

DLHODOBÉ MERANIE A MONITOROVANIE OBJEKTOV VODNÉHO DIELA GABČÍKOVO

Štefan Lukáč¹, Martin Prvý²

Abstrakt

V zmysle kategorizácie vodných diel v Slovenskej republike je Vodné dielo Gabčíkovo zaradené do I. kategórie, na ktorom je geodetický monitoring správania sa objektov realizovaný komplexne pre všetky objekty v rámci technicko-bezpečnostného dohľadu, ktorý má za cieľ sledovať také parametre vodného diela, ktoré garantujú jeho bezpečnosť. Sledovanie predmetných parametrov je realizované predovšetkým monitorovaním a meraním posunov a pretvorení jednotlivých objektov vodného diela, t.j. prírodného kanála a jeho hrádzí, odpadového kanála a jeho hrádzí, plavebných komôr a ich technologických zariadení, objektov elektrárne a jej technologických zariadení, výpustných objektov, atď. V zmysle uvedeného sa na uvedených objektoch realizujú dlhodobé periodické etapové merania posunov a pretvorení, minimálne jedenkrát alebo dvakrát do roka. Objekty plavebných komôr sa monitorujú prostredníctvom automatizovaných, resp. motorizovaných meracích systémov kontinuálne.

1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Historický vývoj vo svete a aj na území dnešnej Slovenskej republiky (SR) viedol k tomu, že sa ustanovil odborný technicko-bezpečnostný dohľad (TBD) nad bezpečnosťou vodných stavieb. Vykonávanie odborného TBD na vodných dielach v Slovenskej republike (SR) legislatívne upravuje vyhláška MŽP SR č.458/2005 Z.z. TBD sa v zmysle predmetnej vyhlášky realizuje v SR sledovaním javov, meraním potrebných veličín, ich spracovaním, rozbormi a hodnotením výsledkov meraní a ich porovnaním s vopred staovenými krajnými a kritickými hodnotami. Rozsah TBD nad jednotlivými vodnými dielami v SR určuje zaradenie konkrétneho vodného diela do príslušnej kategórie. Vodné dielo (VD) Gabčíkovo je zaradené do I. kategórie a pozostáva z nasledovných častí:

- **Zo zdrže Hrušov**, ktorá je vytvorená vzduťím hladín Dunaja pôvodne haťou Dunakiliti, v súčasnosti náhradným prehradením pri Čuňove. Jej úlohou je akumulovať prietoky Dunaja s následným využitím vody v elektrárni Gabčíkovo a súčasne vytvoriť hlbokovodnú plavebnú dráhu pre medzinárodnú plavbu.,
- **Z komplexu objektov náhradného prehradenia pri Čuňove**. Jeho úlohou je udržiavať hladinu vody na požadovanej výške a zabezpečiť tak potrebný spád pre Vodnú elektrárň (VE) Gabčíkovo. Zároveň jeho úlohou je prepúšťať do starého koryta Dunaja dohodnuté množstvo vody a počas povodní aj prietoky Dunaja, ktoré nie je schopný spracovať stupeň Gabčíkovo.
- **Z prírodného kanála**, ktorý spolu s haťou Čuňovo sústreďuje hydraulický spád, privádza vodu ku stupňu Gabčíkovo a súčasne plní funkciu plavebnej dráhy.,

¹ Ing. Štefan Lukáč, Katedra geodézie Stavebnej fakulty STU, e-mail: stefan.lukac@stuba.sk

² Ing. Martin Prvý, Vodohospodárska výstavba š.p. Bratislava, e-mail: martin.prvy@vzb.sk

- **Z vlastného stupňa Gabčíkovo**, ktorý pozostáva z VE Gabčíkovo a dvoch plavebných komôr, cez ktoré sa preplavujú lode medzi prírodným a odpadovým kanálom. Stupeň využíva pretečenú vodu na ekologickú výrobu elektrickej energie a v dobe povodňových prietokov sa zúčastňuje na ich bezpečnom odvádzaní.,
- **Z odpadového kanála**, ktorý odvádza energeticky využitú vodu z VE a vodu z plavebných komôr späť do Dunaja. Súčasne tvorí aj plavebnú dráhu.

Na jednotlivých objektoch a technologických zariadeniach VD Gabčíkovo boli postupne vybudované meracie zariadenia, t.j. observačné piliere, polohové meracie značky, výškové meracie značky, ktoré slúžia na dlhodobé periodické meranie posunov a pretvorení objektov a zariadení ako aj na kontinuálny monitoring objektov.

2 GEODETICKÉ MERANIA PRED UVEDENÍM VODNÉHO DIELA DO PREVÁDZKY

Ťažisko geodetických prác počas výstavby vodného diela spočívalo predovšetkým vo vytyčovacích prácach jednotlivých objektov a zariadení, ktoré realizovali geodeti zhotoviteľských (dodávateľských) organizácií. Z hľadiska pripravovanej prevádzky vodného diela bolo najdôležitejšou a prvoradou úlohou ešte pred dokončením výstavby vybudovanie a následné zameranie siete vzťažných a pozorovaných bodov celého VD Gabčíkovo. Nosnou časťou tejto siete je sieť vzťažných a pozorovaných bodov prírodného kanála (ako najdlhšej časti vodného diela), na ktorú nadväzovali siete bodov v oblasti komplexu objektov v Čuňove a sieť bodov v úseku odpadového kanála.

Pravdepodobne najväčšia a zároveň najdlhšia sieť vzťažných a pozorovaných bodov na území SR, t.j. sieť bodov prírodného kanála pozostáva z 236 bodov, observačných pilierov, prispôbených na závislú centráciu prístrojov a terčov, umiestnených na korunách a pätách pravostrannej a ľavostrannej hrádze prírodného kanála v celkovej dĺžke cca 17 km. Z hľadiska účelu sa jedná o lokálnu geodetickú sieť, určenú na meranie posunov a pretvorení predmetného objektu. Z konfiguračného hľadiska (dizajn 1. rádu geodetických sietí) sa v lokálnej geodetickej sieti predpokladalo pôvodne využitie klasických terestrických metód merania. Z hľadiska technológie merania a výpočtu (odhadu) užitočných parametrov lokálnej geodetickej siete (dizajn 2. rádu geodetických sietí) tvoria jadro štvorice vzťažných bodov, lokalizované v trinástich zoskupeniach po oboch stranách prírodného kanála. Vzdialenosť medzi skupinami vzťažných bodov je cca 2,5 až 3,5 km. Vzťažné body tvoria opornú kosť na určenie parametrov pozorovaných bodov, zoskupených do pravidelného štvoruholníkového reťazca, umiestnených na korune pravostrannej a ľavostrannej hrádze. Vzdialenosti medzi susednými bodmi reťazca v smere toku sú cca 500 m. V priečnom smere je vzdialenosť susedných bodov determinovaná vzájomným rozstupom hrádzí, t.j. pohybuje sa v rozmedzí od 270 do 750 m. Treťou skupinou bodov sú pozorované body (nižšie pilieriky) na päte pravostrannej a ľavostrannej hrádze a na korune hrádze na začiatku kanála, ďalej v priestore odpadového kanála a na konci kanála pri Gabčíkove. Parametre tejto skupiny pozorovaných bodov sú určované presným uhlovým a dĺžkovým meraním z bodov štvoruholníkového reťazca.

Meranie predmetnej siete vzťažných a pozorovaných bodov je časovo a technicky veľmi náročné a spravidla zahŕňa nasledovné čiastkové úlohy:

- meranie vodorovných smerov na jednotlivých bodoch siete (prístrojom Leica TC 1800),
- meranie dĺžok na jednotlivých bodoch siete (prístrojom Leica TC 1800),

- meranie technológiou GNSS na vybraných vzťažných bodoch siete (aparátami Trimble),
- monitoring doplnujúcich vplyvov (faktorov) ako teplota, tlak, výška hladiny vody v kanáli.

Túto náročnú úlohu zabezpečovala v počiatočnej geodetickej skupine Vodohospodárskej výstavby, ktorá disponovala v predmetnom období najnovšou a najpresnejšou prístrojovou technikou. Neskôr túto činnosť zabezpečovalo prostredníctvom verejnej súťaže Povodie Dunaja . Takže na týchto prácach sa vystriedalo niekoľko súkromných firiem geodetov s rôznou prístrojovou technikou a s rôznym spracovateľským softvérom, čo je na škodu celkového posudzovania stavu objektov VD Gabčíkovo. Táto činnosť by mala byť koordinovaná a realizovaná predovšetkým podľa jednotného projektu merania posunov a pretvorení.

Druhou nemenej dôležitou úlohou geodetov v období pred uvedením do prevádzky, t.j. tesne pred napustením vody do prírodného kanála bolo polohové a výškové zameranie priečnych profilov prírodného kanála za účelom presného zistenia budúcej kubatúry vody po napustení kanála. Túto úlohu zabezpečoval hlavný geodet zhotoviteľa (dodávateľa) stavby, t.j. Hydrostavu.

3 KOMPLEX DLHODOBÝCH PERIODICKÝCH MERANÍ POSUNOV A PRETVORENÍ JEDNOTLIVÝCH OBJEKTŮV A TECHNOLOGICKÝCH ZARIADENÍ VODNÉHO DIELA

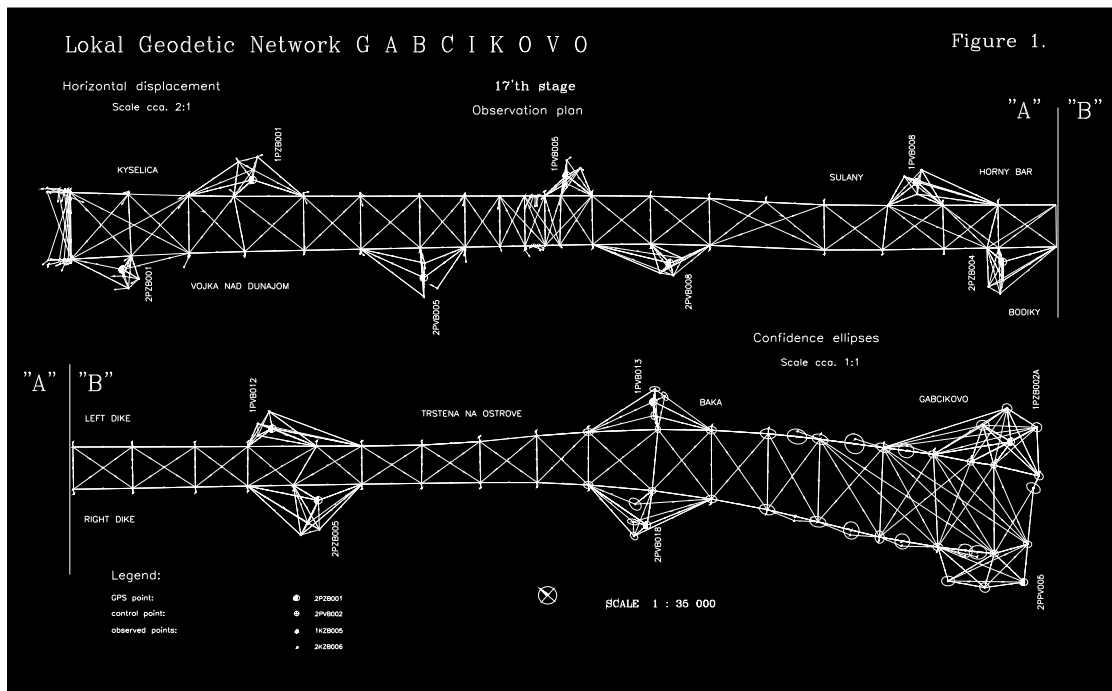
Komplex dlhodobých periodických meraní posunov a pretvorení jednotlivých objektov a technologických zariadení vodného diela môžeme rozdeliť na tri časti:

- geodetické práce, ktoré zabezpečuje Povodie Dunaja Bratislava,
- geodetické práce, ktoré zabezpečuje Vodohospodárska výstavba Bratislava,
- geodetické práce, ktoré zabezpečujú Vodné elektrárne Trenčín.

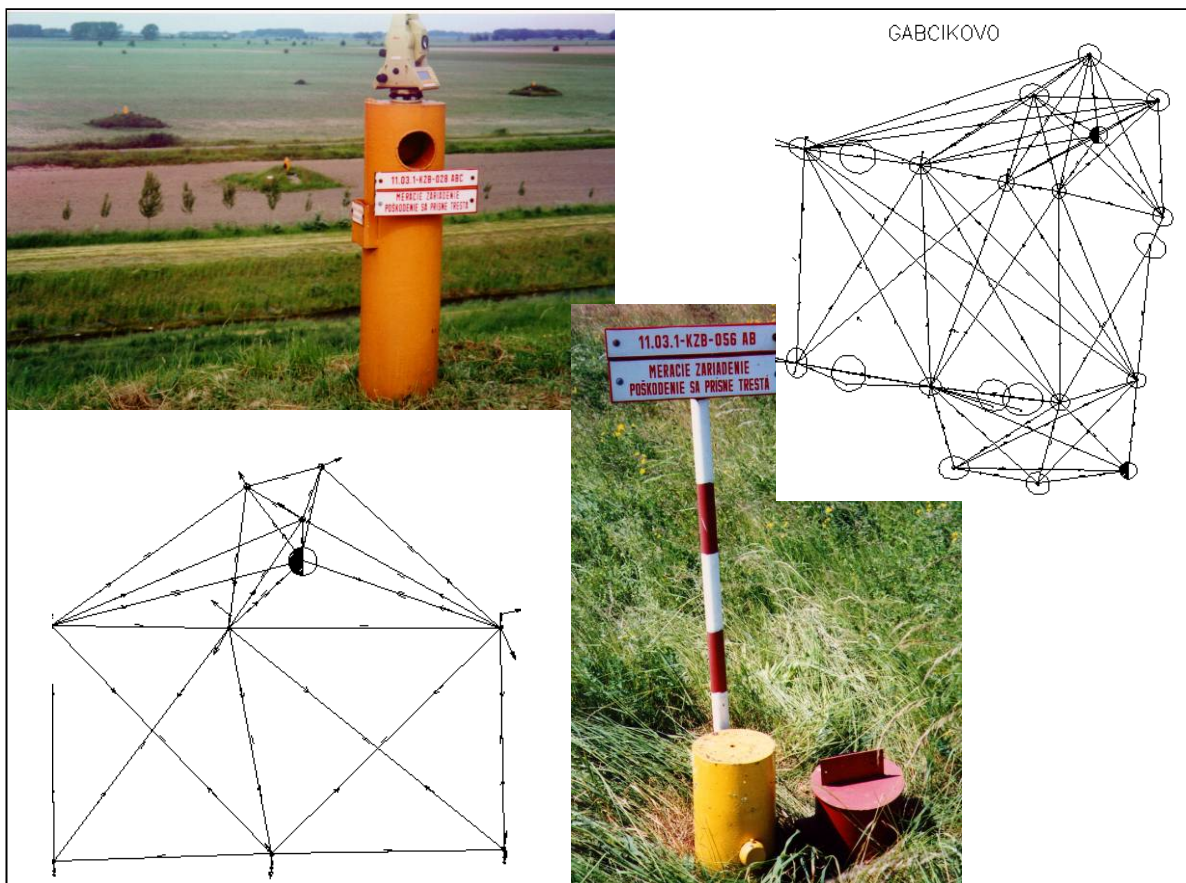
Povodie Dunaja ako správca prírodného a odpadového kanála zabezpečuje predmetné práce v sieti vzťažných a pozorovaných bodov prírodného kanála ako aj práce na odpadovom kanáli. Vodohospodárska výstavba Bratislava zabezpečuje geodetické práce na objektoch a zariadeniach stupňa Gabčíkovo a stupňa Čuňovo, ktoré sú zoradené v nasledujúcich tabuľkách, ktoré dokumentujú metódy merania, meracie zariadenia, počty vzťažných a pozorovaných bodov, umiestnenie bodov ako aj periodicitu dlhodobých meraní. Vodné elektrárne Trenčín zabezpečujú geodetické práce na objektoch a technologických zariadeniach elektrárne.

Predmetné práce týchto troch organizácií sú špecifické a náročné nielen svojim rozsahom, potrebným časovým priestorom, ale aj požadovanou presnosťou. Pre ilustráciu uvádzam: napríklad rozsah výškových meraní metódou veľmi presnej nivelácie, ktorý na objektoch a zariadeniach vodného diela predstavuje nivelačné ťahy v dĺžke cca 260 km, ktoré sa realizujú niekoľkými meračskými skupinami niekoľko týždňov.

Obdobne aj polohové meranie v sieti vzťažných a pozorovaných bodov prírodného kanála trvalo v minulosti pri staršej prístrojovej technike niekoľko týždňov (v 90. rokoch minulého storočia), teraz pri novej prístrojovej technike to trvá 7 dní.



Obr.1 Sieť vzťahných a pozorovaných bodov Prívodného kanála VD Gabčíkovo



Obr.2 Observačné piliere na korune a päte hrádzí Prívodného kanála

Obrovské penzum geodetických prác vykonávajú aj geodeti Povodia Dunaja, predovšetkým na zdrži Hrušov a na odpadovom kanáli, kde v určitých časových intervaloch

realizujú polohové a hlavne výškové meranie skutočného stavu zdrže, či odpadového kanála. V podstate ide o meranie priečných profilov pomocou plavidla a echolotu za účelom zistenia znečistenia a znášania dna zdrže a odpadového kanála, ktoré musia vyhovovať medzinárodnej plavbe lodí. Pri týchto meraniach sa využíva taktiež najnovšia prístrojová technika vrátane technológie GNSS. Pri tomto type geodetických prác nie je požadovaná tak vysoká presnosť, ako pri meraní posunov a pretvorení a pohybuje sa na úrovni centimetrov až decimetrov.

Na obr.1 je naznačená štruktúra siete vzťažných a pozorovaných bodov prírodného kanála, ktorá je však rozdelená na dva úseky. Na obr.2 sú predstavené observačné piliere na korune a päte hrádzí prírodného kanála, ako aj štruktúra štvoric vzťažných bodov siete, ktoré sa nachádzajú mimo objektu prírodného kanála.

Objekt	Metóda merania Meracie zariadenia	Charakteristika meraní		Početnosť merania za rok
		Počet	Umiestenie bodov	
VD GABČÍKOVO Stupeň Gabčíkovo	Veľmi presná nivelácia		Vzťažné združené body	2x
	Vzťažné výškové body	7 8	Ľavá strana stupňa Pravá strana stupňa	
	Veľmi presná nivelácia Pozorované výškové body	16 20 20 8 8 7 20 8 11 12 16 4	Pozorované výškové body na VE Chodba na kóte 86.6 m n.m. Chodba na kóte 95.8 m n.m. Chodba na kóte 99.0 m n.m. Vtokový objekt Ľavé vtokové krídlo Pravé vtokové krídlo Spojovací múr VE - PLK Výtokový objekt Ľavé výtokové krídlo Pravé výtokové krídlo Strojovňa vodnej elektrárne Montážny blok vodnej elektrárne	2x
		150		

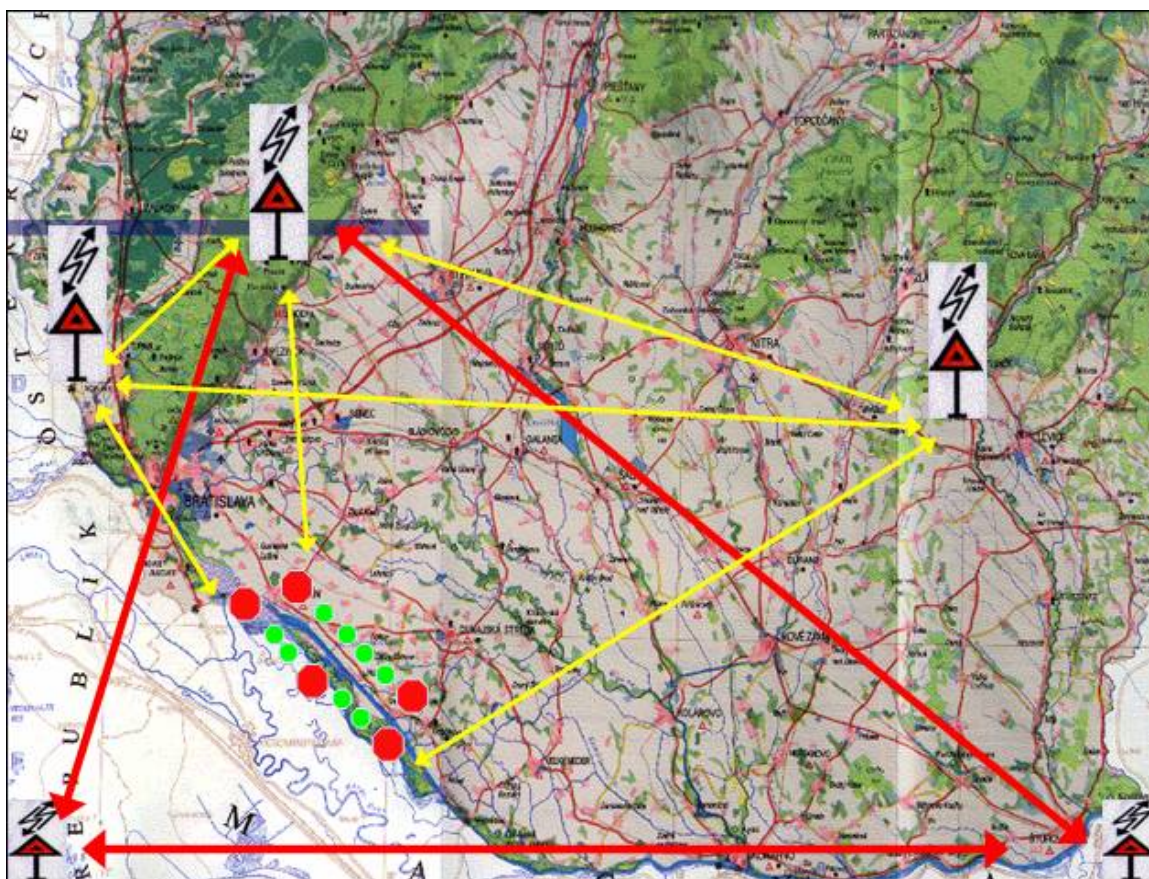
Objekt	Metóda merania Meracie zariadenia	Charakteristika meraní		Početnosť merania za rok
		Počet	Umiestenie bodov	
	Veľmi presná nivelácia Pozorované výškové body	12 16 12 12 14 11 14 2 2	Pozorované výškové body na PK Dolné zhlavie plavebných komôr Pravá komora - pravý múr Pravá komora - ľavý múr Ľavá komora - pravý múr Ľavá komora - ľavý múr Horné zhlavie plavebných komôr Vtokový objekt plavebných komôr Administratívna budova PD Dielne PD	4x
		95		
	Veľmi presná nivelácia Pozorované výškové body	116 113 16	Pozorované výškové body na hornej rejde Ľavý oporný múr Pravý oporný múr Stredný oporný múr	2x
		245		
	Veľmi presná nivelácia Pozorované výškové body	94 94 18	Pozorované výškové body na dolnej rejde Ľavá strana dolnej rejdy Pravá strana dolnej rejdy Stredný múr dolnej rejdy	2x
		206		

Objekt	Metóda merania Meracie zariadenia	Charakteristika meraní		Početnosť merania za rok
		Počet	Umiestenie bodov	
VD GABČÍKOVO stupeň Gabčíkovo	Veľmi presná nivelácia pozorované výškové body	5	Pozorované výškové body na OH stupňa Ľavá strana stupňa Koruna hrádze nad stupňom	2x
		5	Päta hrádze nad stupňom	
		6	Koruna hrádze pod stupňom	
		6	Päta hrádze pod stupňom Pravá strana stupňa	
		1	Koruna hrádze nad stupňom	
		2	Päta hrádze nad stupňom	
		1	Šachta výškomernej krabice	
		2	Koruna hrádze pod stupňom	
		1	Päta hrádze pod stupňom	
		6	Výpustný objekt priesakového kanála	
		29		
Kombinovaná metóda vzťazné polohové body		7	Vzťazné združené body Ľavá strana stupňa	2x
		8	Pravá strana stupňa	
Kombinovaná metóda pozorované polohové body		8	Pozorované polohové body na VE Vtokový objekt	2x
		8	Výtokový objekt	
Kombinovaná metóda pozorované polohové body		20	Pozorované polohové body na PLK Pravá komora - pravý múr	4x
		16	Pravá komora - ľavý múr	
		16	Ľavá komora - pravý múr	
		18	Ľavá komora - ľavý múr	
		5	Vtoky plavebných komôr	
		1	Poz. poloh. bod na ostrove:	
Kombinovaná metóda Pozorované polohové body		4	Pozorované polohové body na OH stupňa Ľavá strana stupňa Koruna hrádze nad stupňom	2x
		4	Päta hrádze nad stupňom	
		7	Koruna hrádze pod stupňom	
		2	Päta hrádze pod stupňom Pravá strana stupňa	
		2	Koruna hrádze nad stupňom	
		2	Päta hrádze nad stupňom	
		2	Koruna hrádze pod stupňom	
		2	Koruna hrádze pod stupňom	

Objekt	Metóda merania		Charakteristika meraní	Početnosť merania za rok
	Meracie zariadenia	Počet	Umiestenie bodov	
VD-GABČÍKOVO stupeň Čunovo	Veľmi presná nivelácia vzťažné výškové body	6	Vzťažné združené body	2x
		6	Ľavý breh Dunaja	
		4	Pravý breh Dunaja	
		2	Pravá strana výtoku VE Obec Čunovo	
	Veľmi presná nivelácia pozorované výškové body	5	Hať na obtoku	2x
		3	Ľavé vtokové krídlo	
		3	Vtokové piliere	
		5	Pravé vtokové krídlo	
		8	Ľavé výtokové krídlo	
	3	Výtokové piliere Pravé výtokové krídlo		
	27			
Veľmi presná nivelácia pozorované výškové body	11	Prehradenie koryta Dunaja	2x	
	10	Návodná strana prehradenia Dunaja Vzdušná strana prehradenia Dunaja		
	21			
Veľmi presná nivelácia pozorované výškové body	33	Sklz pre športovú plavbu	1x	
	34	Ľavá strana sklzu		
	5	Pravá strana sklzu Náпустný objekt pre divokú vodu		
	72			
Veľmi presná nivelácia pozorované výškové body	8	Plavebná komora	2x	
	25	Observačné piliere		
	6	Pravý oporný múr hornej rejdy		
	17	Ľavý oporný múr hornej rejdy		
	16	Pravý oporný múr plavebnej komory		
	2	Ľavý oporný múr plavebnej komory		
	2	Pravý oporný múr dolnej rejdy Ľavý oporný múr dolnej rejdy		
	76			
Veľmi presná nivelácia pozorované výškové body	4	Hať stredná - manipulačná	2x	
	5	Vtoky Výtoky		
Veľmi presná nivelácia pozorované výškové body	20	Vodná elektráreň	2x	
	22	Vtoky		
	12	Výtoky Strojovňa		

Objekt	Metóda merania		Charakteristika meraní	Početnosť merania za rok
	Meracie zariadenia	Počet	Umiestnenie bodov	
VD-GABČÍKOVO stupeň Čunovo	Veľmi presná nivelácia pozorované výškové body	13	Hať v inundácii	2x
		10	Pole hate "A"	
		10	Pole hate "B"	
		10	Pole hate "C"	
		10	Pole hate "D"	
		10	Pole hate "E"	
		10	Pole hate "F"	
		10	Pole hate "G"	
		10	Pole hate "H"	
		10	Pole hate "I"	
		13	Pole hate "J"	
		106		
	Veľmi presná nivelácia pozorované výškové body	10 8	Odberný objekt do Mošonského ramena Vtoky Výtoky	2x
	Veľmi presná nivelácia pozorované výškové body	3 3 5	Pravobrežná hrádza na pravom brehu Dunaja Koruna hrádze 1. úsek Päta hrádze 1. úsek Koruna hrádze 2. úsek	1x
	Kombinovaná metóda vzťahné polohové body	3 3 3	Vzťahné združené body Ľavý breh Dunaja Pravý breh Dunaja Pravá strana výtoku VE	2x
	Kombinovaná metóda pozorované polohové body	11 10	Prehradenie koryta Dunaja Návodná strana prehradenia Dunaja Vzdušná strana prehradenia Dunaja	2x
	Kombinovaná metóda pozorované polohové body	8 25 5 14 14 3 3	Plavebná komora Observačné piliere Pravý oporný múr hornej rejdy Ľavý oporný múr hornej rejdy Pravý oporný múr plavebnej komory Ľavý oporný múr plavebnej komory Pravý oporný múr dolnej rejdy Ľavý oporný múr dolnej rejdy	2x
		72		

Objekt	Metóda merania		Charakteristika meraní	Početnosť merania za rok
	Meracie zariadenia	Počet	Umiestenie bodov	
VD-GABČÍKOVO stupeň Čunovo	Kombinovaná metóda Pozorované polohové body	4 4	Vodná elektráreň Vtoky Výtoky	2x
	Kombinovaná metóda pozorované polohové body	4 18 18	Hať v inundácii Observačné piliere Vzdušná strana hate Návodná strana hate	2x



Obr.3 Schéma merania technológiou GNSS za účelom širších geodynamických súvislostí

4 ZÁVEREČNÉ ZHODNOTENIE A ODPORÚČANIA PRE SPRÁVCU

Nebývalý rozvoj prístrojovej techniky, zvyšovanie stupňa mechanizácie, automatizácie robotizácie meracích prístrojov, široký prienik technológie GNSS ako aj revolučný rozvoj počítačovej techniky spôsobili aj v odbore geodézia a kartografia značný pokrok, ktorý by bolo žiaduce premietnuť aj do pertraktovaných meraní posunov a pretvorení na VD Gabčíkovo aspoň nasledovnými opatreniami:

- dobudovať a nahradiť zničené a nevyhovujúce observačné piliere v sieti vzťahných a pozorovaných bodov vodného diela, hlavne v časti stupňa Gabčíkovo, kde chýba prepojenie prírodného kanála , vodnej elektrárne a odpadového kanála.
- prepracovať, resp. aktualizovať projekty merania posunov a pretvorení jednotlivých objektov podľa možností v súlade s novými právnymi a technickými predpismi a so zohľadnením maximálneho využitia novej prístrojovej techniky.,
- v nadväznosti na predchádzajúce opatrenia v plnej miere zaviesť do merania posunov a pretvorení jednotlivých objektov využitie súčasnej technológie GNSS.,
- predmetné merania posunov a pretvorení objektov VD Gabčíkovo realizovať a vyhodnocovať aj v širších geodynamických súvislostiach – obr.3.

LITERATÚRA

- [1] LUKÁČ,Š.-KOŽÁR,J.-BALGOVÁ,Z.-KALAFUT,M.: Správa o výsledkoch 21.etapového merania polohovej lokálnej geodetickej siete Prírodného kanála VD Gabčíkovo. Bratislava, LIPG 1999.
- [2] LUKÁČ,Š.-KOŽÁR,J.-GRÓF,V.:Deformation monitoring of objects of the Gabčíkovo dam by the terrestrial surveying methods and GPS methods. In: XII. International Congres FIG. Washington 2002.