

Rekonštrukcia čistiarnie odpadových vôd Košice – Kokšov Bakša

Ing. Pavol Bielek

Ing. Martina Hudáková

*Východoslovenská vodárenská spoločnosť, a.s.
ČOV Kokšov Bakša*

Čistenie odpadových vôd územia Košíc je zabezpečované v mechanicko – biologickej čistiarni odpadových vôd s úplným plynovým a kalovým hospodárstvom. Je umiestnená na pravom brehu rieky Hornád, na južnej trati Košice – Čierna nad Tisou, severne od obce Kokšov Bakša.

Stará čistiareň

Mestská ČOV bola uvedená do prevádzky v roku 1964 s kapacitou biologického stupňa čistenia 700 l/s. Riešila otázku len organického znečistenia. V súčasnosti sa využíva ako dažďová nádrž o celkovej kapacite 35 138 m³.

Objektová skladba

Mechanický stupeň

- Usadzovacie nádrže : 4 ks, kruhové, účinný objem 4 x 2166 m³

Biologický stupeň

- Aktivačné nádrže – Hurdov systém 4 x 3 353,5 m³, galéria fenolových vôd 1 480 m³, havarijná nádrž fenolových vôd 4 300 m³
- Dosadzovacie nádrže : 4 ks, účinný objem 4 x 1 820 m³

Súčasný stav

Keďže postupom času došlo k rozsiahlej bytovej výstavbe a rozširovaniu výroby v priemysle, produkcia odpadových vôd vysoko prevýšila kapacitu existujúcej ČOV. Čistiareň tak bola hydraulicky a látkovo preťažená. To bol dôvod na začatie výstavby novej čistiarne s kapacitou 1300 l/s. Nová časť ČOV s novou technológiou bola spustená do prevádzky v roku 2001. Okrem organického znečistenia rieši aj otázku odstraňovania nutrientov – dusíka a fosforu.

Priemerný prítok na prítoku je 950 – 1 000 l/s a počas dňa sa mení. Maximálny bezdažďový prítok je 1600 l/s a maximálny dažďový prítok je 2 500 l/s. V prípade privalových dažďov a topenia snehu je časť odpadovej vody vypúšťaná bez predčistenia do recipientu tak, aby sa neprekročil zried'ovací pomer .

Nová čistiareň rieši preťaženie existujúcej ČOV a bezprostredne na ňu nadväzuje.

Pozostáva z troch častí :

- 1.stavba – predčistenie a mechanická časť
- 2.stavba – rozšírenie biologickej časti (t.j. aktivačné a dosadzovacie nádrže)
- 3.stavba – rekonštrukcia starej čistiarne

V rámci celej stavby sa prešlo na automatický systém riadenia.

Projektové parametre

Prítok do novej ČOV.

Množstvo OV		l/s	m³/d
Priemerné množstvo OV	Q_{priem}	1 300	112 320
Max. bezdažďové množstvo OV	Q_{max}	1 780	153 792
Minimálne množstvo OV	Q_{min}	1 080	93 312

Znečistenie na prítoku do novej ČOV.

Ukazovateľ	mg/l	kg/d
BSK ₅	183	20 555
NL	312	35 044
RL	751	84 352

Znečistenie na odtoku do novej ČOV.

Ukazovateľ	mg/l	kg/d
BSK ₅	20	2 246,4
N-NH ₄ ⁺	5	561,6
N-NO ₃ ⁻	10	1 123,2

Objektová skladba

Mechanický stupeň

- hrubé hrablice - 4 ks
- lapač štrku – 2 ks
- jemné hrablice – 7ks
- lapač piesku - 1ks
- usadzovacie nádrže – 3 ks

Biologický stupeň

- aktivačné nádrže – 13 koridorov
- dosadzovacie nádrže – 6 ks

Kalové a plynové hospodárstvo

- vyhnívacie komory – 4 ks
- uskladňovacie nádrže – 4 ks
- zahusťovacie nádrže – 2 ks
- plynojemy – 2ks
- horáky prebytočného plynu – 2 ks
- kogeneračná jednotka – 1 ks
- homogenizačná nádrž – 1 ks
- mechanické odvodnenie kalu - Centripress

Technologický proces novej ČOV

Mechanické predčistenie OV je zložené z nasledujúcich technologických celkov: lapač štrku, hrubé hrablice, jemné hrablice a lapač piesku. V lapači štrku o objeme 22,74 m³ sedimentujú hrubé častice, ktoré sú sunuté po dne kanalizácie. Za ním nasledujú hrubé hrablice so svetlosťou prútov 60 mm. Zhrabky zachytené na tomto zariadení sú ručne stierané a dopravníkovým pásom transportované do kontajnera. Odpadová voda je následne do ďalšieho procesu čistenia čerpaná závitovými čerpadlami. Pred závitovými čerpadlami je odľahčovací žľab, ktorým je v čase privalových dažďov (alebo topenia snehu) časť odpadovej vody vypúšťaná bez prečistenia do recipientu. Ďalším technologickým stupňom mechanického čistenia sú jemné hrablice so svetlosťou prútov 3 mm a lapač piesku. Jemné hrablice sú strojne stierané a v súčasnosti sú v prevádzke dva kusy zo siedmich. Množstvo zhrabkov produkovaných jedným ekvivalentným obyvateľom je 4 – 6 kg. Hrubé a jemné zhrabky sú po dezinfekcii likvidované spaľovaním. Lapač piesku je prevzdušňovaný tlakovým vzduchom a v chode je vždy jeden koridor z dvoch. Sedimentáciu tuhých častíc, ktoré sa nezachytili v mechanickom predčistení, zabezpečujú tri usadzovacie nádrže. Stavebne sú riešené ako kruhové nádrže o priemere 43 m s horizontálnym prietokom. Sediment, ktorý sa usadí na dne usadzovacích nádrží (primárny kal) je stieraný mostovým zhrabovákcom do zbernej nádrže kalu a následne čerpaný do kalového hospodárstva.

Biologická časť ČOV je riešená ako RDN systém. Ide o aktiváciu s regeneráciou vratného kalu, predradenou denitrifikáciou a následnou nitrifikáciou. Mechanicky vyčistená odpadová voda je na vstupe do aktivačnej nádrže miešaná s regenerovaným vratným kalom v anoxickej kontaktnej zóne. Stavebne je aktivačná nádrž riešená ako 13 koridorov. Denitrifikačná časť dĺžky 16 m je premiešavaná dvomi vrtuľovými miešadlami. Nitrifikačná zóna dĺžky 59 m je prevzdušňovaná dúchadlami firmy Aerzen cez Messnerove platne, ktoré zabezpečujú jemnobublinovú aeráciu aktivačnej zmesi. Tlakový vzduch pre prevzdušnenie je privedený nerezovým potrubným rozvodom z dúcharne. Dúchadla zároveň slúžia aj na výtlak vzduchu pre lapače piesku, ktoré sú napojené na samostatné kompresory umiestnené na pohyblivom moste. Predradená denitrifikácia bola zvolená pri navrhovaní aktivačného procesu z dôvodu zabezpečenia dostatočného prísunu organického znečistenia (BSK₅) pre nitrifikáciu. Do odtokového žľabu aktivačných nádrží sa dávkuje koagulant Fe₂(SO₄)₃ pre chemické zrážanie s cieľom redukovať zostávajúce znečistenie - fosfor v biologicky vyčistených odpadových vodách. Zmes z odtokového žľabu aktivačných nádrží sa privádza do dvoch rozdeľovacích objektov a následne sa rozdeľovaná do jednotlivých dosadzovacích nádrží o priemere 43 m. V šiestich dosadzovacích nádržiach sa vločky aktivovaného kalu oddeľujú od vyčistenej odpadovej vody. Vyčistená odpadová voda prepadá cez prepadové hrany do odtokového žľabu jednotlivých dosadzovacích nádrží, zlieva sa do spoločného kanála a odteká do recipientu. Kal z dna nádrží sa stiera do stredu a odoberá do čerpacej stanice aktivovaného kalu.

Z čerpacej stanice sa prečerpáva do regeneračnej nádrže, z ktorej cez rozdeľovaciu prepadovú hranu vteká do anoxickej kontaktnej zóny, kde je zmiešaný s pritekajúcou mechanicky vyčistenou odpadovou vodou a prebytočný kal sa prečerpáva pred usadzovacie nádrže. Plávajúce nečistoty v dosadzovacích nádržiach sú z hladiny stierané stieracími lištami do odberného objektu a odtiaľ do zbernej nádrže plávajúceho kalu, ktorá je v priestore pod zberným žľabom vyčistenej vody. Na odtoku sa kontinuálne sledujú koncentrácie O_2 , $N-NH_4$, $N-NO_x$, $N-NO_2$, N_{anorg} , P_{celk} ako i teplota vyčistenej odpadovej vody, pH, zákal a vodivosť.

Surový kal (primárny a prebytočný) sa z usadzovacích nádrží dva krát denne čerpá do štyroch oceľových vyhnívacích nádrží o objem $4\,650\,m^3$, ktoré sú určené k anaeróbnemu vyhnívaniu kalov za účelom ich stabilizácie a odbúrania organického znečistenia spojeného s výrobou bioplynu. Ohrev kalu je zabezpečený vo výmennikoch tepla. Miešanie kalu v komorách je zabezpečené pneumaticky kalovým plynom alebo cirkuláciou kalu pomocou čerpadiel. Druhý stupeň stabilizácie kalu tvoria uskladňovacie nádrže o objeme $2\,600\,m^3$, ktoré vznikli rekonštrukciou z bývalých vyhnívacích nádrží starej ČOV. Konštrukčne sú riešené ako kruhové oceľové nádoby s kužeľovým dnom. Prebieha v nich dostabilizácia kalu a oddelenie kalovej vody, ktorá je gravitačne odvádzaná do sacej nádrže vratného kalu. Miešanie kalu je riešené pneumaticky tlakovým vzduchom a hydraulicky kalovými čerpadlami. Ako stupeň zahusťovania kalov pred mechanickým odvodnením slúžia dve zahusťovacie nádrže o objeme $2\,064\,m^3$. Konštrukčne sú to kruhové železobetónové objekty. Kalová voda zo zahusťovacích nádrží je odvádzaná do sacej nádrže vratného kalu a kal je odvádzaný následne na mechanické odvodnenie. Pred mechanickým odvodnením sa kal mieša s tekutým roztokom, ktorý sa pripravuje z vody a kryštalického flokulantu kontinuálnym miešaním v dvoch nasadzovacích nádržiach. Vyvločkovaný kal sa mechanicky odvodňuje v odstredivke – Centripres, pričom kal sa mieša s flokulantom priamo v prívodnom potrubí kalu do odstredivky. Kal sa následne vyváža na medziskládku a odtiaľ je likvidovaný vývozom zmluvnou firmou. Kalová voda z mechanického odvodnenia je odvádzaná do sacej nádrže vratného kalu.

Rekonštrukcia ČOV Košice – Kokšov Bakša

Slovenská republika sa zaviazala, že po vstupe do Európskej únie sa stane vodohospodársky citlivou oblasťou, a preto musí dodržiavať predpisy a limity platné pre takto označenú oblasť – Smernica EU 91/271, ESA. Z dôvodu sprísnenia limitov pre vypúšťané odpadové vody z ČOV Košice - Kokšov Bakša najmä v ukazovateľoch celkový fosfor a celkový dusík a začala modernizácia novej ČOV výstavbou novej anaeróbnej nádrže na odstraňovanie zvýšeného biologického znečistenia pred biologickým stupňom.

Koncepcia čistenia odpadových vôd vychádza zo štúdie, ktorú vypracovala Aquaplus – Belgicko v rámci žiadosti o finančnú pomoc z fondov Európskej únie, konkrétne z fondu ISPA. Navrhované riešenie nezasahuje do systému čerpania odpadovej vody a hrubého predčistenia surovej odpadovej vody. Pri stanovení veľkosti vstupného znečistenia boli preferované namerané hodnoty znečistenia odpadových vôd pritekajúcich na ČOV Košice pred teoretickými údajmi založenými na hodnote znečistenia od ekvivalentného obyvateľa.

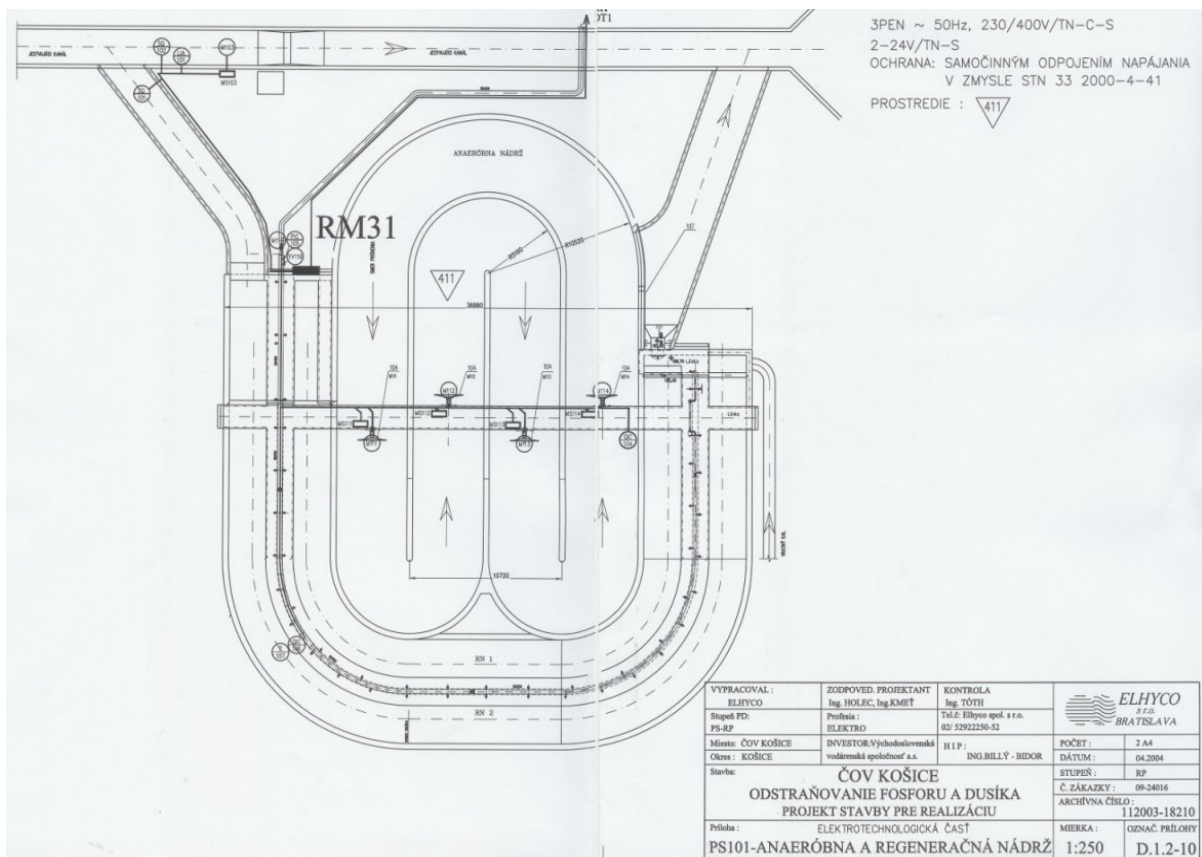
Prestavba zahŕňa anaeróbnu nádrž, rozdeľovací objekt pred anaeróbnou nádržou a napojenie na jestvujúci prítokový kanál do aktivačných nádrží, zahusťovaciu nádrž prebytočného kalu, zahusťovacie zariadenie, nádrž na kalovú vodu, dávkovanie chemikálií, meranie a reguláciu. Odpadové vody z odľahčovacieho objektu budú vedené odbočkou z jestvujúceho prítokového kanála do novobudovaného rozdeľovacieho objektu. V jestvujúcom odľahčova-

com objekte budú na železobetónové prepádové hrany osadené nastaviteľné nerezové prepádové hrany. Osadenie hrán bude za pomoci provizórneho obtokovania jestvujúceho odľahčovacieho objektu. Prívod do anaeróbnej nádrže bude regulovaný v pomere 30 – 100 %, zostávajúca časť bude prevedená do aktivačnej nádrže za účelom dodania potrebného substrátu pre proces denitrifikácie. Anaeróbnú a regeneračnú nádrž o celkovej pôdorysnej rozlohe 54,8 m x 46,40 m tvoria dve uzavreté nádrže so spoločnými stenami, v časti oblúkové a v časti priame. Približne v polovici objektu je nádrž rozdelená na dva samostatné dilatačné celky, A: 25,15 m x 46,40 m a B: 25,15 m x 46,4 m. Vnútoraná anaeróbná nádrž pozostáva zo štyroch traktov, ktorých vnútorná svetlosť je 4 m x 6,20 m v priamej časti o dĺžke 24,5 m a v oblúkových častiach nádrž uzatvárajú polkruhové časti s dvomi polomerami 13,65 m a 6,95 m. Vonkajšia regeneračná nádrž obvodová, ktorá má s vnútornou nádržou spoločné vnútorné steny má takisto priame úseky o dĺžke 24,5 m a 13,4 m a štvrtkruhové úseky s polomerami 6,95 m 11,65 m a vonkajším obvodovým polomerom 16,35 m. Ku nádržiam sú pripojené prítokový a odtokový žľab ako samostatne oddilatované objekty. Prítok do anaeróbnej nádrže a aktivačnej nádrže bude meraný pomocou výšky prepádového lúča naklápacou a pevnou prepádovou hranou. Anaeróbná nádrž úžitkového objemu 5 000 m³ je riešená ako obehová nádrž vybavená 4 miešadlami. Prítok odpadových vôd je z boku nádrže v smere toku vôd. Prítok vratného kalu do anaeróbnej nádrže je zaústený samostatným bočným otvorom priamo z regeneračnej nádrže. Odtok vôd z anaeróbnej nádrže je bočným prepádom do kanála, ktorý je napojený na jestvujúci prívodný kanál. V nádrži bude osadené meranie redox potenciálu. Jestvujúca regeneračná nádrž vratného kalu bude prebudovaná na nádrž vnútornej cirkulácie, tak že sa napojí na odtokové potrubia z AN cez novobudované šachty potrubiami DN 1200 a bude tvorená dvoma nádržami šírky 4,2 m, ktoré sú umiestnené vedľa anaeróbnej nádrže. Prívod vratného kalu je do vstupnej spoločnej časti nádrže potrubím DN 1200. Prevzdušnenie bude zabezpečené prevzdušňovacími elementami, pričom z jednej odbočky sú napojené dva elementy. Tlakový vzduch bude zabezpečený z jestvujúcej dúcharne. Odtok regenerovaného kalu je priamo do anaeróbnej nádrže cez bočný otvor. Do medzistien sa osadia 4 nové čerpadlá vnútornej cirkulácie s reguláciou otáčok pomocou frekvenčného meniča. Meranie prítoku bude na základe výšky prepádového lúča na novej medzistene. V prípade odstavenia anaeróbnej nádrže je možné regenerovaný kal z odtokovej časti prepustiť za rozdeľovací objekt pred anaeróbnou nádržou ručným kanálovým uzáverom.

Prebytočný kal bude privádzaný z čerpacej stanice aktivovaného kalu novo zabudovanými čerpadlami prebytočného kalu do novo budovanej homogenizačnej nádrže o objeme 500 m³, ktorá bude vybavená miešadlom. Kal z nádrže bude odčerpávaný vretenovým čerpadlom ovládaným pomocou frekvenčného meniča na zahusťovacie zariadenie, kde sa zahusťí na 5 – 6 %. Zahustený kal bude vedený do zbernej nádrže o objeme 2 m³. Pre dosiahnutie požadovaného zahustenia kalu bude do kalu dávkovaný flokulant s koncentráciou 0,15 %. Odsadená kalová voda bude kanalizáciou vedená do armatúrnej šachty, z ktorej sa napojí na nádrž kalovej vody. Pre kalovú vodu bude slúžiť rekonštruovaná usadzovacia nádrž o priemere 30,06 m s novým pojazdovým mostom, odtokovou nerezovou prepádovou hranou, stredovou usmerňovacou stenou. Odtok kalovej vody z nádrže bude cez prepádovú hranu do jestvujúcej čerpacej stanice kalovej vody, z ktorej bude prečerpávaná do sacieho bazéna aktivovaného kalu.

Z dôvodu podpory odbúravania fosforu bude inštalovaná stanica simultánneho chemického zrážania fosforu, ktorej výtlačné plastové potrubie bude zaústené na tri dávkovacie miesta: pred usadzovaciú nádrž, pred novú anaeróbnú nádrž, do odtokového žľabu aktivačných nádrží. Koagulant bude skladovaný pri navrhovanej anaeróbnej a regeneračnej nádrži v zásobnej nádrži o objeme 28 m³, odkiaľ bude dávkovaný pred rozdeľovací objekt na usadzovacie nádrže a do odtokového koridoru aktivačných nádrží. Pri nádrži kalovej vody bude zásobná nádrž o objeme 15 m³, odkiaľ bude dávkovaný do potrubia kalovej vody smerom na nádrž kalovej vody.

Z dôvodu podpory odbúravania dusíka bude dávkovaný metanol z dvojplášťovej nádrže o objeme 45 m³ nádrže s meraním hladiny a signalizáciou. Súčasťou bude i havarijná nádrž a čerpacia stanica metanolu so stáčacou plochou.



obr. anaeróbna nádrž

Riadiaci systém

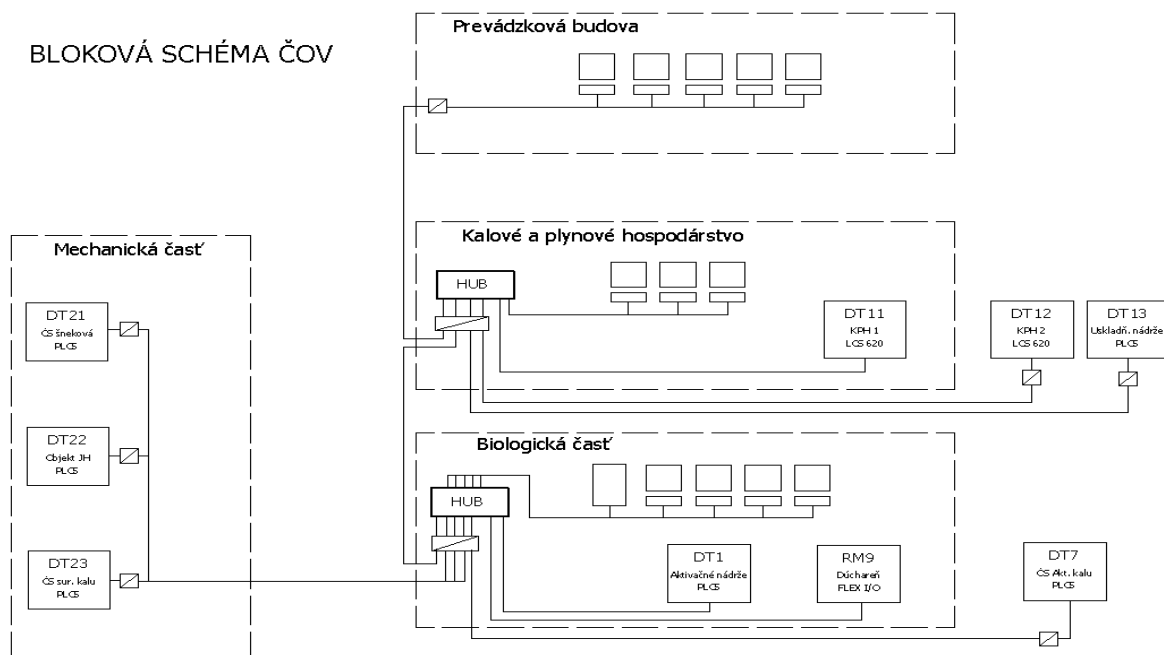
Veľkým prínosom pre súčasnú prevádzku ČOV Košice je riadiaci systém, ktorým je riadené cca 80 % čistiarne odpadových vôd. Využívanie riadiaceho systému oproti starej prevádzke má v konečnom dôsledku dopad i na kvalitu vyčistených odpadových vôd. Jednotlivé technologické celky sú v automatickom režime riadené riadiacim automatom. U nás sú inštalované automaty od firiem Allan Bradley, Honeywell. Tieto sú poprepájané v sieti pomocou optických káblov. Uživatelské rozhranie medzi automatom a operátorom je realizované pomocou riadiaceho systému RS View a Scan 3000.

V dôsledku prísnych požiadaviek kvalitu vody, ktoré sú zakotvené v súčasnosti platnej legislatíve, je potrebné v technologickom procese čistenia odpadovej vody diagnostikovať a regulovať viacero jednotlivých miest. Jedná sa o merania spojených – analógových veličín ako sú prietoky, teplota, výška hladiny, meranie vodivosti, zákalu, pH, obsahu kyslíka, N-NH₄, P-PO₄, P_{celk}, N-NO₂, N_{anorg}, N-NO_x vo vode atď. V rámci rekonštrukcie ČOV Košice – Kokšov Bakša boli sprevádzkované analyzátory TresCon s modulmi pre meranie P-PO₄ (odtok AN), N-NH₄⁺, N-NO_x, N-NO₂, P_{celk} (odtok z ČOV) od firmy WTW. Výstupy zo všetkých modulov sú zaznamenávané v riadiacom systéme, čím sa výrazne skvalitnila kontrola

sledovaných ukazovateľov, nakoľko ich koncentrácie sú teraz sledované každú polhodinu, pričom rozbor v laboratóriu je vykonávaný raz týždenne.

V prípade nespojitých veličín môžeme spomenúť snímanie polohy šupátkových uzáverov, stavidiel, polôh mostov na usadzovacích, dosadzovacích nádržiach ako aj vyhodnocovanie porúch zariadení atď. Tieto body je potrebné vyšpecifikovať na základe postupnosti technologického procesu.

Vzhľadom na rozsiahlosť procesu je riadiaci systém navrhnutý do viacerých častí riadenými PLC automatmi. PLC automaty zabezpečujú autonómne automatické riadenie technologického procesu podľa zadaných algoritmov a nastavených parametrov. Jednotlivé automaty sú navzájom prepojené v podnikovej sieti ETHERNET s protokolom TCP/IP. Pretože sú jednotlivé prevádzky od seba vzdialené, je táto sieť realizovaná aj pomocou optických káblov.



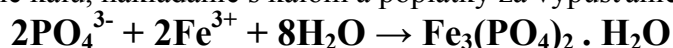
obr. 1. – Bloková schéma siete ETHERNET

Riadiaci systém pozostáva z dvoch hlavných častí, a to z riadiaceho systému, ktorý je tvorený programovateľným automatom a operátorského pracoviska vybaveného počítačmi. Služi na sledovanie a ovládanie technologických procesov.

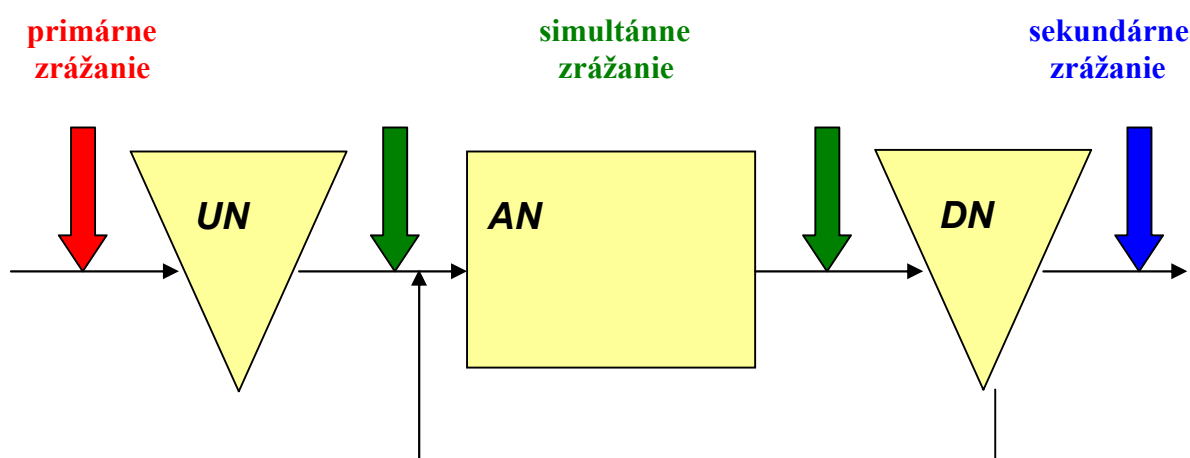
Dispečerské pracoviská po komunikačnej sieti monitorujú proces zberom údajov z PLC a riadia proces formou úprav parametrov PLC. Rozhranie medzi operátorom a riadiacim systémom tvorí vizualizačný program. Vizualizačný program okrem vizualizácie technologického procesu celej prevádzky zabezpečuje aj archiváciu nameraných hodnôt a ich zobrazenie v grafickom priebehu. Okrem ovládania jednotlivých zariadení cez riadiaci systém, je možné aj ručné ovládanie zariadení po deblokácii z príslušných rozvádzačov. Ovládacie a signalizačné prvky sú na dverách rozvádzačov. Ručné ovládanie je určené predovšetkým pre servisné účely. Normálna prevádzka je uvažovaná cez riadiaci systém na základe naprogramovaných algoritmov. Zriadenie riadiaceho systému teda dopomohlo k sledovaniu momentálneho stavu prevádzky priamo zo stredísk a zachytiť tak konkrétne poruchy, ktoré sa vyskytnú počas pracovnej zmeny.

Chemické zrážanie fosforu

Samotný zrážací proces sa skladá zo štyroch častí: dávkovania zrážacieho činidla spojeného s potrebou intenzívneho rozmiešania, zrážania fosfátov a vznik malých vločiek, koagulácie a flokulácie vločiek do väčších agregátov a separácie vločiek pomocou sedimentácie, filtrácie, prípadne flokulácie. Výhodou chemického zrážania je dobré využitie zrážacieho činidla vďaka recirkulácii. Dávkovanie je možné priamo do aktivačnej nádrže, berie do úvahy všetky biologické vplyvy a taktiež má vplyv na zlepšenie kalového indexu. V dôsledku chemického zrážania môže dôjsť k nárastu anorganického podielu v kale, k zníženiu kyselinovej kapacity. Optimalizácia chemického zrážania má vplyv na zníženie nákladov pre zrážacie činidlo, odvodňovanie kalu, nakladanie s kalom a poplatky za vypúšťanie odpadových vôd.



Podľa tejto rovnice na odstránenie 1 g P-PO₄ je potrebné 1,8 g Fe, no v skutočnosti je to viac. Chemické zrážanie fosforu poznáme primárne, simultánne a sekundárne.



Pri primárnom zrážaní sa činidlo dávkuje do lapača piesku alebo pred usadzovaciu nádrž. Vytvorená zrazenina sa odstráni spolu s primárnym kalom v usadzovacej nádrži. Pomer $P_{\text{celk}}/\text{BSK}_5$ nesmie klesnúť na hodnotu inhibujúcu biologické čistenie. Obsah fosforu na vstupe do aktivačných nádrží by mal byť minimálne 1.5 mg/l. Pri tomto spôsobe sa čiastočne odstráni aj organické znečistenie procesom flokulácie, čím sa zníži zaťaženie biologickej časti, čo má nepriaznivý vplyv najmä pre denitrifikáciu. Taktiež môže dôjsť k zvýšeniu kalového indexu. Tento spôsob je vhodný pre aplikáciu v preťažených čistiarnach pre jeho pomerne jednoduchú realizáciu. Pre zrážanie sa môže použiť hlinitá alebo železitá soľ, prípadne aj vápno.

Pri simultánnom zrážaní sa činidlo dávkuje priamo do aktivačnej zmesi a to do vratného kalu na prítoku aktivačných nádrží alebo do odtoku aktivačných nádrží. Ide o najviac rozšírený spôsob, pretože vedie k lepšej separovateľnosti aktivovaného kalu v dosadzovacích nádržiach, čím sa môžu docíliť lepšie čistiace účinky ako i odstránenie organického znečistenia. Možno použiť nielen železitú a hlinitú soľ ale aj soľ železnatú. Vznikajúce hydroxidy zlepšujú sedimentačné vlastnosti aktivovaného kalu. Realizácia je pomerne jednoduchá, vyžaduje len malé stavebné úpravy. Nevýhodou je potrebná kontrola hodnoty pH, prípadne jej úprava prídavkom Ca(OH)₂, pretože prídavkom kyselých reagujúcich solí môže byť inhibovaná nitrifikácia. Taktiež je potrebné rátať so spätným uvoľňovaním fosforečnanov do kalovej vody.

Pri sekundárnom zrážaní sa činidlo dávkuje do biologicky vyčistenej odpadovej vody. Je však technologicky najzložitejšie a investične najnáročnejšie, pretože vyžaduje koagulačnú nádrž a nádrž pre separáciu vyzrážaného kalu. Pri dávkovaní je potrebné predovšetkým dô-

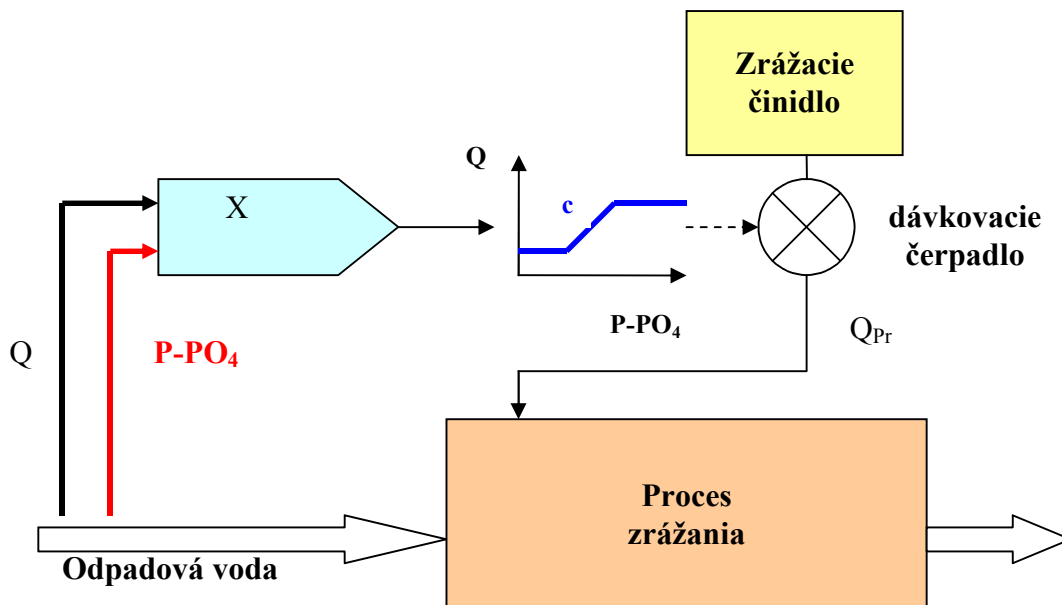
kladné premiešanie zrážadla s vodou. Kal vznikajúci pri tomto spôsobe zrážania môže byť využitý napríklad ako hnojivo. Okrem solí železa a hliníka možno použiť aj $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Pre vypustením vyčistenej vody do recipientu, je však potrebné upraviť hodnotu jej pH, napríklad neutralizáciou.

V súčasnosti sa na ČOV Košice – Kokšov Bakša prevádza chemické odstraňovanie fosforu pomocou simultánneho zrážania do odtokového žľabu aktivačných nádrží s cieľom redukovať zostávajúce znečistenie v biologicky vyčistených odpadových vodách. Dávkuje sa síran železitý PIX tak, aby sa dodržala limitovaná koncentrácia P_{celk} na odtoku z čistiarne odpadových vôd. Stanica simultánneho chemického zrážania fosforu je umiestnená na voľnej izolovanej ploche s odvodnením do kanalizácie. Celý skladovací a dávkovací systém pozostáva zo zásobníka (sklolaminát, polyetylén), dávkovacieho čerpadla, ovládacieho panelu, regulačných ventilov a plastových rozvodov. Z modulu pre P_{celk} je jeho hodnota vyvedená signálom do riadiaceho automatu PLC a odtiaľ do riadiaceho systému RS View.



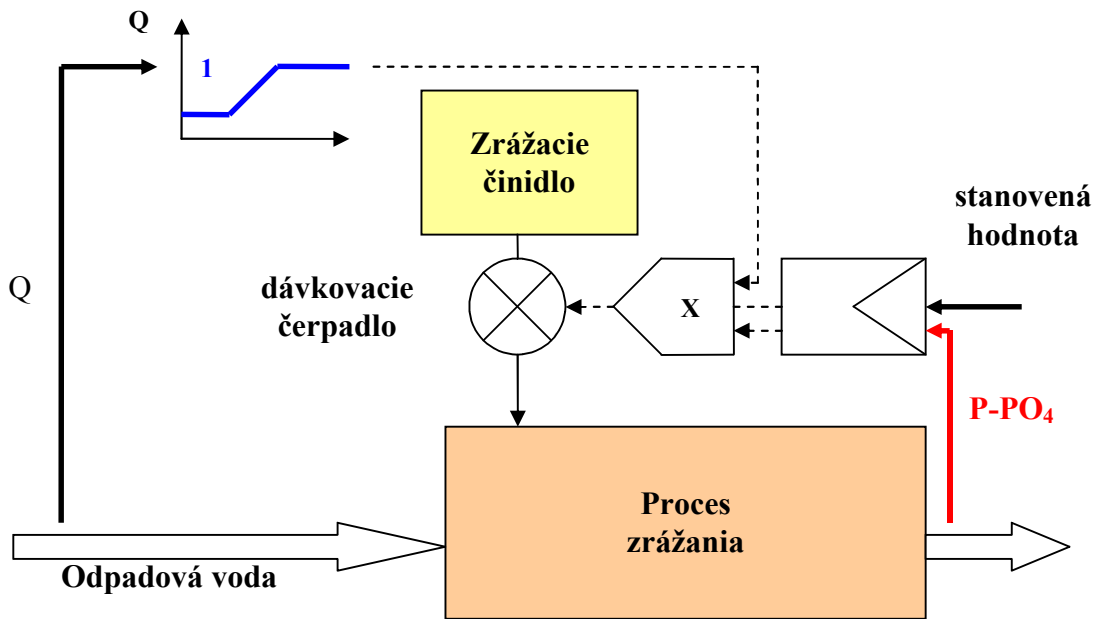
Riadiť dávkovanie zrážacieho činidla pri simultánnom zrážaní fosforu možno viacerými spôsobmi.

Riadenie dávkovania na základe zaťaženia $P\text{-PO}_4$



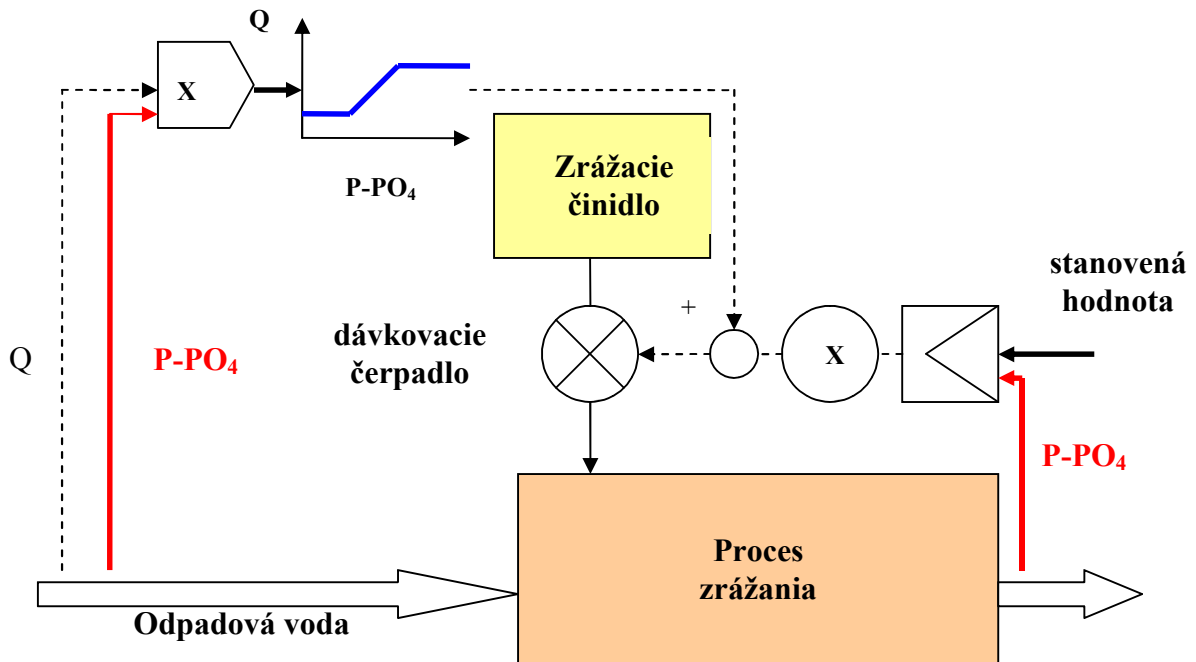
Predpokladom pre toto riadenie je on-line meranie koncentrácie $P\text{-PO}_4$ a prietoku Q . Výhodou je bezprostredná reakcia na zmeny prietoku Q . Nevýhodou je chýbajúca kontrola procesu. Na základe hodnoty nameraného prietoku a koncentrácie $P\text{-PO}_4$ na prítoku do aktivačných nádrží sa stanoví hodnota dávky zrážacieho činidla, ktorú má dávkovacie čerpadlo dávkovať.

Riadenie dávkovania uzatvorenou slučkou na koncentráciu P-PO₄



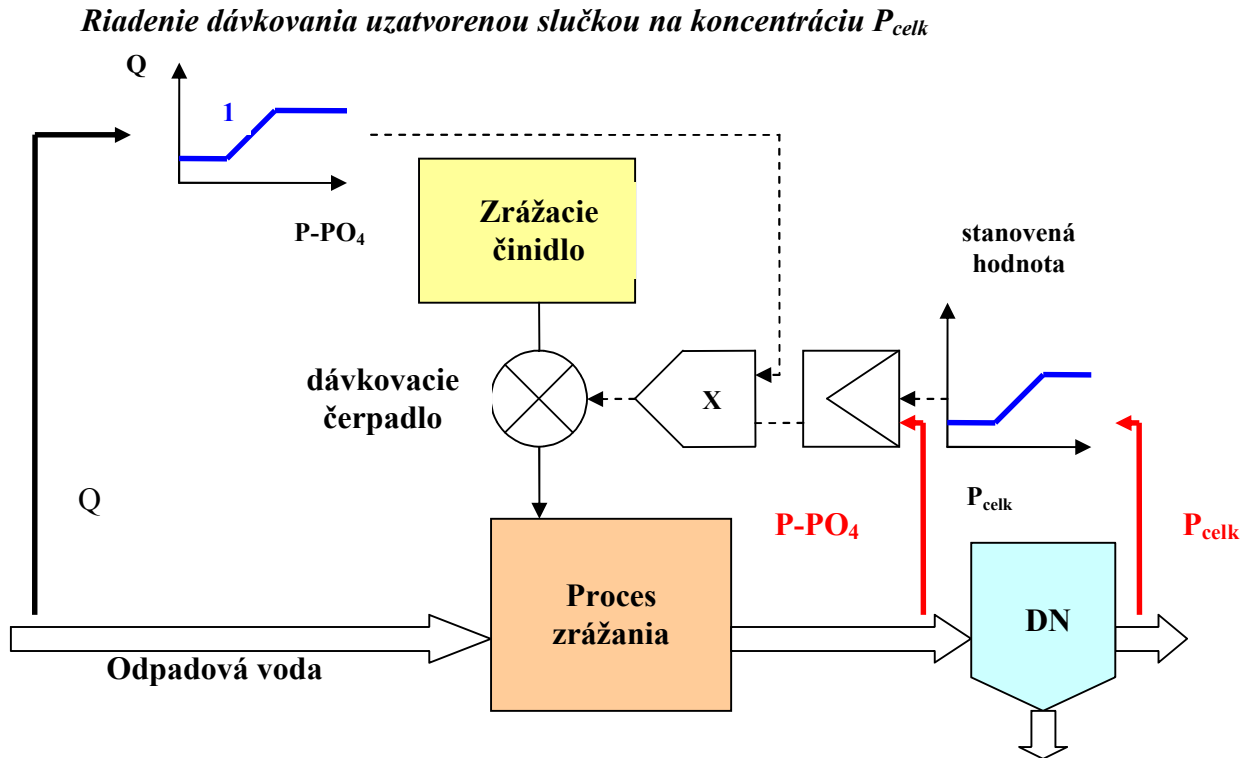
Predpokladom pre toto riadenie je on-line meranie koncentrácie P-PO₄ a prietoku Q. Výhodou je kontrolované riadenie procesu. Pri tomto riadení sa nameraná hodnota koncentrácie P-PO₄ na odtoku aktivačných nádrží porovnáva so stanovenou hodnotou, urobí sa rozdiel a tento sa porovnáva s nameranou hodnotou prítoku odpadovej vody do aktivačných nádrží a je určená dávka zrážacieho činidla, ktorú má dávkovacie čerpadlo dávkovať.

Kombinované riadenie dávkovania so spätnou väzbou a privádzanou hodnotou



Predpokladom pre toto riadenie je on-line meranie koncentrácie P-PO₄ a prietoku Q. Výhodou je kombinácia riadenia spätnou väzbou a privádzanou hodnotou. Riadenie uzatvorenou slučkou tak zabezpečuje okamžité reakcie na zmeny zaťaženia systému, a tým zníženie

spotreby zrážacieho činidla. Nevýhodou je drahý systém riadenia, nakoľko je potrebné meranie $P\text{-PO}_4$ na prítoku do aktivačných nádrží a na odtoku aktivačných nádrží. Dávka je určená na základe porovnania hodnoty prítoku odpadovej vody do aktivácie a hodnoty koncentrácie $P\text{-PO}_4$ a porovnania stanovenej hodnoty a nameranej hodnoty koncentrácie $P\text{-PO}_4$ na odtoku aktivácie.



Predpokladom pre toto riadenie je on-line meranie koncentrácie $P\text{-PO}_4$, P_{celk} a prítoku Q . Výhodou je monitorovanie koncentrácie P_{celk} na odtoku z čistiarne odpadových vôd. Nevýhodou je drahé technické vybavenie. Pri tomto meraní je určená hodnota porovnaním koncentrácie P_{celk} na odtoku z dosadzovacích nádrží so stanovenou hodnotou koncentrácie P_{celk} . Určená hodnota sa následne porovná s hodnotou koncentrácie $P\text{-PO}_4$ na odtoku aktivácie a až potom je vypočítaná dávka so zohľadnením nameranej hodnoty prítoku odpadovej vody do procesu zrážania, teda aktivácie. Práve realizácia tohto spôsobu je plánovaná po ukončení rekonštrukcie čistiarne odpadových vôd Košice – Kokšov Bakša. Meranie potrebných koncentrácií bude pomocou analyzátorov TresCon s modulmi pre P_{celk} , $P\text{-PO}_4$, ktoré sú už v súčasnosti dodané.

Dosiahnuté výsledky v roku 2006 - 2007 na vyústi ČOV Košice – Kokšov Bakša

	CHSK_{Cr} mg/l	BSK₅ mg/l	NL mg/l	N-NH₄ mg/l	N_{celk} mg/l	P_{celk} mg/l
Limit p	50	15	20	5	15	2
Limit m	80	25	40	10	25	4
Dátum						
13.6.2006	26,2	11,12	10,0	4,22	10,22	0,73
27.6.2006	13,1	4,17	13,0	1,41	6,67	0,83
11.7.2006	13,1	4,63	10,0	4,22	12,81	0,79
25.7.2006	13,1	4,85	10,0	1,41	7,98	0,87
8.8.2006	13,1	4,90	4,0	0,2	7,10	0,75
22.8.2006	26,0	7,6	5,0	0,2	8,10	0,71
5.9.2006	15,0	4,8	3,0	0,2	8,20	0,9
19.9.2006	18,0	6,45	3,0	0,2	7,65	0,8
3.10.2006	18,0	6,48	4,0	0,2	8,7	1,10
17.10.2006	32,0	10,20	5,0	0,2	9,6	1,0
14.11.2006	15,0	4,8	3,0	0,55	9,35	0,7
28.11.2006	12,5	4,10	4,0	0,2	10,2	0,9
5.12.2006	6,3	3,0	2,0	0,26	8,39	0,9
12.12.2006	12,5	4,2	2,0	0,42	6,6	0,7
10.1.2007	25,0	12,8	6,0	0,73	7,5	0,86
24.1.2007	18,8	9,6	2,0	0,20	7,55	0,75
13.2.2007	12,5	6,4	2,8	0,0	5,50	0,61
27.2.2007	12,5	5,98	3,6	0,0	5,60	0,55
13.3.2007	25,0	10,90	5,0	0,0	8,60	0,82
27.3.2007	25,0	12,40	4,0	0,0	6,40	0,52
10.4.2007	12,5	6,1	8,0	0,0	10	0,83
24.4.2007	25,3	11,7	6,0	0,0	7,51	2,59