

# **Problematika zásobování pitnou vodou v Jižní Americe (Guayaquil, Ekvádor)**

Juan Carlos Bernal, vedoucí odboru distribuce vody (Interagua Guayaquil, Ekvádor)

Ing. Jiří Kašparec, obchodně - technický manažer (VAE CONTROLS, s.r.o., Ostrava)

## **Základní informace**

Úvodem považuji za vhodné seznámit čtenáře s několika základními fakty. Ekvádor leží na západním „pacifickém“ pobřeží Jižní Ameriky. Žije zde přibližně 13,2 mil. obyvatel, tedy asi o třetinu více než v ČR, je však rozlohou více než 4x větší (cca 256 000 km<sup>2</sup>). Řadí se mezi rozvojové země.

Podle charakteru se dělí se na 3 základní části – pobřežní rovinatou oblast s přímořským klimatem, horskou oblast (Andy) s vysokohorským klimatem a část amazonského deštného pralesa. K Ekvádoru patří i známé souostroví Galapágy, které leží cca 1000 km západně od pobřeží a které je známé především svou rozmanitostí fauny a flóry a je tak vyhledávaným místem turistů.

Město Guayaquil je největším a zároveň obchodně a průmyslově nejvýznamnějším městem v Ekvádoru. Guayaquil se nachází v pobřežní oblasti Ekvádoru, přibližně na 2° jižní šířky, tedy v tropickém pásmu na úrovni střední Afriky nebo Indonésie. Panuje zde typické tropické klima s obdobím dešťů od prosince do dubna a sušším zbytkem roku. Celkové množství srážek je cca 1100 mm ročně, tedy asi o 60 % více než je dlouhodobý průměr v ČR.

Díky své strategické poloze na konci hlubokého zálivu Tichého oceánu se stal hlavní námořní branou do Ekvádoru a zejména tomuto faktu také vděčí za svůj historický rozvoj (naopak hlavní město Quito ve vnitrozemí je spíše kulturním centrem). V Guayaquilu žije přibližně 2,3 milionů obyvatel, pro něž je pochopitelně nutné zajistit mimo jiné i dostatek pitné vody a rovněž odkanalizování.

## **Provozovatel - společnost Interagua**

Společnost Interagua, člen skupiny International Water, uzavřela s ekvádorskou vládou kontrakt na provozování vodárenského systému v Guayaquilu v roce 2002. Provozuje zde tedy úpravnu vody, vodovodní a kanalizační síť. Tato smlouva byla uzavřena na 30 let.

Stav vodovodní sítě by se dal v době uzavření provozovatelské smlouvy charakterizovat následovně:

- nepřetržitá dodávka pitné vody byla zajištěna pouze pro cca 50 % obyvatel města žijících v částech blíže úpravně vody;
- tlak vody u odběratelů se pohyboval na úrovni 1,2 – 1,5 Bar;
- ztráty vody činily přibližně 81 % vyrobené vody.

Jak je vidět z uvedených čísel, pohybujeme se zde ve zcela jiných poměrech, než na jaké jsme dnes zvyklí v našich podmínkách.

Podmínkou trvání provozovatelské smlouvy bylo zajistit nepřetržitou dodávku pitné vody pro všechny obyvatele města a to do 5 let od uzavření smlouvy. Tohoto cíle bylo dosaženo a základní postupy jsou popsány dále v této práci. Můžeme předeslat, a znalý čtenář si jistě na základě výše zmíněných údajů domyslí, že se jednalo o celý soubor opatření, která zahrnovala nejen masivní rekonstrukce potrubí sítě, ale i optimalizaci provozu sítě a opatření pro snížení ztrát vody za pomoci aplikovaného systému automatizovaného řízení s centrálním dispečinkem. Tento postup je navíc zcela univerzální a tím pádem obecně aplikovatelný kdekoliv jinde.

Nejdříve ale věnujme pozornost bližšímu popisu vodárenského systému v Guayaquilu pro lepší pochopení celé problematiky.

### **Výroba pitné vody**

Pitná voda pro celé město je vyráběna v jedné centrální úpravně, která je ovšem na naše poměry nezvykle velká – vzhledem k počtu zásobovaných obyvatel je to však zcela pochopitelné.

Surová voda se čerpá přímo z blízké řeky Daule. Je nutné podotknout, že řeka Daule není ohraničena žádnými ochrannými pásmy a na jejím dolním toku se provozuje běžná lodní doprava. Čerpání se realizuje pomocí 4 na sobě nezávisle fungujících čerpacích stanic, které jsou mezi sebou částečně propojeny na armaturním uzlu. Celkem zde pracuje 20 čerpadel o celkovém výkonu cca 23 m<sup>3</sup>/s. Z toho v největší a nejnovější čerpací stanici č. 4 je instalováno 8 čerpadel, každé s výkonem 1,7 m<sup>3</sup>/s. Čerpadla jsou na vstupu chráněna soustavou hrubých a jemných česlí.

*Obr 1. Řeka Daule, zdroj surové vody*



Vlastní úpravná se nachází na kopci 90 metrů nad hladinou řeky Daule a je vzdálena zhruba 2 km vzdušnou čarou. Voda z čerpacích stanic je do úpravný vedena čtyřmi sběrnými potrubími světlosti 2 x 1800 mm, 1250 mm a 1500 mm.

Úpravná byla budována postupně a dnes se (obdobně jako čerpací stanice) skládá ze 3 na sobě nezávislých úpravn:

Planta Lurgi - kapacita 150 000 m<sup>3</sup> denně, uvedena do provozu v roce 1974

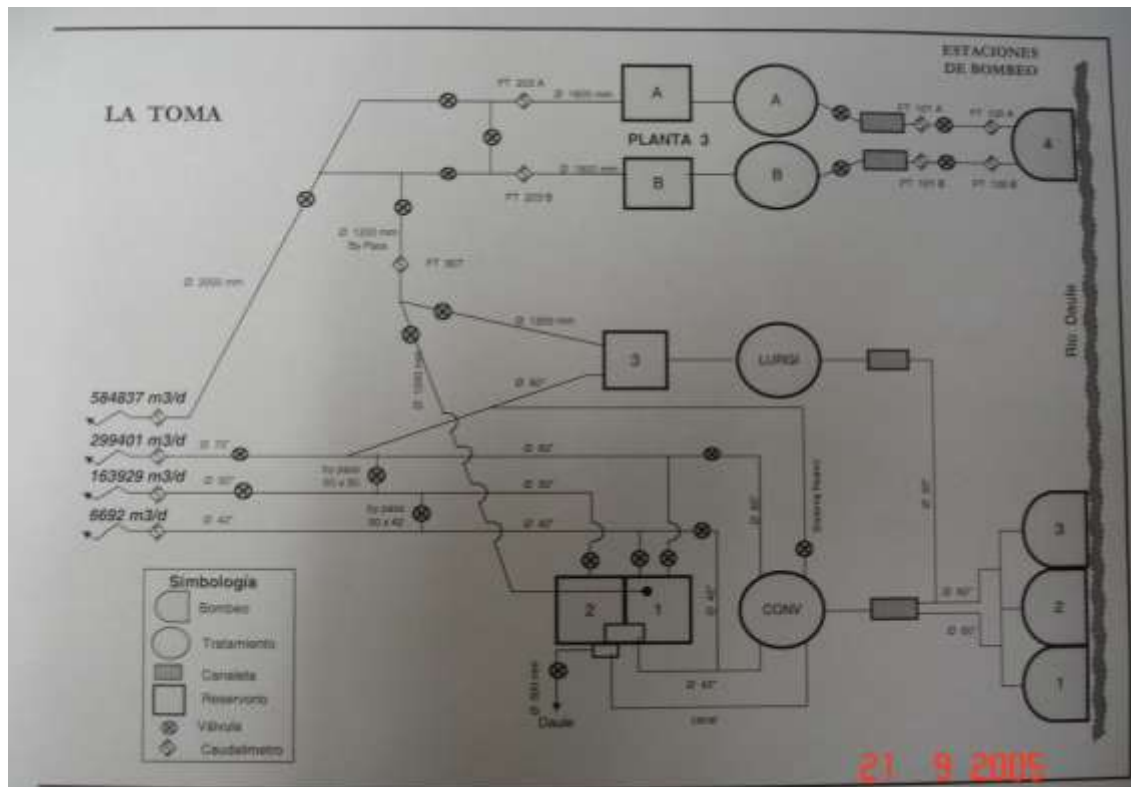
Planta Conventional – kapacita 250 000 m<sup>3</sup> denně, uvedena do provozu v roce 1956

Planta Nueva - kapacita 600 000 m<sup>3</sup> denně, uvedena do provozu v roce 1985

Celková kapacita úpravný je tedy 1 000 000 m<sup>3</sup> denně a úpravná pracuje nepřetržitě na 100% možného výkonu. Při porovnání kapacit je zřejmé, že kapacita čerpací stanice (nátoku) převyšuje téměř o 100% kapacitu úpravný.

Odtok z úpravný je veden do akumuláčných nádrží (2 nádrže, každá 2000 m<sup>3</sup>) a následně 4 potrubími o světlostech 2000, 1800, 1250 a 1050 mm směrem do vodojemů v cca 20 km vzdáleném městě.

Obr. 2. Technologické schéma čerpací stanice a úpravný vody



Technologický proces úpravný vody se příliš neliší od technologie obvyklé u nás. Mezi nejvýraznější rozdíly patří zejména předchlorace na nátoku do úpravný, která je regulována na základě aktuálního průtoku vody. Zároveň s chlorem se dávkuje koagulanty, síran hlinitý a hydroxid vápenatý. Voda je pak přiváděna do usazovací nádrže a klasických pískových filtrů. Zajímavostí je umístění filtrů pod otevřeným nebem. Takové řešení je jistě levnější. Vzhledem k rozloze a členitosti terénu úpravný by zastřešení bylo pravděpodobně finančně náročné. Provozní zkušenosti ukazují, že toto řešení v místních podmínkách nepřináší komplikace, např. v podobě možné

kontaminace vody kyselými dešti. Vzhledem k výše zmíněné absenci ochrany surové vody v řece to ani není příliš překvapivé zjištění.

Řízení hladiny vody ve filtru probíhá samočinně na základě přímé vazby mezi diferenčním tlakoměrem a nátokovou klapkou. Na rozdíl od moderních úprav v ČR zde však není prováděna žádná optimalizace nátoků do filtru. Nátok je tedy realizován jen z jednoho místa (přes zmíněnou pneumatickou klapku). Zde je nepochybně prostor pro zlepšení a zefektivnění této části technologie a tím zvýšení kapacity úpravy. Jak bude ale uvedeno dále, současnou strategií je spíše snížení abnormálních ztrát vody v distribuční síti než zvyšování kapacity úpravy. Je zřejmé, že se jedná o zcela správný přístup.

*Obr. 03 Sklad nádob na plynný chlor*



Za filtry se provádí ještě hygienické zabezpečení plynným chlorem. Tuto potenciálně nebezpečnou metodu je zde možné použít, neboť mezi úpravnou a vlastním spotřebišťem je jednak poměrně velká vzdálenost a také několik armaturních uzlů a vodojemů, kde je možné v případě havárie zabránit kontaminaci distribuční sítě chlorem. Dodatečná chlorace se pak provádí i na vodojemech avšak bez použití plynného chloru.

Zde je nutné opět zdůraznit, že se pohybujeme v tropickém pásmu, kde denní teploty pravidelně přesahují 30°C se všemi důsledky, které to má na pitnou vodu. Aby byla voda dostatečně zajištěna, je rozpětí hodnoty zbytkového chloru 0,3 až 1,5 mg/l. Hodnota pH se udržuje mezi 6,5 a 8,5.

Tabulka č. 1 - Srovnání parametrů surové a upravené vody v měsíci listopadu 2008

parametr	perioda měření	surová voda			upravená voda		
		min.	průměr	max.	min.	průměr	max.
volný chlor (mg/l)	hodina	x	x	x	0,4	1,3	1,8
pH	hodina	7,4	8,1	8,9	6,8	7,2	7,8
zákal (jZF)	hodina	18	44	156	0,5	1,1	2,2
kolidformní org. (UFC/ml)	den	300	10587	28000	0	0	0

Zvlášť se sleduje množství železa (1 x týdně) a detergentů (1 x měsíčně).

### Řízení úpravny vody

Současný řídicí systém je založený na místních automatech, které řídí některé technologické celky bez návaznosti na ostatní části. Například se jedná o nezávislé řízení čerpadel, dávkování chemikálií, řízení napájecích trafostanic atd. Řízení je navíc často omezeno jen na automatizovaný dohled nad kritickými parametry (např. teplota čerpadel) a samotné ovládání a řízení ostatních systémů (zapínání vypínání, regulace výkonu) je již prováděno ručně. To pochopitelně vyžaduje nepřetržitý dohled nad všemi procesy zkušenou obsluhou, která zná dokonale samotnou technologii a také dynamické chování systému. Denní obsluhu tak tvoří cca 100 zaměstnanců.

Zásadní investicí, která se na úpravně vody La Toma v současné době připravuje, je modernizace řídicího systému celé úpravně včetně čerpací stanice. Cílem zamýšlené instalace řídicího systému je integrace všech technologických celků do jednoho systému, který bude schopen vyhodnocovat a efektivně řídit celý proces úpravy vody od čerpání surové vody z řeky až po distribuci do páteřního potrubí. Součástí bude také přehledné uživatelské prostředí na bázi SCADA systému, které zaručí pohodlný a rychlý přístup k potřebným datům všem oprávněným osobám. Zároveň tak bude možná výměna aktuálních i historických provozních dat mezi řídicím systémem úpravně a řídicím systémem distribuční sítě. Výsledná podoba řídicího systému by tedy měla být obdobná jako u moderních úpravny vody v ČR.

Dalším důležitým aspektem je měření elektrické energie jako jednoho z hlavních parametrů (a tedy i nemalých nákladů). Jen samotná čerpadla v čerpací stanici surové vody mají celkový výkon přibližně 27 MW.

Nemalou roli bude v řídicím systému hrát i internet jako prostředek pro výměnu dat mezi vzdálenými pracovišti a útvary společnosti. Přes internet lze také uživateli poskytovat účinnou podporu po samotném zavedení systému, provádět diagnostiku a řešit případné další provozní problémy. Tyto vzdálené zásahy jsou navíc často rychlejší a pro uživatele také levnější - šetří se cestovní náklady i čas na cestě.

Dá se ovšem předpokládat, že proces zácvičku obsluhy a také optimalizace procesů bude trvat několik let. Připravovaný projekt řídicího systému totiž musí obsahovat také způsob zpracování a uložení technologických dat využitelných dalšími útvary vodárenské společnosti. Jakékoliv dodatečné doplňování není v tomto případě vůbec levné. Dalším důvodem jsou především minimální zkušenosti místních zaměstnanců s prostředky automatizovaného řízení a také poněkud konzervativní přístup k těmto řešením. Kombinace těchto dvou faktorů, bohužel často značně komplikuje aplikaci

řídícího systému. Je tedy nanejvýš žádoucí, aby jeho dodávku prováděla firma, která má nejen zkušenosti s obecnou automatizací, ale také odborné znalosti technologického a provozního rázu o problematice úpravy vody. Opět je zde velmi úzká paralela se zaváděním automatizace ve vodárenství v ČR.

### **Distribuce pitné vody**

Jak bylo uvedeno v předchozí části vzdálenost mezi úpravnou vody a spotřebištěm je přibližně 20 km a výškový rozdíl je asi 90 m. To dává dobré předpoklady pro plynulou a energeticky nenáročnou dopravu pitné vody do spotřebiště samospádem. Ve městě se nachází několik vodojemů, jejichž kapacita je již v současnosti dostatečná pro pokrytí denní spotřeby vody pro všechny obyvatele města. Další popis distribuční sítě a jejího vývoje v posledních letech je uveden v další části.

### **Postup při zajištění nepřetržité dodávky vody**

Výchozí stav při uzavření provozovatelského kontraktu firmou Interagua v Guayaquilu je uveden v první části této přednášky. Vzhledem k místnímu uspořádání docházelo v úvodní fázi během odběrových špiček k cílenému uzavírání přívodu pitné vody ve vzdálenější polovině města (myšleno vzdálenější od úpravní vody). Jen tak mohlo být zajištěno, že alespoň polovina obyvatel bude vodou zásobena plynule a s relativně dostatečným tlakem.

První fází tedy bylo provedení detailní analýzy stavu distribuční sítě. Její závěry lze shrnout do několika bodů, z nichž každý obsahuje i návrh řešení daného problému.

1. Provozovatel nemá téměř žádné prostředky pro měření průtoků a tlakových poměrů v síti v reálném čase. Není tedy možné vysledovat chování sítě za různých provozních stavů.

Řešení: Bylo přistoupeno k pořízení a instalaci monitorovacího a automatizačního systému typu SCADA (systém pro dohled, řízení a sběr dat), který umožní vzdálené nepřetržité monitorování důležitých objektů. V první fázi se jednalo o cca 20 objektů (vodojemy, čerpací stanice), včetně přenosu údajů o vyrobené vodě z úpravní. Dále bylo nainstalováno několik desítek vodoměrů v šachticích, z nichž se data odečítají jednou denně.

2. Distribuční síť je ve zcela havarijním stavu – při jejím budování průběhu posledních několika desítek let bylo postupováno zcela nesystematicky a tak jsou dnes propojeny potrubní systémy různého stáří a různého stavu bez jakékoliv kontroly směru a způsobu proudění vody.

Řešení: Je nutné provést zásadní rekonstrukci rozvodů pitné vody, zejména zcela odpojit od sítě staré rozvody, které se na ztrátách vody podílejí největším mírou. Prvním krokem bylo rozdělení sítě do 5 tlakových zón a množství podzón a osazení šachtic vodoměry (viz. bod 1). Díky tomu se podařilo velmi rychle vyhodnocovat bilanci v daných úsecích a lokalizovat tak nejproblematictější místa. Na nich byla následně provedena systematická rekonstrukce potrubí, tedy zejména kompletní odpojení starých

nebo neznámých rozvodů a provedení rozvodů nových, včetně jejich detailního zanesení do dokumentace pro případné budoucí využití.

Volba podzón, na nichž bude provedena rekonstrukce, byla prováděna i s ohledem na to, aby daná podzóna navazovala na již zrekonstruovanou část vodovodní sítě nebo na část vodovodní sítě, v níž nebyly ztráty vody nadprůměrné. Nedošlo tedy k vytváření izolovaných oblastí, ale k postupnému zvětšování oblastí, které mohly být zásobovány vodou 24 hodin denně. Podařilo se snížit ztráty vody z původních 81 % na 65% což lze v místních poměrech a zejména s ohledem na dostupné finanční prostředky označit za nemalý úspěch.

*Obr 04. Velká část měřících šachet se nalézá pod (mnohdy rušnými) komunikacemi*



3. Soustava vodojemů pokrývá dostatečně celou zásobovanou oblast. Vodojemů však nejsou efektivně využívány.

Řešení: Bude prováděna optimalizace čerpání vody do vodojemů tak, aby probíhala v časech nízké spotřeby. To bylo možné jen díky osazení vodojemů a čerpacích stanic prostředky vzdáleného monitorování a řízení, tedy i u nás známých telemetrických stanic (RTU). Tyto stanice umožňují ve spojení s použitým SCX SCADA systémem kromě uvedených funkcí také dálkové programování řídicího algoritmu každého objektu ze stanoviště dispečera, okamžitý přenos alarmních hlášení dispečerovi a v neposlední řadě také možnost vzdáleného ovládní při zachování ručního lokálního ovládní.

Obr. 05 Typický tvar vodojemů používaných v Ekvádoru



4. Výrobní kapacita úpravny vody je dostatečná, ale jen v případě výrazného snížení ztrát vody ve vodovodní síti (původní ztráty dosahovaly 81% vyrobené vody).

Řešení: Je v podstatě souhrnem předchozích bodů. Jde tedy o soubor opatření ke snížení ztrát vody a to jak technických tak i obchodních (fakturačních). Převážná část spotřebitelů neměla instalovány vodoměry (platila paušálně) a dalo se tedy předpokládat značné plýtvání vodou. V současnosti je pokrytí odběrných míst vodoměry 100%.

Realizací uvedeného souboru opatření bylo v průběhu let 2002 – 2007 dosaženo vytyčených cílů, tedy zejména zajištění nepřetržité dodávky pitné vody pro všechny odběratele. Není možné zhodnotit, které opatření mělo větší nebo menší vliv, neboť jejich realizace probíhala současně. Je však zcela zřejmé, že všechna opatření jsou těsně provázána a pokud by některé z nich nebylo provedeno, celý projekt by měl jen malou šanci na úspěch.

Pro českého čtenáře je zřejmé, že při dosažení požadovaných cílů bylo použito osvědčených prostředků, přístupů a opatření. Ty zde byly použity v jiných společenských a provozních podmínkách s velkým úspěchem, což jen podtrhuje jejich univerzálnost.

#### **Další úkoly do budoucna**

V předchozí části přednášky nebylo blíže hovořeno o tlakových poměrech v distribuční síti. Jejich optimalizace totiž nebyla předmětem první etapy (roky 2002 – 2007), ale až

druhé etapy modernizace systému zásobování pitnou vodou. Jak již bylo zmíněno, zásadním cílem první etapy, jemuž byly podřízeny všechny procesy, bylo zajištění nepřetržité dodávky vody bez ohledu na tlak.

V současné době se pohybuje tlak vody u spotřebitelů na úrovni 1,2 – 1,5 Bar v závislosti na lokalitě a zejména na denním cyklu spotřeby. Tyto hodnoty jsou pochopitelně zcela nedostatečné, stačí je porovnat s hodnotami stanovenými v ČR vyhláškou 428 / 2001 Sb. (minimum 1,5 Bar, resp. 2,5 Bar dle počtu podlaží, maximum 6 Bar, resp. 7 Bar v odůvodněných případech). Cílem je zvýšení tlaku vody pro spotřebitele na úroveň minimálně 2 Bar do roku 2010. Při plnění tohoto úkolu se využívají zejména již výše zmíněná opatření, s tím, že se zvyšuje jejich rozsah a intenzita.

Nikoliv omylem nebylo dosud zmíněno čištění odpadních vod. Důvod je poměrně prostý a pro odborníka asi nepříliš překvapivý. Kromě několika sedimentačních nádrží se totiž odpadní vody nečistí a vypouštějí se zde přímo do moře. Rovněž samotná stoková síť je ve zcela zanedbaném stavu. Je tedy zřejmé, že v blízké budoucnosti bude i tomuto tématu věnována zvýšená pozornost a bude přistoupeno k vybudování čistírny odpadních vod. Vzhledem k tomu, že se bude jednat o stavbu zcela novou, bude již tato zahrnovat i progresivní prostředky automatizační techniky. Také v oblasti samotných technologií budou používány nové a progresivní metody vynucené výskytem nových stopových látek v surové i odpadní vodě. Aspekty ochrany životního prostředí jsou totiž už i v rozvojových zemích Latinské Ameriky (mezi něž se Ekvádor řadí) na pořadu dne.