

# INTEROPERABILITA GEODETICKÝCH PRÁC A JEJ VÝZNAM PRI MODERNIZÁCII ŽELEZNIČNEJ INFRAŠTRUKTÚRY

## INTEROPERABILITY OF GEODETIC WORKS AND ITS IMPORTANCE IN THE MODERNIZATION OF RAILWAY INFRASTRUCTURE

Jozef KOŽÁR<sup>1</sup>, Tomáš JANEČEK

### Abstract:

*The article deals with the technical and legal aspects of geodetic interoperability and its importance in determining of the Basic setting out net. There is also space for an automated measuring system for determining the spatial position of the track (SPT), and execution of the contractor geodetic works on the principles of BIM. Finally, we point to practical use of geodetic interoperability in the modernization of the Corridor V, Bratislava Rača – Žilina.*

### Abstrakt:

*Článok sa venuje technickým a právnym aspektom geodetickej interoperability a jej významu pri určení základnej vytyčovacej siete. Svoj priestor dostáva aj automatizovaný merací systém na určenie priestorovej polohy koľaje (PPK) či realizácia geodetických prác zhotoviteľa na princípoch BIM. V neposlednom rade poukazujeme na praktické využitie pri modernizácii V. koridoru Bratislava, Rača – Žilina.*

## 1 ÚVOD

V roku 1999 sa začala modernizácia V. železničného koridoru úsekom Cífer – Trnava. Potom prišlo ďalších desať stavieb od Bratislavy Rače po Žilinu. Dnes sú v realizácii posledné tri z nich.

Jedným z hlavných cieľov modernizácie je dosiahnutie interoperability železničnej infraštruktúry (Smernica 2008/57/ES). Vybudovať interoperabilný systém však predpokladá, že interoperabilné sú aj produkty a služby, ktoré ho pomáhajú vytvárať a prevádzkovať, geodetické práce a služby nevynímajúc.

V článku uvádzame, ako sa postupne formovali základné technické princípy a s časovým odstupom aj legislatívne podmienky geodetickej interoperability a akým spôsobom boli použité pri realizácii spomenutých stavieb.

Geodézia je dnes nástrojom priameho adresovania objektov vo vhodne zvolenom súradnicovom systéme. Zákon NR SR č.215/1995 Z. z. o geodézii a kartografii nám ponúka niekoľko možností:

- Systém Jednotnej Trigonometrickej Siete Katastrálnej (S-JTSK), poskytujúci 2D súradnice (x, y) v rovine kartografického zobrazenia, ktoré po doplnení nadmorskej výšky (h) vo výškovom systéme Baltskom po vyrovnaní (Bpv) tvoria dnes štandardný (2.5D) projekčný priestor,

---

<sup>1</sup> Kožár Jozef, Ing., Janeček Tomáš, Ing., GEO-KOD, s.r.o., Žitná 21, 831 06 Bratislava, +421 905 509 168, jozef.kozar@geokod.sk, 915 595 772, tomas.janecek@geokod.sk

- Európsky Terestrický Referenčný Systém (ETRS89), interoperabilný 3D systém poskytujúci priestorové geocentrické súradnice (BLH) resp. (XYZ).

Priame adresovanie resp. určenie absolútnej priestorovej polohy, realizované použitím Globálnych Navigačných Satelitných Systémov (GNSS) v kombinácii s terestrickými metódami, vytvorili základné predpoklady na uplatnenie generačne a kvalitatívne nových prístupov v geodetických službách.

Úlohou geodetov je nájsť vhodný spôsob ich kombinovania s cieľom naplniť víziu interoperabilnej geodézie:

- nezávislej od teritoriálnych hraníc a obmedzení národných súradnicových referenčných systémov (S-JTSK, Bpv),
- schopnej riešiť každý lokálny problém globálne (ETRS89) s jednotnou a homogénnou metrikou,
- využívajúcej spracovanie a publikovanie, meraných geodetických veličín v neredukovanom tvare, bez dodatočných korekcií a skreslení pri zachovaní požadovanej presnosti,
- poskytujúcej produkty v univerzálnych štandardoch prístupných pre odbornú aj laickú verejnosť.

Právne aspekty interoperability sú limitované Zákonom NR SR č.215/1995 Z. z. o geodézii a kartografii a Vyhláškou ÚGKK SR č.300/2009 Z. z. Tento predpis po rokoch právneho vákuu, spôsobeného zrušením Vyhlášky SÚGK č.11/1974 Zb. o geodetických prácach vo výstavbe priniesol nasledovné zmeny:

- zadefinoval kompetencie a zákonné povinnosti geodetov (stavebníka, projektanta, zhotoviteľa),
- definoval pojem realizácie súradnicových systémov, čím vytvoril podmienky na uplatnenie európskych referenčných systémov (ETRS89). S tým súvisí aj definícia a prechod na nové realizácie S-JTSK v podobe JTSK03, resp. JTSK-RTS.
- definoval permanentnú Slovenskú Priestorovú Observačnú Službu (SKPOS) ako novú generáciu geodetickej infraštruktúry,
- pripravil podmienky pre transpozíciu Smernice ES (INSPIRE) o zdieľaní priestorových údajov.

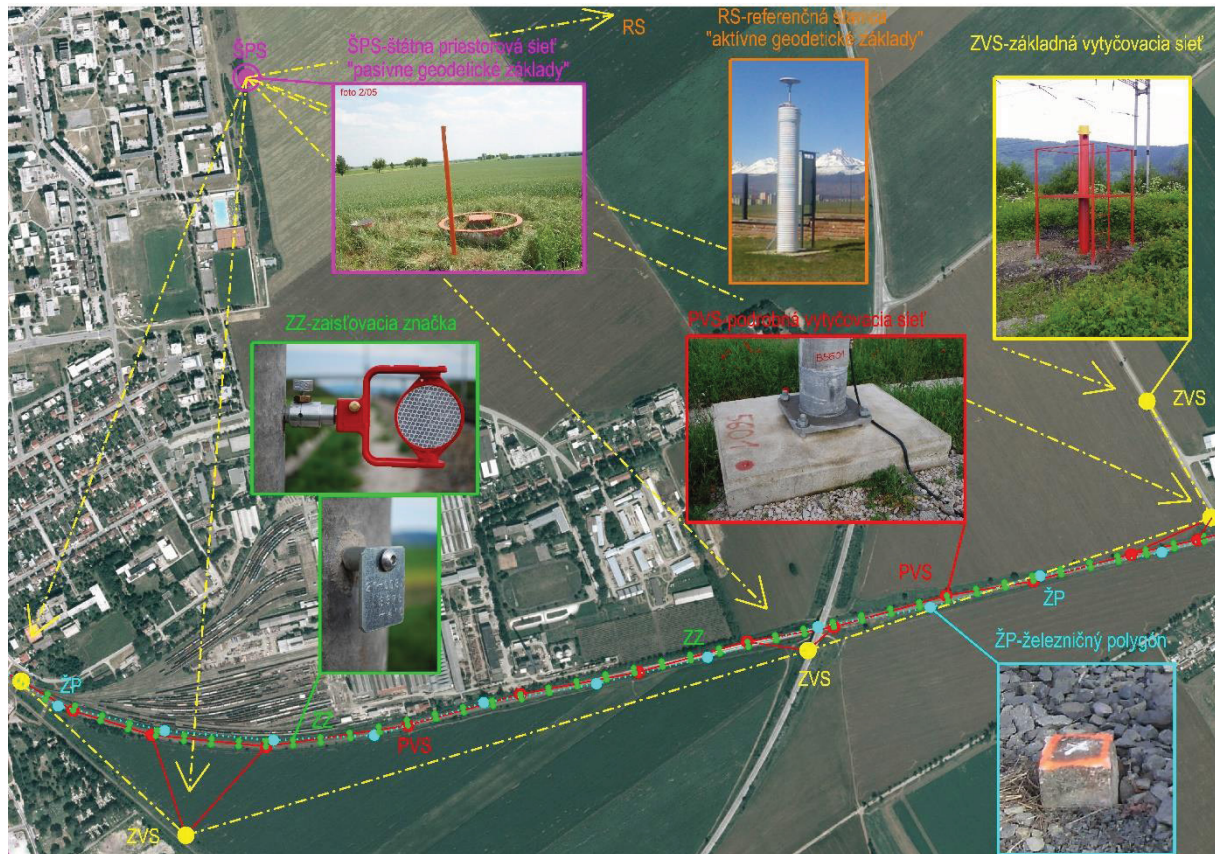
Praktické zabezpečenie efektívnej interoperability si vyžaduje často radikálne zmeny zabeháných postupov a prístupov k informáciám. Uvedomujúc si tieto skutočnosti v našej firme GEO-KOD, s.r.o. orientujeme už niekoľko rokov svoje služby pre železničnú klientelu tak, aby využívala výhody nového geodetického systému ETRS89.

V tomto príspevku uvádzame súčasnú podobu hlavných geodetických a kartografických produktov, používaných na modernizáciu železničných koridorov. Za všetky produkty sa zmienime len o troch najdôležitejších, ktoré sme aplikovali v praxi:

- Základná vytyčovací sieť, referenčný základ stavby.
- Priestorová poloha koľaje (PPK) a automatizácia jej merania.
- Realizácia geodetických prác zhotoviteľa na princípoch informačného modelovania, resp. Building Information Modeling (BIM).

## 2 ZÁKLADNÁ VYTYČOVACIA SIETĽ

Základná vytyčovací sieť (ZVS) stavby, doplnená o body podrobnej vytyčovacej siete (PVS), zvyčajne body železničných polygónových ťahov a zaistovacie značky (ZZ), plní počas niekoľkoročného investičného procesu viaceru funkcií.



Obr. 1 Ukážka typickej konfigurácie základnej vytyčovacej siete ZVS

Vo fáze spracovania projektu sú tieto body základom mapovacích prác a určenia priestorovej polohy koľaje. Realizačná fáza využíva ZVS na vytýčenie technického riešenia a dokumentáciu skutočného vyhotovenia stavby. Počas prevádzky plní ZVS referenčnú funkciu pri zaistení opravy a kontrole PPK. Efektívnosť vynaložených prostriedkov spojených s vybudovaním ZVS rastie úmerne s ich včasnou stabilizáciou a určením.

V prípade modernizácie V. koridoru, pozostávajúceho z viacerých samostatných stavieb realizovaných postupne od roku 1999 dodnes, sú zreteľné štyri rozdielne prístupy k určenia jej parametrov (súradníc). V príspevku sa obmedzíme na dva z nich aplikované od roku 2002 na úseku od Trnavy po Žilinu a spĺňajúce podmienky geodetickej interoperability:

1. Na úseku Trnava – Nové Mesto nad Váhom – Púchov bola už v roku 2002 stabilizovaná kostra ZVS (12 bodov) pre celý viac ako 100 km úsek. Následne v rokoch 2003 až 2005 bola ZVS dobudovaná. Meranie GNSS technológiou sa vykonalo simultánne na bodoch ZVS aj na vybraných bodoch Štátnej Priestorovej Sieť (ŠPS). Voľné vyrovnanie ZVS bolo po preukázaní kvality merania pevne pripojené na body ŠPS. To zabezpečilo určenie ZVS v systéme ETRS89. Súčasne s GNSS meraniami sa realizovali observácie uhlov a dĺžok s cieľom zabezpečiť vysokú relativizovanú presnosť medzi bodmi. Obdobným spôsobom bola v rokoch 2013 a 2015 vybudovaná a určená ZVS aj na úseku Púchov – Žilina, ktorý je aktuálne v realizácii.



2. **Od roku 2009 sme vo firme zmenili aj prístup k určeniu lokálnych vytyčovacích sietí (LVS)** budovaných pre potreby objektov tunelov (Turecký vrch, Diel a Miločov) a väčších mostných objektov (železničné mosty cez Váh v Trenčíne a Púchove a cez vodnú nádrž Nosice). Zmena prístupu spočíva v definovaní LVS v tvare lokálneho horizontu (LH) s deterministickou väzbou na systém ETRS89 (ďalej ho budeme označovať ETRS-LH). ETRS-LH umožňuje každý geodetický problém riešiť lokálne s globálnymi súvislosťami. ETRS-LH vytvára projekčnú rovinu vo vhodne zvolenej nadmorskej výške s minimálnymi korekciami z kartografického zobrazenia. Vhodná voľba výšky horizontu má vplyv na veľkosť redukcie z nadmorskej výšky. Ak lokálny horizont je +/- 20 m v úrovni stavby, potom redukcia z nadmorskej výšky pre 300 m dĺžku je menšia ako 1 mm a pokiaľ vzdialenosť od ťažiska ETRS-LH neprekročí cca 5.5 km, potom redukcia 1000 m dĺžky z kartografického zobrazenia je menšia ako 1mm. Nadmorské výšky týmto prevodom nie sú dotknuté. Metrika ETRS-LH modelu a metrika skutočného priestoru je ekvivalentná. Každá stavba na území Slovenska môže mať svoj vlastný systém ETRS-LH. Súradnice v ETRS-LH je možné spätne previesť na geocentrické súradnice ETRS89 a naopak. Vďaka tomuto prístupu využívame univerzálne vlastnosti dynamického ETRS-LH a súčasne pracujeme stále v konzistentnom projekčnom priestore ETRS89 tento koncept je podporený softvérom, vyvinutým v našej firme (ETRS-LokálnyHorizont© MaKlo 2005-2013 & GEO-KOD 2007-2013). Odmenou za tento prístup je interoperabilita geodetických prác a vytvorenie podmienok na aplikáciu BIM pri líniových stavbách. Správnosť tohto prístupu potvrdili aj legislatívne zmeny spomenuté v úvode.

### 3 PRIESTOROVÁ POLOHA KOĽAJE

Z geodetického aspektu je kľúčovým prvkom modernizácie PPK. Je to projektom jednoznačne daná priestorová krivka s exaktne definovanými smerovými a výškovými parametrami, realizovanými v každom bode s vysokou relatívnou presnosťou. Tento líniovo najdlhší stavebný prvok má najvyššie nároky na absolútnu aj relatívnu presnosť a spoľahlivosť realizácie geodetických prác. Naviac technický predpis už od roku 1999 predpokladá posúdenie absolútnych odchýlok Ska, Vka geodetickými prostriedkami s kontinuálnym záznamom. I keď toto ustanovenie v čase vzniku predbehlo dobu, dnes je už automatizovaný a kontinuálny záznam týchto parametrov samozrejmosťou. Pri uplatnení prístupu z predchádzajúcej kapitoly môžeme upustiť od relatívnych postupov realizácie PPK a prejsť na jej udržiavanie na absolútnom princípe.

Od roku 2002 spolupracujeme s firmou GeoTel. Tá vyvinula vlastný automatizovaný merací systém (AMS), ktorý postupne modifikovala do tvaru využiteľného pre potreby geodeta zhotoviteľa železničného zvršku. Od roku 2006 sme ako prvý na Slovensku začali používať AMS GeoTel GG-03 a v súčasnosti využívame GeoTel GL-05D.

Využitie AMS pri určení PPK prináša nasledovné výhody:

- opravné prvky, posun a zdvih, sa uvádzajú k projektovanej PPK vzťahnutej k referenčným bodom,
- jednoduchá replikácia merania s rovnakou (vysokou) presnosťou umožňuje posudzovať kvalitu PPK na vyššej úrovni,
- meračská geodetická dokumentácia z opakovaných opráv PPK umožňuje sledovať jej vývoj v čase,



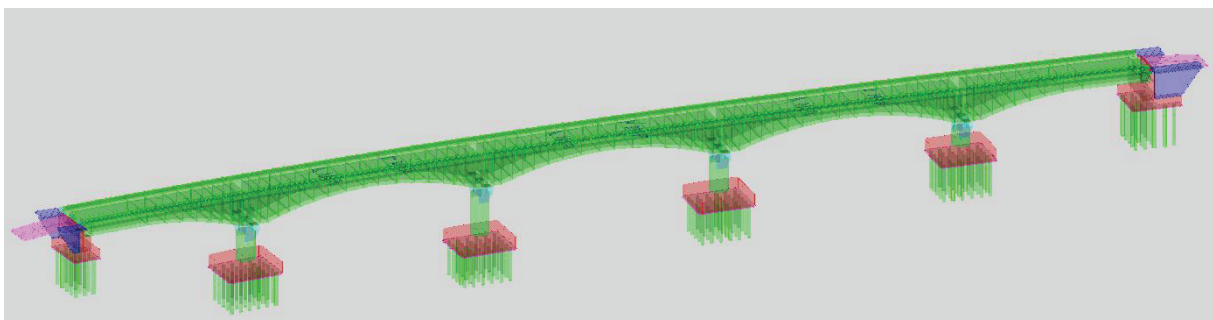
Obr. 2 Automatizovaný merací systém GeoTel GL-05D

- automatická strojná podbíjačka (ASP) pracuje autonómne bez prerušenia, nezávisle od viditeľnosti a poveternostných vplyvov a bez ohľadu na zložitosť smerových a výškových pomerov. Dosahujú sa vyššie výkony a skracuje sa čas výluk, bez dodatočných nárokov na obsluhu ASP. Výrazne sa eliminuje ľudský faktor, ako zdroj omylov.

#### 4 REALIZÁCIA GEODETICKÝCH PRÁČ ZHOTOVITEĽA S VYUŽITÍM INFORMAČNÉHO MODELOVANIA BIM

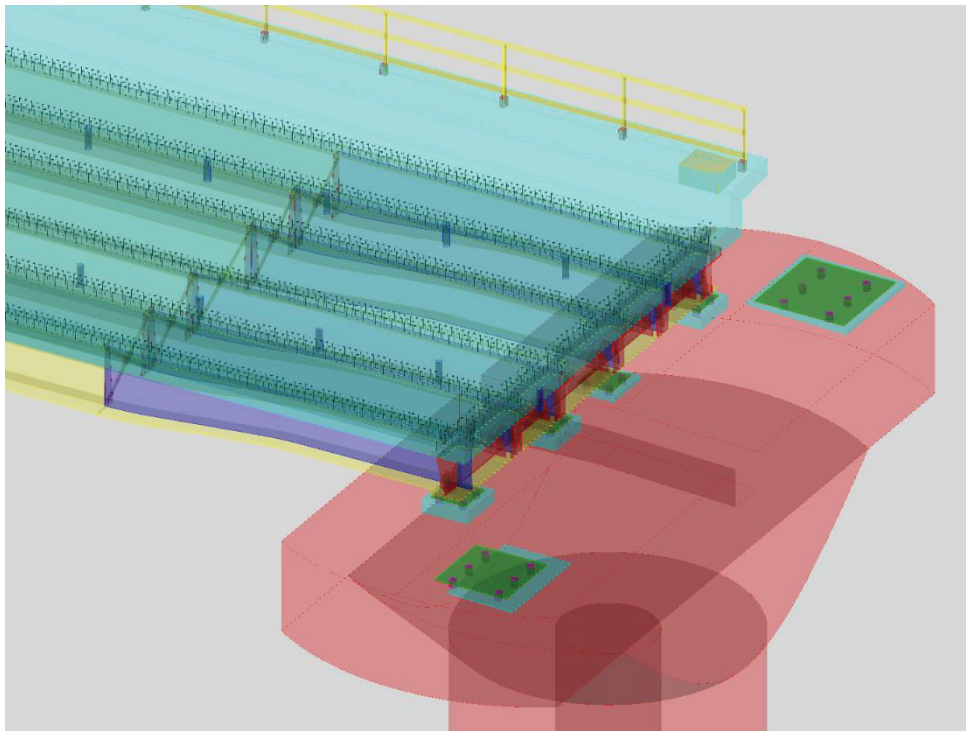
Vytyčenie priestorovej polohy a podrobné vytyčovanie je najčastejšou geodetickou činnosťou na stavbe. Predchádza jej kancelárska príprava v podobe kontroly vytyčovacích výkresov a príprave diskretných bodov, určených na vytyčenie. Toľko konvenčný prístup.

Nový interoperabilný prístup k týmto základným činnostiam spočíva v informačnom modelovaní, t. j. aplikácii BIM. Naše počítačové pokusy s priepustami a mostami realizované od roku 2009 sme postupne rozšírili na všetky stavebné objekty (SO).

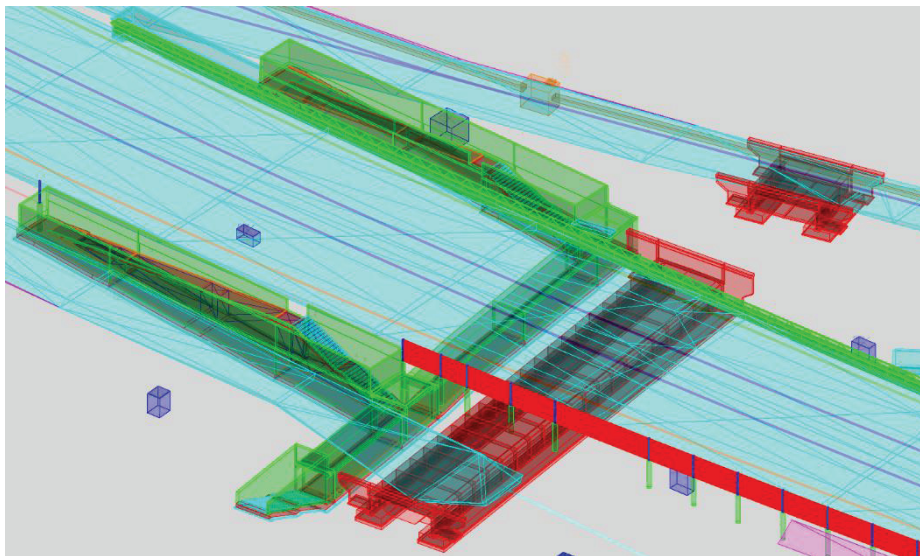


Obr. 3 Ukážka BIM stavebného objektu, jednoduchý objekt





Obr. 4 Ukážka BIM viacerých stavebných objektov



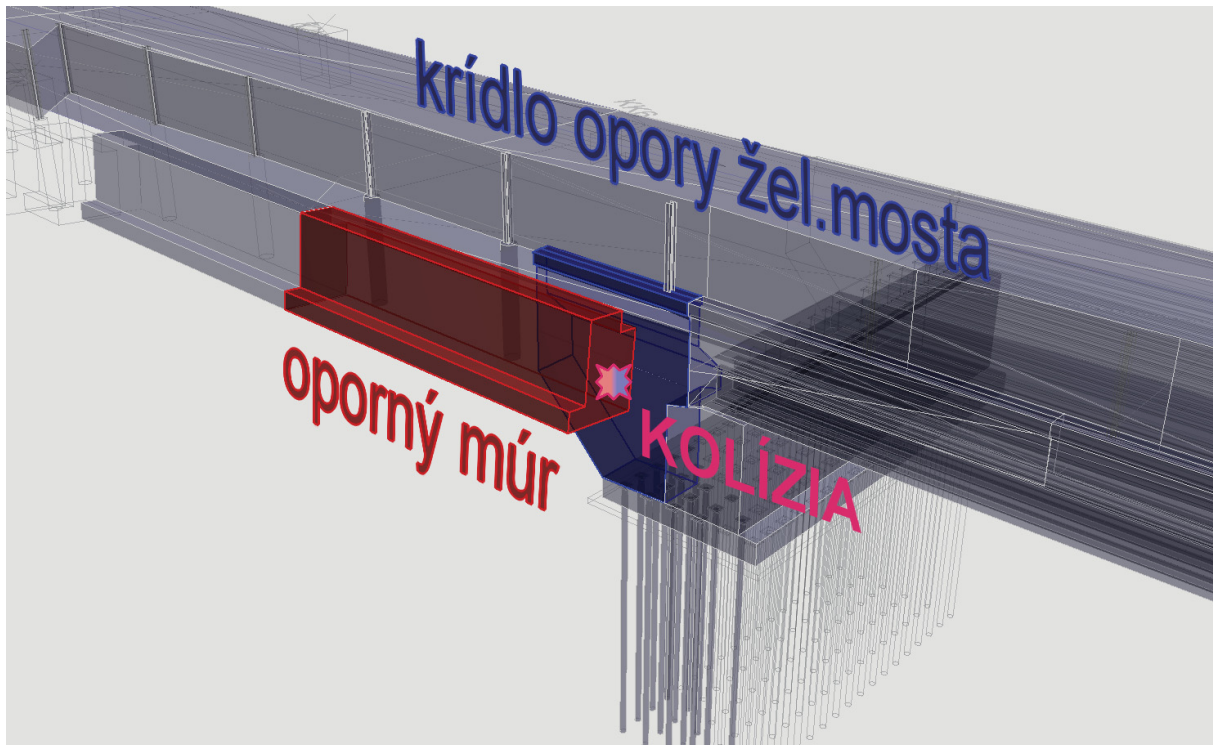
Obr. 5 Ukážka kolízie dvoch stavebných objektov riešená pomocou BIM

Dnešná príprava geodetických prác spočíva vo vytvorení modelu realizovaných SO zo schválenej analógovej projektovej dokumentácie (PD) a následnej realizácie geodetických prác „z modelu“.

Práca geodeta s modelom v teréne vyžaduje použitie generačne nových meracích prístrojov a softvérov. Napriek nutnej vstupnej investícii a napriek tomu, že táto príprava je časovo náročnejšia (približne o 30%) prináša tento prístup so sebou rad benefitov, z ktorých spomenieme len niektoré:

- preverenie priestorovej polohy stavby voči okoliu,

- modelovaním preveríme geometrickú kvalitu projektu. Odhalíme nesúlady medzi výkresmi.
- Vopred identifikujeme kolízie objektov, čo umožní ich rýchlu opravu.



Obr. 6 Ukážka kolízie dvoch stavebných objektov riešená pomocou BIM

- Skontrolujeme položky vo výkazoch výmer s ich zobrazením v projekte čo zreálnuje finančné plánovanie zhotoviteľa.
- Nasimulujeme priebeh výstavby, odhalíme časové kolízie čo vedie k lepšej koordinácii prác.
- Vytvorením komplexného modelu vopred, sme schopní okamžite reagovať na meniace sa požiadavky stavby a zabezpečiť optimálny výkon nielen geodetických prác.
- Optimalizuje sa vypracovanie geodetických protokolov k fakturácii a DSVS.
- Vizualizácia stavby a jej prezentácia pred odbornou aj laickou verejnosťou.
- Vypracovaná BIM dokumentácia počas realizácie stavby môže slúžiť počas prevádzky.
- Nezanedbateľným benefitom sú aj férové a transparentné obchodné vzťahy pre všetky strany zúčastnené na stavbe.

## 5 ZÁVER

Na záver sa pokúsime predikovať ďalší vývoj. Význam kvalitnej ZVS v blízkej budúcnosti vzrastie. Bez jej fyzickej materializácie v priestore stavby, optimálne pred realizáciu projekčných prác a predprojektovým geodetickým zameraním, nebude možné plne implementovať princípy BIM. Projektanti skôr, či neskôr opustia projekčný priestor (S-JTSK a Bpv.) a nahradia ho 3D priestorom ETRS89 schopným už dnes zohľadniť aj štvrtý rozmer, t. j. čas. S ohľadom na dnešné poznatky a možnosti sa nám pre stavby, ktoré sa „zmestia“ do kružnice s polomerom 5,5 km ako optimálne riešenie javí tu popísaný koncept lokálneho horizontu ETRS-LH. Pre stavby väčšieho rozsahu sa zadefinuje viacero ETRS-LH. PPK aj

naďalej zostane kľúčovým geometrickým prvkom stavby. BIM prinesie požiadavku na definovanie hlavných a charakteristických bodov trasy v ETRS89. Tomu sa prispôbí aj technológia údržby PPK ASP. Automatizované geodetické meranie PPK sa bude pre opravné práce využívať v neredukovanom tvare. BIM pre projektovanie líniových stavieb prinesie veľa zmien a nezaobíde sa bez úzkej spolupráce projektantov a geodetov. Hlavnou zmenou bude nahradenie geodetických 2.5D mapových podkladov pre projekt 3D geodetickým modelom. Tento krok je logický už dnes s ohľadom na rutinne používané mobilné mapovacie systémy, vybavené skenermi, iniciálnymi systémami, GNSS technikou a digitálnymi kamerami, ktoré v princípe ani inak ako v 3D pracovať nevedia ☺. Projekcia, realizácia a prevádzka sa bude odohrávať len v 3D ETRS89 priestore materializovanom na stavbe základnou vytyčovacíou sieťou a zobrazením ETRS-LH.

Zmeny, ktoré nastali za posledné desaťročie v geodézii sú obrovské. Výzvy, ktoré sú pred nami nás oslovujú a lákajú. Aj do budúcnosti sme pripravení byť pre našich partnerov geodetickým „pevným“ bodom.

*Lektoroval: Ing. Matej Mikulič*

*Stredisko železničnej geodézie, ŽSR Bratislava*