

# **Projekt laboratorní úlohy pro proces denitrifikace s připojením na internet**

Project of laboratory work for denitrification  
process with connection to internet

Bc. Vladimír Abrahám

---

Diplomová práce  
2007



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
Ústav automatizace a řídicí techniky  
akademický rok: 2006/2007

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Vladimír ABRAHÁM**  
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Automatické řízení a informatika**

Téma práce: **Projekt laboratorní úlohy pro proces denitrifikace s připojením na internet**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte literární rešerši způsobů řešení.
2. Provedte analýzu zadání.
3. Navrhněte strukturu systému.
4. Vypracujte jednostupňový projekt.
5. Napište návody pro úlohu.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

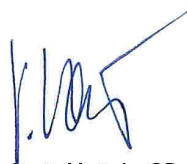
1. HRUŠKA,F. **Technické prostředky automatizace IV. Snímače, převodníky, regulátory, průmyslová výpočetní technika, ovládací jednotky. Učební texty. 3. vyd. Zlín: UTB ve Zlíně, květen 2005, s. 107. ISBN 80-7318-274-2**
2. HRUŠKA,F. **Projektování systémů integrované automatizace. Učební texty. 2. vyd. Zlín: UTB ve Zlíně, 2002, s. 133. ISBN 80-7318-100-2.**
3. **Energetický zákon**
4. **Vlach,J. Řízení a vizualizace technologických procesů. Praha: BEN-technická literatura. 199. 159s. ISBN 80-86056-66-X**
5. **www.evcomp.cz**
6. **www.siemens.cz**
7. **www.endress.cz**

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. František Hruška, Ph.D.**  
Ústav elektrotechniky a měření

Datum zadání diplomové práce: **13. února 2007**

Termín odevzdání diplomové práce: **24. května 2007**

Ve Zlíně dne 13. února 2007



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*děkan*



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*ředitel ústavu*

## ABSTRAKT

Hlavním cílem diplomové práce bylo vytvořit projekt laboratorní úlohy pro proces denitrifikace, který bude realizován na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně. Projekt obsahuje návrh struktury systému, specifikaci přístrojů a zařízení použitých pro realizaci a návod, který uživatelům vysvětlí funkci a ovládání laboratorní úlohy. Dále je zde popsán software Control Web 5, ve kterém je vytvořena vizualizace a ovládání aplikace. Vstupně výstupní jednotka DataLab bude hardwarově řídit celý proces a její zapojení je popsáno ve schématu pro měření a regulaci.

K vytvořené aplikaci v Control Webu budou mít uživatelé přístup jak z lokální sítě tak dálkově přes internet. Ve webovém prohlížeči budou moci studenti i přednášející sledovat jednotlivé měřené veličiny, archivovat data i ovládat zařízení.

Klíčová slova: Denitrifikace, Měření a regulace, Chemické analyzátoři, Control Web

## ABSTRACT

The main objective of this thesis was to create a project of laboratory work for denitrification process, which will be realized at Tomas Bata University in Zlín. The project contains proposition of the system structure, specification of instruments and equipment used for realization, and instructions for users that explains function and operating of the composition. In this work is further described software Control Web 5, which is used for visualization of the process and for operating of the application. Input-output unit Datalab will physically control whole process and its connection is described in the scheme of instrumentation and control.

Users have access to application created in Control Web from local network or internet. In web browser can students and lecturers control equipment, monitor measured values, archive data.

Keywords: Denitrification, Instrumentation and control, Chemical analyzers, Control Web

Děkuji tímto vedoucímu mé diplomové práce Doc. Ing. Františku Hruškovi, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost při konzultacích, cenné rady a připomínky, které mi pomohly v průběhu jejího řešení.

Prohlašuji, že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvolněno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně 22. 5. 2007

.....

Podpis diplomanta

**OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>9</b>
<b>1 PROJEKT LABORATORNÍ ÚLOHY PRO PROCES DENITRIFIKACE</b> .....	<b>10</b>
1.1 STÁVAJÍCÍ ŘEŠENÍ.....	10
1.2 PROJEKTOVÝ ZÁMĚR .....	11
<b>2 PROCES DENITRIFIKACE</b> .....	<b>15</b>
2.1 PŘÍRODNÍ PROCES DENITRIFIKACE .....	15
2.2 VYUŽITÍ PROCESU DENITRIFIKACE .....	16
<b>3 TECHNOLOGIE MĚŘENÍ A REGULACE</b> .....	<b>18</b>
<b>4 CONTROL WEB 5</b> .....	<b>20</b>
4.1 CHARAKTERISTIKA PROGRAMU .....	20
4.2 PROGRAM V CONTROL WEBU .....	22
<b>5 DATALAB</b> .....	<b>25</b>
5.1 DATALAB PC .....	25
5.1.1 Použití DataLabu PC.....	27
5.2 DATALAB PC/IO.....	27
5.3 DATALAB IO.....	29
5.3.1 Modul analogových vstupů AI3 .....	29
5.3.2 Modul digitálních výstupů s relé DO1 .....	31
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>32</b>
<b>6 STRUKTURA SYSTÉMU</b> .....	<b>33</b>
6.1 PROGRAM V CONTROL WEBU .....	35
<b>7 REALIZACE PROJEKTU</b> .....	<b>36</b>
7.1 MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJE .....	37
7.1.1 Měření teploty .....	37
7.1.2 Měření výšky hladiny .....	38
7.1.3 Měření tlaku .....	40
7.1.4 Měření průtoku.....	41
7.1.5 Dávkovací ventil a pohon.....	42
7.1.5.1 Dávkovací ventil .....	43
7.1.5.2 Pohon ventilu .....	44
7.1.6 Měření methanolu .....	45
7.2 PRVNÍ VARIANTA ŘEŠENÍ.....	46
7.2.1 Kontrolér SC 1000 .....	46
7.2.2 Sonda pH.....	47
7.2.3 Sonda O <sub>2</sub> .....	48
7.2.4 Sonda NO <sub>x</sub> .....	49

7.3	DRUHÁ VARIANTA ŘEŠENÍ .....	50
7.3.1	System Liguline M CM42.....	50
7.3.1.1	Sonda pH.....	51
7.3.1.2	Sonda O2.....	52
7.3.2	System Stamosens CNM750.....	53
7.3.2.1	Sonda NOx.....	54
7.4	TŘETÍ VARIANTA ŘEŠENÍ .....	54
7.4.1.1	Měřicí systém Magic XBC .....	54
7.4.1.2	Sonda pH a ISE – NOx .....	55
7.4.1.3	Sonda O2.....	57
<b>8</b>	<b>NÁVOD PRO ÚLOHU .....</b>	<b>58</b>
<b>9</b>	<b>ZHODNOCENÍ NABÍDEK.....</b>	<b>60</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>63</b>
	<b>ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ .....</b>	<b>64</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>64</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>66</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>67</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>69</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>70</b>

## ÚVOD

Současná doba technického pokroku je charakterizována výrazným trendem vytváření veškerých aplikací takovým způsobem, aby se řízení, monitorování, archivace a další nespočetné opakovatelné úkony prováděly na dálku, bez účasti lidských zdrojů. Tyto aplikace mají statisticky ověřené vysoké ekonomické výhody a jsou používány na celém světě. Například zjednodušeně člověk, který pracuje doma, může zadávat příkazy strojům na výrobním lince, nebo automatický systém upozorní zaměstnance na poruchu jakéhokoliv zařízení přes mobilní telefon, anebo tímto způsobem může být zastoupen v neprogramovatelných fázích odborník ve velínu dohlížející na uskutečnění průběhů plně automatického provozu. V oboru měření a regulace je dnes obrovská konkurence, a proto si můžeme vybrat z nepřeberného množství výrobců i distributorů.

Hlavním cílem diplomové práce bylo vytvořit projekt laboratorní úlohy pro proces denitrifikace s připojením na internet.

Projekt lze tématicky rozdělit do několika částí. První se zabývá analýzou zadání a následného řešení. Pomocí dostupné literatury a publikací je popsán chemický proces denitrifikace, aplikace Control Web a vstupně výstupní jednotka DataLab.

Druhá část je věnována popisu celé struktury systému. K tomuto účelu slouží vytvořený program v Control Webu, který simuluje a graficky vysvětluje celý denitrifikační proces. Dále je uvedeno schéma měření a regulace podle kterého se celá aplikace propojí.

Další část se zabývá realizací projektu, tj. specifikací přístrojů. Nechemické měřicí a řídicí přístroje (teplota, výška hladiny, tlak, průtok, ventil) jsou od různých dodavatelských firem, kterých je na našem trhu poměrně dostatek. Pro měření koncentrace methanolu je výběr zúžen na jednu odbornou firmu. Měření chemických veličin (ph, koncentrace O<sub>2</sub>, koncentrace NO<sub>x</sub>) je technicky náročné a finančně nákladné. Preciznost a kvalitu splňují tři vybraní dodavatelé, Hach Lange, Endress a Gryf.

Poslední část je věnována zhodnocení nabídek a vypracování návodu pro úlohu.

Cílem je vytvořit takový návrh, který se hned po dodání měřicích přístrojů dá realizovat.



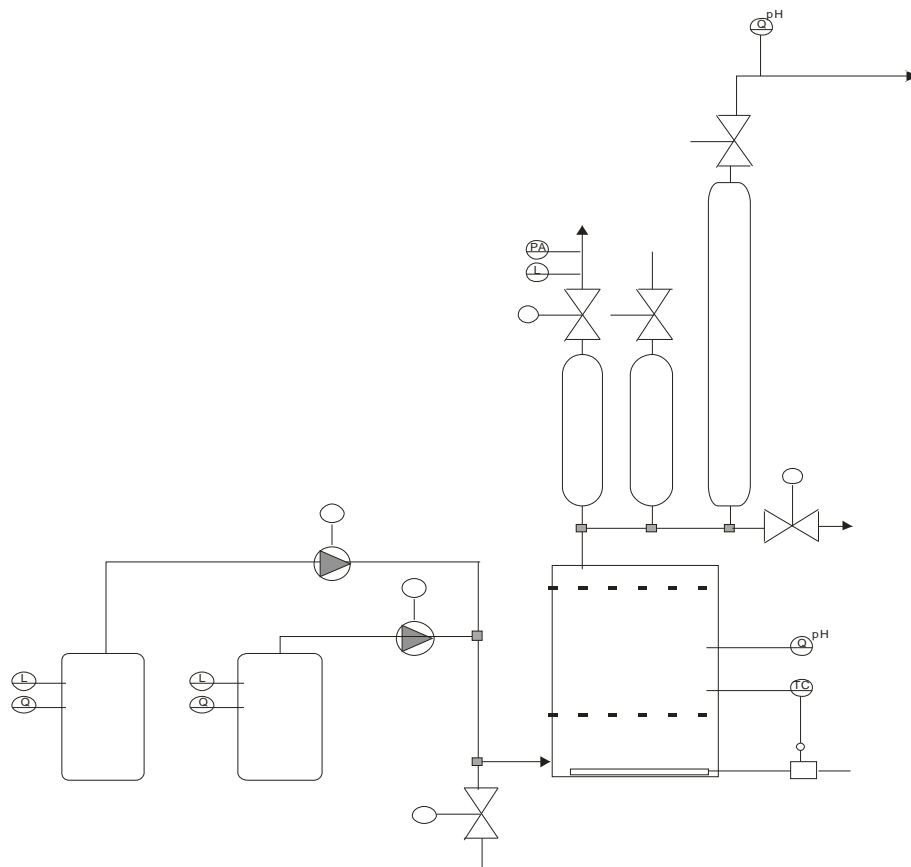
## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 PROJEKT LABORATORNÍ ÚLOHY PRO PROCES DENITRIFIKACE

Cílem projektu je rekonstruovat úlohu denitrifikace na úlohu s dálkovým měřením, sledováním, archivací přes internet.

## 1.1 Stávající řešení

Denitrifikační úloha prezentuje denitrifikační proces biochemické přeměny látek s obsahem dusíku na plyn – na dusík ( $\text{pH} > 7,3$ ) nebo oxid dusný ( $< 7,3 \text{ pH}$ ). Schéma viz obr. 1. V zásobníku A je zásobní roztok 13,6 g  $\text{NaNO}_3$ , 110,4g  $\text{NaNO}_2$ , 0,3 g  $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$  v celkovém objemu 2 l. Zásobník B má zásobní roztok 33,2 ml methanolu v 1 l objemu. Kolona C je litinový válec s perforovanou přepážkou z novoduru se zakotvenou biomasou (aktivovaný kal). Horní víko je napojeno na plynomet D, kde lze měřit objem produkovaného plynu (cca 12  $\text{dm}^3$ ). Výstup čisté vody je přes zásobníky E a F.



Obr. 1 Schéma úlohy denitrifikace

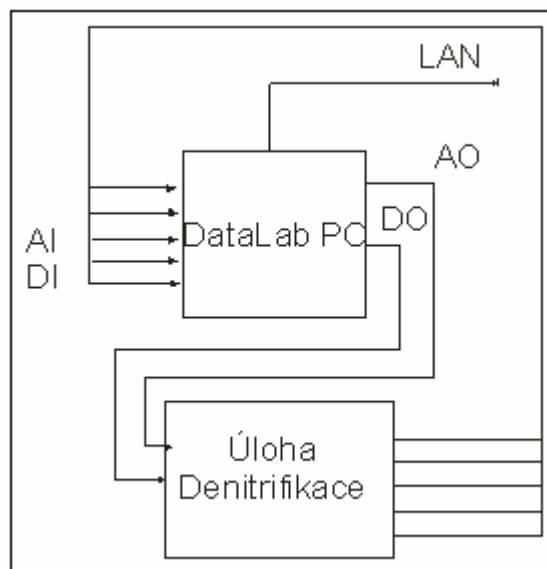
## 1.2 Projektový záměr

Pro naplnění uvedeného cíle je nutné stávající zařízení osadit elektronickým měřením daných parametrů, zařízením centrální výpočetní jednotky s napojením na LAN a Internet.

Značka místa	Místo	Veličina
L A1	Zásobník A	Hladina 0-0,3 m
L B1	Zásobník B	Hladina 0-0,3 m
Q NO <sub>x</sub> -	Zásobník A	Koncentrace NaNO <sub>3</sub> - 0-0,7 %; NaNO <sub>2</sub> 0-6 %
Q methanol	Zásobník B	Koncentrace 0-4 % Methanol
HC1	Vstup C	Zap/vyp
HC2	Vstup C	Zap/vyp
HV1	Vstup C	Zap/vyp
Q O <sub>2</sub> C3	Zásobník C	Disolved O <sub>2</sub> - 0-30 mg/l
Q pH C1	Zásobník C	pH 0-14 pH
T C2	Zásobník C	Pt1000 0-50 °C
L D1	Zásobník D	hladina 0-0,3 m
HV2	Zásobník D	Zap/vyp
Q pH F1	Zásobník F výstup	pH 0-14 pH
Q NO <sub>x</sub> -	Zásobník F	Koncentrace NaNO <sub>3</sub> - 0-0,7 %; NaNO <sub>2</sub> 0-6 %
F F3	Zásobník F	průtok 0,35 dm <sup>3</sup> /l-1

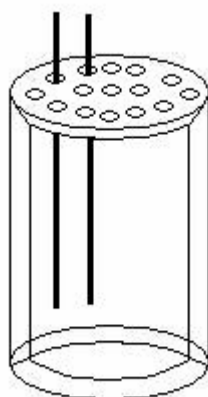
Tab.1. Požadavky na MaR

Podle výsledků nabídkového řízení je navržen systém MaR podle schématu:



Obr. 2 Systém řízení projektu

Rekonstrukce zařízení vyžaduje také nové některé části zařízení. Důvodem je zajištění kvalitní instalace prostředků měření do technologie. Do stávající skleněné konstrukce nelze moderní elektrické snímače instalovat. Proto je navrženo řešení se skleněným válcem, s dolním a horním víkem s nerezové oceli a sestavením pomocí šroubů a těsnění. Jedná se o nové části A, B, C, případně i E.



Obr. 3 Zásobník nerez – sklo

Řešení a realizace využívá prostředků dodavatelů. Důvodem je nutnost profesionálního řešení s možností garance provozu po dobu dvou roků. Seznam dodavatelů s popisem dodávaných prostředků v následující tabulce.

Značka	Místo	Veličina	Řešení	Poznámka, prostředí
L A1	Zásobník A	Hladina 0-0,2 m	Dinel	Odpadní voda
L B1	Zásobník B	Hladina 0-0,2 m	Dinel	Odpadní voda
Q NO <sub>x</sub> <sup>-</sup>	Zásobník A	Koncentrace NaNO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 0-7 % NaNO <sub>2</sub> 0-6 %	Hach Lange, Endress, Gryf	Odpadní voda
Q methanol	Zásobník B	Koncentrace 0-4 %	P & MIP	Koncen. voda
HC1	Vstup C	Zap/vyp	Software	Stávající p.čerp.
HC2	Vstup C	Zap/vyp	Software	Stávající p.čerp.
HV1	Vstup C	Zap/vyp	Belimo	Dávk.ventil
Q O <sub>2</sub> C3	Zásobník C	Disolv. O <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Hach Lange, Endress, Gryf	Odpadní voda

		0-30 mg/l		
Q pH C1	Zásobník C	pH 0-14 pH	Hach Lange, Endress, Gryf	Odpadní voda
T C2	Zásobník C	Pt1000 0-50 °C	Regmet	Odpadní voda
L D1	Zásobník D	hladina 0-0,2 m	Dinel	voda
HV2	Zásobník D	Zap/vyp	Belimo	Dávk.ventil
Q pH F1	Zásobník F výstup	pH 0-14 pH	Hach Lange, Endress, Zullig	voda
Q NO <sub>x</sub> <sup>-</sup>	Zásobník F	Koncentrace NaNO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 0-7 % NaNO <sub>2</sub> 0-6 %	Hach Lange, Endress, Stip	voda
F F3	Zásobník F	průtok 400 ml/h	Bronkhorst	voda

Tab. 2 Seznam dodavatelů

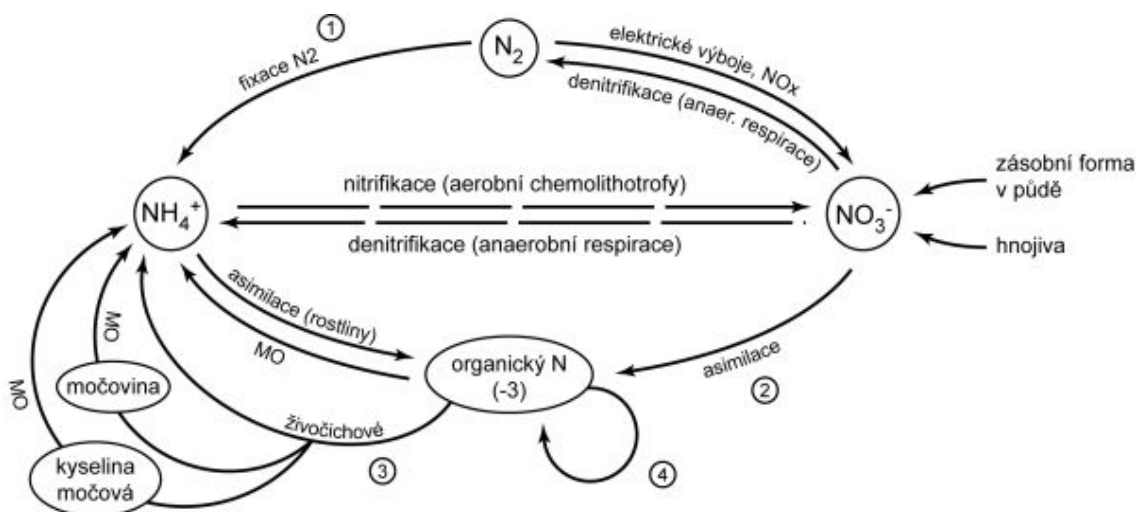
## 2 PROCES DENITRIFIKACE

Denitrifikace je proces, při kterém se za anaerobních podmínek (bez přístupu kyslíku) redukuje dusičnany a dusitany ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ) na plynný dusík nebo jeho oxidy ( $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ). Tento proces zbavuje vodu všech rozpuštěných dusitanů a dusičnanů.



### 2.1 Přírodní proces denitrifikace

Denitrifikace je proces přeměny oxidovaných forem dusíku ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ) na plynné metabolity, zejména oxid dusný a molekulární dusík. Denitrifikace je běžná ve většině půd a představuje mechanismus, kterým se dusík vrací ve formě plynů do atmosféry. Pokud je hlavním nebo dokonce jediným produktem denitrifikace molekulární dusík, nepředstavuje denitrifikace žádné nebezpečí pro životní prostředí - atmosféra Země je tvořena převážně dusíkem. Pokud je však produktem denitrifikace oxid dusný, vede denitrifikace ke zvyšování jeho negativního působení v atmosféře. Oxid dusný je významný plyn s radičním účinkem (zvyšuje skleníkový efekt atmosféry) a po určitých přeměnách se také podílí na odbourávání stratosférického ozonu. Emise oxidu dusného z půd jsou tedy nežádoucí a tomuto problému se věnuje velká pozornost. Přesto není dosud k dispozici dostatek experimentálních dat. Půdy pastvin představují potenciálně velmi významný zdroj oxidu dusného. Vzájemný poměr produktů denitrifikace ovlivňují i faktory vnějšího prostředí, jako je pH půdy, aerace aj. [1]



Obr. 4 Přírodní proces denitrifikace

## 2.2 Využití procesu denitrifikace

### Biologické čištění odpadních vod

Princip komplexního čištění odpadních vod je založen na biologickém čištění jednotným biologickým heterogenním kalem udržovaným ve vznosu, s předřazenou denitrifikací. Zdrojem uhlíků pro procesy denitrifikace je samotné organické znečištění odpadní vody bez nepřítomnosti vzdušného kyslíku dvojitou jemnobublinou aktivaci-nitrifikací. V dosazovací nádrži dochází k sedimentaci aktivovaného kalu, jeho oddělení do vyčištěné vody a k přečerpávání přebytečného aktivovaného kalu mamutkou do denitrifikační části čistírny. Průtok ČOV probíhá kontinuálně. Splaškové odpadní vody přitékají gravitační kanalizací do čistírny, do vyjímatelného pneumatického dezintegrátoru hrubých mechanických nečistot. K degradaci odpadů pomáhá kalová mamutka. Denitrifikační část tvoří prostor oddělený přepážkou do prostoru aktivace a je míchán pomocí hydropneumatického čerpadla bez přítomnosti kyslíku. Aktivovaný kal z prostoru denitrifikace obtéká spodním otvorem v dělicí stěně do aktivační - nitrifikační části a vrchním otvorem do aktivační - nitrifikační části. Zde dochází za intenzivního okysličování provzdušňovacími válci k biologickým procesům čištění. Aktivační směs poté natéká do dosazovací nádrže, kde se kalová voda uklidní a dojde k sedimentaci aktivovaného kalu (oddělení) od vyčištěné vody. Ve spodní kónické části dosazovací nádrže je umístěno sání mamutky, která zajistí recirkulaci aktivovaného kalu do prostoru denitrifikační části reaktoru. Přebytečný kal se odstraňuje cca 2x za rok odčerpáním z denitrifikační, nebo aktivační části pomocí fekálního vozu, kalového čerpadla apod. Odčerpaný přebytečný kal je biologicky aerobně stabilizovaný a je ho možné tekuté formě přímo využít v zemědělství. [2]

### Denitrifikace spalin

Denitrifikace spalin je považována za technicky velmi obtížné. Kouřové plyny obsahují různé oxidy dusíku, přibližně 95 % je oxidu dusnatého NO, asi 5 % oxidu dusičitého NO<sub>2</sub>, při teplotách pod 900 °C vzniká i oxid dusný N<sub>2</sub>O. Organický dusík je obsažen v palivu i ve vzduchu při spalování. Kolik se ho oxidací atmosférického dusíku dostane do spalin závisí na teplotě a na obsahu kyslíku v zóně hoření.



Metody snížení NO<sub>x</sub> jsou dvojí: primární, kdy se snažíme zabránit jejich vzniku řízením průběhu spalování a konstrukcí kotlů (lze snížit emise NO<sub>x</sub> o 40-60 % při relativně nízkých nákladech) a sekundární, kdy se likvidují již vzniklé oxidy dusíku. Používají se přitom selektivní katalytické a nekatalytické redukce.

Selektivní katalytická redukce probíhá ve speciálním reaktoru. Katalyzátorem jsou oxidy vanadu, molybdenu nebo wolframu na nosiči z oxidu titaničitého. Do spalin se vstříkuje amoniak a směs se vede přes katalyzátory, kde vzniká elementární dusík a voda. Tato metoda je dražší, ale obsah NO<sub>x</sub> ve spalinách lze snížit o 80-90 %. [3]

### 3 TECHNOLOGIE MĚŘENÍ A REGULACE

Systémy Měření a regulace (dále jen MaR) v tradičním pojetí jsou chápány jako více či méně oddělené systémy, z nichž každý řídí svou část technologie tak, aby byl optimalizován chod této technologie z hlediska jí samé a ne z hlediska potřeb jejích služeb pro chod zařízení v daném okamžiku.

Návrh systému MaR obvykle zahrnuje vytipování odpovídající měřicí techniky optimální z hlediska technologie, způsob montáže na technologické zařízení a návrh měřicího rozsahu. Realizace představuje vypracování projektové dokumentace, dozor při montáži, oživení a uvedení do provozu.

Další důležitou podmínkou úspěšného návrhu je velmi úzká spolupráce mezi projektantem a programátorem, jinak návrh nemůže být optimální. Rozvoj těchto systémů je velmi rychlý, zvláště v posledních zhruba 4. letech. Je obtížné sledovat vývoj a neustrnout u starších zavedených systémů. Z těchto důvodů je dobré, aby programátor měl vliv na projekt a dostal se k projednávání se zákazníkem hned v prvních fázích projektu a to i v částech návrhu technologií a ne jen pro tzv. MaR.

Projektanti při navrhování techniky MaR respektují nejen požadavky a možnosti zákazníka, ale uplatňují ve všech projektech následující základní kritéria:

- Moderní řídicí technika
- Maximální komfort a spolehlivost zařízení
- Minimální spotřeba energie
- Cenová dostupnost
- Otevřenost systému, tzn. že je možné dále regulaci doplňovat dle požadavku zákazníka i - v pozdějším období (postavení nových objektů)
- Autonomní provoz řídicího systému, tzn. že automat samostatně podle v něm uloženého programu a na základě naměřených veličin od připojených periférií ovládá celou technologii bez zásahu obsluhy
- Programovatelnost procesorů, tzn. chod každé technologie a podmínky, za kterých bude technologie v provozu, je možné popsat programem, který je uložený v procesoru podstanice.

Pro každou aplikaci můžete plně respektovat její zvláštnosti, které je odlišují od standartu. modularita podstanic, tzn. že řídicí podstanice je možné poskládat z modulových karet, přesně podle specifikace každého projektu. komunikace s jinými podstanicemi. ovládání podstanice obsluhou přímo u technologie. připojitelnost na nadřazený dispečinkový systém (dispečink může být i kilometry vzdálený od řídicí autonomní podstanice).

Rozsah činnosti technologie Mar:

- Klimatizace čistých prostorů (zdravotnictví, speciální výroba)
- Bazény, balnea provozy
- Teplovzdušné vytápění výrobních hal a prostorů s běžnými požadavky na čistotu prostředí (úřady, banky, školní komplexy, státní ústavy, aj.)
- Vzduchotechnická zařízení pro průmyslové provozy včetně komplexních systémů zpětného získání tepla z odváděného znehodnoceného vzduchu (rekuperace)
- Chemické a procesní systémy
- Inteligentní budovy

## 4 CONTROL WEB 5

Prostředí pro ovládání úlohy a celé stránky je realizováno pomocí programu Control Web 5. V Control Webu je vytvořena aplikace, která bude běžet na http serveru a budete k ní mít přístup odkudkoliv ze světa přes síť internet.

### 4.1 Charakteristika programu

Program Control Web 5 od firmy Moravské přístroje a.s. patří k velice rozšířeným produktům určeným pro vývoj průmyslových SCADA/HMI aplikací. Jedná se o objektově orientovaný grafický generátor umožňující monitorování, řízení, bilancování a trendování technologického procesu. Vyznačuje se snadnou konfigurovatelnou objektově orientovanou

grafikou s vlastním grafickým editorem. Control Web 5 pracuje v prostředí operačních systémů implementujících aplikační programové rozhraní Win32 a podporuje řadu průmyslových standardů.

Control Web 5 koncepčně vychází z osvědčené architektury svých předchůdců Control Panel a Control Web 2000. Nasazení těchto systémů od jaderných elektráren a celopodnikových informačních systémů až po přímé řízení jednotlivých strojů dokazuje velmi široké možnosti těchto produktů. Control Web 5 stále zůstává daleko před veškerou konkurencí v oblasti konektivity a podpory internetových a intranetových technologií. Distribuovanost, dokonalá propojenost v počítačových sítích a vestavěný HTTP server je u tohoto systému i nadále naprostou samozřejmostí.

Control Web může pracovat stejně jako spousta jiných SCADA/HMI systémů používaných v průmyslu. K dispozici jsou všechny komponenty nutné k tvorbě vizualizačních aplikací - zobrazovací a ovládací prvky, alarmy a archivy, historické trendy apod. Navíc ale dodává skutečnou programovatelnost a otevřenou, komponentovou architekturu. Množina virtuálních přístrojů není pevně dána a zabudována v systému. Každý přístroj je dynamicky linkovaná knihovna detekovaná při startu systému. Není problém množinu virtuálních přístrojů libovolně rozšiřovat. [4]

### Control Web:

- Umožňuje práci v reálném čase. Nespolehá se na tzv. databázi tagů, která je aktualizována tzv. "maximální možnou rychlostí" (což v praxi může znamenat i intervaly několika desítek sekund mezi komunikacemi s automaty připojenými přes DDE). Každý vstupně/výstupní kanál je čten přesně v době, kdy jej nějaký virtuální přístroj (nebo skupina virtuálních přístrojů) požaduje. Real-time časování je přesně monitorováno a řízeno.
- Umožňuje sekvenční řízení procesů. Virtuální přístroje nemusí být aktivovány "když systém usoudí", ale v přesně definovaném čase a v přesně definované sekvenci.
- Umožňuje tvorbu skutečně distribuovaných řešení. Nemáme na mysli pouhou replikaci množiny tagů přes NetDDE v NetBIOS sítích, ale skutečné zpřístupnění libovolného datového elementu všem spojeným aplikacím po libovolné TCP/IP síti včetně Internetu. Virtuální přístroje mohou být aktivovány po síti a i metody dynamického rozhraní virtuálních přístrojů mohou být volány po síti. Síťová komunikace může být samozřejmě precizně časována a řízena k dosažení optimálního výkonu.
- Umožňuje vizualizaci technologií prostřednictvím internetových standardů HTTP a HTML pomocí libovolného WWW klienta, ať již pracuje v prostředí MS Windows, Apple Macintosh nebo UNIX či Network Thin Client. Přitom se nejedná o pouhý přístup do nějakého existujícího HTTP serveru, např. Microsoft IIS běžícího pod Windows NT Serverem. Control Web obsahuje plnohodnotný HTTP server dynamicky tvořící stránky podle stavu technologie pracující i na obyčejných Windows 95 (obr.2). Navíc dokáže prostřednictvím HTTP a HTML technologii i řídit.
- Naprosto nezávisí na použitém hardware. Native ovladače dokáží pracovat mnohonásobně efektivněji než např. DDE ovladače. DDE je samozřejmě plně podporováno spolu s OPC (OLE for Process Control) a řadou dalších standardů pro průmyslové automaty, samostatné moduly a měřicí karty. Rozhraní ovladačů je plně

dokumentováno a otevřeno, takže každý si může doplnit ovladač podle svých potřeb.

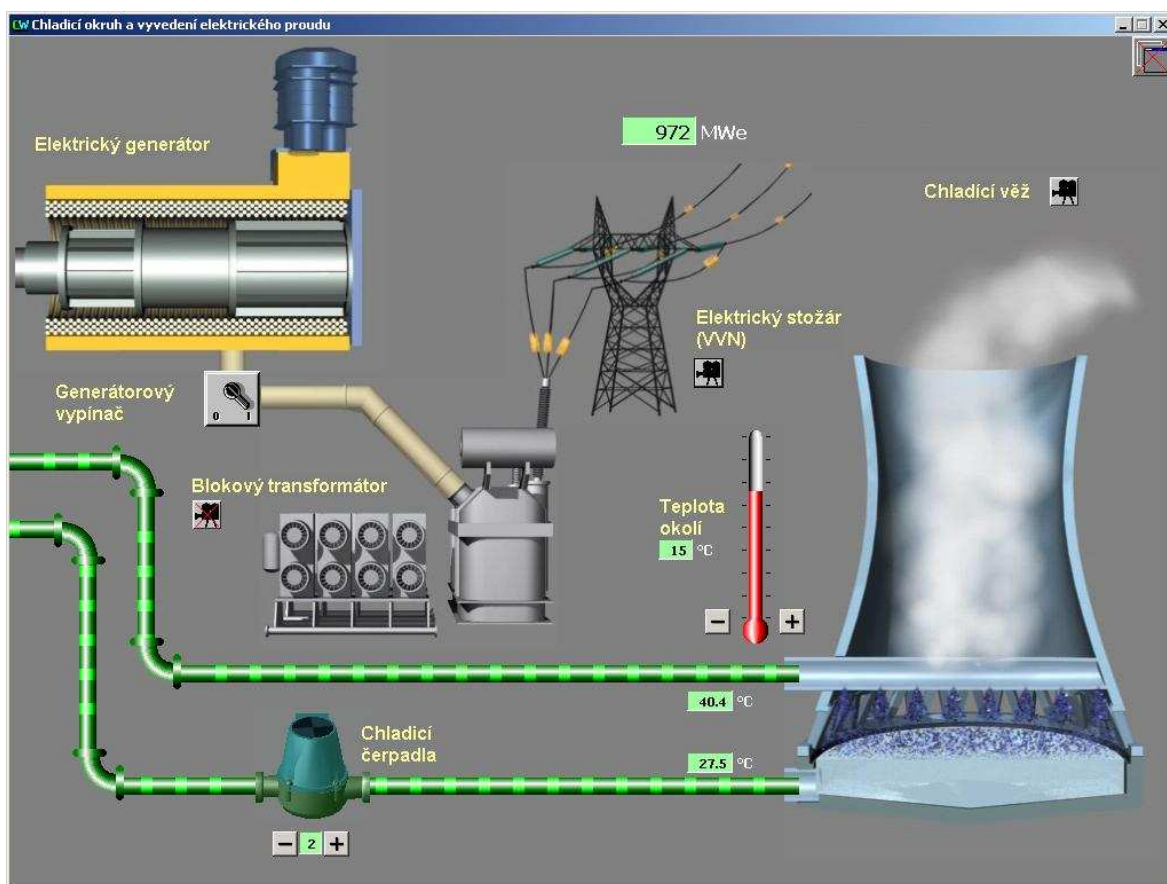
- Vzestupná kompatibilita aplikací mezi systémy Control Panel, Control Web 2000 a Control Web 5 rozšiřuje jedinou architekturu na nejširší škálu hardware - od bezdiskových PC-kontrolérů s 2 až 4 MB paměti po multiprocessorové Windows servery.
- Snadnost používání může redukovat programování na několik pohybů myši. Průvodci budují kostru aplikace a navigují uživatele přes počáteční stádia návrhu aplikace. Integrované vývojové prostředí umožňuje kdykoliv přecházet mezi textovým módem a grafickým módem návrhu.
- Podporuje nejrozšířenější průmyslové standardy pro výměnu dat a spolupráci mezi aplikacemi - COM/OLE, ActiveX, ODBC, SQL.
- Vaše aplikace vyvíjené na stolním počítači snadno přenesete do prostředí embedded systémů na bázi Windows CE.
- Neobyčejně rozsáhlá funkčnost je soustředěna do jediného nástroje - od vizualizace po digitální zpracování signálů, od řízení procesů po dálkovou diagnostiku strojů po Internetu.[5]

## 4.2 Program v Control Webu

Aplikační program v systému Control Web je sestaven z jednotlivých virtuálních přístrojů. Těmito přístroji jsou různé typy zobrazovacích elementů (různé měřicí přístroje, grafy, osciloskop, ikony apod.), řídicí prvky (přepínače, tlačítka, knoflíky aj), archivační elementy, prvky pro obsluhu alarmů, ale i obecný kontejner pro zobrazení Active X komponenty) apod. Tyto přístroje je možné pomocí myši interaktivně rozmisťovat na jednotlivé panely do jednotlivých oken.

Každý virtuální přístroj má specifické editovatelné vlastnosti (které je ale možné prostřednictvím volání příslušných metod měnit i za běhu aplikace). Tak např. voláním specifické metody můžeme přístroj zneviditelnit, nebo naopak nezobrazený přístroj můžeme na obrazovce zviditelnit. V každém virtuálním přístroji můžeme definovat jeho (zvnějšku přístroje neviditelná) data (atributy) a příslušné procedury (metody) reagující na

nejrůznější události – např. na aktivaci přístroje. Každý přístroj může posílat zprávy jiným přístrojům v aplikaci: může je např. aktivovat, nebo způsobit spuštění jejich specifických metod (procedura uvnitř jednoho přístroje může volat metodu – tj. lokální proceduru jiného přístroje).



Obr. 5 Ukázka aplikace v Control Webu

Virtuální přístroj nemusí vždy být jen zobrazitelná komponenta. Krom viditelných virtuálních přístrojů se v aplikaci hojně využívají i neviditelné virtuální přístroje. Typickým "neviditelným" (lépe řečeno na obrazovce vytvářeného "velínu" nezobrazitelným) virtuálním přístrojem je tzv. přístroj "program". Program je v obecná komponenta, kde můžeme definovat její atributy – tj. lokální data (konstanty, automatické a statické proměnné) a její metody – lokální procedury komponenty. Krom procedury "OnActivate", vyvolávané vždy při aktivaci komponenty, můžeme nadefinovat řadu dalších procedur, které pak můžeme aktivovat odkudkoli z jiných komponent.

K dalším "neviditelným" komponentám např. patří různé typy integrátorů, regulátorů, ale třeba i "SQL-přístroj" pro komunikaci s databázemi přes ODBC rozhraní prostřednictvím SQL příkazů nebo internetový http server pro komunikaci přes webové prohlížeče. [6]



## 5 DATALAB

Průmyslový počítač kompatibilní se standardem PC.

### 5.1 DataLab PC

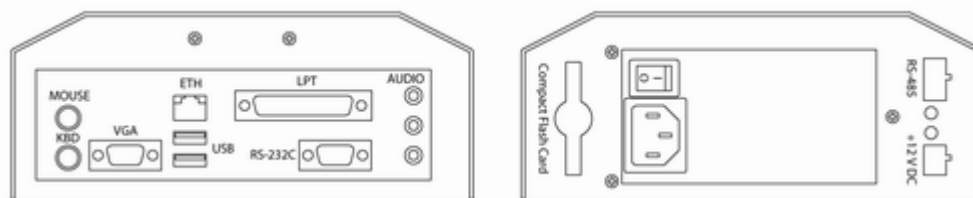
DataLab PC je řada počítačů plně kompatibilních se standardem PC, avšak určených pro nasazení v průmyslových, laboratorních i školních podmínkách. Použití nízkospotřebných procesorů VIA EDEN umožňuje práci bez aktivního chlazení procesoru a čipové sady a tím zajišťuje dlouhodobou spolehlivost vyžadovanou v průmyslových aplikacích. Na druhé straně plná kompatibilita se standardem PC (procesory VIA EDEN používají instrukční sadu procesoru x86), vysoký výkon, bohatost rozhraní, komunikační možnosti a nízká cena přinášejí do průmyslového prostředí možnosti donedávna zcela nevídané.



*Obr. 6 Ukázka DataLab PC*

- Plná kompatibilita se standardem PC dovoluje spouštět neobyčejně bohatou škálu standardních (Windows 2000, Windows XP, Linux) i embedded (Windows CE, Windows XP Embedded, Embedded Linux) operačních systémů.

- Malá, kompaktní a neobyčejně robustní skříň chrání počítač před mechanickým poškozením a umožňuje snadnou manipulaci. DataLab PC lze umístit i na DIN lištu do rozvaděčů.
- Nízká spotřeba procesoru nevyžadující aktivní chlazení (chladiče CPU i čipové sady jsou pasivní, bez ventilátoru) zajišťuje dlouhodobou spolehlivost a bez údržbový provoz.
- Vysoký výkon a velká operační paměť (do standardního DIMM slotu lze osadit 64 až 1 024MB paměti) umožňuje práci rozsáhlým a náročným aplikacím.
- Volitelně lze použít buď standardního pevného disku nebo Compact Flash (CF) paměťové karty (použití CF karty vyžaduje instalaci embedded operačního systému). Schopnost práce bez rotujícího pevného disku opět velmi zvyšuje spolehlivost celého systému.
- Počítače DataLab PC existují ve variantách s napájecím zdrojem pro napájení z rozvodu střídavého napětí 230V nebo pro napájení nízkým stejnosměrným napětím.
- Přítomnost všech standardních PC rozhraní (RS-232C, LPT, Ethernet, USB, VGA, PS/2 klávesnice a myš, Audio) činí DataLab PC stejně všestranným zařízením jako jsou stolní PC.
- Obsahuje hardwarově řízený reset DataLab PC (watchdog). Rozhraní ovladače je standardně pro ControlWeb a pro některé jiné programovací jazyky podporující platformu Windows. Ovladač je dodáván zdarma.
- Počítače DataLab PC jsou ideální platformou pro provoz systému ControlWeb. [7]



Obr. 7 Rozložení rozhraní na ATX panelu

### 5.1.1 Použití DataLabu PC

- Průmysl - náročné procesy řízení, regulace, měření, HMI
- Zdravotnictví
- Doprava - řídicí jednotky v kolových a kolejových vozidlech
- Zábavní průmysl - řízení automatů, řízení světelných efektů
- Mediální průmysl - real-time zpracování obrazu a zvuku, nahrávání a zalohování na médiu
- HMI (Human-Machine Interface) - informační terminály, Text-to-Speech rozhraní, ovládání hlasem, video rozhraní
- Rozsáhlé kontrolní a zabezpečovací systémy, Video monitoring
- Vojenské a bezpečnostní účely [7]



*Obr. 8 Příklad použití DataLabu*

## 5.2 DataLab PC/IO

Přímo do skříně počítačů DataLab PC je možné zabudovat jednotku průmyslových vstupů/výstupů DataLab IO. Veškeré výhody jednotek DataLab IO (např. volnost konfigurace počtu a typů měřených a nastavovaných signálů zásuvnými moduly, rychlost komunikace, Plug and Play konfigurace apod.) jsou tak k dispozici přímo pro průmyslový počítač.

DataLab PC/IO je označení počítače DataLab PC se zabudovanou jednotkou DataLab IO. Od standardních počítačů DataLab PC se liší jen horním krytem, který tvoří mechanickou oporu pro I/O jednotku a zpřístupňuje svorkovnice jednotlivých modulů. Veškerá propojení I/O jednotky s počítačem (USB komunikace a napájení) jsou interní a není tedy nutná žádná další kabeláž. Ke komunikaci jsou využívány interní rozhraní a USB konektory na čelním panelu počítače nadále zůstávají k dispozici pro další periferie.

Vzhledem k tomu že I/O jednotka zabírá místo u standardních počítačů vyhrazené pro pevný disk, je nutno použít konfiguraci počítače bez pevného disku. Operační systém tedy musí být zaváděn z Compact Flash (CF) karty a rovněž aplikace musí být umístěna na CF kartě. Těmto požadavkům zcela vyhovuje systém Windows XP Embedded, který nabízí plnou kompatibilitu se systémem Windows XP Professional a navíc umožňuje nasazení v zabudovaných aplikacích (nevyžaduje k běhu pevný disk). Pod Windows XP Embedded mohou bez problémů běžet veškeré programy a ovladače pro systém Windows XP, tedy také Control Web Runtime.



*Obr. 9 DataLab PC/IO*

Přítomnost jednotky DataLab IO v těle počítače ale nepředstavuje žádná další omezení. K DataLab PC/IO je možné zcela volně připojovat další I/O jednotky, průmyslové automaty a další zařízení jako ke standardnímu PC. Ovladač jednotek DataLab IO pro systém Control Web je dodáván zdarma. [7]

### 5.3 DataLab IO

DataLab IO je řada jednotek průmyslových vstupů a výstupů komunikujících s počítačem přes USB rozhraní. Modulární koncepce celého systému DataLab IO dovolí sestavit vstupně/výstupní moduly podle požadavků aplikace — jednotky DataLab IO mají jednu, dvě nebo čtyři pozice pro moduly zajišťujících logické nebo analogové vstupy či výstupy, čítačové vstupy, vstupy pro odporové teplotní detektory apod.

DataLab IO představuje novou generaci vstupně/výstupních jednotek pro průmyslové použití. Koncepce jednotek je důsledně modulární. Každá jednotka má čtyři, dvě nebo jednu pozici, do kterých lze zasunout vstupně/výstupní moduly podle potřeb aplikace. Lze tak libovolně kombinovat např. moduly pro 8 logických vstupů s moduly obsahujícími 8 logických výstupů ať již s relé či výstupními tranzistory s otevřeným kolektorem apod. K dispozici jsou i moduly přesných 16-bitových analogových vstupů, 12-bitových analogových výstupů, čítačové moduly, moduly pro teploměrná čidla Pt100/Pt1000 apod. Kombinované moduly obsahující např. analogové vstupy a digitální vstupy a výstupy na jediném modulu dovolují optimalizovat složení vstupů a výstupů podle potřeb aplikace. Množina I/O modulů není uzavřena a další typu modulů přibývají.

#### 5.3.1 Modul analogových vstupů AI3

Modul je určen pro měření analogových veličin standardních průmyslových rozsahů s 16-bitovou digitalizací. Vstupy jsou bipolární a galvanicky oddělené.

Rozsah	Napěťový rozsah	Proudový rozsah
0	měření vypnuto	měření vypnuto
1	+/-10 V	nelze použít
2	+/-5 V	nelze použít
3	+/-2 V	+/-20 mA
4	+/-1 V	+/-10 mA
5	+/-0,5 V	+/-5 mA
6	+/-0,2 V	+/-2 mA

7	+/-0,1 V	+/-1 mA
8	měření vypnuto	měření vypnuto
9	0..10 V	nelze použít
10	0..5 V	nelze použít
11	0..2 V	0..20 mA
12	0..1 V	0..10 mA
13	0..0,5 V	0..5 mA
14	0..0,2 V	0..2 mA
15	0..0,1 V	0..1 mA

*Tab.3 Měřicí rozsahy modulu analogových vstupů AI3*

Přednastavená hodnota rozsahu je +/-10 V.

S každým vstupním kanálem tohoto modulu je spojena propojka (jumper) na desce plošných spojů. Propojka zařazením přesného snímacího odporu 100  $\Omega$  mění napět'ový vstup na proudový.

Měřicí rozsahy lze definovat pro každý kanál nezávisle a lze je měnit programově za běhu programu. Volba zda se jedná o proudový či napět'ový vstup je ale dána propojkou na desce a nelze měnit za běhu aplikace.

Modul AI3 umožňuje nejen nastavovat rozsahy jednotlivých vstupů, ale i vypínat jejich měření. Vyřazení měření daného vstupu ovlivňuje rychlost, s jakou modul poskytuje měřená data. [7]



*Obr. 10 Modul 16-bitových analogových vstupů s galvanickým oddělením*

### 5.3.2 Modul digitálních výstupů s relé DO1

Modul obsahuje 8 relé s mezními hodnotami:

- Mezní napětí 230 V AC při zátěži 3 A.
- Mezní napětí 30 V DC při zátěži 3 A.

Očekávaná mechanická životnost relé je 100 000 sepnutí a elektrická životnost je 20 000 000 sepnutí. Mezní rychlost je dána limity použitých relé a přesahuje 50 Hz. [7]



*Obr. 11 Modul digitálních výstupů s relé*

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**



## 6 STRUKTURA SYSTÉMU

System je složen:

- 6 x zásobník
- 2 x čerpalo
- Propojovací potrubí
- 1 x Teploměr
- 3 x Hladinoměr
- 1 x Tlakoměr
- 4 x Průtokoměr
- 5 x Dávkovací ventil
- 1 x Sonda koncentrace methanolu
- 2 x Sonda pH
- 1 x Sonda koncentrace O<sub>2</sub>
- 2 x Sonda koncentrace NO<sub>x</sub>

Denitrifikační proces

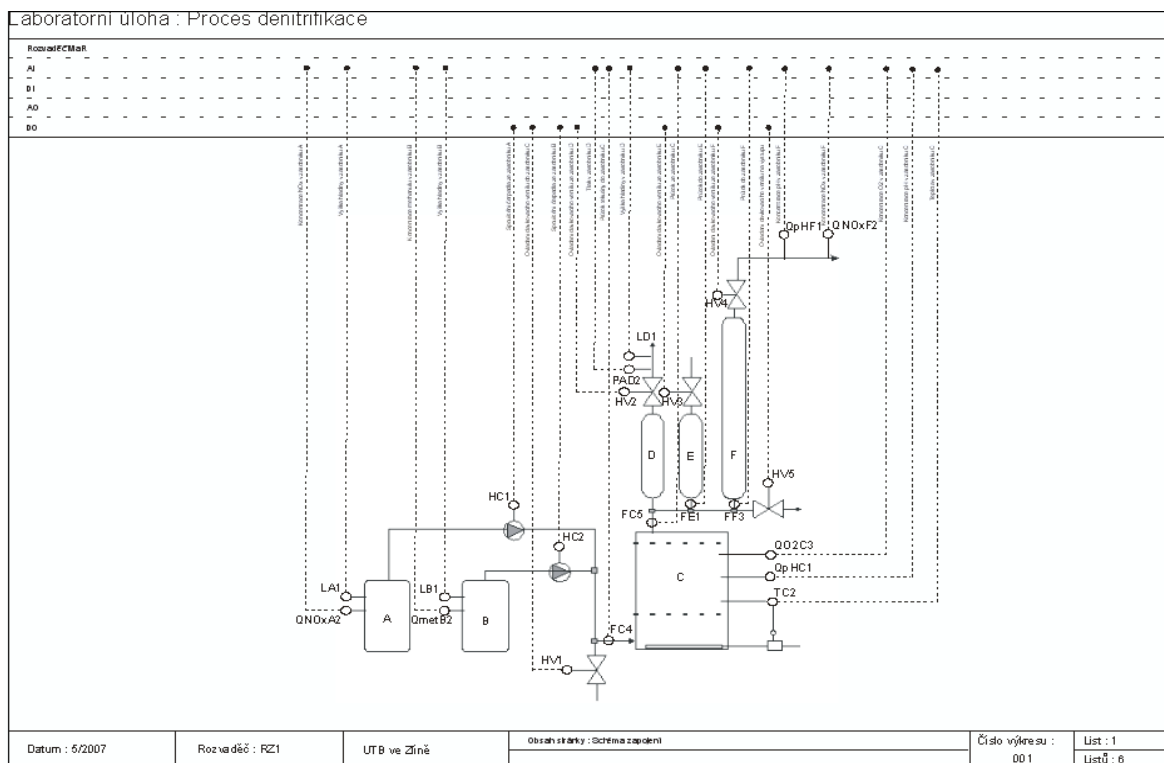
V zásobníku A (odpadní voda) se měří koncentrace NO<sub>x</sub>, pH a výška hladiny. V zásobníku B (koncentrovaná voda) je měřen obsah methanolu a výška hladiny. Po spuštění čerpadel 1 a 2 začne proudit odpadní voda potrubím směrem k zásobníku C (reaktor). Ještě před vstupem do reaktoru může obsluha (kontrolor) odebrat vzorek tekutiny pro jiné měření otevřením dávkovacího ventilu 1. Pro informaci se na vstupu reaktoru měří průtok odpadní vody. V reaktoru je měřena teplota, obsah kyslíku a pH roztoku. V zásobníku C se pomocí chemické reakce uvolní nečistoty z odpadní vody a vznikne plyn a voda. Při výstupu z reaktoru se informativně měří průtok. Voda s plynem pokračují do zásobníku D, kde je měřen tlak a výška hladiny. Jakmile se zásobník D naplní tekutinou, stlačuje ji plyn do pomocného zásobníku E. Ventilem 2 a 3 je možno odebírat vzorky látek ze zásobníku D a E. Mezi zásobníkem D a zásobníkem E je umístěn průtokoměr, kterým

lze jednoduchým matematickým vzorcem vypočítat naplněnost zásobníku E. Jakmile je naplněn pomocný zásobník E, projde voda přes průtokoměr (opět možnost výpočtu naplněností zásobníku) do zásobníku F. Ventilem 4 odebíráme tekutinu, které by měla být naprosto čistá, proto se v zásobníku F měří koncentrace NO<sub>x</sub> a pH. Jakmile je naplněn zásobník F, odchází přes ventil tekutina ze systému. Tento proces je časově náročný a trvá dlouhé hodiny, protože maximální průtok je velmi malý (400 ml/h).

Všechny popsané veličiny budou odesílány do vstupně výstupní jednotky DataLab, kde se budou zobrazovat pomocí programu v CW. DataLab bude sloužit jako IPC (řídící systém), bude k dispozici myš i klávesnice.

Rozvaděč umístěný hned vedle denitrifikační soustavy bude obsahovat jednotku DataLab, převádějící systémy a všechny zařízení popsané ve schématu MaR.

Schéma měření a regulace (vytvořené v programu CorelDraw 9) obsahuje všechny přístroje, které jsou obsaženy v procesu. Je zde vidět 15 analogových vstupů a 7 digitálních výstupů. Systém DataLab bude obsahovat modul pro AI (10), tak modul DO (7). Systémy, které budou měřit koncentraci NO<sub>x</sub>, O<sub>2</sub>, pH, budou spojeny pomocí USB, nebo RS232.

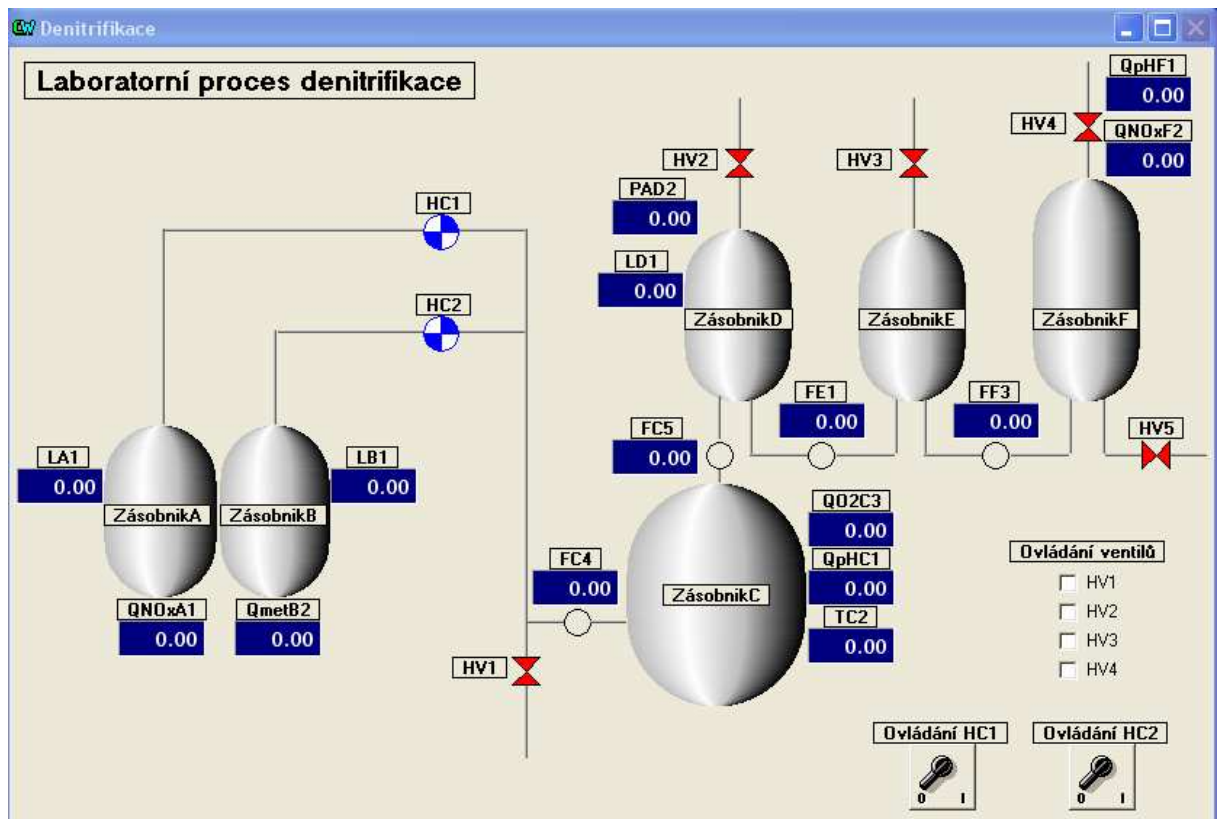


Obr. 12 Schéma měření a regulace

## 6.1 Program v Control Webu

Funkce programu je vytvořena přesně podle denitrifikačního procesu. Velkou výhodou má vizualizace, protože je přesně vidět jak se spouští čerpadla (točí se), ubývá výška hladiny v zásobníku A, B, naopak postupně přibývá hladina v zásobnících D, E, F, otevírají se ventily (otevřen = zelená, zavřen = červená).

U tohoto programu lze ovládat pouze spuštění (zastavení) čerpadel a otevření (zavření) ventilů, jinak probíhají všechny aplikace automaticky. Jakmile bude sestavena denitrifikační soustava, může být tento program použit, protože obsahuje potřebné kanály na přijímání informací z čidel a měřičů.



Obr. 13 Vytvořený program v Control Webu

## 7 REALIZACE PROJEKTU

Laboratorní proces denitrifikace je velmi náročný na měření chemických veličin, proto jsem se rozhodl oslovit tři nejvýznamnější dodavatele formou interního výběrového řízení. Je nutno posoudit technickou specifikaci a parametry jejich výrobků a rozhodnout se pro nejlepší nabídku. Jedná se o měření chemických veličin pH, koncentrace O<sub>2</sub> a koncentrace NO<sub>x</sub>.

První varianta – dodavatel Hach Lange

Firma Hach Lange vyrábí systém SC1000. Je to inteligentní zařízení, ke kterému lze připojit všech pět potřebných sond. Data z SC 1000 se budou sdílet v DataLabu, kde budou vyhodnocována (podrobný popis níže).

Druhá varianta – dodavatel Endress

Firma Endress vyrábí systém Liguiline M CM42 (měření pH, koncentrace O<sub>2</sub>), ke kterému lze připojit pouze dvě sondy. Navrhovaný projekt však počítá se třemi, proto bude potřeba dvou těchto systémů. K systému Stamosens CNM750 (měření koncentrace NO<sub>x</sub>), připojíme další dvě potřebné sondy. Nevýhodou tohoto řešení vůči první variantě je použití tří systémů, které se budou muset připojit k DataLabu (podrobný popis níže).

Třetí varianta – dodavatel Gryf

Firma Gryf vyrábí systém Magic XBC (měření pH, koncentrace O<sub>2</sub>, koncentrace, NO<sub>x</sub>), ke kterému lze připojit až čtyři sondy. Projekt pracuje s připojením pěti sond, takže je opět potřeba použít dva systémy, které budou spojeny z DataLabem (podrobný popis níže).

Měřicí a řídicí přístroje :

- Měření teploty – dodavatel Regmet
- Měření výšky hladiny – dodavatel Dinel

- Měření tlaku – dodavatel Bdsensors
- Měření průtoku – dodavatel Bronkhorst
- Dávkovací ventil – dodavatel Belimo
- Měření koncentrace methanolu – dodavatel P & MIP

Všechny přístroje a zařízení odpovídají zadané přesnosti, rozsahu měření a dalším nárokům.

## 7.1 Měřicí přístroje

### 7.1.1 Měření teploty

Dodavatel: Regmet

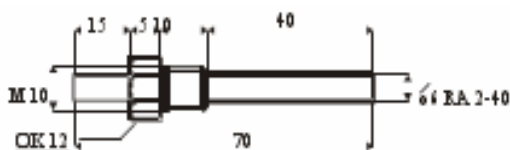
Odporové Pt 1000 – RA2

Snímače teploty s kabelem jsou určeny pro měření teploty v různých odvětvích průmyslu i tzv. Home Building. Nacházejí uplatnění v prostředí, kde není možno z prostorových či jiných důvodů umístit klasické typy snímačů s hlavicí. Lze je použít pro kontaktní měření teploty kapalných, pevných nebo plyných látek např. v potravinářství, chladiřnictví, v chemickém a plastikářském průmyslu. Jejich hlavní součástí je vlastní teplotní čidlo, které je umístěno v kovovém pouzdru a jeho vývody jsou spojeny s přívodním kabelem. Nejjednodušším typem pouzdra je pouzdro válcového typu o průměru 4 až 8 mm. Složitější typy pouzder jsou opatřeny závitem.

Technické parametry:

- Rozsah: -40 °C - 400 °C
- Třída přesnosti: B  $\pm(0,3 - 0,005 \text{ tI})$
- Krytí: IP 67
- Měřicí proud: doporučený 0,1 mA / max. 1 mA
- Standardní délka vodiče: 1 m

RA2 – nerezové pouzdro (DIN 1.4301) se stopkou Ø6x40 mm se závitem M 10



Obr. 14 Teplotní čidlo RA2

Typ snímače	Typ zapojení	Typ kabelu	Stínění	Izolace vnější
RA2x – 2SS - y	2-vodičové	MCBE-AFEP 2 x 0,22 mm <sup>2</sup>	ano	silikon

Izolace vodičů	Teplotní rozsah kabelu	Odpor vodiče v 1m
FEP fluorinated polymer	-60 ÷ 200 °C	0,083

Tab. 4 Specifikace teplotního snímače

### 7.1.2 Měření výšky hladiny

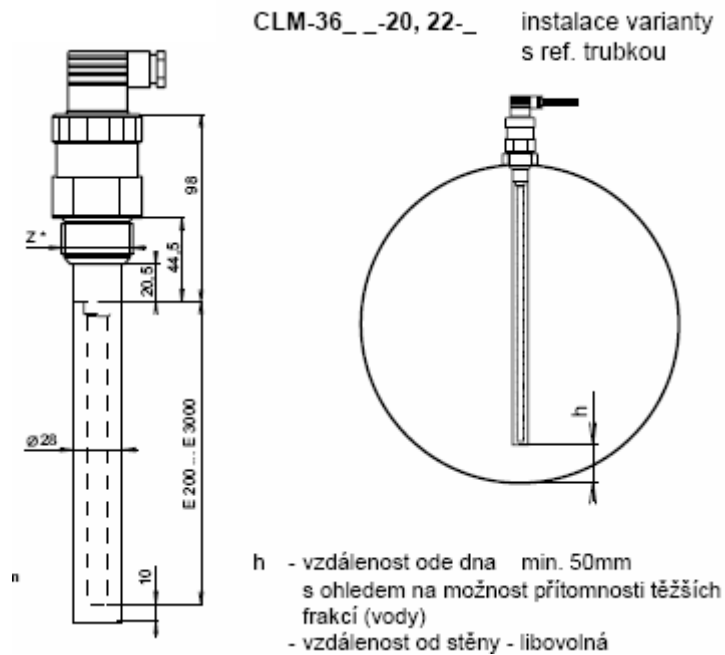
Dodavatel: Dinel

Kapacitní hladinoměr CLM – 36N – 22 – M

Kapacitní hladinoměry CLM jsou určeny ke spojitému měření výšky hladiny kapalných a sypkých látek v nádržích, zásobnících, silech, jímkách, apod. Hladinoměr sestává z pouzdra s vyjmutelnou elektronikou a ze snímací elektrody. Snímací elektroda, jenž je uzpůsobena druhu použití a typu měřeného materiálu, tvoří vůči okolí (plášti nádoby, referenční elektrodě, apod.) kapacitor (kondenzátor), jehož velikost je závislá na výšce zaplavení resp. zasypání. Dielektrikem kapacitoru je buď samotné médium (nevodivé látky), nebo izolace elektrody (vodivé látky). Elektronický díl převádí velikost kapacity na proudový signál 4 ÷ 20 mA, jenž lze přenášet dvoudrátovým vedením na velké vzdálenosti. Citlivost lze volit z 8 přepínatelných rozsahů, plynule kompenzovat počáteční kapacitu a plynule měnit zesílení.

Technické parametry:

- Přímá montáž hladinoměru do zásobníků, sil, nádrží, jímek, apod.
- 8 volitelných měřících rozsahů
- Plynulé nastavení počátečního proudu a zesílení
- Elektronika ve výměnném modulu
- Napájecí napětí hladinoměru (napájení ze smyčky)  $9\div 36$  VDC
- Proudový výstup  $4\div 20$  mA
- Základní přesnost 1%
- Rozsah teplot okolí var. N  $-40$  až  $+85^{\circ}\text{C}$ , var. Xi  $-40$  až  $+75^{\circ}\text{C}$
- Připojení konektorem dle DIN 43650 s vývodkou Pg9
- Krytí IP 65
- Materiál pouzdra, elektrody a ref. trubky - nerez ocel W. Nr. 1.4541, popř. 1.4571
- Pouzdro se závitem M36x2, G1", popř. s procesním připojením Triclamp
- Rozsahy citlivosti 20, 30, 50, 100, 150, 300, 500, 1000 pF
- Mezní parametry pro variantu Xi,  $U_i=30$  VDC  $I_i=132$  mA  $P_i=0,99$  W  $C_i=370$  nF  
 $L_i=0,9$  mH
- Maximální kapacita zaplavené elektrody, 70, 250, 600, 1200, 3000, 7000, 18000, 36000 pF
- Rozsah regulace počáteční kapacity, min. 1:2
- Nelinearita, max. 1 %
- Teplotní chyba, max. 0,05% / K
- Vstupní odpor / elektrická pevnost (elektroda - pouzdro), 1 M. / 250 V AC
- Doporučený kabel 2 x 0,75 mm<sup>2</sup>



Obr. 15 Kapacitní hladinoměr CLM – 36N – 22 – M

CLM-36N-22-M s elektrodou izolovanou FEP a referenční trubkou je vhodný k měření hladiny čistých elektricky vodivých kapalin. Hlavní použití je v plastových a skleněných nádržích a při větších nárocích na přesnost měření. Závitové připojení M36x2. Provedení do normálních prostorů.

### 7.1.3 Měření tlaku

Dodavatel: Bdsensors

DMP 333i

Mohou být nasazeny všude tam, kde jsou vysoké požadavky na přesnost a stabilitu měření. Přístroje jsou osazeny mikroprocesorovou jednotkou elektroniky s 16-bitovým A/D převodem. Tato jednotka aktivně kompenzuje teplotní závislost senzoru a zároveň zajišťuje jeho linearizaci. Tím je dosaženo vynikajících parametrů při velmi příznivé ceně..

Technické parametry:

- Přesnost – IEC 60770: 0,1 % FSO



- Chyba vlivem teploty v pásmu – 20 ... 80 °C: 0,2 % FSO, střední, TK 0,02 % FSO / 10 K
- Výstupní signál 4 ... 20 mA / 2-vodič nebo 0 ... 10 V / 3-vodič
- Vynikající dlouhodobá stabilita



Obr. 16 Tlakoměr DMP 333i

Jmenovitý tlak rel. (bar)	0 – 70	0 – 170	0 – 350	0 – 600
Jmenovitý tlak abs. (bar)	0 – 70	0 – 170	0 – 350	0 – 600
Max. přetížení (bar)	140	340	600	1000

Tab. 5 Rozsah tlaku, tlakoměru DMP 333i

#### 7.1.4 Měření průtoku

Dodavatel: Bronkhorst

##### Hmotnostní průtokoměry Liqui – flow L2

Přístroje řady LIQUI-FLOW jsou určeny pro měření hmotnostního průtoku kapalin. Vyznačují se stabilním výstupním signálem při jakémkoliv poloze průtokoměru. Přístroje prakticky neovlivní teplotu měřené kapaliny. Průtokoměry jsou použitelné v řadě rozmanitých aplikací při tlacích od vakua do 400 barů.

Technické parametry:

- Měření, „Thru-Flow“
- Patentovaný ohřívací prvek
- Zvýšení teploty kapaliny o 1...5 °C průchodem čidla
- Nedochází k rozkladu kapaliny na plynné složky
- Vynikající stabilita nuly
- Široký rozsah měření průtoku (poměr 1:50)
- Teplotní kompenzace
- Elektrochemicky leštěné pracovní povrchy
- Nezávislost na poloze měřidla
- Zmenšený mrtvý objem média u nových modelů
- Výstupní signál 0 (4) ... 20 mA/ 2-vodič, 0 ... 5 (10) V / 3-vodič
- Necitlivost na vibrace
- Průtokoměr bez elastomerického těsnění



*Obr. 17 Průtokoměr Liqui – flow L2*

### **7.1.5 Dávkovací ventil a pohon**

Dodavatel: Belimo

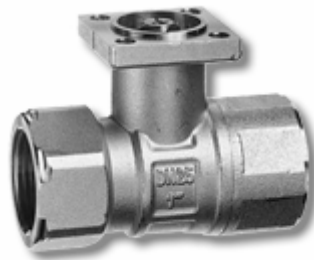
### 7.1.5.1 Dávkovací ventil

#### R215 – Otevřeno – zavřeno kulový kohout

Používá se pro uzavření vodních okruhů nebo dvou bodová regulace kapalin. Otevřeno zavřeno kulový kohout je přenastavován otočným pohonem. Otočné pohony jsou řízeny signálem otevřeno – zavřeno.

Technické parametry:

- Média studená a teplá voda, voda s obsahem glykolu až max. 50%
- Teplota média +5 °C +110 °C
- Netěsnost – vzduchotěsné (BO1, DIN 3230 T3)
- Připojení potrubí – R215 vnitřní závit dle ISO 7/1
- Diferenční tlak – 1000KPa (200KPa pro bezhlučný provoz)
- Uzavírací tlak – 1400KPa
- Pracovní úhel - 90°
- Montážní poloha – na stojato až naležato
- Bezúdržbové
- Materiál – armatura – kovaná, mosazné těleso poniklované
  - uzavírací těleso – nerezová ocel
  - těsnění – PTFE
  - hřídel – nerezová ocel
  - těsnění hřídele – EPDM



Obr. 18 Dávkovací ventil R215

### 7.1.5.2 Pohon ventilu

#### NR230 – Otočný pohon pro O – Z kolový kohout

Ovládání otevřeno zavřeno probíhá jedním vodičovým řízením. Pohon je jištěn proti přetížení a zůstává automaticky stát na dorazu. Jednoduchá přímá montáž na kulový ventil pomocí pouze jednoho šroubu

Technické parametry:

- Napájecí napětí AC 230 V, 50 – 60 Hz
- Příkon 3,5 W
- Kroutící moment min. 10 Nm
- Doba přestavení 140 s
- Hladina hluku max 35db
- Ochranná třída ochranná izolace
- Krytí – IP 40
- Bezúdržbové



Obr. 19 Pohon ventilu NR 230

### 7.1.6 Měření methanolu

Dodavatel: P & MIP

#### 7828 Snímač hustoty kapalin

Přístroj 7828 je vynikající snímač hustoty určený pro aplikační měření v nádržích a potrubích. Pracuje při viskozitách kapalin až do 20 000 cP, což je podstatná výhoda oproti jiným zařízením. Přístroj 7828 měří provozní hustotu a teplotu a vypočítává normální hustotu (pomocí API nebo maticí) a parametry jako jsou °API, °Brix, % pevných látek, % hmoty, % objemu a specifickou hmotnost - k dispozici je i výpočet uživatelem definované kvadratické rovnice. Kterýkoli z těchto parametrů může být použit pro řízení analogového výstupu (4-20 mA), který může být zapojen přímo v řízení výrobních procesů bez potřeby dodatečného zařízení. Všechna měření jsou dostupná digitálně přes vestavěné komunikační rozhraní RS485/Modbus pro připojení k zařízení datových systémů. Design přístroje 7828 společně s širokými možnostmi zapojení do měřících systémů zaručuje přesné a spolehlivé výsledky dokonce i za přítomnosti znečišťujících pevných částic nebo plynu. Snímač může být přímo zabudován jak do potrubí tak i do nádrže, což podstatně snižuje instalační náklady ve srovnání s měřidlem průtokového typu na principu Coriolisových sil. Údržba je minimální, což vede k nižším celkovým provozním nákladům.

Z naměřené hustoty a teploty se určí koncentrace methanolu.

Technické parametry:

- Provozní rozsah hustoty 0 až 3 g/cc (0 - 3000 kg/m<sup>3</sup>)
- Přesnost ±0.001 g/cc (±1.0 kg/m<sup>3</sup>)
- Teplotní rozsah (tekutin) -50 do +200 °C
- Maximální tlak 207 bar
- Analogový výstup 4-20 mA izolovaný, ne samonapájecí
- Krytí IP 66
- Napájení 20 až 28 Vdc, 35-45 mA
- Materiál smáčených částí nerezová ocel, Hastelloy C22 nebo Monel 400



Obr. 20 Snímač hustoty kapalin 7828

## 7.2 První varianta řešení

Dodavatel: Hach Lange

### 7.2.1 Kontrolér SC 1000

Standardní kontroléry SC 1000 tvoří společnou základnu pro všechny inteligentní sondy a analyzátory. Pro uživatele a jejich systémy představují jednotné a pohodlné rozhraní, ať již jsou instalovány v systému pro sledování jediného parametru nebo v síti obsahující snímače pro více parametrů. Inovační, hospodárný, všestranný:

Výhody platformy SC

Narozdíl od tradiční koncepce měření, zaměřené na konkrétní parametr, inteligentní senzory současně vyhodnocují a přímo zpracovávají signál. K jednoduchému a univerzálnímu kontroléru tak lze připojit více různých sond. Systém rozpoznává všechny sondy automaticky (metoda plug and play).

Standardní kontroléry umožňují využít optimální konfiguraci sond v daném okamžiku s tím, že ji lze kdykoli změnit. Uživatel tak má naprostou volnost ve změně místa či parametrů měření a může si být jistý svou investicí, neboť ví, že případné změny systému či pořízení náhradních dílů budou vyžadovat pouze minimální náklady.

Digitální přenos signálu mezi sondami a kontrolérem zaručuje spolehlivou výměnu dat i na delší vzdálenosti. K dalším vlastnostem technologie patří i komplexní diagnostické

funkce. Díky dostupnosti různých modulů lze kontrolní zařízení připojit k celé řadě systémů s datovou sběrnici.

- Kontrolér až pro 8 digitálních sond a analyzátorů
- Ekonomické sítě, kdykoli rozšířitelné
- Možnost integrace stávajících měření do systému
- Komplexní funkce pro kontrolu a řízení
- Jednoduchá obsluha, přenosný dotykový barevný displej
- Spolehlivý dálkový přenos dat a dálkové ovládání prostřednictvím GSM



Obr. 21 SC 1000

### 7.2.2 Sonda pH

#### Digitální senzor pH 1200 S sc

Velmi kvalitní kombinované elektrody 1200 sc se osvědčily v mnoha aplikačních oblastech. Jsou k dispozici ve více než 20 verzích pro téměř všechny aplikace. Senzory 1200 sc se propojují přímo na univerzální kontroléry.

Vysoká kvalita a specifické provedení pro každou aplikaci zaručují vynikající provozní spolehlivost pH sond v oblastech komunální i průmyslové odpadní vody a pitné nebo procesní vody. Díky digitální technologii je lze volně kombinovat s dalšími SC sondami.

Technické parametry:

- Rozsah měření 0 – 14 pH
- Pro odpadní vody
- Ponorná sonda s integrovanou AD elektronikou
- Kabel 10m



Obr. 22 Digitální senzor pH 1200 S sc

### 7.2.3 Sonda O<sub>2</sub>

#### Senzor 5740 sc

Kyslík hraje při biologickém čištění odpadních vod velmi významnou roli. Na obsahu kyslíku závisí nejen rozklad organických látek, ale také nitrifikace. Naproti tomu denitrifikace probíhá pouze za anaerobních podmínek. Nedostatek kyslíku má za následek narušení ekologické rovnováhy v povrchových vodách. Ve všech případech vyžaduje koncepcí účinného provzdušňování přesné a spolehlivé kyslíkové sondy.

Technické parametry:

- Rozsah měření 0,1-40 mg/l



- Ponorná nebo průtoková sonda
- Galvanická metoda měření
- Teplotní senzor NTC

#### 7.2.4 Sonda NO<sub>x</sub>

##### Nitratax plus sc

Sondy NITRATAX měří koncentraci dusičnanů přímo v aktivovaném kalu, odpadní nebo povrchové vodě. Toto měření je výhodné všude tam, kde je třeba eliminovat nebo průběžně monitorovat koncentraci dusičnanů, ať již z důvodu optimalizace procesu nebo dokumentace limitních hodnot.

Vlastnosti sondy Nitramax :

- Přímé měření bez reagentů
- Bez odběru a úpravy vzorků
- Měření přímo v médiu – ve vodě nebo aktivovaném kalu
- Automatické samočištění
- V provedení jako ponorná nebo by-pass sonda



Sondy NITRATAX sc lze kombinovat s dalšími sondami pomocí SC kontroléru technologií plug and play

*Obr. 23 Nitratax plus sc*

Technické parametry:

- Rozsah měření – 0,1–100 mg/l NO<sub>3</sub>-N, 0,1–50 mg/l NO<sub>3</sub>-N, 0,1–25 mg/l NO<sub>3</sub>-N

- Přesnost měření - 3%  $\pm$ 0,5 mg/l
- Interval měření - (>\_min) 1
- Časová odezva - T100 (min) <1
- Kompenzace kalu - Ano
- By-pass verze – Ano
- Čas nutný na údržbu - Obvykle 1 hodina/měsíc
- Interval kontrol - 6 měsíců
- Teplota, +2 - +40 °C

### 7.3 Druhá varianta řešení

Dodavatel: Endress

#### 7.3.1 Systém Liguiline M CM42

Měřicí systém pro pH, vodivost, kyslík atd. Liguiline M CM42 je modulový dvou vodičový systém pro všechny druhy technických procesů. Liguiline má jeden nebo dva analogové výstupy nebo může být připojen jako Fieldbus, Profibus a Hard protokol. Liguiline je vyvinut pro mezinárodní standart IEC 61508.

Nabízí se ve dvou variantách - nekorozní plast a nerezová ocel



Obr. 24 Liguiline M CM42

Vlastnosti Liguiline M CM42:

- Jednoduché uvedení do provozu s rychlým nastavením a navigací
- Systém rozpozná jestli má být senzor vyčištěn, kalibrován nebo vyměněn
- Červená signalizační LED dioda upozorňuje hned na chyby
- Uživatele na grafickém displayi provází účinné rady
- Propojí všechny druhy analogových a digitálních senzorů

Použité měřené veličiny:

- Hodnota pH -2 –16
- Hodnota kyslíku od 0 – 100 mg/l, 0 – 1000 % SAT, 0 – 2000 hPa

### 7.3.1.1 Sonda pH

Orbipore CPS91D

Digitální pH senzor pro čisté a odpadní vody.

Technické parametry:

- Krátká odezva signálu
- Rozsah hodnot 0 – 16 pH
- Teplotní rozsah 0 – 100 °C
- Rozsah tlaku 0 – 13 bar
- Krytí – IP 68
- Minimální údržba
- Zabudovaný teplotní senzor
- Necitlivost na vibrace



*Obr. 25 Orbipore CPS91D*

### **7.3.1.2 Sonda O2**

#### Oxymax W COS51D

Nepřetržité měření koncentrace kyslíku je velmi důležité v mnoha oblastech technologických procesů.

Technické parametry:

- Dlouhodobé stabilní měření díky systému se třemi elektrodami
- Ukládání dat v senzoru
- Rozsah měření 0,01 – 100 mg/l
- Materiál sondy POM
- Krytí IP 68
- Maximální tlak 10 bar
- Operační teplota -5 – 50 °C
- Minimální údržba



*Obr. 26 Oxymax W COS51D*

### 7.3.2 Systém Stamosens CNM750

Systém Stamosens CNM750 analyzuje a měří NO<sub>x</sub>. Je to speciální přístroj na kontrolu denitrifikačního procesu.



*Obr. 27 Stamosens CNM750*

Technické parametry:

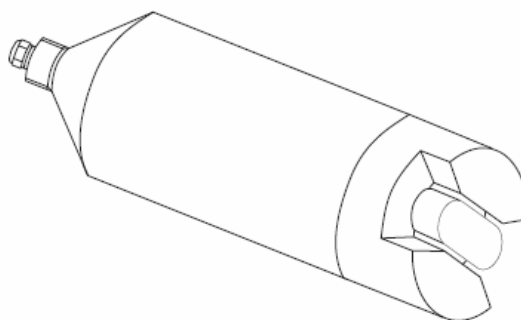
- Systém nepotřebuje vzorky ani úpravu měřené média
- Velmi krátká odezva signálu
- Měřené hodnoty se ukládají v systému
- Komunikace přes RS232 nebo analogové výstupy 0 (4) – 20 mA galvanicky oddělené

### 7.3.2.1 Sonda NO<sub>x</sub>

#### Stamosens CNS70

Technické parametry:

- Měřicí rozsah 0.2 – 60 mg/l NO<sub>3</sub>-N resp. 0 – 260 mg/l NO<sub>3</sub>-N
- Krytí IP 68



Obr. 28 Stamosens CNS70

## 7.4 Třetí varianta řešení

Dodavatel: Gryf

### 7.4.1.1 Měřicí systém Magic XBC

Je určen pro měření především v laboratořích a čistých provozech. S výhodou lze využít stávající počítač, který je většinou součástí vybavy každé laboratoře. Částečně přenosný systém se stává s využitím notebooku. Systém umožňuje současné měření čtyř různých veličin (podle typu inteligentní sondy) s možností využití laboratorních nebo ponorných sond. Všechny typy inteligentních sond jsou záměnné a navzájem kompatibilní. Interface, přes který jsou inteligentní sondy připojeny k PC je vybaven výstupy, které je možno přidělit podle potřeby ke kterémukoli měřicímu kanálu. Výstupy lze využít například pro automatické řízení titrace, nebo signalizace překročení naměřené hodnoty. Současně při měření lze provádět na PC i jiné operace nebo spustit jiný program, (měřicí systém MAGIC XBC může pracovat na pozadí).



Obr. 29 Magic XBC

Technické parametry:

- Počet připojených sond 1 – 4
- Napájení sond pomocí připojovacího kabelu galvanicky oddělené od okolí
- Připojení k PC vybaveno rozhraním RS232 nebo USB
- Uživatelská datová paměť 100 hodnot / kanál
- Kruhová datová paměť 200 hodnot / kanál
- Perioda měření nastavitelná 1 – 60 sec.
- Napájení externí zdroj 8 – 15 DC / 200 mA, nebo z USB
- Krytí IP 40

#### 7.4.1.2 Sonda pH a ISE – NOx

XB2

Pomocí této měřicí hlavice je možno měřit několik veličin s různými typy senzorů. Sensory se připojují k měřicí hlavici pomocí konektoru, který je skryt uvnitř hlavice. Po připojení senzoru měřicí systém rozezná druh měřené veličiny aniž by uživatel musel něco nastavovat a systém je připraven k měření případně ke kalibraci.



*Obr. 30 Sonda pH a ISE, XB2*

K dispozici jsou tyto druhy senzorů:

pH vč. teploty

ORP - redukčně-oxidační potenciál (redox)

ISE - měření iontově selektivními elektrodami



*Obr. 31 Senzor pro XB2*

Technické parametry:

- Napájení sondy kabelem přes interface XBC
- Krytí IP 40, v ponorném provedení IP 68
- Rozsah měření teploty - 20 – 120 °C
- Rozsah měření pH - 1 – 15



### 7.4.1.3 Sonda O<sub>2</sub>

#### XB4

Měřicí hlavice koncentrace kyslíku nabízí měření ve dvou rozsazích. Přepínat mezi nimi lze ručně nebo automaticky. Měření koncentrace kyslíku používá automatickou teplotní kompenzaci a ruční kompenzaci atmosférického tlaku.



*Obr. 32 Sonda O<sub>2</sub>, XB4*

Technické parametry:

- Napájení sondy kabelem přes interface XBC
- Krytí IP 40, v ponorném provedení IP 68
- Rozsah měření kyslíku 0 – 10 mg/l, 0 – 90 mg/l
- Rozsah měření teploty - 10 – 50 °C



*Obr. 33 Senzor pro XB4*

## 8 NÁVOD PRO ÚLOHU

Takto bude vypadat návod pro laboratorní úlohu : Proces denitrifikace, který bude umístěn na internetu.

Úloha s názvem „Proces denitrifikace“ plní funkci studia a demonstrace reálného systému. Soustava je tvořena několika zásobníky, oběhovými čerpadly, regulačními ventily a potrubím.

Model je určen pro provozování denitrifikačního procesu.

Hlavními sledovanými kritérii bude koncentrace rozpuštěného kyslíku, hodnoty pH, koncentrace NO<sub>x</sub>, koncentrace methanolu, teploty a tlaku. Aplikovaný demonstrační proces vychází z obecných typů bioprocесů používaných v praxi. Během experimentu je zobrazeno grafické schéma, kde může uživatel odečítat hodnoty veličin a ovládat čerpadla a ventily.

Seznam použitých zařízení:

LA1 – Výška hladiny v zásobníku A

QNO<sub>x</sub>A2 – Koncentrace No<sub>x</sub> v zásobníku A

LB1 – Výška hladiny v zásobníku B

QmetB2 – Koncentrace methanolu v zásobníku B

HC1 – Čerpadlo 1

HC2 – Čerpadlo 2

HV1 – Ventil 1

QpHC1 – Koncentrace pH v zásobníku C

TC2 – Teplota v zásobníku C

QO<sub>2</sub>C3 – Koncentrace O<sub>2</sub> v zásobníku C

FC4 – Průtok do zásobníku C

FC5 – Průtok ze zásobníku C

LD1 – Výška hladiny v zásobníku D

PAD2 – Tlak v zásobníku D

HV2 – Ventil 2

FE1 – Průtok do zásobníku E

HV4 – Ventil 4

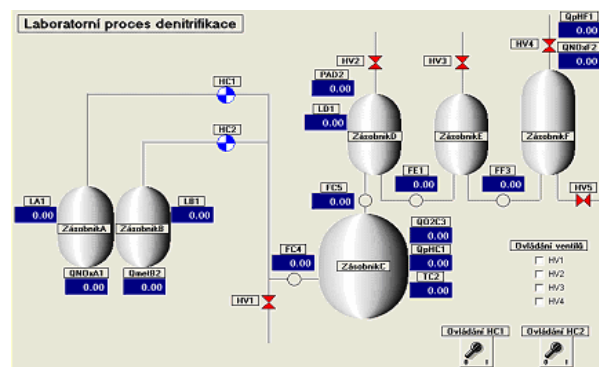
QpHF1 – Koncentrace pH v zásobníku F

QNOxF2 – Koncentrace NOx v zásobníku F

FF3 – Průtok do zásobníku F

HV4 – Ventil 4

HV5 – Ventil 5



Obr. 34 Ukázka programu v CW na internetu

Laboratorní úloha používá moderní systém integrované automatizace. Je založen na vzdáleném přístupu k ovládní, automatickému provozu a sběru dat prostřednictvím informačních technologií Internetu. Prostředky měření, centrálních jednotek a ovládní jsou moderní a jsou zvoleny z nabídky předních dodavatelů. Tato úroveň je v souladu s trendy výuky a přípravy vysokoškolských odborníků.

## 9 ZHODNOCENÍ NABÍDEK

Tabulky udávají označení přístrojů a jejich cenu

Označení	Dodavatel	Počet kusů	Cena bez DPH(Kč)
TC2	Regmet	1	505
LA1, LB1, LD1	Dinel	3	17550
PAD2	Bdsenzors	1	10200
FC4, FC5, FE1, FF3	Bronkhorst	4	9084
HV1, HV2, HV3, HV4,HV5	Belimo	5	34695
Celkem			72034
QmetB2	Gryf	1	140000
Celkem + QmetB2			212034

*Tab. 6 Označení a cena přístrojů dodavatelských firem*

Označení	Dodavatel	Počet kusů	Cena bez DPH(Kč)
SC 1000	Hach lange	1	77870
QpH	Hach lange	2	17100
QO <sub>2</sub>	Hach lange	1	21690
QNO <sub>x</sub>	Hach lange	2	364540
Celkem			481200

*Tab. 7 Označení a cena přístrojů firmy Hach Lange*

Označení	Dodavatel	Počet kusů	Cena bez DPH(Kč)
Liguiline M CM42	Endress	1	23539
QpH	Endress	2	11780
QO <sub>2</sub>	Endress	1	20097
STAMOSENS CNM750	Endress	1	57888
QNO <sub>x</sub>	Endress	2	450900
Celkem			564204

*Tab. 8 Označení a cena přístrojů firmy Endress*

Označení	Dodavatel	Počet kusů	Cena bez DPH(Kč)
Magic XBC	Gryf	1	13800
QpH	Gryf	2	14100
QO <sub>2</sub>	Gryf	1	7150
QNO <sub>x</sub>	Gryf	2	14100
Celkem			49150

*Tab. 9 Označení a cena přístrojů firmy Gryf*

Po vyhodnocení všech nabídek jsem došel k závěru, že nejlepší návrh bude kombinace dodavatelů:

- Endress (měření pH) a Gryf (O<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>)

Označení	Dodavatel	Počet kusů	Cena bez DPH(Kč)
Liguiline M CM42	Endress	1	23539
QpH	Endress	2	11718
Magic XBC	Gryf	1	13800

QO <sub>2</sub>	Gryf	1	7150
QNO <sub>x</sub>	Gryf	2	14100
Ostatní přístroje			212034
<b>Celkem</b>			<b>282341</b>

*Tab. 10 Kombinace dodavatelů Endress, a Gryf*

- Hach Lange (měření pH) a Gryf (O<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>)

Označení	Dodavatel	Počet kusů	Cena bez DPH(Kč)
SC 1000	Hach Lange	1	77870
QpH	Hach Lange	2	17100
Magic XBC	Gryf	1	13800
QO <sub>2</sub>	Gryf	1	7150
QNO <sub>x</sub>	Gryf	2	14100
Ostatní přístroje			212034
<b>Celkem</b>			<b>342054</b>

*Tab. 11 Kombinace dodavatelů Hach Lange, a Gryf*

## ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo vypracování projektu laboratorní úlohy pro proces denitrifikace s připojením na internet. Základem bylo nejen důsledné seznámení s programem Control Web, ale hlavně s technologií měření a regulace.

Projekt obsahuje podrobné vysvětlení struktury systému, vytvořený program v Control Webu, schéma měření a regulace, detailní popis vybraných přístrojů a zařízení, vyhodnocení nabídek zařízení a podrobný návod pro úlohu.

Byla vytvořena precizní struktura systému, ve kterém jsou popsány fyzické části denitrifikační soustavy. Dále je zde do detailů popsán denitrifikační proces a vysvětlen princip veškerých měřících přístrojů. Podle schéma měření a regulace budou jednotlivá zařízení zapojena (měřící přístroje do analogových vstupů, řídicí přístroje do digitálních výstupů) do systému DataLab. Program vytvořený v Control Webu plně simuluje průběh denitrifikace procesu. Aplikace je realizována tak, že hned po sestavení soustavy můžeme začít měřit. Program nás bude vizuálně informovat o všech průběžně měřených veličinách a můžeme ho jednoduše ovládat pomocí čerpadel a ventilů.

Měřící a řídicí zařízení nechemických veličin byly vybrány od osvědčených dodavatelů a přístroje odpovídají vlastnostem požadovaných pro tuto chemickou aplikaci.

Nejdůležitější částí této práce bylo vybrání kvalitních chemických přístrojů (analyzátorů), které v procesu denitrifikace plní klíčovou roli. Na jejich vlastnostech závisí kvalita daného procesu. Analyzátoři jsou nejen velmi důležitá, ale také velmi drahá zařízení, a proto jsem se rozhodl oslovit tři různé špičkové výrobce – firmy Hach Lange, Endress a Gryf. Po vyhodnocení všech kritérií jsem došel k závěru, že nejlepší dosažený výsledek bude kombinace dvou dodavatelů, a to Endress a Gryf, nebo Hach Lange a Gryf.

Technologie měření a regulace má v budoucnu nezastupitelné místo v technickém rozvoji. Z teoretických modelů v programovacích jazycích může být aplikována do praktického využití v mnoha oborech lidské činnosti. Doufám, že k tomu malou měrou přispěje i tato diplomová práce.

## ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

An objective of this thesis was to create a project of laboratory work for denitrification process with a connection to the internet. Fundamental was identification with the program Control Web and with the technology of instrumentation and control.

The project contains detailed explanation of the system structure, created application in program Control Web, the scheme of instrumentation and control, description of instruments and equipment, evaluation of equipment offer and instruction for work.

In this work are further described physical parts of denitrification system, denitrification process and principle of measuring equipment. Particular equipments will be connected to system DataLab by the scheme (instrumentation equipments into analog inputs, control equipments into digital inputs). Program created in Control Web fully simulates denitrification process. Application is realized that way, that it is possible to start measuring immediately after assemblage of the system. Program will visually inform about all measuring values and user can simply control system with the help of pumps and valves.

Measuring and controlling equipments of non-chemical values were chosen from competent suppliers and devices correspond to quality needed for this chemical application.

The most important part of this work was choosing high-quality chemical equipment (analyzers). They are key part in the denitrification process. Quality of the process depends on their characteristics. Analyzers are very important and expensive devices therefore I decided to address three different top manufacturers – companies Hach Lange, Endress and Gryf. I find after criteria evaluation that the best effect will have a combination of products from two suppliers – companies Endress and Gryf, or Hach Lange and Gryf.

Technology of instrumentation and control will have in the future important place in technical development. It can be applied from theoretical models in program languages to practical usage in many branches of human activity. I hope that this thesis will be helpful in this process.



**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Proces denitrifikace  
URL: <[http://www.vscht.cz/eds/knihy/uid\\_es-002/hesla/denitrifikace.html](http://www.vscht.cz/eds/knihy/uid_es-002/hesla/denitrifikace.html)>
- [2] Biologické čištění odpadních vod  
URL: <<http://www.living-cz.com/index.php?Mode=1&ItemID=7>>
- [3] Denitrifikace spalin  
URL: <<http://www.vodni-tepelne-elektrarny.cz/odsireni-denitrifikace.htm>>
- [4] BAMBUCH, J. Web Vizualizace řízení modelu tepelných soustav, Zlín, 2003.  
Diplomová práce na UTB ve Zlíně
- [5] Control Web: programový systém pro průmyslovou automatizaci  
URL: <<http://www.mii.cz/software/cw/cw.php>>
- [6] KOFRÁNEK, J. Control Web – Objektové vývojové prostředí (nejen) pro průmyslové aplikace URL: <<http://honor.fi.muni.cz/tsw/2000/044.pdf>>
- [7] Firemní literatura firmy Moravské přístroje.
- Firemní stránky: [www.regmet.cz](http://www.regmet.cz)  
[www.dinel.cz](http://www.dinel.cz)  
[www.bdsensors.cz](http://www.bdsensors.cz)  
[www.bronkhorst.cz](http://www.bronkhorst.cz)  
[www.belimo.cz](http://www.belimo.cz)  
[www.pmsolartron.cz](http://www.pmsolartron.cz)  
[www.hach-lange.cz](http://www.hach-lange.cz)  
[www.endress.cz](http://www.endress.cz)  
[www.gryf.cz](http://www.gryf.cz)

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CW Control Web.

MaR Měření a regulace.

PC Personal computer

AI Analog input

DO Digital output

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1 Schéma úlohy denitrifikace.....	10
Obr. 2 Systém řízení projektu.....	12
Obr. 3 Zásobník nerez – sklo.....	13
Obr. 4 Přírodní proces denitrifikace.....	15
Obr. 5 Ukázka aplikace v Control Webu.....	23
Obr. 6 Ukázka DataLab PC.....	25
Obr. 7 Rozložení rozhraní na ATX panelu.....	26
Obr. 8 Příklad použití DataLabu.....	27
Obr. 9 DataLab PC/IO.....	28
Obr. 10 Modul 16-bitových analogových vstupů s galvanickým oddělením.....	31
Obr. 11 Modul digitálních výstupů s relé.....	31
Obr. 12 Schéma měření a regulace.....	34
Obr. 13 Vytvořený program v Control Webu.....	35
Obr. 14 Teplotní čidlo RA2.....	38
Obr. 15 Kapacitní hladinoměr CLM – 36N – 22 – M.....	40
Obr. 16 Tlakoměr DMP 333i.....	41
Obr. 17 Průtokoměr Liqui – flow L2.....	42
Obr. 18 Dávkovací ventil R215.....	44
Obr. 19 Pohon ventilu NR 230.....	45
Obr. 20 Snímač hustoty kapalin 7828.....	46
Obr. 21 SC 1000.....	48
Obr. 22 Digitální senzor pH 1200 S sc.....	49
Obr. 23 Nitratax plus sc.....	50
Obr. 24 Liguiline M CM42.....	51

---

Obr. 25 Orbipore CPS91D.....	52
Obr. 26 Oxymax W COS51D.....	53
Obr. 27 Stamosens CNM750.....	54
Obr. 28 Stamosens CNS70.....	55
Obr. 29 Magic XBC.....	56
Obr. 30 Sonda pH a ISE, XB2.....	57
Obr. 31 Senzor pro XB2.....	57
Obr. 32 Sonda 02, XB4.....	58
Obr. 33 Senzor pro XB4.....	58
Obr. 34 Ukázka programu v CW na internetu.....	59

**SEZNAM TABULEK**

Tab.1. Požadavky na MaR.....	12
Tab. 2 Seznam dodavatelů.....	14
Tab.3 Měřicí rozsahy modulu analogových vstupů AI3.....	30
Tab. 4 Specifikace teplotního snímače.....	38
Tab. 5 Rozsah tlaku, tlakoměru DMP 333i.....	41
Tab. 6 Označení a cena přístrojů dodavatelských firem.....	60
Tab. 7 Označení a cena přístrojů firmy Hach Lange.....	60
Tab. 8 Označení a cena přístrojů firmy Endress.....	61
Tab. 9 Označení a cena přístrojů firmy Gryf.....	61
Tab. 10 Kombinace dodavatelů Endress, a Gryf.....	62
Tab. 11 Kombinace dodavatelů Hach Lange, a Gryf.....	62

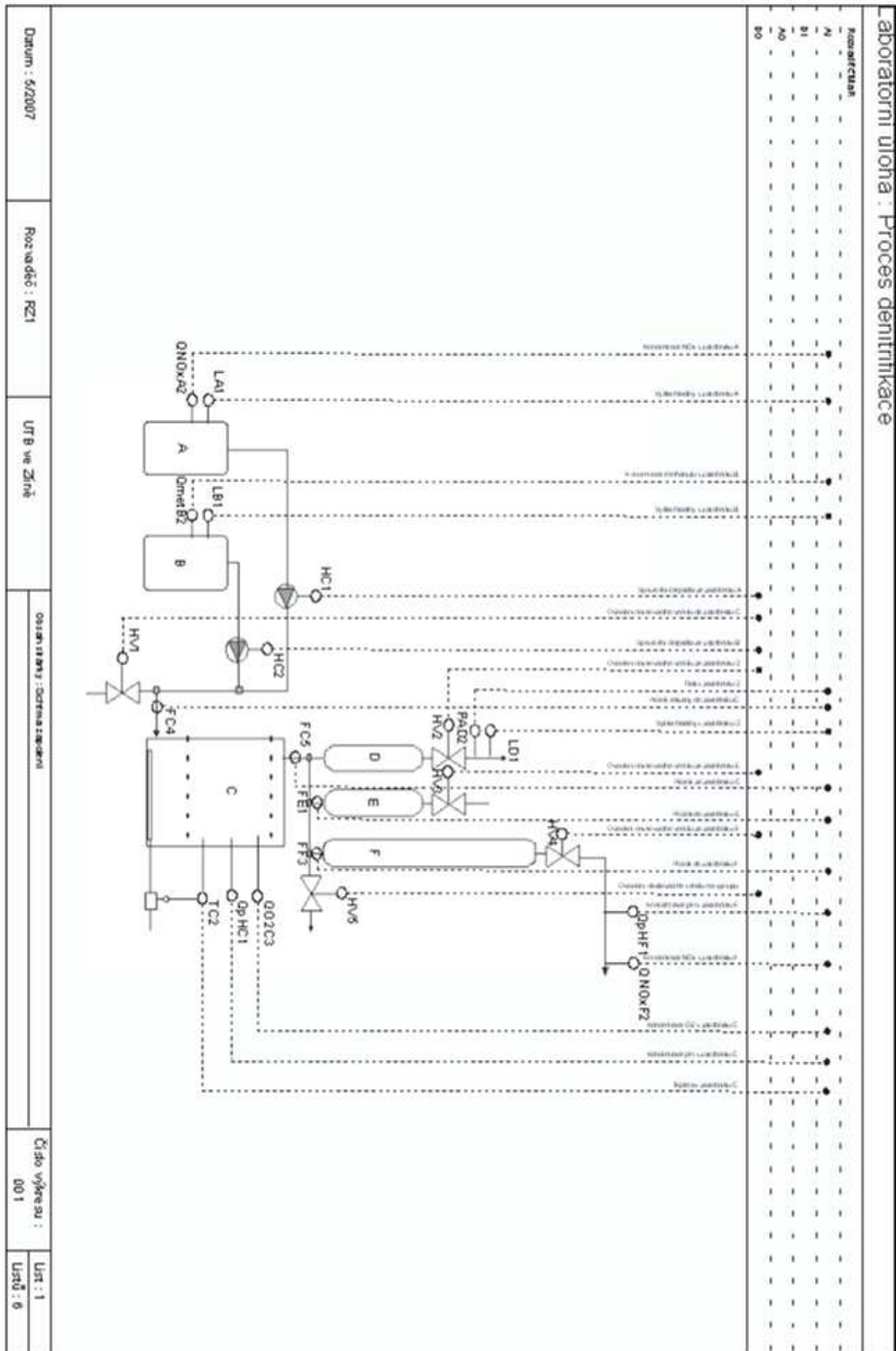
## SEZNAM PŘÍLOH

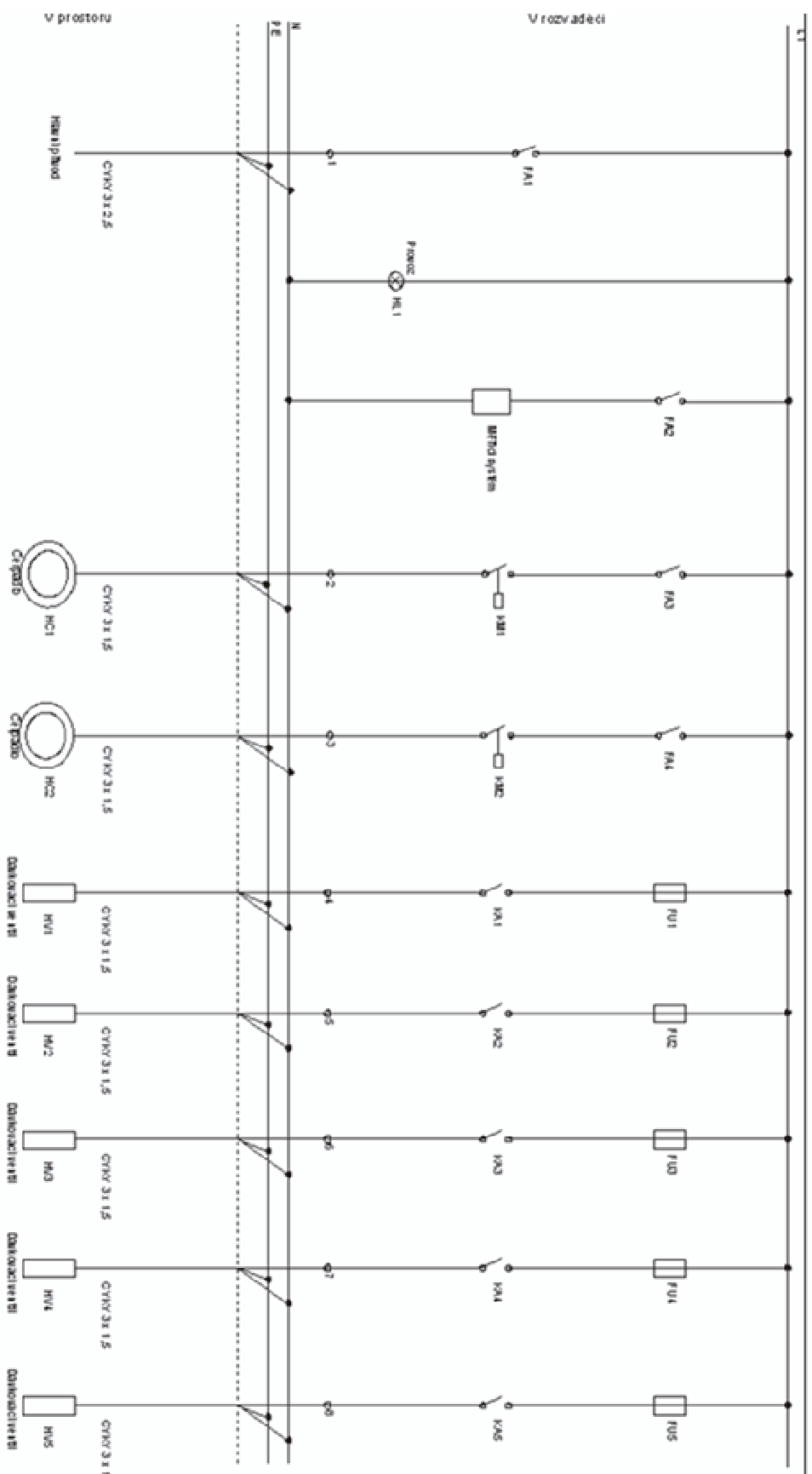
PI Schéma měření a regulace

PII Program v CW

PIII Technická dokumentace všech uvedených výrobků

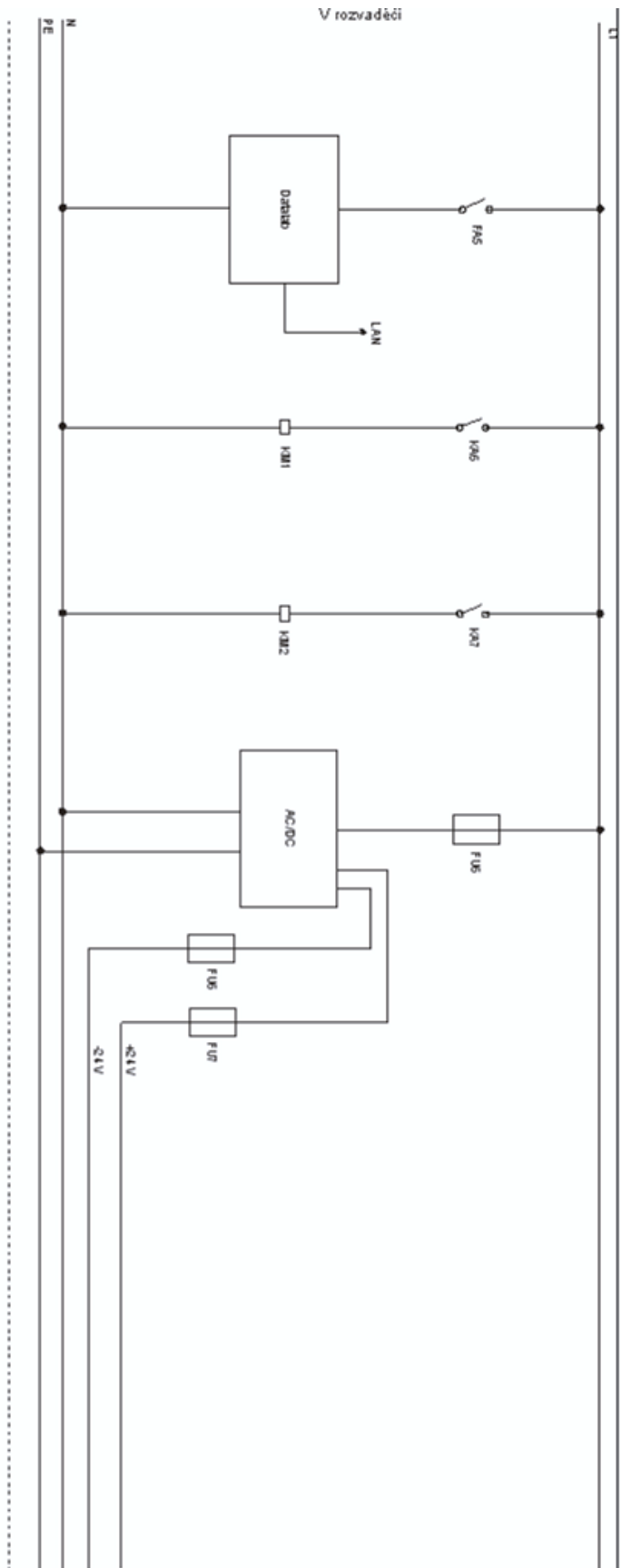
# PŘÍLOHA P I: SCHÉMA MĚŘENÍ A REGULACE





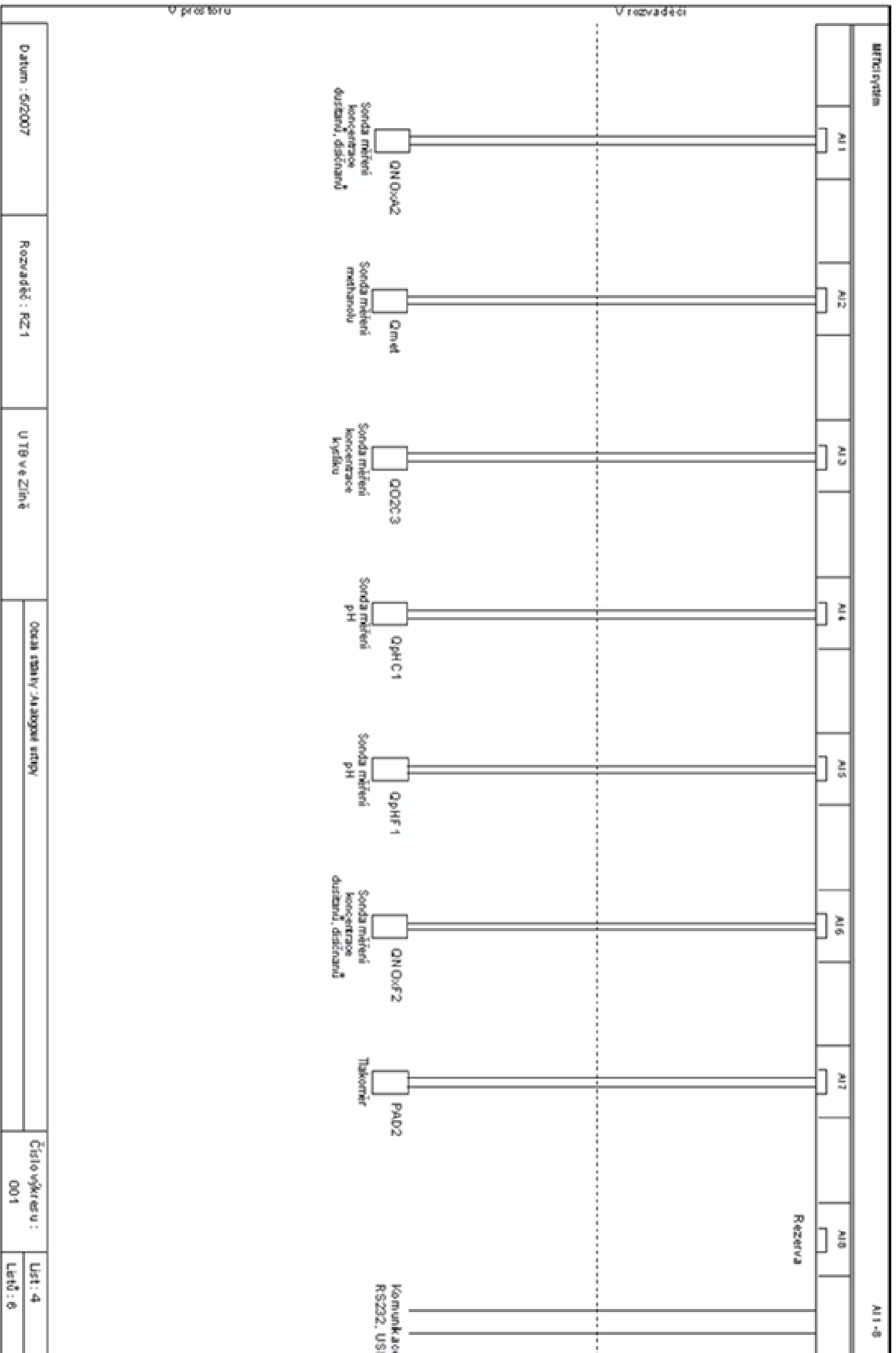
Datum : 5/2007	Rozvaděč : RZ1	UTB ve Zlíně	Číslo stavby : č.040.041	Číslo výkresu : 001	List : 2
					Legenda : 6



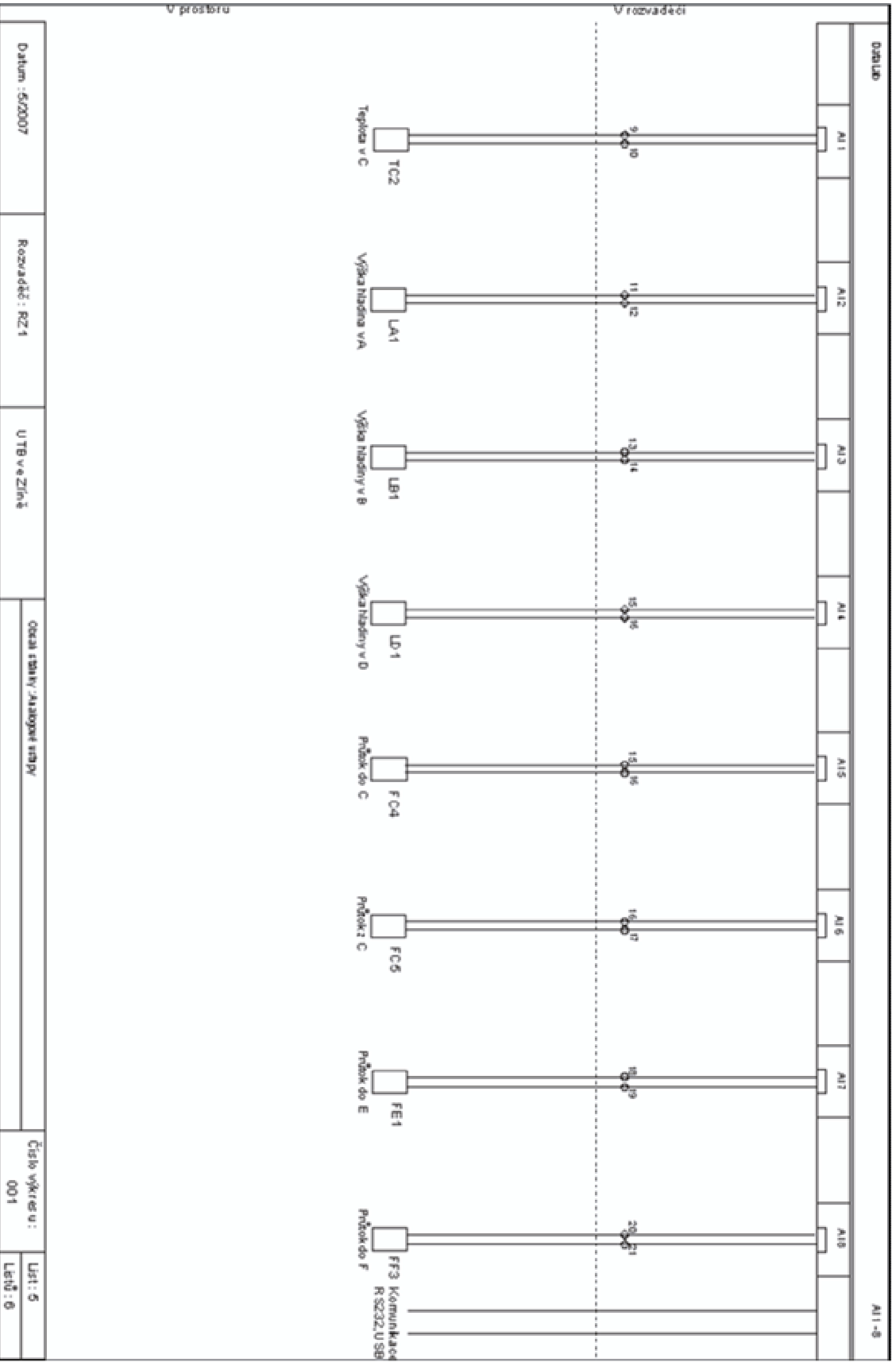


V prostoru

Datum : 5/2007	Rozvaděč : RZ1	UTB ve Zlíně	Oscilometry / Simulace	
Číslo výkresu : 001				List : 3
				Ústí : 6



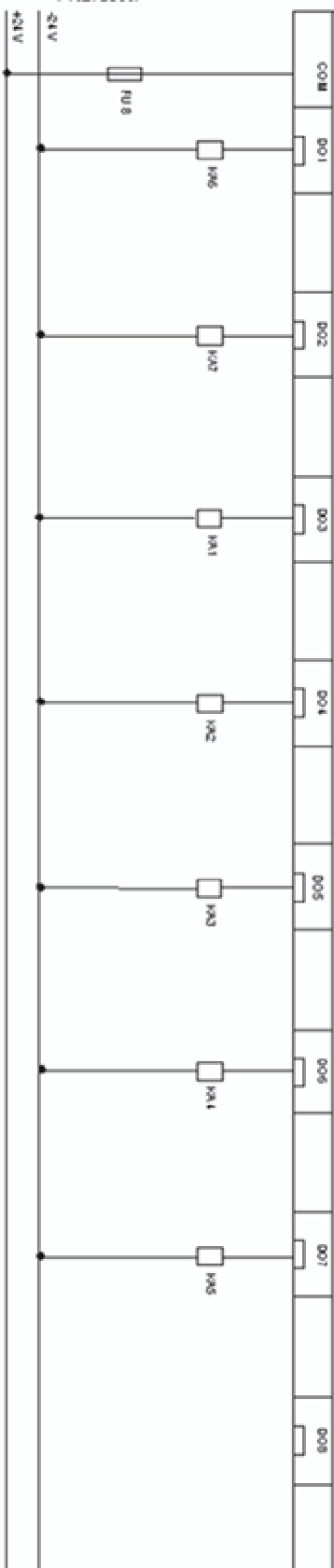
Datum : 05/2007	Rozváděč : RZ1	U TB ve Zlině	Oceňovací úroveň : 001	Ulit : 4
				Lib : 0



Datum : 5/2007		Rozváděč : RZ1		UTB va Zřinč		Číslo výkresu : 001		Líst : 5	
				Číslo strany : Analogní vstup				Líst : 6	

Databuĝ

All-8



420V  
-21V  
V rozvadeĝi  
N  
PE  
Ouisidi ĉerpada HC1    Ouisidi ĉerpada HC2    Ouisidi ventu HV1    Ouisidi ventu HV2    Ouisidi ventu HV3    Ouisidi ventu HV4    Ouisidi ventu HV5

.....

V prostoro

Datum : 5/2007	Rozvadĝĉ : RZ1	UTB ve Zfinĝ	ĉocaj stany : oplanirany	Ĉíslo výkresu : 001	Lpř : 0 LpřB : 0
----------------	----------------	--------------	--------------------------	------------------------	---------------------