíž je možné s pomocí administrátorského přístupu individuálně pro každého uživatele nastavit, jaká se budou zobrazovat data a jak podrobné informace se budou vypisovat u jednotlivých objektů (obrázek č. 4).

Nastavit lze rovněž úroveň oprávnění pro zobrazování atributů jednotlivých objektů a případně eventuální možnost editace, tedy zápisu a přepisu nových dat. Všechny tyto funkce a možnosti zobrazení pouze určitých dat se dají individuálně upravovat podle požadavků každého uživatele. Výhodou je, že lze okruhy koncových uživatelů seskupit s možností jednotné úpravy oprávnění pro všechny uživatele v dané skupině. Možnost takto individuálně nastavit zobrazovaná data je výhodná, protože umožňuje zobrazování dat z jedné databázové struktury nastavené dokonce v rámci jednoho mapového projektu pro odlišné koncové uživatele – zákazníky. Jednotliví uživatelé pak mají zpřístupněná pouze data určená výhradně pro ně a bez povolení administrátora nemají možnost toto nastavení změnit. Data jsou tímto způsobem poměrně jednoduše zabezpečena před zneužitím. Zároveň je zde zachována možnost administrátora (VÚHU) zobrazit si k dané lokalitě kompletní data pro jednoduché analýzy bez nutnosti rozdělovat zdrojové tabulky databáze či vytvářet nové projekty.

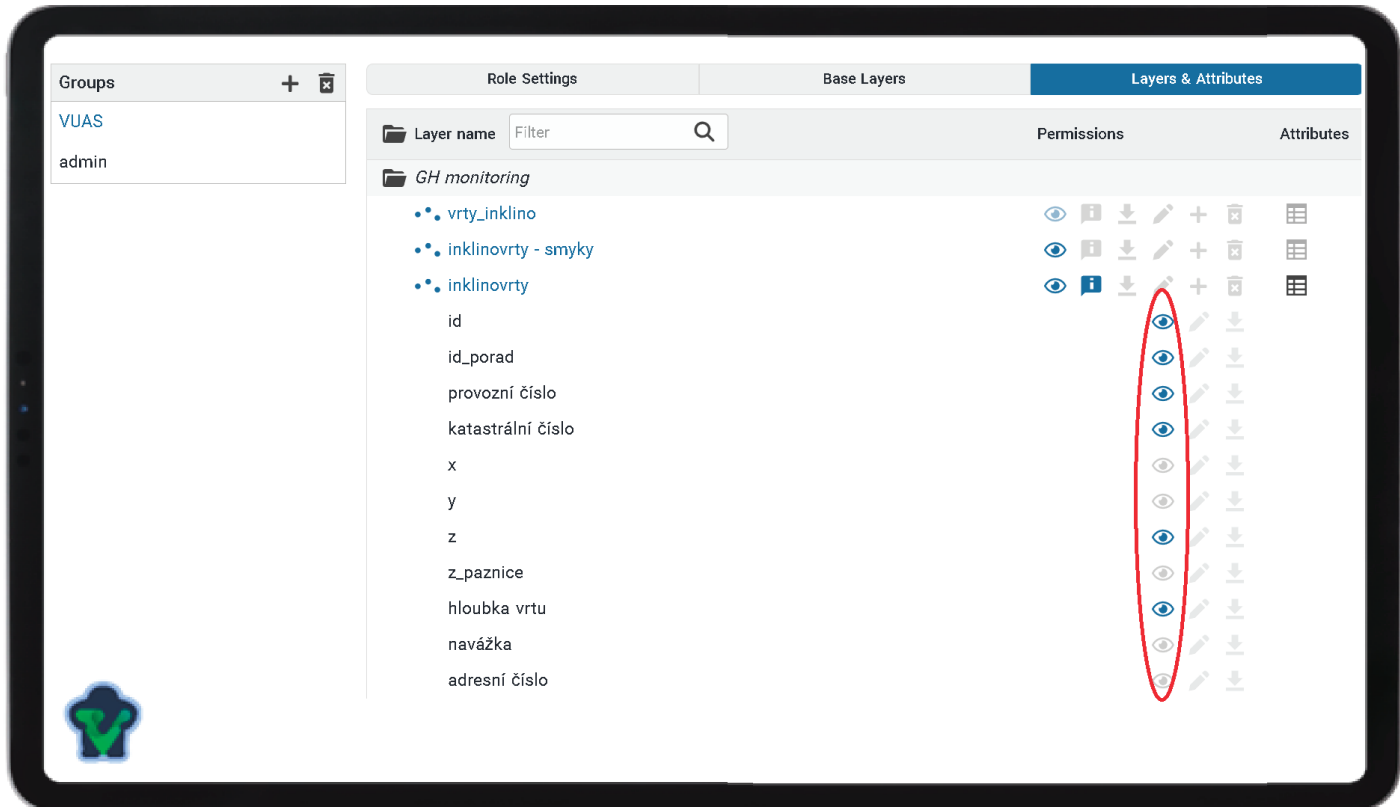
Zobrazovaná data jsou polohově zasazena do prostorového kontextu lokality díky připojení základního mapového podkladu, který může být tvořen různými vrstvami a je možné ho podle potřeby vypnout. V existujícím projektu pro monitoring výsypky Slatinice je zobrazena mapa aktuálního terénu, vymezení prostoru koridoru s potrubními produktovody a poloha kamenné stabilizační lavice (obrázek č. 5). Základní analýza a interpretace naměřených dat je možná díky využití zpracovaných průměrovaných dat a specifickému nastavení symbolologie jednotlivých objektů. V případě geodetických bodů byla pro zjištění posunu od předchozího dne a od původní polohy (stanovené na 1.6.2021) sestavena legenda rozdělující body do tzv. „pohotovostních“ stavů (obrázek č. 6).

V okně atributů u jednotlivých geodetických bodů se zobrazují 2D a 3D posuny od počátku měření,

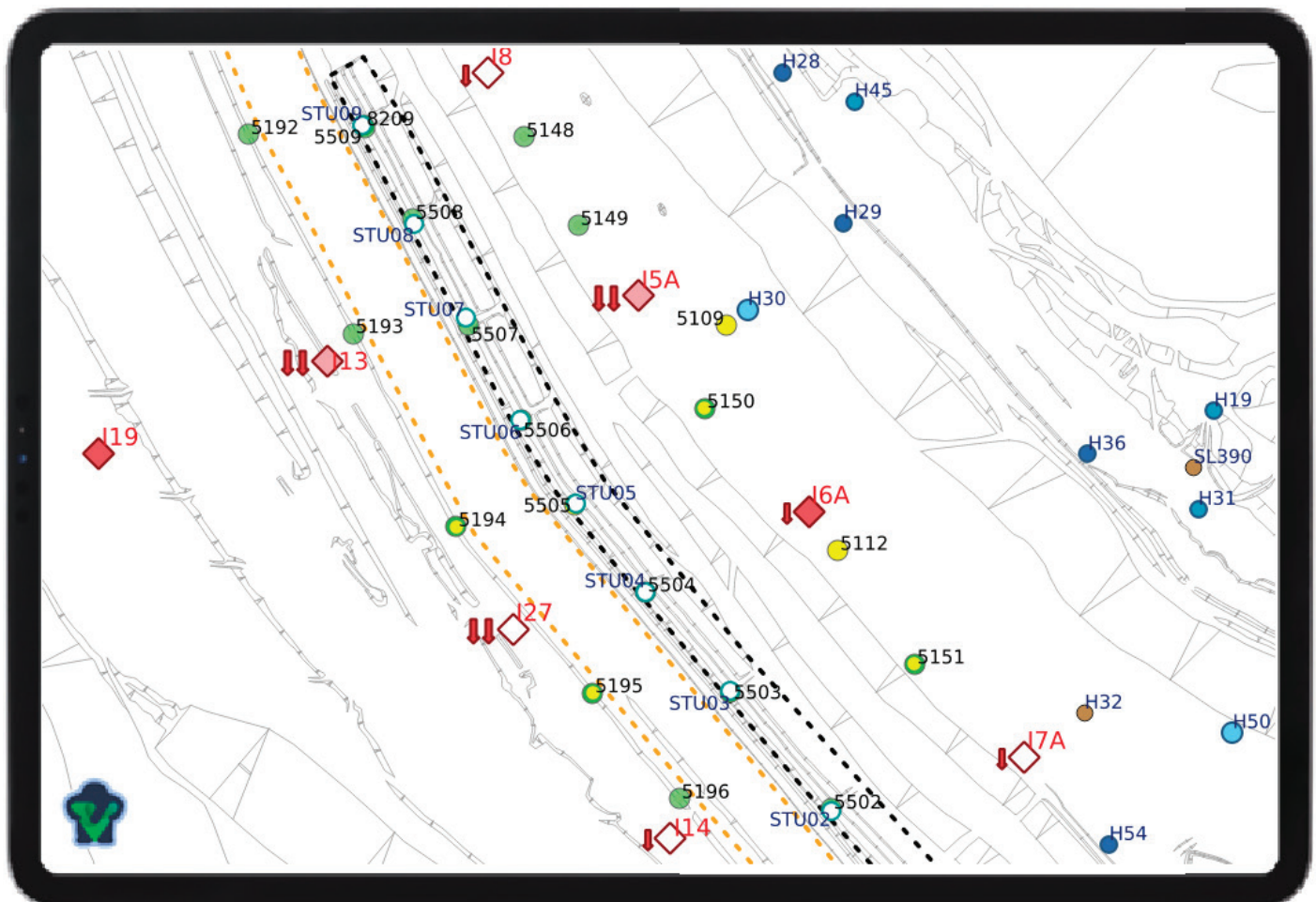
za rok, od 1.1. a za 24 hodin. Kromě specifické symboliky geodetických bodů a náhledu na aktuální hodnoty v dotazovacím atributovém okně jsou posuny načítány do dynamického grafu, ze kterého lze rozpoznat aktuální trend ve změnách velikosti posunu bodu (obrázek č. 7 vlevo). Charakter křivky posunů v čase je zároveň určitým historickým záznamem geodetických měření. Počáteční datum



Obr. 3: Náhled do uživatelského prostředí webové mapové aplikace GisQuick.



Obr. 4: Nastavení individuálního schématu zobrazovaných dat pro jednotlivé uživatele nebo uživatelské skupiny. Je zde vyznačen příklad, kdy některé atributy objektů jsou zobrazovány a některé jsou vypnuty.



Obr. 5: Statická podkladová mapa s monitorovanými objekty. Geodetické body – velikost posunu (žlutá a zelená), hydrogeologické vrtý – hloubka HPV (modré barvy) a inklinometrické vrtý – rychlost smykového posunu (kosočtverce) jsou zobrazeny v různých mapových vrstvách se specifickou barevnou škálou podle velikosti měřené veličiny.

Ize upravit a díky tomu je možné vizuálně zhodnotit jak poslední dny, tak např. celý rok měření.

Hydrogeologické vrtý, kde je primárně měřena výška hladiny podzemní vody, jsou v současnosti zobrazovány pomocí barevné škály odpovídající hloubce vody pod terénem. V okně atributů se zobrazuje kromě hloubky i výšková kóta hladiny, minimum a maximum za poslední den a týden, z čehož se dá určitým způsobem vysledovat trend vývoje hladiny. Stejně jako u geodetických bodů se v dotazovacím atributovém okně zobrazuje dynamický

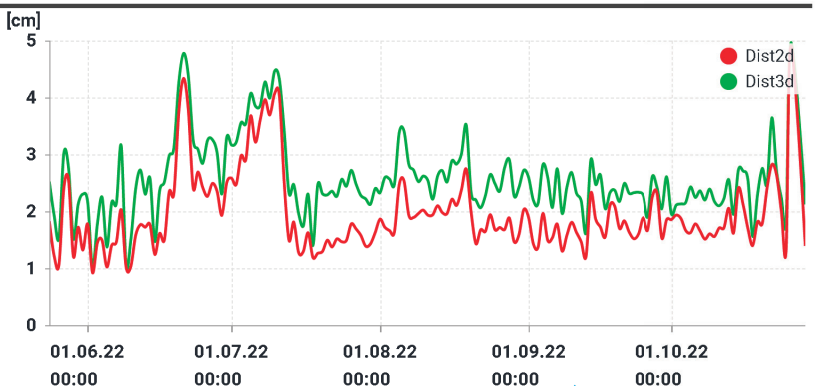
graf vývoje HPV. V plánu je podrobnější nastavení symboliky vrtů na základě jiných hodnot, které umožní pomocí barev rozlišit aktuální vývoj hladiny vody (prudký nárůst či pokles).

Měření inklinometrických vrtů je interpretováno pomocí barevné škály, která reprezentuje rychlost naměřených posunů. Doplnkové symboly u vrtů pak informují, zda byly ve vrtu zjištěny smykové deformace (případně jejich počet). V náhledu atributů k jednotlivým vrtům je kromě základních údajů z inklinometrických měření (hloubková úroveň mě-

Geodetické měření ATS - posun za 24hod	- posun od 6/2021
● st. vysoké míry bezpečnosti do 25 mm ● st. přípustných změn 25-50 mm ● st. mezní přijatelnosti 50-100 mm ● st. kritický 100-500 mm ● st. havarijní nad 500 mm	● stav klidu do 3 cm ● st. vysoké míry bezpečnosti 3-5 cm ● st. přípustných změn 5-10 cm ● st. mezní přijatelnosti 10-50 cm ● st. kritický nad 50 cm

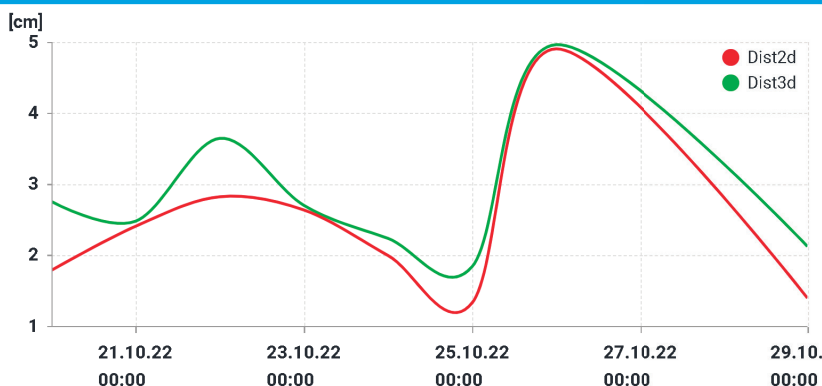
Obr. 6: Legenda k symbolice geodetických bodů rozdělených do stavů podle velikosti naměřeného posunu. Pro denní 3D posun (vlevo) a pro celkový kumulovaný 3D posun od původní polohy (vpravo).

Geodetické body - posun za 24 hodin



24.05.2022

graf za několik měsíců



20.10.2022

graf za několik dní

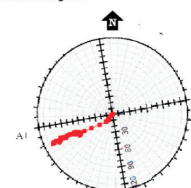
Inklinometrické vrtů

def2_r1

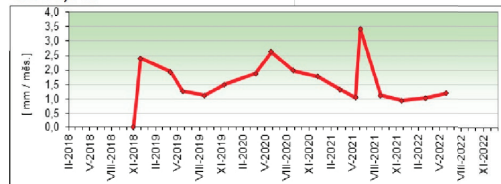
graf1 web/inklinovrty/HY423_g1.jpg

29.10.2018 23.08.2019 28.08.2020 28.08.2021
07.12.2020 10.03.2021 14.06.2021 03.06.2022
28.08.2021 24.11.2021 03.03.2022 28.06.2022

Aktuálním měřením bylo zjištěno, že smykový posun v západním směru v hloubkové zóně 58,5 až 61,0 m nyní dosahuje hodnoty 67,6 mm a jeho průměrná rychlost klesla na 1,2 mm/měs. Posun povrchu od původní polohy nyní dosahuje hodnoty 115,0 mm a zvětšil se částečně důsledkem mírného nárůstu náklonu, jak je patrné v základním grafu.



hl. 58,5 m



Obr. 7: Příklad vizualizace dat k určitému objektu. Dynamický graf vývoje 3D posunu u geodetických bodů (vlevo), statický obrázek s grafy u inklinometrických vrtů (vpravo).

řených posunů, datum měření) zobrazen také náhled výsledkových grafů z posledního měření. Graf je statický, nikoliv dynamický, protože bylo potřeba vizuálně zpřístupnit nejen prostý vývoj naměřených hodnot, ale také tvar křivky celého záznamu měření. Zobrazování statických obrázků je možné v nahlížecím okně při dotazování (kliknutí na objekt) na atributové informace o jednotlivých objektech (obrázek č. 7 vpravo). Základní formát statického obrázku je primárně zobrazen v omezené kvalitě, ale je možné jej zobrazit ve větším formátu nebo ho stáhnout do počítače.

6 | ZÁVĚR

Vytvořením digitální geoinformační platformy na serveru VÚHU byl položen základ pro vybudování technologicky mnohem komplexnějšího způsobu archivace, zpracování a analýzy prostorových dat pro poměrně rozsáhlá území. Prvotním záměrem původního konceptu mělo být automatizování procesů ukládání a jednoduchého zpracování dat pomocí propojení moderních technologií s minimální potřebou vstupu lidského faktoru. Základní cíle automatizace procesu ukládání dat z kontinuálního moni-

toringu a stejně tak jejich automatické vizualizace byly naplněny. V současnosti je možné kdykoliv zobrazit a vyhodnotit aktuální výsledky geodetických a hydrogeologických měření, které byly doposud zpracovávány a prezentovány pouze periodicky. Webová platforma s uživatelsky nenáročným přístupem umožňuje pravidelnou a rychlou kontrolu aktuálních hodnot kontinuálního monitoringu. Omezeným způsobem je umožněno i zpětné prohlížení starších dat. V současnosti je z databáze napojeno na systém monitoringu několik desítek geodetických bodů, téměř sto hydrogeologických objektů a 25 inklinometrických vrtů.

V nejbližší době se předpokládá rozšíření sledovaných objektů o síť tenzometrů umístěných na ropovodním potrubí a dále zahrnutí čerpacích vrtů do hydrogeologického monitoringu. Z hlediska datového obsahu se bude dále rozšiřovat zejména základna stacionárních dat, která v budoucnu umožní efektivněji provádět hlubší analýzy. Mezi taková data patří například základní tabelární údaje z geologických profilů vrtného průzkumu. Dále například digitálně zpracované informace o geologických rozhraních, které v budoucnu umožní vytvořit geologický model lokality.

V širším slova smyslu bude konečným exportovatelným výstupem plnohodnotný BIM. V delším horizontu je pro případ překročení určitých kritických hodnot plánováno nastavení aktivního varovného systému, který na vysoké hodnoty ihned upozorní zainteresované strany. Digitální zpracování a sdílení interdisciplinárních prostorových dat propojené s pokročilým numerickým modelováním by postupně měly vést k vytvoření funkčního digitálního dvojčete lokality.

PODĚKOVÁNÍ

Tato publikace vznikla v rámci výzkumného projektu Sustainable Use of Mining Waste Dumps (847227 SUMAD), který je řešen za finanční podpory fondu Evropské Unie RFCS - Research Fund for Coal and Steel.



LITERATURA

- [1] AGGARWAL, S., MISHRA, P. K., SUMAKAR, K. V. S., CHATURVEDI, P.: Landslide Monitoring System Implementing IOT Using Video Camera. 3rd International Conference for Convergence in Technology (I2CT), 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/I2CT.2018.8529424.
- [2] ARABY, A. A. et al.: Smart IoT Monitoring System for Agriculture with Predictive Analysis, 2019 8th International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies (MOCAST), 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/MOCAST.2019.8741794.
- [3] KARUNARATHNE, S. M., DRAY, M., POPOV, L., BUTLER, M., PENNINGTON, C., ANGELOPOULOS, C. M.: A technological framework for data-driven IoT systems: Application on landslide monitoring, Computer Communications. Volume 154, 2020, pp. 298-312, ISSN 0140-3664, <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2020.02.076>.
- [4] MATASOV, V., BELELLI MARCHESINI, L., YAROSLAVTSEV, A., SALA, G., FAREEVA, O., SEREGIN, I., CASTALDI, S., VASENEV, V., VALENTINI, R.: IoT Monitoring of Urban Tree Ecosystem Services: Possibilities and Challenges. Forests, 2020, 11(7):775. <https://doi.org/10.3390/f11070775>.
- [5] MOULAT, M. E., DEBAUCHE, O., MAHMOUDI, S., BRAHIM, L. A., MANNEBACK, P., LEBEAU, F.: Monitoring System Using Internet of Things For Potential Landslides. Procedia Computer Science, Volume 134, 2018, pp. 26-34, ISSN 1877-0509, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.07.140>.
- [6] OGUZ, E. A., ROBINSON, K., DEPINA, I., THAKUR, V.: IoT-Based Strategies for Risk Management of Rainfall-Induced Landslides: A Review. Proc. of the 7th International Symposium on Geotechnical Safety and Risk (ISGSR), 2019, pp. 733-738, ISBN: 978-981-11-2725-0; doi:10.3850/978-981-11-2725-0 IS13-2-cd.
- [7] PUTRA, A. S., WARNARS, H. L. H. S.: Intelligent Traffic Monitoring System (ITMS) for Smart City Based on IoT Monitoring. Indonesian Association for Pattern Recognition International Conference (INAPR), 2018, pp. 161-165, doi: 10.1109/INAPR.2018.8626855.
- [8] THIRUGNANAM, H., UHLEMANN, S., REGHUNADH, R., RAMESH, M. V., RANGAN, V. P.: Review of Landslide Monitoring Techniques With IoT Integration Opportunities. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, vol. 15, 2022, pp. 5317-5338, doi: 10.1109/JSTARS.2022.3183684.
- [9] VALSALAN, P., BAOMAR, T. A. B., BAABOOD, A. H. O.: IoT based health monitoring system. Journal of critical reviews, vol. 7(4), 2020, pp. 739-743, ISSN- 2394-5125.