

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

37 316

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

C02F 1/00 (2023.01)
G05B 19/418 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2023-41249**
(22) Přihlášeno: **31.08.2023**
(47) Zapsáno: **18.09.2023**

(73) Majitel:
Vysoká škola chemicko-technologická v Praze,
Praha 6, Dejvice, CZ
VDT Technology a.s., Praha 6, Střešovice, CZ
Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, v.v.i., Praha 6,
Dejvice, CZ

(72) Původce:
Ing. Petr Dolejš, Ph.D., Letkov, CZ
Ing. Dominik Andreides, Praha 2, Vinohrady, CZ
Dr. Pavla Šmejkalová, Praha 6, Bubeneč, CZ
prof. Ing. Jan Bartáček, Ph.D., Praha 6, Ruzyně, CZ
Bc. Ondřej Stejskal, Praha 4, Komořany, CZ
Ing. Filip Hložanka, Brno, Žabovřesky, CZ
Ing. Dominik Bureš, Jince, CZ
doc. RNDr. Martin Pivokonský, Ph.D., Mníšek pod
Brdy, CZ
Ing. Helena Sochorová, Ph.D., Blovice, Hradiště,
CZ
Ing. Michaela Prokopová, Hostivice, CZ

(74) Zástupce:
artpatent, advokátní kancelář s.r.o., Dukelských
hrdinů 976/12, 170 00 Praha 7, Holešovice

(54) Název užitého vzoru:
**Systém pro monitoring a správu
technologických celků úpravy vody**

CZ 37316 U1

Systém pro monitoring a správu technologických celků úpravy vody

Oblast techniky

5

Technické řešení se týká systému, jehož úkolem je efektivní a prediktivní řízení technologického procesu úpravy pitné vody a minimalizace a řízení rizik kritické vodárenské infrastruktury pro zajištění nepřetržité dodávky pitné vody.

10

Dosavadní stav techniky

Pitná voda je základní potřebou obyvatelstva, jejíž i krátkodobá absence je nežádoucí. Pitná voda se vyrábí z podzemních a z povrchových zdrojů surové vody, přičemž je nutné zajistit, aby pitná voda splňovala hygienické a jakostní normy. Výrobu a distribuci pitné vody zajišťuje vodárenská infrastruktura.

Součástí vodárenské infrastruktury jsou úpravní vody, které upravují surovou vodu z povrchového zdroje, nebo z podzemního zdroje, na vodu pitnou, která je odvedena do vodojemu, či přímo ke spotřebičům. Úpravnou vodu se rozumí objekt, nebo objekty, které jsou vybaveny technologickými celky pro změnu fyzikálních, chemických a mikrobiologických vlastností vody.

Jako hlavní prvky vodárenské infrastruktury je možné zpravidla rozpoznat vodní díla jako např. retenční nádrže surové vody, které mají za úkol kontinuálně a dle špiček spotřeby zásobovat úpravnou vodu surovou vodou. Následují pak technologické objekty obsahující strojně-technologické celky jako např. mechanické předčištění (hrubé a jemné filtry nečistot), které jsou zpravidla umístěny na vstupu surové vody z retenční nádrže do objektu úpravní vody. Dalšími technologickými celky úpravní vody jsou různé úrovně provozních souborů zajišťující fyzikálně-chemickou úpravu vody (dávkování chemikálií, jako např. kyseliny, zásady, koagulanty, flokulanty, dezinfektanty atp.), na kterou navazují separační stupně tradiční, tzv. konvenční (např. jemné pískové filtry, filtry obsahující aktivní uhlí atp.) nebo moderní separační procesy jako například membránové technologie ultrafiltrace. Posledním stupněm je samotné hygienické zabezpečení vyrobené vody využívající pro likvidaci mikroorganismů a potenciálních patogenů fyzikální, či fyzikálně-chemické metody, jako jsou UV záření, ozonizace nebo chlorace.

35

Podstatnou součástí technologických celků úpravní vody jsou snímače (soubory čidel, online sond a detektorů) monitorující momentální chemické, fyzikální a mikrobiologické stavy vody během vstupu do úpravní, dále v průběhu úpravy vody a během výstupu vody z úpravní, dále provozní server úpravní vody pro řízení činnosti technologických celků úpravní vody a terminál operátora připojený k provoznímu serveru přes počítačovou síť úpravní vody pro prezentaci a průběžnou kontrolu provozního stavu technologických celků a stavu vody operátorovi a pro umožnění uživatelského zásahu operátora do chodu technologických celků úpravní vody.

V současné době neexistuje jediné správné technické provedení úpravní vody. Konkrétní provedení úpravní vody ovlivňuje lokalita umístění úpravní a s tím související kvalita surové vody, typ a údržba technologických celků, ekonomické faktory, atp.

Pro vytvoření projektové dokumentace ke stavbě nové úpravní vody, resp. k rekonstrukci stávající úpravní vody, mají odborníci k dispozici projekční SW nástroje pracující na principu tzv. objektové architektury. Jedná se o relativně nový způsob projektování, při kterém projektanti namísto známého kreslení elektronických výkresů skládají prvky z knihoven objektů, které mají své atributy – vlastnosti. Tyto knihovny jsou založené na mezinárodních standardech pro schematická označení a jejich objekty obsahují nejdůležitější parametry pro jednotlivé odbornosti. Využití prvků z knihoven jsou přidávány na výkresovou dokumentaci a vedle výkresové dokumentace také zároveň vzniká hierarchicky přesný model projektovaného řešení. Přenosem

55

naměřených dat z reálných technologických celků úpravy vody do jejího virtuálního modelu je možné vytvořit tzv. digitální kopii, se kterou je možné virtuálně operovat úplně stejně, jako se reálným řešením, avšak bez rizika narušení nepřetržité dodávky pitné vody.

- 5 Jedním z úkolů technického řešení je vytvoření systému pro monitoring a správu technologických celků úpravy vody, který by umožňoval efektivně řídit proces úpravy vody. Dalším z úkolů technického řešení je vytvoření virtuálního prostředí, které bude na základě reálných parametrů vody simulovat provozní nastavení procesu úpravy vody a bude obsluhu pomáhat předcházet a řešit rizika provozu jednotlivých technologických celků úpravy vody.

10

Podstata technického řešení

15 Systém je vytvořen pro monitoring a správu technologických celků úpravy vody, které jsou zapojené do společné počítačové sítě spolu s provozním serverem úpravy vody. Společná počítačová síť umožní z jednotlivě stojících technologických celků jejichž kombinace slouží k úpravě vody vytvořit jeden celek s centrálním řízením, kterým je provozní server. Dále je do společné počítačové sítě zapojen alespoň jeden terminál operátora, který slouží operátorovi provozu k interakci s technologickými celky z jediného místa. A v neposlední řadě je do společné

20 počítačové sítě připojen alespoň jeden snímač pro monitoring zpracovávané vody v úpravě vody, dále alespoň jeden snímač pro monitoring provozního stavu technologických celků úpravy vody, a dále alespoň jeden snímač pro monitoring kvality vyrobené pitné vody. Snímače mohou být rozmístěny před vstupy a za výstupy z jednotlivých technologických celků, nebo mohou být přímo integrované v technologických celcích úpravy vody.

25

Podstata technického řešení spočívá v tom, že vyvinutý systém je tvořen hlavním serverem majícím datové úložiště pro uložení softwarových modulů a databází. Hlavní server poskytuje výpočetní výkon pro automatizované plnění instrukcí (programů) obsažených v softwarových modulech. Datové úložiště je prostředkem pro ukládání a vyvolávání dat potřebných k automatizované

30 činnosti hlavního serveru. Hlavní server může být provozován fyzicky jako hardwarová infrastruktura v místě úpravy, či kdekoli jinde s připojením k provoznímu serveru, nebo může být provozován virtuálně v cloudovém prostředí. Hlavní server je připojen přes společnou počítačovou síť (v případě fyzické infrastruktury), nebo přes síť internetu v případě cloudového řešení (virtuální server), k provoznímu serveru, a to pro příjem provozních dat ze snímačů, které provozní server má k dispozici, a dále pro výměnu provozních instrukcí, které jsou rovněž přenášeny na terminál operátora. Společné propojení umožní, aby hlavní server čerpal data z provozního serveru, a dále aby posílal informace/instrukce operátorovi na jeho terminál pro vykonání doporučených opatření k zajištění nepřetržité výroby pitné vody, či eventuálně, aby hlavní server instrukce pro technologické celky úpravy vody zadával provoznímu serveru přímo. Pro vyvinutý systém je

40 rovněž podstatné, že se na datovém úložišti nachází databáze virtuálních replik technologických celků úpravy vody, která zahrnuje co nejširší paletu modelů technologických celků dle jejich reálného stavu, dále databáze naměřených provozních dat, která poskytuje programům běžícím v hlavním serveru provozní data nejenom aktuálně stažená z provozního serveru, ale i historická provozní data, dále softwarový modul virtuální úpravy vody, který simuluje reálnou úpravu vody

45 z virtuálních replik technologických celků nahraných z databáze virtuálních replik, dále softwarový modul matematického modelu úpravy vody, který na základě aktuálních provozních dat modeluje průběh dílčích kroků úpravy vody na jednotlivých technologických celcích úpravy vody, a dále softwarový modul neuronové sítě, který predikuje nadcházející stavy technologických celků provozu úpravy vody na základě historických a v reálném čase naměřených provozních dat stažených z databáze naměřených provozních dat.

50

Podstatnou výhodou technického řešení je skutečnost, že na hlavním serveru probíhá sdílení dat mezi databázemi a softwarovými moduly v reálném čase, takže je možné vytvořit v reálném čase virtuální dvojče úpravy vody se stavem odpovídajícím skutečné úpravě vody. Sdílení dat je

55 realizováno virtuálními komunikačními kanály.

S výhodou je s hlavním serverem komunikačně propojen správcovský terminál pro umožnění interakce správce systému se systémem. Rovněž je výhodné, pokud jsou správcovské terminály tvořeny počítačem, notebookem, chytrým telefonem. Jedná se o prostředky denního použití, na které jsou operátoři provozu a správci systému zvyklí a umějí s nimi intuitivně pracovat. Co se týče terminálu operátora je výhodné pokud je tvořen počítačem, či pultem dispečinku.

Ve variantním provedení systému podle technického řešení je hlavní server virtuálním strojem umístěným v cloudovém prostředí, přičemž jeho propojení s provozním serverem je tvořeno sítí internet. To je výhodné z toho důvodu, že provozované programy vyžadují velký výpočetní výkon a nepřetržitý dohled, aby byl hlavní server online, což je ekonomicky výhodnější svěřit správci cloudového prostředí. Jednotlivé provozní servery úpraven vody se k hlavnímu serveru připojují vzdáleně pomocí sítě internet.

Přínosem systému vytvořeného podle technického řešení je zajištění nepřetržité dodávky kvalitní pitné vody spotřebiteli, a to především v oblastech s nestabilním (množství a kvalita) zdrojem surové vody. Dalším přínosem systému podle technického řešení je minimalizace rizika chybovosti lidského faktoru při řízení kritické vodohospodářské infrastruktury – úpravně vody. Tento nový systém vede k minimalizaci zranitelnosti strojně-technologických celků úpravně vody, a tím i k praktické eliminaci neplánovaných odstávek.

Systém podle technického řešení umožňuje virtuální simulace technologických a procesních opatření pro různé provozní stavy úpravně vody, přičemž díky včasné predikci kvality surové vody pomocí výpočetního algoritmu neuronových sítí dojde k eliminaci provozních rizik. Prediktivní znalost vstupních parametrů do procesu úpravy vody zvýší, spolu se softwarovým modulem simulací v matematickém modelu, robustnost systému kritické infrastruktury z pohledu zabezpečení nepřetržité dodávky kvalitní pitné vody obyvatelstvu.

Mezi výhody technického řešení patří to, že systém nemusí být fyzicky vytvořen v úpravně vody, že stačí pouze navázat komunikační spojení s provozním serverem. Dále je výhodné, že všechny simulace k vytvoření nejvhodnějšího scénáře provozu probíhají bezpečně ve virtuálním prostředí a reálná úpravně vody je řízena bez vedlejších rizik.

Objasnění výkresů

Uvedené technické řešení bude blíže objasněno na následujících vyobrazeních, kde:

obr. 1 znázorňuje blokové schéma architektury systému podle technického řešení s fyzickým hlavním serverem

obr. 2 znázorňuje blokové schéma architektury systému podle technického řešení s hlavním serverem vytvořeným v cloudovém prostředí.

Příklad uskutečnění technického řešení

Rozumí se, že dále popsané a zobrazené konkrétní případy uskutečnění technického řešení jsou představovány pro ilustraci, nikoliv jako omezení technického řešení na uvedené příklady. Odborníci znalí stavu techniky najdou nebo budou schopni zajistit za použití rutinního experimentování větší či menší počet ekvivalentů ke specifickým uskutečněním technického řešení, která jsou zde popsána.

Úpravnou vody se rozumí ta část vodohospodářské infrastruktury mající za úkol vyrobit ze surové vody vodu pitnou. Úpravně vody je vybavena technologickými celky 1, jejichž úkolem je upravit

chemické, fyzikální a mikrobiologické parametry vody. Mezi technologické celky 1 úpravy vody lze například zařadit hrubé filtry, jemné filtry, dávkovače chemikálií, provozní a reakční nádoby a zařízení pro fyzikální úpravu vody atp. Odborník na projektování úpravy vody bude schopen bez vynaložení většího snažení vyjmenovat další možné konkrétní zástupce obecné skupiny technologických celků 1 používaných k úpravě vody v úpravárnách vody.

Důležité je, že technologické celky 1 mohou zahrnovat integrované/dodatečné snímače 5 pro monitorování jejich provozního stavu. Rovněž jsou snímače 5 rozmístěny v potrubí přivádějícím surovou vodu do úpravy vody, transportujícím upravovanou vodu mezi technologickými celky 1 úpravy vody a na výstupu pitné vody z úpravy vody.

Dalším známým a podstatným vybavením úpravy vody je provozní server 3, který přes společnou počítačovou síť 2 úpravy vody sbírá data ze snímačů 5 a dále obousměrně komunikuje s technologickými celky 1 úpravy vody pro monitoring jejich stavu a pro řízení jejich činnosti. Počítačová síť 2 je realizována pomocí LAN kabelů, či přes bezdrátovou síť (Wi-Fi, rádiové sítě mobilních operátorů).

Operátor úpravy vody má přístup k provoznímu serveru 3 přes terminál 4 operátora, kterým může být např. stolní počítač, či v případě větších úprav vody pult dispečinku. Operátor je přes terminál 4 informován o probíhajícímu procesu úpravy vody a v případě nějaké nestandardní situace může ovlivnit činnost technologických celků pro vyřešení této nestandardní situace, aby byla zajištěna nepřetržitá výroba pitné vody.

Ve výše uvedené konfiguraci úpravy vody je operátor odkázán na znalosti a zkušenosti své, či kolegů, které jsou mnohdy získané metodou pokus-omyl, což není zcela vyhovující způsob, neboť špatně odhadnutá situace může způsobit přerušování výroby pitné vody.

Vyvinutý systém je schematicky znázorněn na obr. 1. Systém zahrnuje hlavní server 6, který je opatřen datovým úložištěm 7 pro uložení databází a softwarových modulů. Hlavní server 6 je tvořen počítačem, jehož úkolem je pracovat dle naprogramování za využití dostupných dat. Počítač hlavního serveru 6 musí mít dostatečný výpočetní výkon, aby výsledky ze své práce získával s co nejmenší časovou prodlevou. Pro zvýšení výpočetního výkonu v rámci systému je možné používat více kooperujících hlavních serverů 6.

Hlavní server 6 komunikuje v reálném čase s provozním serverem 3, ze kterého získává aktuální provozní informace o technologických celcích 1 a data z monitoringu pomocí snímačů 5. Propojení je provedeno přes počítačovou síť 2.

Datové úložiště 7 je tvořeno pevným diskem, který musí mít dostatečnou rychlost čtení a zápisu. Ideálním zástupcem pro pevný disk se odborníkovi jeví pevné disky na technologii známé pod zkratkou SSD.

Na datovém úložišti 7 je uložena databáze 8 virtuálních replik technologických celků 1. V této databázi 8 jsou veškeré informace o konkrétních technologiích, které jsou potřeba pro vytvoření virtuálního modelu konkrétní úpravy vody. Např. k jemnému tlakovému filtru mohou být uloženy informace o jeho maximálním efektivním průtoku, dále informace o poslední výměně filtračního materiálu, dále informace k regulaci průtoku tlakovým filtrem, atp. K virtuální replice jsou dostupné stejné informace, jako ke skutečnému technologickému celku 1.

Dále je na datovém úložišti 7 databáze 9 naměřených provozních dat. Uložená historická provozní data jsou cenným zdrojem informací k predikci chování provozu úpravy vody, zejména pro předcházení krizovým situacím včasným rozpoznáním jejich nástupu.

Jako další obsahuje datové úložiště 7 softwarový modul 10 virtuální úpravy vody. Úkolem tohoto softwarového modulu je vytvoření virtuální repliky skutečné úpravy vody za pomoci dat

z databáze 8. Hlavní server 6 pomocí softwarového modulu 10 v podstatě vytvoří virtuální dvojče skutečné úpravny vody, které má ve stejný okamžik k dispozici stejná data, jako skutečná úpravna vody. Systém může simulovat různé scénáře, včetně jejich srovnání s historickými daty pro vytvoření toho nejlepšího možného scénáře provozu skutečné úpravny vody.

5

Dále je na datovém úložišti 7 uložen softwarový modul 11 matematického modelu úpravy vody. Tento matematický model v podstatě ze skutečných dat umožňuje simulaci skutečné úpravy vody, což navazuje na předcházející odstavec, co se týče provedení simulací ve virtuálním prostředí k vytvoření nejvhodnějšího scénáře řízení skutečných technologických celků 1 úpravny vody pro zajištění nepřetržité výroby pitné vody.

10

Jako poslední je na datovém úložišti 7 uložen softwarový modul 12 neuronové sítě. Neuronové sítě se používají ke zpracování velkých objemů dat, ve kterých dokáží nalézt vzájemné vztahy mezi proměnnými a jimi způsobenými důsledky, tzn., že dokáží na základě historických dat predikovat s velkou pravděpodobností nadcházející situace. V případě úpravny vody dokáže softwarový modul 12 na základě dat z databáze 9 o příchozí surové vodě předpovědět jaká bude kvalita surové odpadní vody, načež hlavní server 6 odešle tuto informaci přes provozní server 3 na terminál 4 operátora, a to včetně doporučení, jak má operátor postupovat.

15

20

V hlavním serveru 6 probíhá sdílení dat mezi databázemi a softwarovými moduly v reálném čase. To je zajištěno inicializací virtuálního komunikačního kanálu pro sdílení dat, který může být vytvořen na datovém úložišti 7, či v dočasné operační paměti hlavního serveru 6.

25

Aby mohl být systém ovlivňován správcem systému, je mu umožněn přístup buď přímo na hlavním serveru 6, jeli hlavní server 6 opatřen uživatelským rozhraním, eventuálně přes terminál 4 operátora, či přes správcovský terminál 13, který je k hlavnímu serveru 6 připojen např. přes počítačovou síť internet.

30

Na obr. 2 je znázorněna varianta vyvinutého systému, ve které je hlavní server 6 vytvořen virtuálně v cloudovém prostředí, jehož hardware 14 má dostatečný výpočetní výkon. Správce systému do virtuálního hlavního serveru 6 přistupuje přes správcovský terminál 13, který je připojen pomocí sítě internet. Výhodou cloudového prostředí je, že si správce pronajímá výpočetní výkon aniž by měl na starost modernizaci a údržbu hardware, přičemž je-li potřeba dočasně vyšší výpočetní výkon, může toto pronajímatel cloudového prostředí poskytnout k vykrytí této potřeby vyššího výpočetního výkonu.

35

Průmyslová využitelnost

40

Systém pro monitoring a správu technologických celků úpravny vody podle technického řešení nalezne uplatnění ve vodárenství.

NÁROKY NA OCHRANU

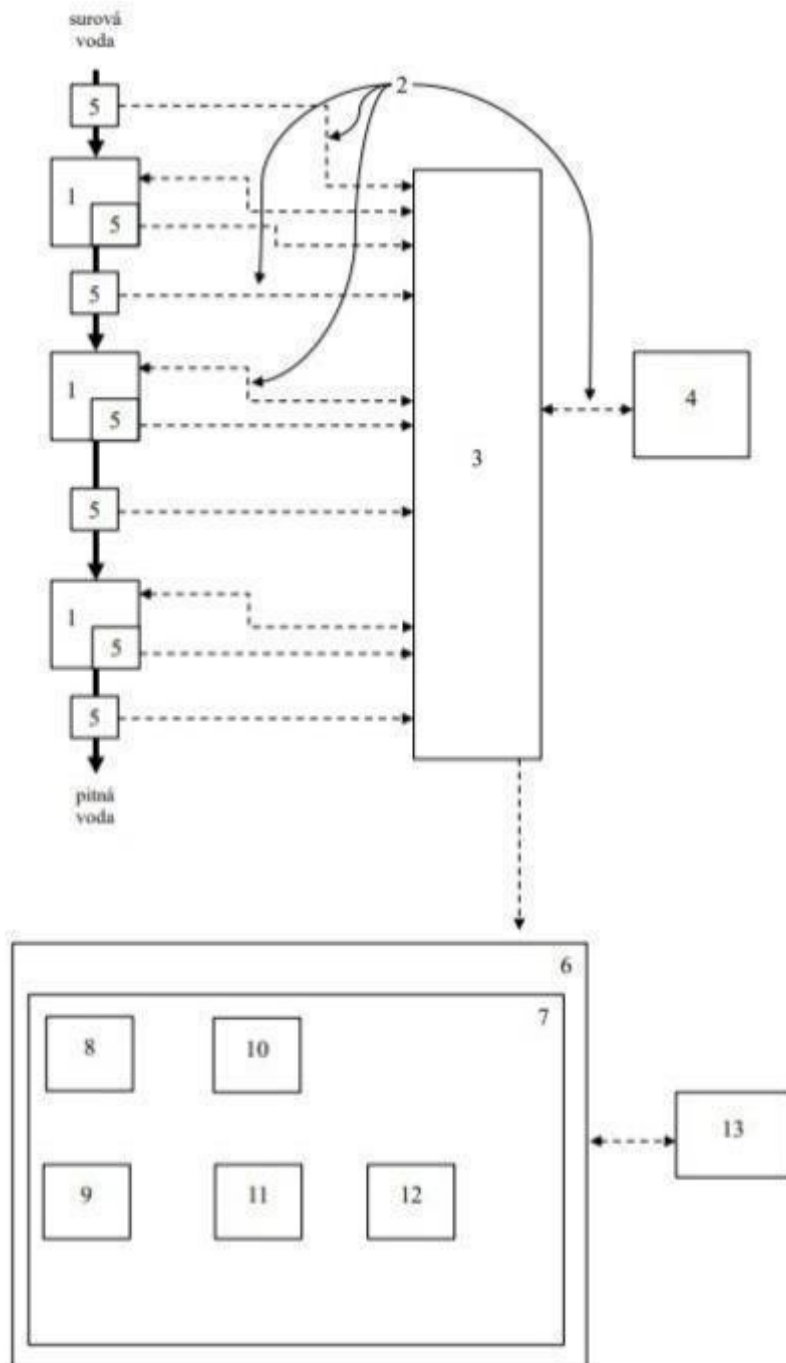
- 5 1. Systém pro monitoring a správu technologických celků (1) úpravní vody, které jsou zapojeny do společné počítačové sítě (2) spolu s provozním serverem (3) úpravní vody, dále spolu s alespoň jedním terminálem (4) operátora a dále se snímači (5) pro monitoring zpracovávané vody v úpravně vody, pro monitoring stavu jakosti vyrobené pitné vody v úpravně vody a pro monitoring provozního stavu technologických celků (1) úpravní vody, **vyznačující se tím**, že je tvořen hlavním serverem (6) majícím datové úložiště (7) pro uložení softwarových modulů a databází, přičemž hlavní server (6) je připojen přes společnou počítačovou síť (2) k provoznímu serveru (3) pro příjem provozních dat ze snímačů (5) a pro výměnu provozních instrukcí k přenosu na terminál (4) operátora, a současně se na datovém úložišti (7) nachází databáze (8) virtuálních replik technologických celků (1) úpravní vody, dále databáze (9) naměřených provozních dat, dále softwarový modul (10) virtuální úpravní vody, dále softwarový modul (11) matematického modelu úpravy vody, a dále softwarový modul (12) neuronové sítě.
- 15 2. Systém podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že k hlavnímu serveru (6) je komunikačně připojen alespoň jeden správcovský terminál (13) pro umožnění interakce správce systému se systémem.
3. Systém podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že terminál (4) operátora je tvořen počítačem nebo pultem dispečinku, a že správcovský terminál (13) je tvořen počítačem nebo notebookem nebo chytrým telefonem nebo tabletem.
- 20 4. Systém podle některého z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že hlavní server (6) vykazuje na datovém úložišti (7) alespoň jeden virtuální komunikační kanál pro sdílení dat mezi databázemi (8, 9) a softwarovými moduly (10, 11, 12) v reálném čase.
- 25 5. Systém podle některého z nároků 1 až 4, **vyznačující se tím**, že hlavní server (6) je virtuálním strojem umístěným v cloudovém prostředí, přičemž jeho propojení s provozním serverem (3) se společnou počítačovou sítí (2) úpravní vody je tvořeno sítí internet.

2 výkresy

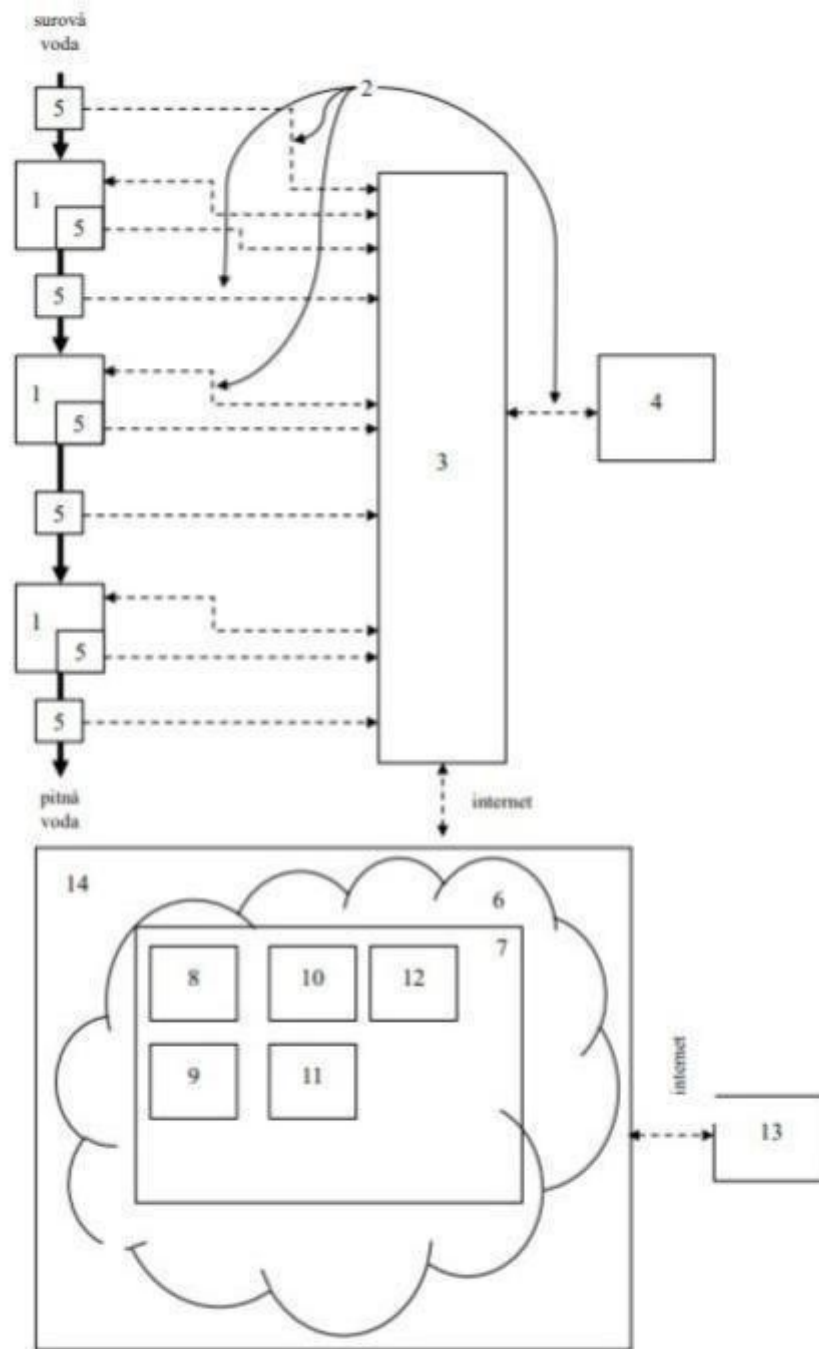
Seznam vztahových značek:

- 1 technologický celek úpravní vody
- 2 počítačová síť úpravní vody
- 3 provozní server úpravní vody
- 4 terminál operátora úpravní vody
- 5 snímač pro monitoring kvality vody nebo provozních stavů technologických celků úpravní vody
- 6 hlavní server
- 7 datové úložiště
- 8 databáze virtuálních replik technologických celků
- 9 databáze naměřených provozních dat

- 10 softwarový modul virtuální úpravny vody
- 11 softwarový modul matematického modelu úpravy vody
- 12 softwarový modul neuronové sítě
- 13 správcovský terminál
- 14 hardware pro provoz cloudového prostředí



Obr. 1



Obr. 2