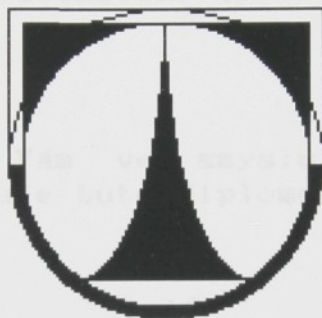


# TECHNICKÁ UNIVERZITA LIBEREC

Fakulta strojní



Martin Udatný

## **Řízení zásobníkových vah pomocí systému RT Control.**

Diplomová práce

1997

---



# TECHNICKÁ UNIVERZITA LIBEREC

Fakulta strojní

Obor 23-40-08

Automatizované systémy řízení ve strojírenství

zaměření:

Měřicí a přístrojová technika

Katedra aplikované kybernetiky

## **Řízení zásobníkových vah pomocí systému RT Control.**

**Martin Udatný**

Vedoucí práce: Doc. Ing. Josef Janeček, CSc.

Rozsah práce a příloh:

Počet stran..... 55

Počet příloh..... 4

Počet obrázků.....16

## TECHNICKÁ UNIVERZITA LIBEREC

Fakulta strojní

Katedra aplikované kybernetiky

Školní rok: 1996/97  
Obor: Automatizované systémy řízení  
ve strojírenství  
Zaměření: Měřicí a přístrojová technika  
Diplomant: Martin Udatný  
Vedoucí DP: Doc. Ing. Josef Janeček, CSc.

### **Stručný obsah diplomové práce:**

Úkolem této diplomové práce bylo vypracovat programový produkt umožňující řízení zásobníkových vah pomocí systému RT Control a firemní sběrnice TonaVA Field Bus.

Program umožňuje řídit zásobníkové váhy jak v režimu ručním tak v režimu automatickém. V ručním režimu zabezpečuje:

- příjem daného množství materiálu
- doplnění váhy na maximum
- výdej daného množství materiálu
- vyprázdnění váhy

V režimu automatickém program udržuje konstantní hladinu materiálu v zásobnících a po výdeji automaticky materiál doplní.

Program vede bilance spotřeby materiálů v jednotlivých zásobnících s možností přehledného zpracování na obrazovce s výstupem na tiskárnu.

**Místopřísežné prohlášení:**

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.“

V Liberci, 20.5.1997

.....  
Martin Udatný

## **PODĚKOVÁNÍ:**

Děkuji vedoucímu diplomové práce Doc. Ing. Josefu Janečkovi, CSc. za jeho cenné rady a připomínky k diplomové práci.

Děkuji také firmě Tonava a.s. za umožnění této diplomové práce, zvláště pak oddělení řídicích systémů za odbornou pomoc.

A handwritten signature in blue ink, reading "Martin Udatný", written over a horizontal dotted line.

Martin Udatný

## Martin Udatný



- narodil jsem se 5. května 1974 v Náchodě
- střední škola : SPŠ elektrotechnická Jičín 1988/92  
obor: Měřicí a automatizační technika
- vysoká škola : Technická univerzita Liberec od září 1992  
fakulta: strojní  
obor: Automatizované systémy řízení  
ve strojírenství  
zaměření: Měřicí a přístrojová technika

## **OBSAH:**

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| 1. Úvod .....                                      | 9  |
| 2. RT Control .....                                | 11 |
| 2.1. Signálová síť .....                           | 12 |
| 2.2. Návrh grafického modelu - PME .....           | 14 |
| 2.3. Tvorba struktury nabídek .....                | 15 |
| 2.4. Definice přístupových práv .....              | 15 |
| 2.5. Kompilace - běh programu .....                | 16 |
| 3. Komunikační systém Tonava Field Bus .....       | 17 |
| 3.1. ISO/OSI referenční model .....                | 18 |
| 3.2. Profibus .....                                | 19 |
| 3.2.1. Fyzická vrstva .....                        | 20 |
| 3.2.2. Přenosová vrstva .....                      | 22 |
| 3.2.3. Aplikační vrstva .....                      | 25 |
| 3.3. Tonava Field Bus Protocol .....               | 25 |
| 3.4. Komunikační moduly řady FB .....              | 27 |
| 4. Algoritmizace řízení zásobníkových vah .....    | 29 |
| 4.1. Technologický popis .....                     | 29 |
| 4.2. Funkce řídicího systému .....                 | 31 |
| 4.3. Návrh komunikace .....                        | 33 |
| 4.4. Algoritmizace řízení .....                    | 34 |
| 4.4.1. Uzly pro vstup a výstup parametrů .....     | 35 |
| 4.4.2. Uzly pro řízení režimu a činností vah ..... | 36 |
| 4.4.3. Uzly pro zásobníkové váhy .....             | 38 |
| 4.5. Zpracování bilancí .....                      | 40 |
| 4.6. Požadavky na řídicí počítač .....             | 40 |
| 5. Popis programu .....                            | 42 |
| 5.1. Spuštění programu .....                       | 42 |
| 5.2. Nabídka .....                                 | 42 |
| 5.3. Obrazovky .....                               | 44 |
| 5.3.1. Obrazovka SCHÉMA .....                      | 45 |

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| 5.3.2. Obrazovka SIGNÁLY .....          | 46 |
| 5.3.3. Obrazovka VÁHY .....             | 46 |
| 5.4. Režimy provozu vah .....           | 47 |
| 5.4.1. Ruční režim .....                | 48 |
| 5.4.2. Režim automatického plnění ..... | 49 |
| 5.5. Bilance .....                      | 50 |
| 5.6. Ukončení práce s programem .....   | 51 |
| 6. Závěr .....                          | 53 |
| Literatura .....                        | 55 |
| Přílohy .....                           | 56 |

## 1. Úvod

Číslicové řídicí a měřicí systémy jsou oborem poměrně novým. Prudký rozvoj v posledních letech umožnil přejít od velkých centrálních sálových počítačů k prostorově menším, ale výkonnějším speciálním stanicím a personálním počítačům. S využitím moderní procesorové techniky a vyšší finanční dostupností se řídicí a měřicí systémy postupně přibližovaly k řízené technologii. Řídicí systémy zjednodušují, optimalizují a zlevňují výrobu, čímž přinášejí prostředky pro novou modernizaci. V současnosti najdeme počítače ve všech odvětvích průmyslu viz /9/. Mezi prvními začala takovéto systémy používat energetika pro řízení elektráren všech druhů, elektrárenských bloků, energetických sítí a v dnešní době i pro odsíření elektráren. Řídicí systémy lze využít pro výrobu papíru, skla, v cementárnách, hutnictví železa a neželezných kovů, v chemickém a petrochemickém průmyslu, v rafinériích, potravinářství a farmaceutickém průmyslu, dopravě a v mnoha dalších. Nejčastěji se používají řídicí systémy pro řízení výrobního pochodu, pecí a kotlů, dávkování a míchání surovin, automatické odstavení při poruše a kontrolu bezpečnosti, řízení strojů a skupin strojů, skladů a zásob.

Aby řídicí systém plnil svou funkci, je třeba mít bezchybnou komunikaci mezi řídicím počítačem a řízenou technologií. Komunikační systémy se dělí podle použití na laboratorní a průmyslové. Požadavky kladené na řídicí systémy pro průmyslové použití nejlépe splňují systémy s přenosem informací a dat po sběrnici typu Fieldbus. Při návrhu průmyslových sběrnic požadujeme snadnou integraci pro danou aplikaci, otevřenost standardu, možnost rozšíření řízené technologie a vysokou bezpečnost. Při projektování takovýchto sběrnic se využívá modulových prvků, které návrh usnadňují a finančně zvýhodňují.

V Evropě nejrozšířenější průmyslovou sběrnici je Profibus, kterou také využívá pro své systémy akciová společnost Tonava. Tato firma je s více než stoletou tradicí jedním ze zakladatelů Unie výrobců vah ČR, řádným členem evropské Asociace CECIP a členem Asociace výrobců a dodavatelů zdravotnické techniky. Firma Tonava je výrobcem a prodejcem vah pro obchodní styk a měřidel podléhajících schválení příslušných státních orgánů. Lze je tedy použít všude tam,

kde je podmínkou úřední ověření. Vývoj a výroba jsou zaměřeny na moderní elektromechanické systémy využívající tenzometrické snímače sil. Dále je dodavatelem kompletních vážících systémů pro různé typy technologií s vlastní projekční, realizační a servisní složkou. Pro řízení využívá kromě uvedené sběrnice Profibus také program RT Control a vlastní firemní moduly. Vážící systémy jsou určeny pro krmivárny, sklárny, chemický průmysl a mají uplatnění v mnohých dalších odvětvích průmyslu a zemědělství. Tato diplomová práce má ukázat možnost řízení zásobníkových vah pomocí podobných řídicích systémů.

## 1. Úvodní signálové a řídicí systémy

### 1.1. Úvod

#### 2. Grafický modul řídicího systému

#### 3. Úvodní signálové a řídicí systémy

#### 4. Úvodní signálové a řídicí systémy

Vývoj a výroba jsou zaměřeny na moderní elektromechanické systémy využívající tenzometrické snímače sil. Dále je dodavatelem kompletních vážících systémů pro různé typy technologií s vlastní projekční, realizační a servisní složkou. Pro řízení využívá kromě uvedené sběrnice Profibus také program RT Control a vlastní firemní moduly. Vážící systémy jsou určeny pro krmivárny, sklárny, chemický průmysl a mají uplatnění v mnohých dalších odvětvích průmyslu a zemědělství. Tato diplomová práce má ukázat možnost řízení zásobníkových vah pomocí podobných řídicích systémů.

Vývoj a výroba jsou zaměřeny na moderní elektromechanické systémy využívající tenzometrické snímače sil. Dále je dodavatelem kompletních vážících systémů pro různé typy technologií s vlastní projekční, realizační a servisní složkou. Pro řízení využívá kromě uvedené sběrnice Profibus také program RT Control a vlastní firemní moduly. Vážící systémy jsou určeny pro krmivárny, sklárny, chemický průmysl a mají uplatnění v mnohých dalších odvětvích průmyslu a zemědělství. Tato diplomová práce má ukázat možnost řízení zásobníkových vah pomocí podobných řídicích systémů.

Vývoj a výroba jsou zaměřeny na moderní elektromechanické systémy využívající tenzometrické snímače sil. Dále je dodavatelem kompletních vážících systémů pro různé typy technologií s vlastní projekční, realizační a servisní složkou. Pro řízení využívá kromě uvedené sběrnice Profibus také program RT Control a vlastní firemní moduly. Vážící systémy jsou určeny pro krmivárny, sklárny, chemický průmysl a mají uplatnění v mnohých dalších odvětvích průmyslu a zemědělství. Tato diplomová práce má ukázat možnost řízení zásobníkových vah pomocí podobných řídicích systémů.

## 2. RT Control

Programový produkt **RT Control** firmy Merlin představuje systém určený k tvorbě aplikací pro monitorování, řízení a automatizaci technologických procesů v reálném čase viz /1/ a /2/. RT Control lze použít k návrhu dispečerských stanic pro řízení a dohled nad řídicím systémem procesu i jako prostředek pro tvorbu autonomních řídicích systémů provádějících přímo zpětnovazební řídicí algoritmy, popřípadě kombinace obou.

Vývoj řídicí aplikace spočívá ve vytvoření několika konfiguračních souborů, které obsahují:

1. Popis signálové sítě pro zpracování vstupních a výstupních signálů
2. Grafický modul řízeného procesu
3. Popis struktury nabídek
4. Definice přístupových práv

V případě potřeby lze dopsat speciální moduly ve formě dynamicky spojovaných knihoven (DLL) a spustitelných souborů (EXE, COM). Vytvořené konfigurační soubory se přeloží pomocí kompilátoru. Výsledný řídicí soubor je načten runtime modulem systému RT Control, který spolu s firemními nebo uživatelem vytvořenými DLL a EXE (COM) moduly tvoří aplikaci.

Důležitou vlastností systému RT Control je důsledné oddělení řídicí části od zobrazovací. Zatímco zobrazovací část systému a uživatelské rozhraní pracují na popředí MS Windows™, řídicí část je provozována na pozadí v asynchronním režimu řízeném virtuálním ovladačem. Takové uspořádání má zásadní význam, neboť zajišťuje odezvu systému na vstupní podněty v pravém reálném čase, nezávisle na právě probíhající činnosti MS Windows™.

Otevřenost systému RT Control umožňuje jeho nasazení prakticky v libovolné oblasti průmyslové i laboratorní automatizace s možností dodatečného rozšiřování řídicích funkcí a připojení atypického hardware. Průmyslové uplatnění systému jsou např. aplikace pro řízení skladu pohonných hmot a olejů, monitorování odběrů elektrické energie dle dohodnutých odběrových diagramů, automatické dávkovací a vážicí systémy a další.



Obr. 1 Struktura řídicího systému RT Control

## 2.1. Signálová síť

Základem řízení procesu v systému RT Control je signálová síť řízeného procesu. Je popsána v konfiguračním souboru s příponou TFA a označována *SIGNET {...}*. Signálová síť je vybudována z bloků pro zpracování vstupních signálů - uzlů signálové sítě. Každý uzel má na svém vstupu jednu nebo více front vstupních hodnot, které zpracovává a výsledky ukládá do jedné výstupní fronty.

### Fronty signálové sítě

Cyklus zpracování hodnot front signálové sítě se spouští opakovaně buď v závislosti na výskytu nových vzorků ve frontě, nebo po uplynutí daného časového intervalu. Výstupní fronta uzlu může být použita jako vstup do dalšího uzlu. Hodnoty ve frontách jednotlivých uzlů mohou být ve formátu reálného (double) nebo celého (long int) čísla.

Vstupní zařízení připojená do systému jsou realizována jako uzly signálové sítě, v jejichž výstupních frontách jsou hodnoty získané zařízením. Výstupním zařízením pak odpovídají uzly, jejichž vstupní fronty se odesílají na akční členy.

### Uzly pro zpracování signálů

Každý uzel je reprezentován svým jménem a funkcí z knihovny DLL. Uzly

jsou samostatné *SIGNAL* {...} nebo skupinové *GSIGNAL* {...}, které jsou svázány ve skupině *GROUP* {...}. Zvláštní funkci má uzel *PROCLIST* {...}, který obsahuje seznam jmen všech uzlů a definuje jim prioritu a časový interval zpracování hodnot ve vstupních frontách. Ve standardním programovacím jazyku, jako je např. C, C++, PASCAL, je možné vytvářet nové knihovny DLL pro implementaci speciálních řídicích algoritmů nebo pro ovládání hardware, které není standardně podporováno systémem. Z uzlů pro zpracování signálů standardně dodávaných v systému RT Control uvádím možnosti, které jsou pro stavbu signálových sítí k řízení procesu nejvýznamnější.

Pomocí uzlu pro výpočet matematických výrazů lze transformovat  $n$  vstupních signálů (reálných nebo celočíselných) pomocí rekurentního výrazu obsahujícího libovolné elementární funkce. Příklady použití uzlu mohou být součty a rozdíly signálů, přepočty do nelineárních jednotek (např. dB), on-line filtrace pomocí rekurzivních filtrů, regulátory popsitelné Z transformací atd.

Podobnou funkci má i uzel pro vyhodnocení logických výrazů. Rozdíl je pouze v tom, že vstupem a výstupem jsou celá čísla a zadávanými formulami jsou logické výrazy.

Uzlem je i automat, jehož chování je popsáno tabulkou vnitřních stavů v závislosti na vstupních frontách. Tabulka je součástí parametrů uzlu. Výstupní fronta obsahuje kód stavu automatu.

Pro ukládání měřených dat je nezbytný ukládací uzel, který umožňuje ukládání dat do lineárních nebo cyklických souborů na disku. Ukládání dat probíhá prostřednictvím virtuálního ovladače a nezáleží na stavu činnosti MS Windows<sup>TM</sup>.

### **Ošetření mezních stavů**

Podstatnou vlastností všech řídicích a monitorovacích systémů je schopnost hlídání mezních stavů monitorovaných provozních veličin, tzv. **Alarmy**. Alarmy jsou v systému RT Control detekovány v rámci cyklu zpracování signálové sítě. Ve standardní knihovně jsou k dispozici alarmy detekující překročení určité analogové hodnoty i vznik logického stavu. Pro evidenci alarmů obsluhou má systém podpůrné funkce pro záznam vzniku alarmu, uložení alarmu do speciálního souboru a evidenci zpracování obsluhou. Pro ošetření atypického

alarmového stavu může návrhář dopsat uzel pro detekci alarmu ve formě DLL podle svých představ.

### **Podporovaný hardware**

Ze standardní nabídky uzlů pro připojení hardware jsou k dispozici uzly pro podporu systému distribuovaného vážení a dávkování Tonava Field Bus (Profibus), AD převodníky Advantech<sup>®</sup>, AXIOM<sup>™</sup>, Merlin nebo IO modulů ADAM firmy Advantech<sup>®</sup>.

## **2.2. Návrh grafického modelu - PME**

Pro zobrazení sledovaných veličin a pro zásahy obsluhy do řídicího procesu slouží grafický model procesu. Vytváření grafických modelů řízených technologií se ve vývojové prostředí RT Control provádí editorem PME (*Process model editor*), který představuje komfortní prostředek pro návrh grafického modelu řízeného technologického procesu a definici vstupních akcí operátora. Výstupem z PME je datový soubor obsahující kompletní grafický model řízeného procesu.

Grafický model může být tvořen jedním nebo více technologickými pohledy. Technologický pohled je reprezentován vlastním oknem a může obsahovat řídicí prvky, které slouží jednak pro zobrazení hodnoty určitého signálu nebo může být použit jako ovládací vstup (definice hodnot, zapnutí/vypnutí zařízení atd.). Řídicí prvky jsou reprezentovány symboly vytvořenými základními grafickými prvky (čára, kruh, oblouk, čtverec, text, bitová mapa). Pro účely sdílení grafických symbolů je možno vytvořit knihovny symbolů.

Pro všechny řídicí prvky může návrhář definovat vstupní akce obsluhy, které jsou spuštěny ťuknutím myši v dané oblasti řídicího prvku s možnou kombinací stisknutí klávesy. Pro jeden řídicí prvek lze definovat více vstupních akcí a u každé vstupní akce lze zadat seznam identifikačních čísel operátorů, kteří jsou oprávněni akci provést.

Jako odezvu na vstupní akci operátora lze:

- zavolat DLL funkci
- zavolat službu runtime modulu RT Control

- definovat hodnotu signálu
- zobrazit jiný technologický pohled
- spustit EXE a COM soubor

Podle charakteru zobrazovaného signálu jsou k dispozici následující prvky podle /2/:

- Prvek typu **Static** slouží k vytvoření statických kreseb technologického pohledu.
- Prvek typu **Multi State** slouží k zobrazení veličin, které mohou nabývat několika celočíselných hodnot. Pro každý z možných stavů signálu obsahuje právě jeden grafický symbol. V runtime modulu RT Controlu se zobrazuje symbol příslušný okamžité hodnotě signálu.
- Prvek **Digital** slouží k číselnému zobrazení hodnoty měřeného signálu.
- Prvek **Analog** je určen pro animace (např. zobrazení úrovně hladiny). Zobrazuje se ve formě obdélníku, jehož velikost se mění v uživatelem definovaném směru dle okamžité hodnoty zobrazovaného signálu.
- Prvek **Meter** simuluje ručkový měřicí přístroj.
- Prvek typu **Chart** slouží k zobrazení časového průběhu měřeného signálu.

## 2.3. Tvorba struktury nabídek

System RT Control umožňuje návrhářovi řídicího systému definovat kromě grafického modelu procesu a řídicí signálové sítě i strukturu nabídky cílové aplikace. V nabídce řídicí aplikace lze zadat všechny vstupní akce definované v grafickém modelu řízeného procesu, systémová volání, spuštění EXE a COM souborů volání modulů DLL. Podobně jako vstupní akce v grafickém modelu lze i příkazy nabídky chránit hesly.

## 2.4. Definice přístupových práv

Z bezpečnostního hlediska je možné všechny operátorské zásahy chránit **hesly**. Každému z operátorů může návrhář, popř. správce systému přidělit identifikační číslo (tzv. ID). U každé vstupní operace lze definovat seznam

identifikačních čísel operátorů, kteří mají na provedení dané akce právo. Pro správu seznamu operátorů systému, jejich identifikačních čísel a hesel je ve vývojovém prostředí RT Control speciální aplikace **SysAdm**. Jejím výstupem je zašifrovaný soubor seznamu operátorů a příslušných identifikačních čísel a hesel.

## 2.5. Kompilace - běh programu

Pomocí výše uvedeného postupu získáme spolu s inicializačním souborem celkem pět souborů reprezentující danou aplikaci. Kompilací převedeme tyto soubory na jediný RTC soubor, který je v klasickém editoru nečitelný. Tím je zabezpečena ochrana před možným zásahem nepovolaných.

### 3. Komunikační systém Tonava Field Bus

Technická vývojová řešení směřují k decentralizovaným automatizovaným systémům. Tento trend byl umožněn především rozvojem mikroelektroniky a výpočetní techniky. Taková technika dnes nabízí vývojovým pracovníkům velký prostor pro realizaci nových nebo inovovaných výrobků. Vysoká funkčnost a výkon při poměrně nízké ceně dovoluje osamostatnit funkční celky, které mohly být dříve realizovány pouze v centrálních počítačích a přemístit tyto funkční celky blíže k technologickému procesu.

Toto řešení si vynucuje nový pohled na systém komunikace mezi těmito samostatnými funkčními celky. Po zrodu digitálních rozhraní byl již přechod k lokální síti pouze logickým pokračováním vývoje. Takováto lokální síť, která je nejbližší technologickému procesu se označuje termínem **Fieldbus** neboli průmyslová sběrnice.

Vzhledem k velkému počtu firem vyrábějících automatizační techniku vzniklo v minulých letech množství technologických sběrnic. Tyto sběrnice jsou však vesměs specifické pro danou firmu a označujeme je jako **CSI** (Closed Systems Interconnection). Pokud je třeba propojit přístroje více výrobců je nutno vytvořit speciální řešení na propojení jejich specifických komunikačních systémů.

Cílem bylo vytvořit sběrnici, která není specifická pro jednoho výrobce a je označována jako otevřená v tom smyslu, že obsahuje obecné funkce a služby využívané v automatizační technice. Takto chápané komunikační systémy označujeme jako **OSI** (Open Systems Interconnection). Aby bylo možné dosáhnout tohoto cíle bylo nutné zavést závaznou normou popis komunikační sběrnice, která vyhoví ve všech oblastech nasazení.

Ve firmě Tonava a.s. je vytvoření komunikačního systému řešeno od roku 1991. Návrh vychází z otevřeného komunikačního systému z definice sběrnice **PROFIBUS** a byl pojmenován **Tonava Field Bus (TFB)**. Spolu s firemními moduly tvoří komunikační páteř při vývoji a uplatnění aplikací vážících systémů.

### **3.1. ISO/OSI referenční model**

Jako základ pro tvorbu takovýchto otevřených komunikačních systémů byl vytvořen ISO/OSI (International Standards Organization Open Systems Interconnection) referenční model viz/8/. Tento model popisuje komunikační proces jako řadu vrstev, které na sebe bezprostředně navazují. Každá vrstva má definované rozhraní k vrstvě nad a pod sebou. Toto rozhraní je definováno volně, proto je možné při návrhu použít různé komunikační protokoly a přitom současně dodržet standard.

#### **Vrstva 1 (fyzická)**

Tato vrstva definuje fyzické spojení mezi přístroji a komunikační sběrnici. To v sobě zahrnuje mechanické aspekty spojení (kabely a konektory) a elektrické aspekty spojení (úroveň napětí nebo proudu a technika modulace signálu). Tato vrstva také definuje topologii sběrnice (např. strom, linie, hvězda, kruh).

#### **Vrstva 2 (přenos dat)**

Tato vrstva definuje protokol, který musí přístroj dodržovat pro přístup na sběrnici, vysílání a příjem zpráv. Zprávy jsou vysílány jako speciálně formátované datové telegramy. Pokud je počet přenášených dat větší než povolená délka telegramu, pak je přenos těchto dat rozdělen do několika telegramů. V této vrstvě jsou také definovány potvrzení příjmu zpráv.

#### **Vrstva 3 (síťová)**

Vrstva definuje, jak jsou telegramy přenášeny po sběrnici. Tato vrstva reguluje tok dat přes sběrnici a definuje, jak jsou vysílány stavové zprávy do přístrojů připojených ke sběrnici. Řídí práci sítě a zabývá se přechody mezi sítěmi.

#### **Vrstva 4 (transportní)**

Transportní vrstva definuje, jakým způsobem se adresuje přístroj připojený ke sběrnici, jak se provádí navázání a zrušení spojení mezi dvěma přístroji, jaký

protokol je použit pro doručení zpráv a jak jsou zpracovávány vnitřní zprávy sběrnice. V počítačových sítích realizuje koncový počítač a přizpůsobuje vlastnosti sítě potřebám aplikace. Spravuje spojení end to end.

### **Vrstva 5 (řízení sběrnice)**

Tato vrstva funguje jako rozhraní mezi transportní vrstvou a aplikací. Definuje ukončení spojení, řídí dialog, kdo je aktivní a synchronizační body.

### **Vrstva 6 (presentační)**

Tato vrstva definuje jak aplikace, tak může vstoupit na sběrnici a konvertuje formát a syntaxi dat, která vytváří nebo potřebuje pro jejich přenos sběrnici. Zabývá se významem dat, jak je přepravovat, komprimovat, kódovat, šifrovat a prezentovat.

### **Vrstva 7 (aplikační)**

Tato nejvyšší vrstva je tvořena aplikacemi, které používají sběrnici. Jsou to např. aplikace elektronické pošty, sdílení souborů, FTP.

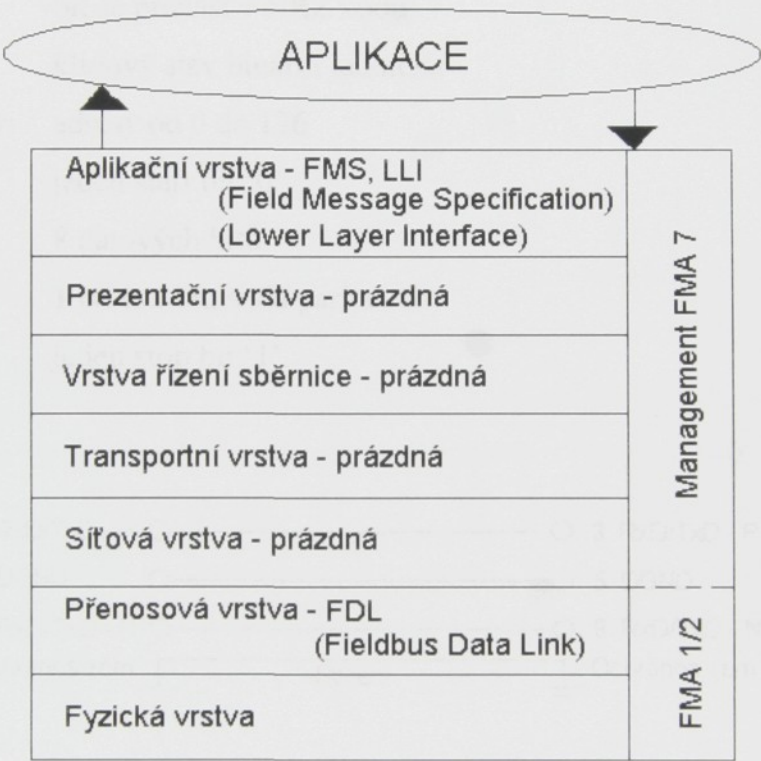
## **3.2. Profibus**

Vývoj sběrnice PROFIBUS (Process Field Bus) byl ukončen v červnu 1990, ale již v té době existovala organizace uživatelů, která zajišťuje rozšiřování informací o využití sběrnice, pokračuje na dalším vývoji a podporuje projekty na rozšíření funkčnosti sběrnice. Mezi jejími hlavními členy jsou univerzity a firmy jako ABB, AEG, Siemens, Honeywell, Bosch, Festo a další. Sběrnice PROFIBUS je definována normou SRN DIN 19254.

Architektura sběrnice se skládá ze tří vrstev, fyzické, přenosové a aplikační. Zbylé vrstvy byly definovány jako prázdné, aby bylo dosaženo vyšší efektivity složení a délky telegramů, průchodnosti zpráv a nižší náročnosti na hardware a software.

Profibus určuje technické a funkční rysy seriového spojení přístrojů ve spodní a střední výkonové třídě (regulátory, programovatelné automaty, numerické CNC stroje). Stanice připojené ke sběrnici se dělí na aktivní a pasivní.

Aktivní má určenou funkci a čte data z připojených pasivních přístrojů a zpracovává je. Vlastní oprávnění přístupu na sběrnici označované token a může ji využívat, tj. vysílat zprávy bez vnějšího vyzvání. Zatímco pasivní stanice může po vyzvání aktivní stanicí pouze potvrdit přijatou zprávu nebo odeslat odpověď. Token obíhá v logickém kruhu mezi aktivními stanicemi. Pokud existuje pouze jedna aktivní stanice, pak předávání tokenu odpadá. To odpovídá principu Master - Slaves. Minimální konfigurace je jedna aktivní a jedna pasivní stanice nebo dvě aktivní stanice.



Obr. 2 Popis sběrnice Profibus podle modelu ISO/OSI

### 3.2.1. Fyzická vrstva

Odpovídá symetrickému datovému přenosu podle standardu EIA RS 485 viz /3/ a /8/.

Struktura sběrnice: liniová na obou koncích zakončená vlnovými odpory 100 až 130 Ω

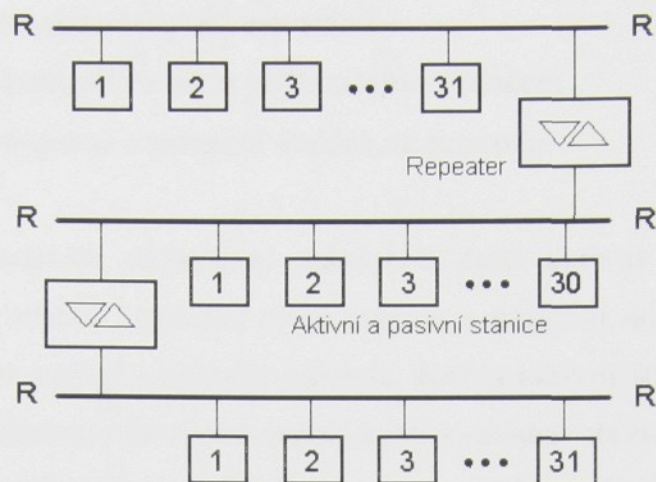
Přenosové médium: stíněná kroucená dvoulinka, minimálně 0.22 mm<sup>2</sup> asi 50 pF/m

|                     |                                                                                                                                                       |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Délka vedení:       | maximálně 1200 m, závislé na přenosové rychlosti                                                                                                      |
| Počet stanic:       | 32 celkem (aktivní + pasivní + repeater)                                                                                                              |
| Přenosová rychlost: | 9600, 19200, 93750 bit/s do 1200 m délky<br>187.5 kbit/s do vzdálenosti 600 m<br>500 kbit/s do vzdálenosti 200 m                                      |
| Připojení:          | 9 pólový D-SUB konektor s dírkami (female) na stanici, konektor se špičkami (male) na sběrniceovém kabelu, zajišťitelný přídavnými šrouby             |
| Úrovně signálů:     | binární jednička je pozitivní úroveň na špičce 3 (RxD-TxD-P) proti špičce 8 (RxD-TxD-N)<br>bit se přenáší v NRZ kódu<br>klidový stav binární jednička |
| Adresový prostor:   | adresy od 0 do 126                                                                                                                                    |
| Přenos dat:         | jeden start bit '0'<br>8 datových bitů<br>1 paritní bit, sudá parita<br>jeden stop bit '1'.                                                           |



Obr. 3 Ukázka propojení dvou stanic

Připojení více účastníků na sběrnici, nebo zvětšení délky vedení je možné prostřednictvím obousměrného zesilovače sběrnice označovaného repeater. Přitom je možné, aby mezi dvěma účastníky byly zapojeny maximálně tři repeatry.



Obr. 4 Liniové uspořádání sběrnice, ukázka použití repeatrů

### 3.2.2. Přenosová vrstva

U Profibusu se jedná o kontrolovaný přístup na sběrnici viz /3/ a /8/. Tento přístup a služby pro uživatele popisuje přenosový protokol FDL (Fieldbus Data Link). Další služby pro uživatele druhé vrstvy popisuje management FMA 1/2 (Field Management). Protokol i management jsou blíže popsány v normě DIN 19245 díl 1. Přístup na sběrnici je hybridní. Je možný decentralizovaný přístup podle předávání tokenu i centrální podle principu Masters - Slaves. Kontrola přístupu je v každé aktivní stanici, pasivní se chová neutrálně a vysílá pouze odpověď na vyzvání. Počáteční podnět vychází vždy z aktivní stanice, která vlastní token. Token je předáván v logickém kruhu mezi aktivními stanicemi a tím je dána doba, kdy která aktivní stanice může vysílat. K řádnému předávání tokenu udržuje každá aktivní stanice adresu předchozí stanice, od které převezme token a adresu následující stanice, které token předá. Tyto adresy si zjistí před připojením do sběrnice a dynamicky je udržuje.

Na sběrnici jsou ošetřeny tyto chybové stavy:

- vícenásobný token
- ztráta tokenu
- chyba při předání tokenu

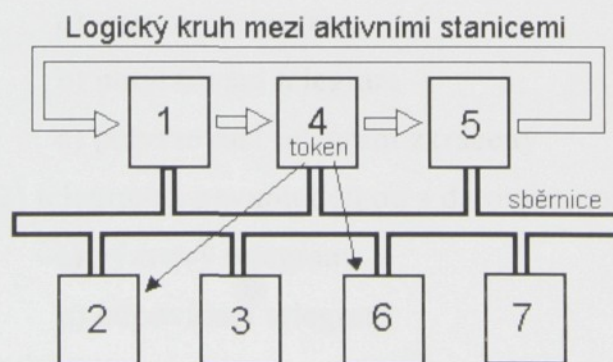
- nejedinečnost adresy stanice
- stanice s vadným přijímačem/vysílačem
- vyřazení a zařazení stanice za provozu

Token je předáván od aktivní stanice k další aktivní stanici ve směru stoupajících adres stanic. Výjimku tvoří stanice s nejvyšší adresou ve sběrnici, která předává token stanici s nejnižší adresou. Každá aktivní stanice sleduje oběh tokenu a vytváří si seznam aktivních stanic LAS a seznam stavu stanic s adresou v rozsahu své až po následující stanici, tento seznam se jmenuje GAPL.

### Logický kruh

Vznik logického kruhu je speciální případ aktualizace seznamu aktivních stanic a seznam stavu aktivních stanic. Po zapnutí napájení přejdou aktivní stanice do stavu naslouchání tokenu. Stanice s nejnižší adresou převezme aktivitu a začne vysílat telegramy na všechny stanice až po stanici s nejvyšší adresou. První stanici, která se přihlásí stavem připravena pro kruh je předán token.

Při ztrátě tokenu je třeba obnovit logický kruh. V tomto případě není nutné obnovovat seznamy, protože již existují. Stanice s nejnižší adresou převezme token a začne vysílat zprávy. Potom předá token na svého následovníka.



Obr. 5 Princip logického kruhu při předávání tokenu

### Zařazení a vyřazení stanice

Aktivní a pasivní stanice mohou být kdykoliv připojeny nebo odpojeny ze sběrnice. Každá aktivní stanice testuje v určitých časových intervalech stav stanic

uvedených v GAPL. Stanice jsou testovány v pořadí vzrůstajících adres. Pokud stanice odpoví stavem pasivní nebo nepřípravena pro kruh, pak je tento stav zanesen do seznamu GAPL. Pokud stanice odpoví stavem připravena pro kruh, pak stanice opraví svůj GAPL a zaregistruje novou adresu následovníka.

### **Ovládání tokenu**

Příjem tokenu je, když aktivní stanice přijme token telegram od předchozí stanice. Poté má stanice právo vysílat cykly zpráv. Pokud přijme token od stanice, kterou neregistruje jako předchozí stanici, pak se může jednat o chybu a token nepřijme. V případě, že token přijde podruhé od stejné stanice, kterou neregistruje, je token přijat a opravena adresa předchozí stanice.

Po odvysílání zpráv vyšle stanice token na stanici, která je registrována jako následující. Současně přijímá data vyslaná od této stanice, aby kontrolovala, zda přijala token a začala vysílat zprávy. Pokud je na sběrnici klid, odvysílá ještě jeden token telegram a znovu kontroluje, zda začne vysílat. Je-li i po opakovaném odvysílání tokenu na sběrnici klid, pak se stanice pokusí předat token další stanici, kterou má uvedenou v seznamu aktivních stanic. Tato činnost se opakuje, dokud nezůstane stanice jako jediná aktivní a poté přejde do stavu vysílání.

### **Formáty telegramů**

- 1) telegram s pevnou délkou bez datového pole
  - a) výzvodový telegram
  - b) potvrzovací telegram
  - c) potvrzovací telegram zkrácený
- 2) telegram s pevnou délkou s datovým polem
  - a) výzvodový telegram
  - b) odpovídací telegram
- 3) telegram s proměnnou délkou s datovým polem
  - a) výzvodový telegram
  - b) odpovídací telegram
- 4) token telegram

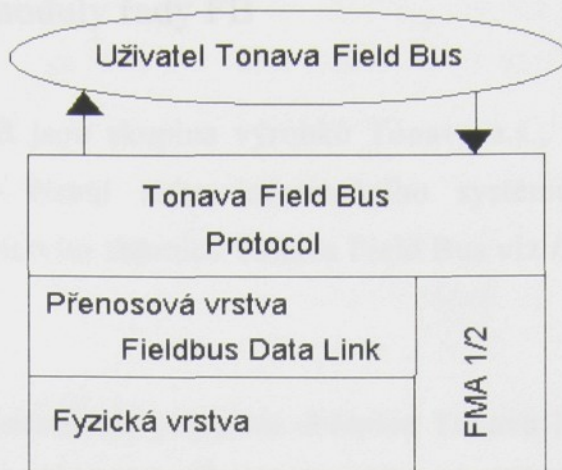
### 3.2.3. Aplikační vrstva

V návaznosti na normu DIN 19245 byl navržen komunikační protokol FMS (Fieldbus Message Specification) vrstvy aplikační sběrnice Profibus viz /8/. Protože jsou vrstvy 3 až 6 prázdné, potřebuje aplikační vrstva ISO/OSI modelu speciální přizpůsobení k vrstvě přenosové. Tuto adaptaci provádí rozhraní Lower Layer Interface (LLI). Funkce tohoto rozhraní, protokolu FMS a příslušného managementu FMA 7 jsou podrobně popsány v dílu 2 normy DIN 19245.

FMS popisuje komunikační objekty, aplikační služby a výsledné modely z pohledu komunikačního partnera. Služby FMS se potvrzované a nepotvrzované. Potvrzované jsou dovoleny při spojení mezi vybranými objekty a nepotvrzované se užívají tam, kde není dvoubodové spojení (vysílání všem nebo vybranému okruhu stanic). Přenos se uskutečňuje pomocí velké nebo malé priority.

### 3.3. Tonava Field Bus Protocol

Jak již bylo výše uvedeno, vychází firemní sběrnice Tonava Field Bus z návrhu sběrnice Profibus. Podle modelu ISO/OSI byla převzata fyzická a přenosová vrstva, která již byla podrobněji popsána v kapitole 3.2. Profibus. Vzhledem k náročnosti implementace aplikační vrstvy podle normy DIN 19245, byl navržen alternativní protokol k realizaci této vrstvy. Tonava Field Bus Protocol je předpis pro přenos zpráv mezi přístroji firmy Tonava a.s viz /8/. Tento protokol je definován nad vrstvou 2 (Fieldbus Data Link) sběrnice Tonava Field Bus. Podle ISO/OSI je na úrovni aplikační vrstvy, protože ostatní vrstvy jsou definovány jako prázdné.



Obr. 6 Struktura sběrnice Tonava Field Bus

Tonava Field Bus Protocol nabízí tyto služby:

- Reset přístroje
- Čtení/nastavení parametrů přístroje
- Čtení/nastavení parametrů přenosu přístroje
- Čtení identifikačního řetězce přístroje přístroje

pro modul FB 120x dále:

- Čtení/zápis hodnoty z/do registru 8 bitového D/A převodníku
- Čtení/zápis hodnot z/do pole binárních vstupů
- Čtení/zápis hodnot z/do pole binárních výstupů

pro modul FB 130x dále:

- Vynulování a vytárování vah
- Nastavení/čtení hodnot A/D převodníku
- Zahájení/ukončení módu komparace
- Čtení hodnoty z registru Brutto/Netto hmotnosti
- Čtení/zápis hodnot do registru táry
- Čtení hodnoty z registru vnitřních dílků
- Čtení hodnoty stavového registru
- Čtení hodnoty z registru jemnějšího rozlišení

### 3.4. Firemní moduly řady FB

Moduly řady FB jsou skupina výrobků Tonava a.s., které tvoří jednotlivé díly distribuovaného řízení nebo informačního systému. Jejich spojení je realizováno prostřednictvím sběrnice Tonava Field Bus viz /3 až 7/.

#### **FB 1100/1101**

Tento modul představuje připojení sběrnice Tonava Field Bus do počítače typu IBM PC pomocí zásuvné karty standardního uspořádání. Jedná se o malou kartu ISA. Modul je určen pro zařazení počítače do systému distribuovaného řízení realizovaného pomocí sběrnice TFB. Jednotka obsahuje mikropočítač 8032, který realizuje komunikační protokol. S procesorem počítače PC komunikuje pomocí paměti RAM, která je umístěna v adresovém prostoru PC. Vlastní sběrnice je od obvodů galvanicky oddělená pomocí optočlenů.

Počítač v řídicím systému lze využít pro sběr dat z procesu, pro vizualizaci nebo vlastní řízení procesu. Na sběrnici může být připojeno víc počítačů.

Moduly FB 1100, FB 1101 nabízí uživateli služby vrstvy 2 sběrnice Profibus popsané v normě DIN 19245 díl 1. Jedná se o protokol Field Data Link a management FMA 1/2. Tyto služby umožňují využít zásuvné moduly i v obecných aplikacích přenosu dat mezi přístroji v protokolu Profibus s odlišnou implementací dat, než která je určena v Tonava Field Bus Protocolu.

Modul FB 1100 je určen pro vyšší přenosové rychlosti (93 750 až 1 875 000 Bd), zatímco modul FB 1101 pro nižší (9 600 až 19 200 Bd).

#### **FB 1110/1111**

Modul FB 111x realizuje most mezi rozhraním RS 232C a sběrnici Tonava Field Bus. Je určen pro připojení zařízení vybaveným seriovým rozhraním RS 232C do sběrnice TFB. Komunikační protokol a služby stejné jako u FB 110x realizuje mikropočítač 8032.

#### **FB 1200/1201**

FB 1200/1201 je modul 16 binárních vstupů a 2x8 binárních výstupů řízených prostřednictvím sběrnice Tonava Field Bus. Je určen pro přímé řízení

stejnoseměrných výkonových silových prvků jako jsou relé, stykače, elektropneumatické ventily, atd. Obsahuje dva typy výstupů pro spínání proudů do 150 mA a do 1,8 A. Dále obsahuje D/A převodník s rozlišením 8 bitů a napětíovou úroveň 0 až 10 V. Je také vyvedeno napájení pro externí obvody (15 V/50 mA). Po dobu výpadku sběrnice jsou výstupy a D/A převodník nastaveny na zvolené hodnoty (0, 1, negace, beze změny) s automatickým návratem do stavu před poruchou.

Modul FB 120x nabízí služby podle Tonava Field Bus Protocolu.

### **FB 1300/1301**

Vyhodnocovací modul FB 130x je určen především pro použití v úředně neověřených aplikacích elektromechanických plošinových a mostových vah a v dávkovacích vahách s malým a středním výkonem. Je použitelný tam, kde je nutné ovládat několik vah z jednoho místa nebo při sběru dat z celé řady vah.

Tento modul nelze použít samostatně, protože neobsahuje display pro přímé zobrazování ani klávesnici pro styk s uživatelem. Musí být využíván jiným zařízením, např. počítačem. Je určen pro zařízení do distribuovaného systému řízení realizovaného pomocí TFB. Modul provádí napájení snímačů, zesílení signálu, digitalizaci, filtraci, přepočít na jmenovitou váživost vah, tárování, nulování, automatické sledování nuly a porovnává skutečnou hmotnost s přednastavenou. Vnitřní systém je vybaven diagnostikou funkce a o případných chybách je podáváno hlášení prostřednictvím sběrnice. Jako snímače jsou zde použity metalické odporové tenzometry, každý s impedancí 350  $\Omega$  a lze k jednomu modulu FB 130x připojit až tři snímače sil. Snímače se připojují paralelně přímo na desce plošného spoje modulu. Celková impedance však nesmí být menší než 85  $\Omega$ . K připojení snímačů se doporučuje šesti vodičové zapojení.

Modul FB 130x nabízí služby popsané v Tonava Field Bus Protocolu.

## **4. Algoritmizace řízení zásobníkových vah**

Zásobníkové váhy jsou určeny pro různá odvětví hospodářství. Největšího uplatnění nachází v gumárenském, sklářském a energetickém průmyslu. Jejich použití je výhodné v případech, kdy je nutno hlídat nebo udržovat hladinu materiálu a to s vysokou přesností. Tento dokument popisuje abstraktní systém zásobníkových vah, který nemá konkrétní technologický obraz. Bude využit pro předvedení možností řešit problém zásobníkových vah prostřednictvím řídicího systému.

### **4.1. Technologický popis zásobníkových vah**

#### **Mechanická konstrukce vah**

Váhy jsou konstruovány v současnosti především jako elektromechanické. Čidlem pro převod gravitační síly na elektrický signál je tenzometrický snímač síly. Toto čidlo má vysokou přesnost a poměrně nízkou cenu. To dovoluje konstruovat váhy jako vážené zásobníky s přímým zatížením. To znamená, že mezi snímači sil a váženým zásobníkem není žádný mechanický transformační převod. Vážený zásobník je zpravidla uložen na třech nebo čtyřech snímačích sil.

#### **Vyhodnocení signálu ze snímače sil**

Výstupní signál ze snímače sil je charakterizován tzv. konstantou citlivosti snímače. Ta je u dnes konstruovaných snímačů v rozmezí 0,5 až 2,0 mV/V. To znamená, že pokud je např. snímač sil s konstantou 2 mV/V napájen napětím 10V ss, pak je maximální výstupní signál (při plném zatížení snímače) roven 20 mV. Do tohoto rozsahu je však třeba ještě započítat hmotnost zásobníku (tzv. mrtvá hmotnost) a rezervu pro přetížení. Z tohoto popisu je zřejmé, že je zpracováván analogový signál s velmi malou hodnotou. Proto jsou pro vyhodnocení signálu ze snímače sil konstruovány speciální elektronické přístroje, které zabezpečují převod hodnoty signálu ze snímače sil na hodnotu hmotnosti.

#### **Systém zásobníkových vah**

System je tvořen osmi samostatnými vahami o nosnosti 500 kg a musí zabezpečit následující funkce:

- Umožnit udržovat konstantní hladinu materiálu v zásobníku
- Poloautomatický příjem a výdej materiálu ze zásobníku
- Možnost vyprázdnit celý zásobník
- Možnost naplnit zásobník na maximální hmotnost

### **Binární signály zásobníku**

Káždá váha resp. vážený zásobník obsahuje následující binární signály:

#### **Výstupní:**

- 1. Přísun materiálu** ovládán jedním binárním signálem. Pokud má tento signál hodnotu logická 1, pak je materiál do zásobníku přiváděn. Pokud má tento signál hodnotu logická 0, pak není materiál do zásobníku přiváděn.
- 2. Výdej materiálu** je ovládán jedním binárním signálem. Pokud má tento signál hodnotu logická 1, pak je materiál ze zásobníku odváděn. Pokud má tento signál hodnotu logická 0, pak není materiál ze zásobníku vydáván.

#### **Vstupní:**

- 1. Indikace maximální hladiny** materiálu v zásobníku je zabezpečena jedním binárním signálem. Pokud je sonda odcloněna, pak je hodnota binárního signálu logická 1.
- 2. Indikace minimální hladiny** materiálu v zásobníku je zabezpečena jedním binárním signálem. Pokud je sonda odcloněna, pak je hodnota binárního signálu logická 1.
- 3. Indikace uzávěr vah uzavřen.** Signál má hodnotu logická 0 v případě, že je uzávěr vah otevřen. Naopak signál má logickou hodnotu 1, pokud je uzávěr vah uzavřen.

### **Ovládání binárních signálů**

Binární signály jsou ovládány prostřednictvím modulu binárních vstupů/výstupů FB 1200 firmy Tonava, a. s. Každý modul FB 1200 umožňuje ovládat až 16 binárních výstupů a získat informaci ze 16 binárních vstupů. Pro systém zásobníkových vah jsou tedy využity dva moduly FB 1200, protože

potřebujeme celkem 24 vstupních binárních signálů. Zbylé vstupní a výstupní signály můžeme použít jako rezervní nebo pro rozšíření technologie. Spojení s řídicím počítačem je provedeno pomocí sběrnice Tonava Field Bus firmy Tonava a. s.

### **Číslicové signály**

Kromě výše uvedených signálů je každý zásobník osazen vyhodnocovacím modulem FB 1300 firmy Tonava, a. s., které provádí vyhodnocení signálů ze 3 snímačů sil a přepočítá okamžitý signál na hodnotu hmotnosti v kg. Spojení s řídicím počítačem je provedeno pomocí sběrnice Tonava Field Bus firmy Tonava a. s.

### **Řídicí počítač**

Jako řídicí počítač je využit počítač typu IBM PC. Počítač je buď v provedení „na stůl“ (tzv. desktop), nebo v provedení do technologického procesu. Z hlediska programového zpracování jsou typy počítačů rovnocenné. Počítač je osazen komunikačním modulem FB 1100 firmy Tonava a. s. Komunikační modul umožní začlenění počítače do sběrnice Tonava Field Bus.

## **4.2. Funkce řídicího systému**

Programové vybavení řídicího systému musí zabezpečit následující funkce:

### **1. Automatické udržování konstantní hladiny materiálu**

Obsluha zadá velikost žádané konstantní hladiny materiálu ve váženém zásobníku. Programové vybavení musí zajistit automatické doplnění zásobníku v případě, že byl proveden výdej materiálu obsluhou. Pokud je nastaven režim udržování konstantní hladiny materiálu, musí být potlačen režim poloautomatického přísunu materiálu a naopak.

## **2. Poloautomatický přísun materiálu po maximální hladinu**

Programové vybavení musí zabezpečit přísun materiálu až po maximální hladinu materiálu (tento stav je zadán jako maximum plnění). Obsluha zvolí činnost a vydá povel k jejímu zahájení. Programové vybavení otevře ventil přísunu materiálu a zabezpečí jeho uzavření po dosažení maximální hladiny materiálu.

## **3. Poloautomatický přísun určeného množství materiálu**

Programové vybavení musí zajistit přísun zadaného množství materiálu. Obsluha zadá množství materiálu, které má být přidáno do zásobníku a určí zahájení činnosti. Programové vybavení musí ošetřit chybné zadání požadovaného množství materiálu (celkové množství materiálu v zásobníku nesmí překročit maximální hladinu materiálu v zásobníku). Programové vybavení zabezpečí automatické spuštění přísunu materiálu a zastavení přísunu po navážení určeného množství.

## **4. Poloautomatický výdej určeného množství materiálu**

Programové vybavení musí zabezpečit vydání určeného množství materiálu. Obsluha zadá množství materiálu, které má být vydáno ze zásobníku a určí zahájení činnosti. Programové vybavení musí ošetřit chybné zadání požadovaného množství materiálu (obsahuje-li zásobník méně materiálu, než-li je požadováno vydat). Programové vybavení zabezpečí automatické spuštění výdeje materiálu a zastavení výdeje po navážení určeného množství.

## **5. Vyprázdnění zásobníku**

Programové vybavení musí zabezpečit úplné vyprázdnění zásobníku. Programové vybavení otevře uzávěr zásobníku a setrvá dokud nebude zásobník zcela vyprázdněn (Hmotnost brutto je rovna nule). Poté opět uzávěr uzavře.

## **6. Varovná hlášení**

Programové vybavení zajistí vydání varovného hlášení v případě, že hladina materiálu v některém zásobníku překročí maximální hladinu materiálu v zásobníku, nebo podud je nižší než minimální hladina materiálu v zásobníku.

Maximální hladina je 90 % nosnosti vah a minimální hladina je 10 % nosnosti vah.

## 7. Balance

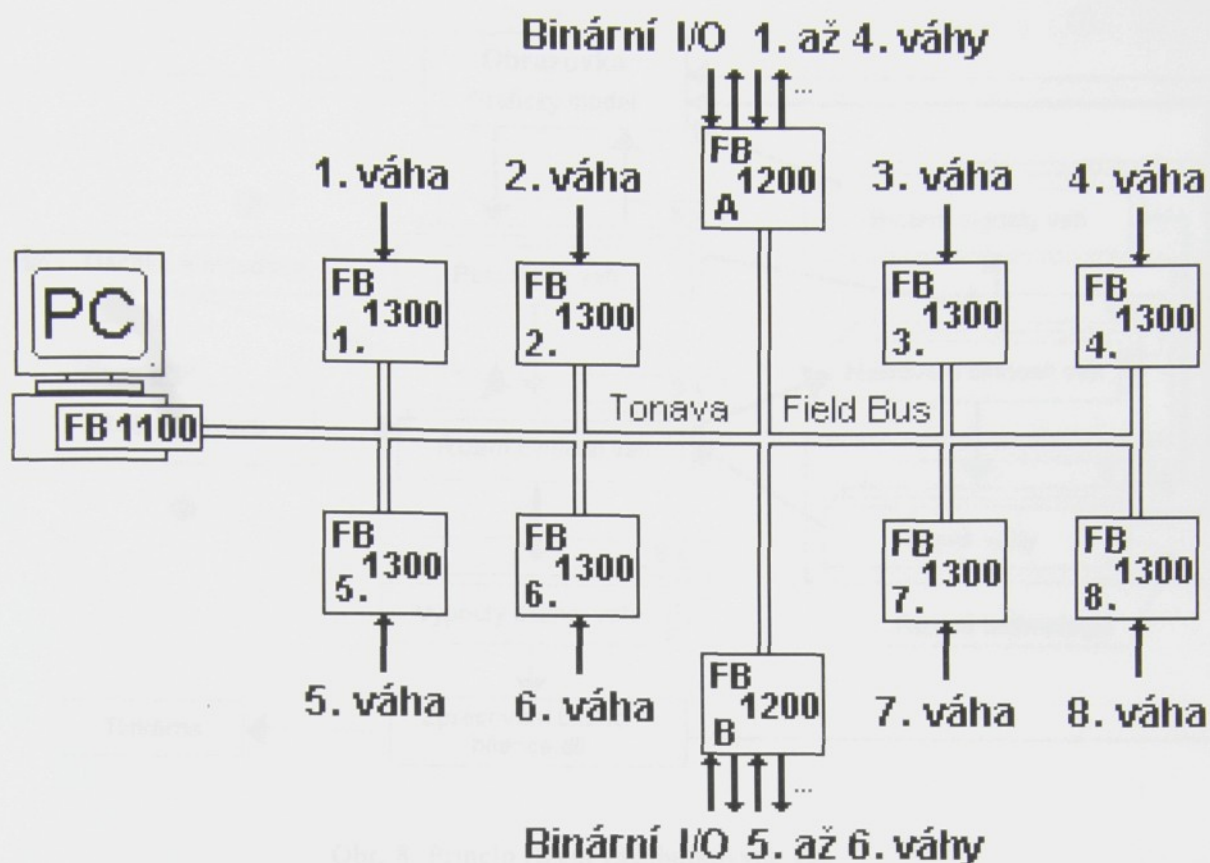
Programové vybavení musí zabezpečit balance o každém provedeném přísunu nebo výdeji materiálu do resp. ze zásobníku. Balance musí obsahovat alespoň následující údaje:

- Datum a čas jejího zahájení
- Typ operace (přisun/výdej)
- Číslo zásobníku
- Požadované množství
- Skutečně navážené množství

Programové vybavení by mělo také zabezpečit tisk protokolů z bilancí a to za zvolené časové období.

## 4.3. Návrh komunikace

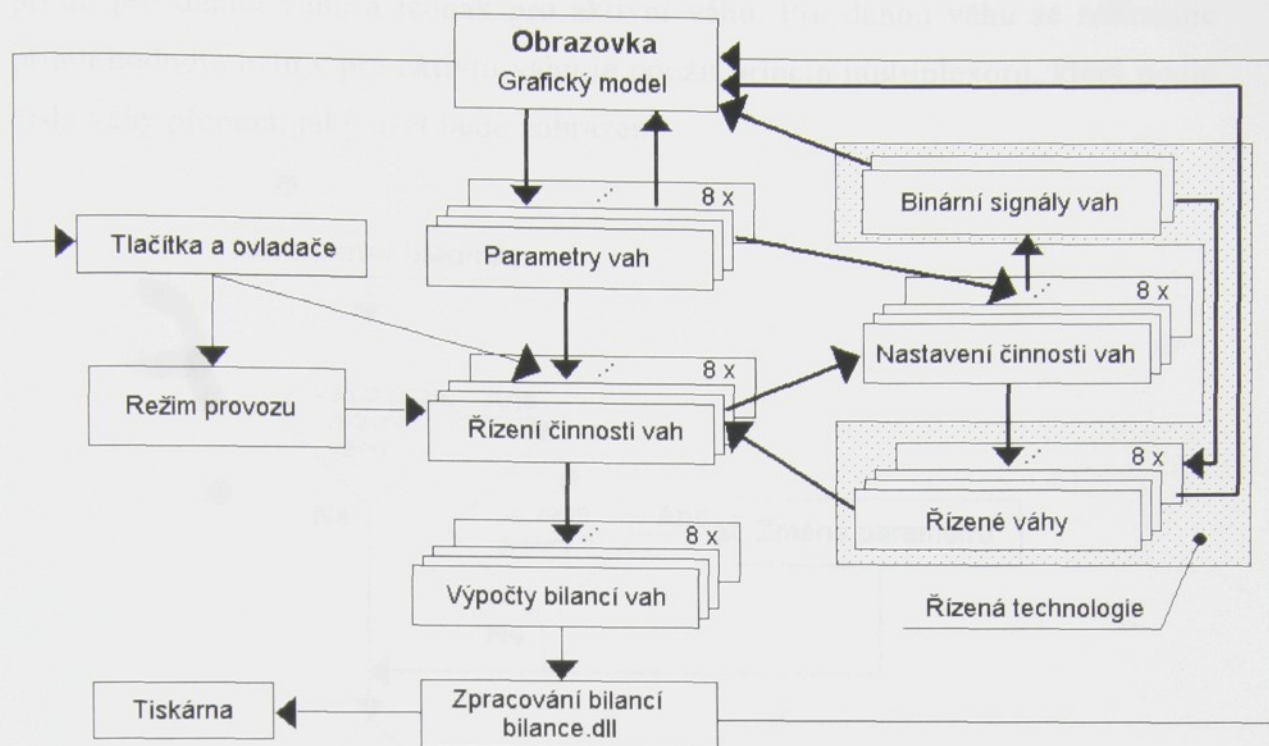
V systému zásobníkových vah probíhají veškeré informace po sběrnici Tonava Field Bus. Protože klasické PC nemá pro tuto sběrnici standardně vybaveno rozhraní je třeba počítač přizpůsobit. V tomto případě je použita zásuvná karta s označením FB 1100, ale je možné využít i jiné způsoby, např. modulem připojeným k seriové lince RS 232C. Pro přenos informací analogových signálů udávajících hmotnost, je u každé váhy modul FB 1300 pro vyhodnocení hmotnosti, který tento údaj předává řídicímu počítači v číslicové formě po sběrnici. V celé technologii je celkem 24 do počítače vstupujících a 16 z počítače vystupujících binárních signálů. Jeden modul FB 1200 umožňuje počítači předávat maximálně 16 vstupních a 16 výstupních binárních signálů. Vzhledem k tomuto rozdílu na straně vstupních signálů je třeba použít dva tyto moduly. Modul označený FB 1200 A připojuje binární signály prvních čtyř vah a modul FB 1200 B zbývajících vah. Nevyužité binární signály lze použít jako rezervní nebo pro rozšíření technologie, jednak v rozšíření počtu signálů od jednotlivých vah nebo rozšíření počtu zásobníků.



Obr.7 Komunikace mezi moduly v řídicím systému

#### 4.4. Algoritmizace řízení

U klasického programovacího jazyka se provádí příkaz za příkazem nebo instrukce za instrukcí. Princip činnosti programu lze vyjádřit jedním vývojovým diagramem, protože podle sledu příkazů víme, kde se program nachází. U signálové sítě může mít každý uzel na vstupu několik jiných uzlů a je řešen samostatně podle priority a časových intervalů. Výstup z uzlu slouží jako vstup do jiných uzlů. Vzhledem k této odlišnosti klasického programování od programování pomocí signálové sítě je nutné uvést princip činnosti alespoň u nejdůležitějších uzlů signálové sítě.



Obr. 8 Princip řízení zásobníkových vah

#### 4.4.1. Uzly pro vstup a výstup parametrů

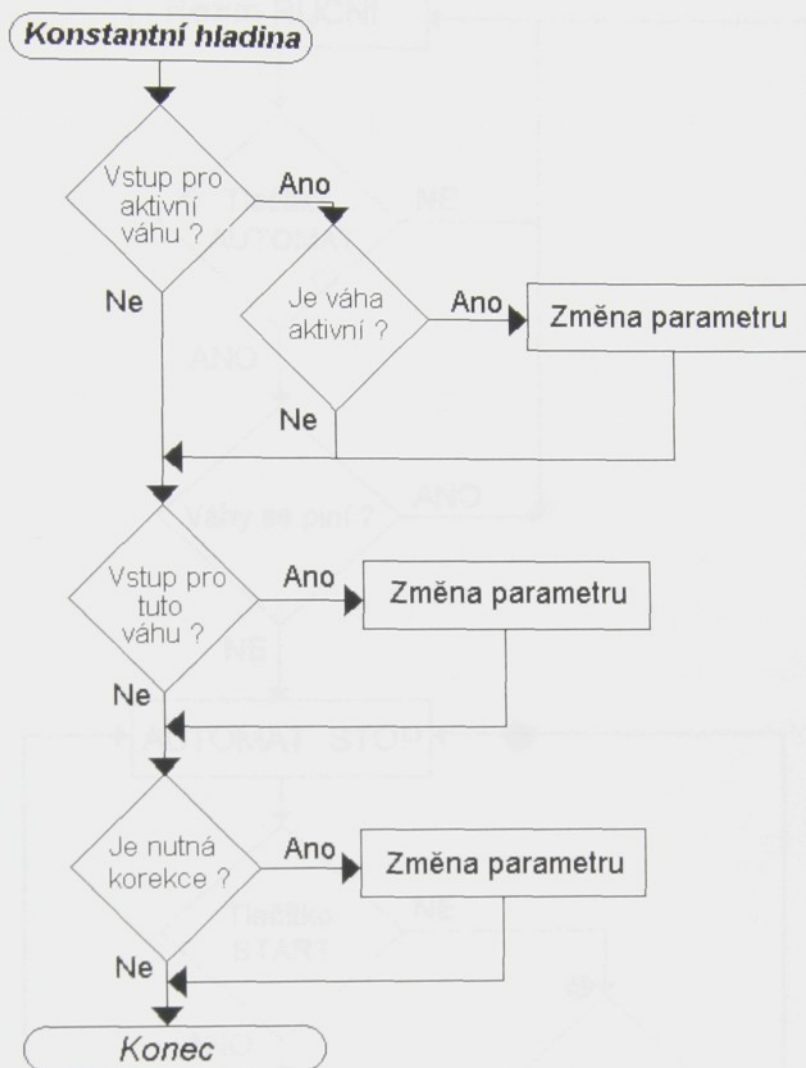
Každá váha je charakterizována třemi parametry. Jedná se o parametry pro zadání *požadného* množství přivážení nebo výdeje, pro udržování *konstantní hladiny* při automatickém provozu a pro *maximum plnění*. Jsou navzájem provázány řídicím programem a korigovány tak, že nesmí být žádný záporný a větší než nosnost vah a první dva uvedené parametry větší než maximum plnění. Protože je parametr maximum plnění vstupem jak pro žádané množství, tak pro konstantní hladinu, projeví se jeho změna ihned na velikosti těchto parametrů. Zpracování hodnoty parametru lze rozdělit do tří fází.

První fáze obsahuje pro každý parametr dva vstupní uzly. První slouží pro zadání hodnoty přímo pro danou váhu a druhý pro aktivní váhu, viz. 5.3. Obrazovky.

Druhá fáze je vlastní řešení hodnoty uzlu. Rozhoduje se, na kterém vstupního uzlu došlo ke změně hodnoty a ta se s následnou korekcí přiřadí.

Třetí fází je opětovné zobrazení nové hodnoty na obrazovce. Stejně jako vstup umožňuje dva způsoby zadání i výstup umožňuje dvojí zobrazení. Jednak

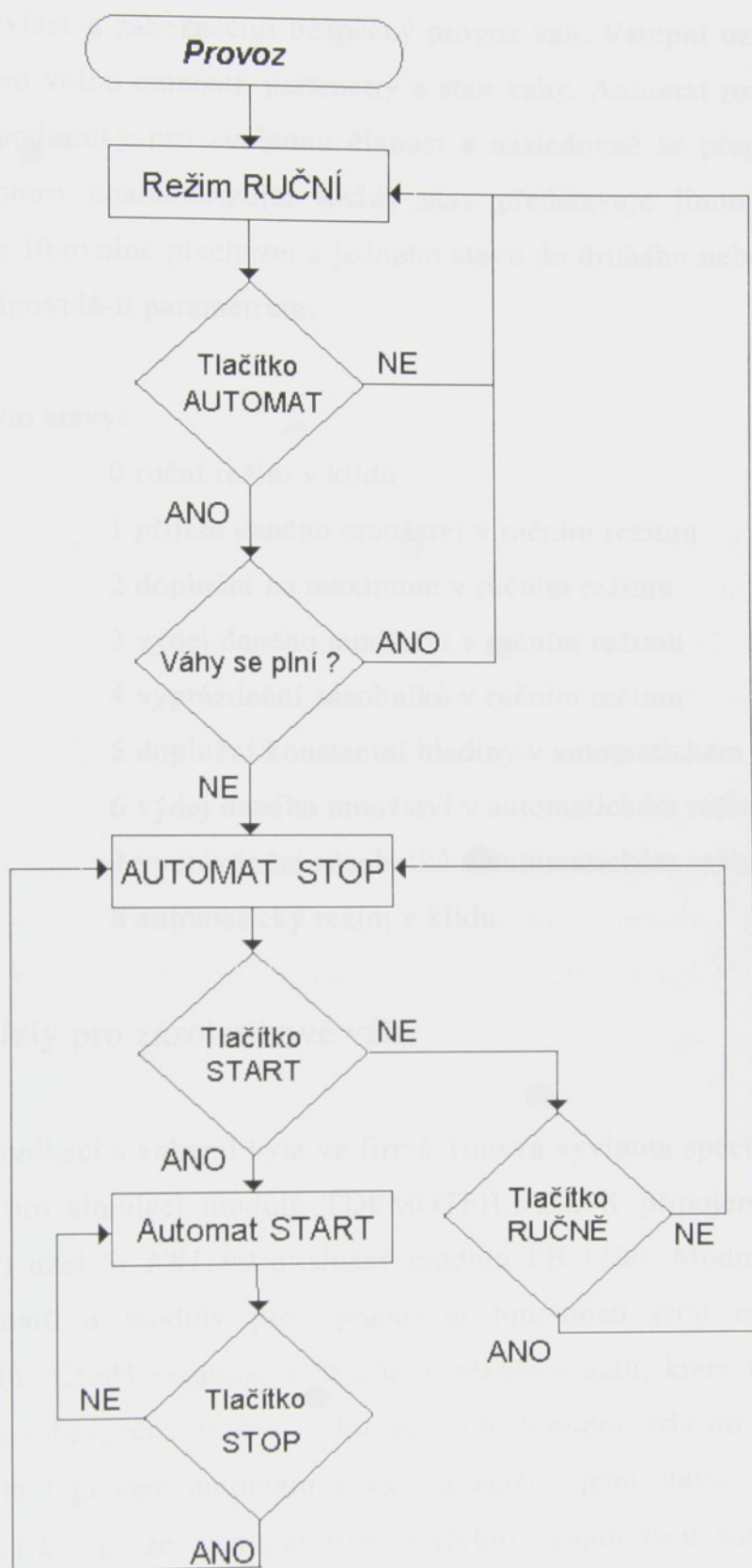
přímo pro danou váhu a jednak pro aktivní váhu. Pro danou váhu se zobrazuje přímo hodnota uzlu a pro aktivní váhu je použit princip multiplexoru, který podle čísla váhy přepíná, jaký uzel bude zobrazen.



Obr. 9 Řešení hodnoty parametru

#### 4.4.2. Uzly pro řízení režimu a činností vah

Program obsahuje dva druhy uzlů a pracujících jako logický automat. Prvním je uzel *Provoz* pro změnu režimu vah. Tímto uzlem se přepíná mezi režimem ručním a automatickým. Režim automatický můžeme programem zapnout a vypnout. Do režimu automatického lze přepnout pokud není některá váha v ručním plnění a do režimu ručního pouze přes režim automat vypnutý.



Obr. 10 Vývojový diagram řízení provozu vah

Druhou skupinu tvoří uzly *Povel\_vaha* pro řízení činností vah. Jsou pro každou váhu zvlášť a zabezpečují bezpečný provoz vah. Vstupní uzly jsou režim vah, tlačítka pro volbu činností, parametry a stav váhy. Automat rozhoduje jestli jsou splněny podmínky pro zvolenou činnost a následovně se přepne do stavu, který tuto činnost charakterizuje. Každý stav představuje jinou celočíselnou hodnotu. Nelze libovolně přecházet z jednoho stavu do druhého nebo vydat povel pro váhu, neodpovídá-li parametrům.

Automat má tyto stavy:

- 0 ruční režim v klidu
- 1 příjem daného množství v ručním režimu
- 2 doplnění na maximum v ručním režimu
- 3 výdej daného množství v ručním režimu
- 4 vyprázdnění zásobníků v ručním režimu
- 5 doplnění konstantní hladiny v automatickém režimu
- 6 výdej daného množství v automatickém režimu
- 7 vyprázdnění zásobníků v automatickém režimu
- 8 automatický režim v klidu

#### 4.4.3. Uzly pro zásobníkové váhy

Pro komunikaci s vahami byla ve firmě Tonava vyvinuta speciální knihovna TFB.DLL a pro simulaci modulů TDEMOTFB.DLL. K připojení počítače ke sběrnici slouží uzel *Si\_FB1100* příslušný modulu FB 1100. Moduly pro přenos binárních signálů a moduly pro zpracování hmotností jsou reprezentovány skupinami uzlů. Každá skupina se skládá z několika uzlů, které mají potřebné vstupní uzly a zabezpečují funkci těchto modulů. Vstupní uzly do těchto skupin jsou závislé na logickém automatu a sledují změnu jeho stavu. Zpětná vazba řízení se uzavírá tím, že výstupní uzly z těchto skupin jsou vstupní uzly do logického automatu.

## Skupina reprezentující FB 1200

Ve skupině *Gr\_FB1200* používám dva uzly. První uzel *BO* dává informaci o stavu výstupních signálů a má vstupní uzel *Nastav\_BO* pro nastavení výstupu. Druhý uzel *BI* nese informaci o stavu vstupních signálů a má také vstupní uzel *Nastav\_BI* pro nastavení vstupu. Nastavení vstupu se používá při odladování a demo verzích jako nahrazení fyzického spojení.

## Skupina reprezenrující FB 1300

Tato skupina je označená *Gr\_FB1300* a využívám z ní pro řízení vah tyto uzly. Uzel *Status* nese informaci o stavu zásobníků. Uzel *Brutto* dává informaci o hmotnosti materiálu zásobníku a uzel *Povel* pro ovládání vah. Poslední uzel využívá pro svou činnost vstupní uzly, které mění svojí hodnotu podle stavu automatu *Povel\_vaha* pro řízení činnosti vah. Mezi tyto uzly patří:

*Kod* udává druh činnosti vah (komparace nahoru, dolů, konec, s brutto nebo netto hmotností). Dalšími vstupy jsou tlačítka a režim provozu, pro zastavení komparace. V programu je využita komparace s brutto hmotností.

Kódy vysílané modulu FB 1300

- komparace směrem nahoru 0x30003
- komparace směrem dolů 0x10003
- stop komparace 0x0004

*Hmot* udává hmotnost, na kterou se má komparovat. Vypočítává se podle zvolené činnosti a parametrů vah s následnou korekcí, aby hmotnost splňovala podmínky kladené na řídicí program:

- přivážení daného množství  $Hmot = Brutto + Požadované$   
 $Hmot \leq Maximum\ plnění$
- přivážení na maximum  $Hmot = Maximum\ plnění$
- výdej daného množství  $Hmot = Brutto - Požadované$   
 $Hmot \geq 0$

- vyprázdnění zásobníku  $H_{mot} = 0$
- udržování konstantní hladiny  $H_{mot} = \text{Konstantní hladina}$

*Nekomp* udává čas, po který se nemá komparovat.

*ADR* je adresa příslušné jednotky binárních signálů.

*BO* je uzel od příslušné jednotky binárních signálů.

## 4.5. Zpracování bilancí

I způsob řešení bilancí spotřeby materiálu se odvíjí od logického automatu řízení činnosti dané váhy. Když přejde automat z klidové hodnoty do polohy příslušné činnosti, vypočítá se požadovaná hmotnost. Poté co se automat opět vrátí do klidové polohy je vyhodnocena skutečně navážená hmotnost a spolu s číslem zásobníku a druhem činnosti (příjem-výdej) je předána uzlu, který tyto hodnoty s datumem a časem ukládá do cyklického souboru *Balance.log*.

Pro další zpracování se už musí použít jiný programový prostředek. V řídicím programu zásobníkových vah je použita knihovna *Balance.dll*, která je upravenou verzí složitější a v tomto případě zbytečné firemní knihovny *Agrbase.dll*. Z této knihovny je převzato načtení a zpracování (setřídění podle uživatelem zvoleného klíče) vstupního souboru *balance.log*, zobrazení tabulky na obrazovce, vytvoření výstupního souboru *balance.txt* a tisk tabulky na tiskárně.

## 4.6. Požadavky na počítač

Jako každý systém, je i tento omezen možnostmi hardware a software, proto je nutné definovat minimální konfiguraci řídicího počítače.

|                 |                              |
|-----------------|------------------------------|
| <b>Hardware</b> | - procesor 486 DX, 66 MHz    |
|                 | - 8 MB RAM                   |
|                 | - 500 MB HDD                 |
|                 | - myš                        |
|                 | - zásuvná karta FB 1100      |
|                 | - monitor 800*600, 256 barev |
|                 | - tiskárna                   |

- Software**
- Windows 3.1x
  - RT Control 1.7
  - firemní DLL
  - řídicí program Zásobníkové váhy

Protože minimální konfigurace není nejvýhodnější, doporučuji použít výkonnější, rychlejší a lépe vybavený počítač.

**Optimální hardware** - procesor Pentium 90 Mhz

- 16 MB RAM

### 5.1. Spuštění programu

Program se spouští ze spouštěcího menu Windows 3.1x pomocí ikony „RT Control“ v liště menu „Zásobníkové váhy“. Po spuštění se zobrazí titulokový dialog „RT Control“ s informacemi o verzi programu a o firmě, která program vyrobila. Po kliknutí na tlačítko „OK“ se zobrazí hlavní okno programu. Podrobnosti o ovládacích prvcích a o funkcích programu jsou uvedeny v kapitole 6.1. Hlavní okno programu je rozděleno na dvě části. Horní část obsahuje seznam měření a dolní část obsahuje grafy.

## **5. Popis programu**

Program je určen pro řízení technologie osmi zásobníkových vah pomocí personálního počítače. Umožňuje manuální ovládání vah pomocí povelů obsluhy v ručním režimu a automatické udržování konstantní hladiny materiálů v automatickém režimu. Program je sestaven tak, aby požadoval pouze minimální znalosti obsluhy v oblasti práce na personálním počítači. Ovládá se pomocí myši a klávesnice.

Vstupem pro řídicí program jsou povelů obsluhy, binární vstupy z technologie (koncové spínače, snímače) a informace o hmotnostech v zásobnících vah z vyhodnocovacích modulů.

Výstupem je informace o dění v řízené technologii pomocí monitoru počítače, binární výstupy pro výkonové prvky v technologii (stykače motorů, relé) a povelů pro vyhodnocovací moduly. Výstupem jsou také bilance, které umožňují přehled a tisk spotřeby materiálů v zásobnících.

### **5.1. Spuštění programu**

Program se spouští ze správce programů Windows otevřením okna „RT Control“ a kliknutím na ikonu „Zásobníkové váhy“. Nebo lze také spustit řídicí program bez zásahu obsluhy. Po zapnutí počítače se automaticky zavede operační systém a poté i řídicí program. Po spuštění programu se objeví okno s titulkem Zásobníkové váhy. Pod tímto titulkem je základní nabídka a okno Schéma, ve kterém je zobrazen základní pohled na technologii a nejdůležitější ovládací prvky. Ve spodní části obrazovky je informační řádek. Skládá se z nápoředy k nabídce a informaci o operátorovi.

### **5.2. Nabídka**

Pod titulkovým pruhem jsou hesla základní nabídky. Jednotlivé skupiny lze rozvinout dvěma způsoby.

1. Stiskem levého tlačítka myši, tak aby hrot šípky ukazoval na zvolené heslo.
2. Klávesnicí stiskem klávesy *Alt* a klávesy s písmenem, které je v názvu podtrženo.

## Program

Tato nabídka umožňuje:

**Acquisition** - Start/Stop běhu programu. Po spuštění programu se u této položky objeví značka indikující běh programu. Po výběru této položky program přestane reagovat na vstupní signály a na povely obsluhy. Po opětovném zvolení se program opět spustí.

**Info** - Informace o řídicím programu.

**Konec** - Ukončí řídicí program. Podrobněji je popsáno v kapitole 5.6. Ukončení práce s programem.

## Systémový operátor

Nabídka má význam jen v případě, že by bylo nutné omezení přístupu k některým úkonům. Poté by bylo nutné přidělení přístupových práv a hesel pracovníkům obsluhy.

**Log In** - Přihlášení operátora. Operátor musí zadat své jméno a heslo. Po zadání hesla může ovládat tu část, ke které má přístupová práva.

**Log Out** - Odhlášení operátora. Operátor je také odhlášen programem, jestliže po nastavenou dobu nezjistí žádnou aktivitu operátora.

**Heslo** - Změna hesla operátora. Po zadání nového hesla musí operátor toto heslo ještě jednou potvrdit.

## Obrazovka

Tato nabídka umožňuje přepnutí zobrazené vrstvy. Za položkami jsou funkční klávesy, které mají stejnou funkci jako jméno nabídky. Jednotlivé obrazovky jsou popsány v dalších kapitolách.

**Schéma F2** - Zobrazí obrazovku se základním technologickým pohledem a ovládacími prvky.

**Signály F3** - Zobrazí obrazovku se stavem vstupních a výstupních signálů.

**Váhy F4** - Zobrazí obrazovku s parametry vah a možností změny těchto parametrů.

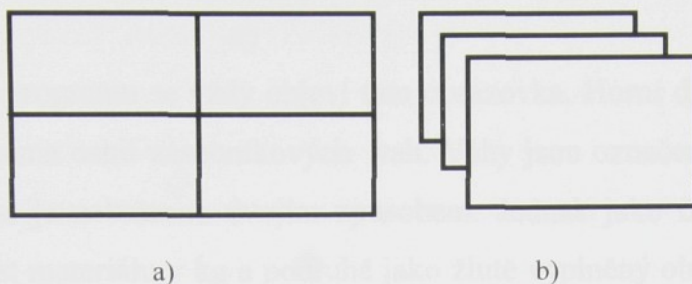
## Okna

Nabídka Okna nabízí možnost uspořádání obrazovky pro případ současného zobrazení více vrstev. Vzhledem ke zkreslení, které vznikne zmenšením a změnou poměru stran, se tato volba nedoporučuje.

**Kaskáda** - Uspořádá okna do kaskády.

**Dlaždice** - Rozmísí okna tak, aby pokryly celou pracovní plochu.

**Uspořádání ikon** - Uspořádá ikony.



Obr. 11 Rozmístění oken a) dlaždice, b) kaskáda

### Bilance

**Bilance zásobníkových vah** - Tato nabídka umožňuje zobrazení a tisk přehledu bilancí spotřeby materiálů za určené časové období.

### Nápověda

**Nápověda k programu** - Spustí standardní Windows nápovědu k řídicímu programu. Nápovědu lze také spustit z okna „RT Control“ ve Správci programů Windows.

## 5.3. Obrazovky

Pro zlepšení orientace je v řídicím systému zásobníkových vah použita architektura tří obrazovek. Nejdůležitější je obrazovka označená *SCHÉMA*. Z této obrazovky lze ovládat všechny výstupy z řídicího systému, zadávat a číst všechny parametry a mít přehled o všech vstupech do řídicího systému. Ostatní obrazovky slouží jako pomocné. Obrazovka *SIGNÁLY* nám dává celkový přehled o vstupních a výstupních signálech a obrazovka *VÁHY* o všech parametrech zásobníkových vah. V pravém dolním rohu všech obrazovek jsou umístěny záložky pro plynulý přechod z jedné obrazovky do dalších pomocí myši. Přecházet do jiných obrazovek lze také pomocí nabídky a funkčních kláves. Všechny tři obrazovky jsou znázorněny v příloze č.1.

### 5.3.1. Obrazovka SCHÉMA

Po spuštění programu se vždy objeví tato obrazovka. Horní dvě třetiny zobrazují technologické schéma osmi zásobníkových vah. Váhy jsou označeny číslicemi 1 až 8. Aktuální hmotnost je zobrazena dvojím způsobem. Jednak jako číselný údaj značící celkovou hmotnost materiálu v kg a podruhé jako žlutě vyplněný obdélník měnící svoji výšku v závislosti na okamžité hmotnosti. Je-li zásobník váhy prázdný, nevykresluje se žádný obdélník, s přibývajícím hmotností se výška obdélníku zvětšuje a naopak. Nad každou vahou je plnicí cesta s motorem a pod vahou vyprazdňovací cesta s ventilem. Po vydání signálu pro plnění nebo výdej materiálu se příslušná cesta vybarví žlutou barvou, tímto se signalizuje činnost vah na obrazovce.

V dolní části obrazovky je ovládací panel řídicího systému. Pomocí tohoto panelu se zadávají povely a parametry pro váhy a volí, která váha je aktivní. Volba aktivní váhy se provádí pomocí myši. Buď najetím kurzoru myši na příslušné tlačítko v ovládacím panelu odpovídající číslu váhy nebo příslušnou váhu a kliknutím levého tlačítka myši. Aktivní váha má příslušné tlačítko zvýrazněno modrou barvou číslice na světle modrém pozadí. Povely vydané v ručním režimu plnění i výdeje materiálu jsou povely pouze pro aktivní váhu. Všechna tlačítka pro vydání povelu nebo přepnutí režimu vah lze navolit pouze jsou-li zvýrazněna, tzn. text tlačítka má černou, červenou nebo modrou barvu a pozadí je bílé. Pokud jsou šedá písmena na bílém pozadí, tlačítko nemá funkci a pokud jsou písmena tmavě šedá na světle šedém pozadí, pak tato činnost právě probíhá a nelze tento povel znovu vydat. Parametry, které ovládací panel zobrazuje jsou parametry aktivní váhy. Jejich význam a zadávání nové hodnoty parametru popisuje kapitola 5.3.3. Obrazovka VÁHY.

Na pravo od ovládacího panelu je vykresleno malé okénko. Slouží pro lepší orientaci v řídicím systému a zobrazuje symbol odpovídající zvolenému režimu plnění vah. V ručním režimu plnění je v okénku ruka. V automatickém režimu plnění zapnutém je v okénku počítač a v automatickém režimu vypnutém je v okénku stopka.

### 5.3.2. Obrazovka SIGNÁLY

Obrazovka Signály dává celkový přehled o všech vstupních a výstupních binárních signálech. Další význam má při případném servisu nebo údržbě řízené technologie, protože lze jednoduše zjistit, na kterém signálu je porucha a čím je způsobena omezená činnost řídicího systému. Pro zrychlení hledání vodiče na svorkovnici modulu FB 1200 je u každého signálu na obrazovce uvedeno číslo svorky viz /6/. Obrazovka je rozdělena na dvě části. Jedna odpovídá signálům vah číslo 1 až 4 tj. signálům přivedených do modulu FB 1200-A a druhá signálům vah číslo 1 až 5, které jsou připojeny k modulu FB 1200-B. Každý modul má vedle svého označení uvedenu také adresu na sběrnici Tonava Field Bus. Signály jsou rozděleny podle významu. V levém sloupečku jsou vstupní a v pravém výstupní. Stav signálu udává příslušná kontrolka. Zelená kontrolka se rozsvítí má-li signál hodnotu logická 1.

Obrazovka obsahuje pro každou váhu tyto signály:

|          |                       |
|----------|-----------------------|
| Vstupní  | - maximální hladina   |
|          | - minimální hladina   |
|          | - uzávěr váhy uzavřen |
| Výstupní | - plnění              |
|          | - výdej               |

### 5.3.3. Obrazovka VÁHY

Pomocí této obrazovky lze číst a měnit parametry nejen aktivní váhy, ale všech zásobníkových vah. Parametry jsou seřazeny podle jednotlivých vah a mají tento význam:

**Maximum plnění** udává maximální hmotnost, na kterou lze doplnit zásobník.

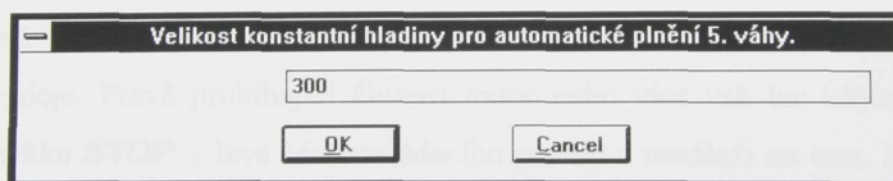
**Konstantní hladina** udává hmotnost, kterou bude udržovat řídicí systém při režimu automatického plnění.

**Žádané kg plnění/výdej** udává množství materiálu v kg , které bude přidáno do zásobníku nebo vydáno v ručním režimu.

U každé váhy je uvedeno označení modulu FB 1300, který vyhodnocuje hmotnost v zásobníkové váze a adresa modulu ve sběrnici Tonava Field Bus.

### Zadání nové hodnoty parametru

Pokud najedete kurzorem myši na políčko s číselnou hodnotou a tvar kurzoru se změní z šipky na ruku, pak lze tuto hodnotu měnit. Kliknutím levého tlačítka myši se objeví dialogové okno pro zadání nové hodnoty. Titulek okna charakterizuje zadávanou hodnotu. Zadává se kladná číselná hodnota menší nebo rovna nosnosti vah, která se potvrdí stiskem tlačítka **OK** nebo zruší tlačítkem **Cancel**. Po úspěšném zadání nového parametru se zobrazí nová hodnota. Řídící systém kontroluje zadanou hodnotu, proto se nemusí vždy shodovat zobrazená hodnota se zadanou. V případě, že zadáme parametr mimo rozsah nebo jsou-li parametry **konstantní hladina** a **žádané kg** větší než **maximum plnění** pak se parametry příslušně upraví.

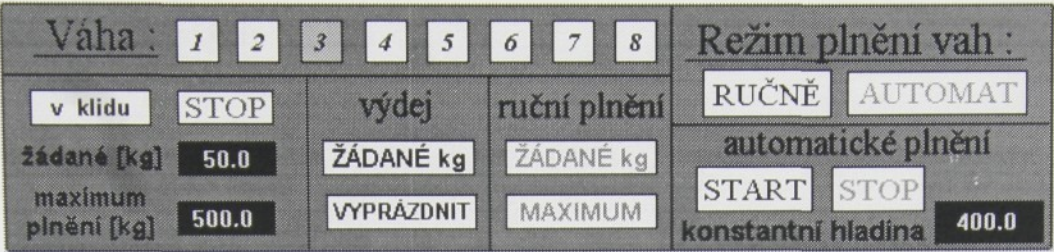


Obr. 12 Dialogové okno pro zadání nové hodnoty parametru

## 5.4. Režimy provozu vah

Řídící systém umožňuje dva režimy provozu. Ruční plnění nebo výdej materiálu a automatické plnění. Po spuštění programu je nastaven režim ručního provozu. Volbu režimu provozu lze měnit pomocí tlačítek RUČNĚ a AUTOMAT v ovládacím panelu obrazovky *SCHÉMA*. U automatického režimu lze navíc zvolit režim START a režim STOP. Z ručního režimu plnění do automatického lze přejít jen v tom okamžiku, není-li některá váha plněna. Z automatického režimu plnění do ručního režimu lze přejít vždy, protože se musí jít přes krok STOP a tím se zabezpečí, že se žádná váha nebude plnit. Přechod z jednoho režimu do druhého nemá vliv na výdej materiálu, protože ten je vždy

jen ruční a není tímto přechodem zastaven ani ovlivněn. Je-li nutné umožňuje řídící systém libovolný počet vah vypnout a to tím, že se odpovídající parametr *Maximum plnění* zadá jako nulová hodnota.



Obr. 13 Ovládací panel

5.4.1. Ruční režim

V tomto režimu je řídící systém po spuštění programu. Režim je indikován rukou v okénku na pravo od ovládacího panelu. Tlačítko RUČNĚ není zvýrazněno a tlačítko AUTOMAT pro přechod do automatického režimu naopak zvýrazněno je. Tlačítka START a STOP nejsou zvýrazněna, nemají funkci nelze je za těchto podmínek použít. Pokud je právě aktivní váha v klidu, jsou vysvícena všechna tlačítka pro povely ručního plnění a výdeje. Právě probíhající činnost jedné nebo více vah lze kdykoliv zastavit stiskem tlačítka **STOP** v levé části ovládacího panelu a nezáleží na tom, která váha je aktivní.

Ruční plnění

Dát povel k plnění lze pouze u toho zásobníku, který je aktivní, proto musíme vybrat zásobníkovou váhu do které chceme plnit za aktivní. Po výběru váhy se zvýrazní její číslo a zároveň přepíše parametry v ovládacím panelu. Program umožňuje dvě možnosti plnění. Řídící systém nevydá povel, je-li uzávěr váhy otevřen. Povely nelze vydat když je zvolen režim automatického plnění nebo je-li hmotnost materiálu větší nebo rovna hmotnosti dané parametrem *Maximum plnění*, poté nejsou tlačítka plnění zvýrazněna.

Při doplnění daného množství je třeba změnit parametr *Žádané kg plnění/výdej* na požadované množství a vydat povel stiskem tlačítka **ŽÁDANÉ kg** ve sloupečku ruční

plnění v ovládacím panelu. Doplnění je omezeno parametrem *Maximum plnění* a řídicí systém umožní doplnit pouze takové množství, které nepřevýší tuto hodnotu.

Při plnění materiálu na maximální množství je třeba změnit parametr *Maximum plnění* na požadované množství a vydat povel stiskem tlačítka **MAXIMUM** ve sloupečku ruční plnění v ovládacím panelu.

### Výdej materiálu

Stejně jako u ručního plnění lze vydat povel k výdeji materiál ze zásobníku pouze je-li daný zásobník aktivní. Vydávat materiál lze jak v režimu ručním, tak i v režimu automatického plnění. Pouze když je zásobník prázdný nebo se plní nelze povely vydat a příslušná tlačítka výdeje nejsou zvýrazněna.

Při vydání daného množství je třeba změnit parametr *Žádané kg plnění/výdej* na požadované množství a vydat povel stiskem tlačítka **ŽÁDANÉ kg** ve sloupečku výdej v ovládacím panelu. Výdej materiálu je omezen hmotností materiálu v zásobníku. Řídicí systém vydá pouze tolik materiálu kolik je možno ze zásobníku vydat.

Při vyprázdnění zásobníku není třeba měnit žádný parametr a stačí vydat povel stiskem tlačítka **VYPRÁZDNIT** ve sloupečku výdej v ovládacím panelu a zásobník se vyprázdní.

#### 5.4.2. Režim automatického plnění

Do tohoto režimu se řídicí systém uvede po volbě AUTOMAT v ručním režimu. Systém je nejprve ve STOP režimu a je indikován stopkou v okénku na pravo od ovládacího panelu. Tlačítka AUTOMAT a STOP nejsou zvýrazněna a tlačítka RUČNĚ pro přechod do ručního režimu a START pro zapnutí automatického režimu jsou zvýrazněna. Pokud je právě aktivní váha v klidu, jsou vysvícena pouze tlačítka pro povely výdeje.

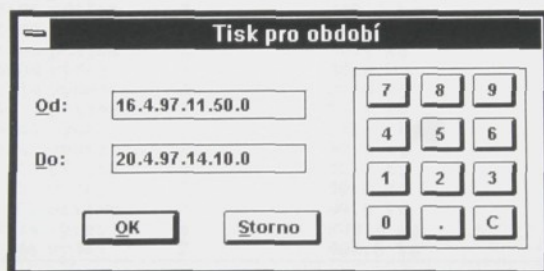
Zapnutím automatického provozu tlačítkem START toto tlačítko již není zvýrazněno a zobrazí se v okénku počítáč. Automaticky se všechny váhy, u kterých je hmotnost materiálu menší než parametr *Konstantní hladina* doplní na tuto hmotnost. Protože výdej materiálu je pouze ruční, je řídicím systémem dovoleno vydávat materiál i v automatickém režimu plnění. Je-li u aktivní váhy doplněna hmotnost na konstantní

hladinu, poté se zvýrazní tlačítka povelů pro výdej materiálu. Výdej je stejný jako v ručním režimu, ale po ukončení činnosti je opět řídicím systémem doplněna hmotnost v zásobníkové váze na konstantní hladinu. Výdej materiálu lze přerušit tlačítkem **STOP** v levé části ovládacího panelu a nezáleží na tom, která váha je aktivní.

Automatický režim lze kdykoliv zastavit stiskem zvýrazněného tlačítka STOP ve volbě automatického režimu a přejít do ručního režimu tlačítkem RUČNĚ nebo opětovně spustit automatický režim tlačítkem START.

## 5.5. Balance

Výběrem nabídky lze spustit souhrnnou bilanci spotřeby materiálů za dané časové období. Po zvolení povelu se na obrazovce objeví dialogové okno s názvem Tisk pro období, do kterého je nutné zadat začátek a konec časového období pro výpis bilanci.



Obr.14 Dialogové okno pro zadání časového období

Časové údaje se zadávají v tomto tvaru: DD.MM.RR.HH.MM.SS

kde:

- DD určuje DEN
- MM určuje MĚSÍC
- RR určuje ROK
- HH určuje HODINU
- MM určuje MINUTU
- SS určuje SEKUNDU

Po zadání časového údaje se na obrazovce vytvoří tabulka, která zobrazí vytištěné údaje roztríděné podle času. V tabulce jsou následující hodnoty:

- Datum a čas ukončení operace
- Druh činnosti (příjem-výdej)
- Číslo zásobníku
- Požadovaná hmotnost
- Skutečně navážená hmotnost

V dolní části tabulky je volba třídění dat. Umožňuje třídit podle času, druhu činnosti a podle zásobníku. Takto upravenou tabulku lze vytisknout stiskem tlačítka **Tisk** nebo zrušit tlačítkem **Zpět**. Ukázka tisku seznamu bilancí je v příloze č.3.

| Bilance           |        |          |                     |                   |   |
|-------------------|--------|----------|---------------------|-------------------|---|
| Datum a čas       | Provoz | Zásobník | Požadovaná hmotnost | Skutečně naváženo |   |
| 15.05.97 17:15:05 | příjem | 1        | 400.0 kg            | 400.0 kg          | + |
| 15.05.97 17:15:05 | příjem | 2        | 400.0 kg            | 400.0 kg          |   |
| 15.05.97 17:15:05 | příjem | 5        | 400.0 kg            | 400.0 kg          |   |
| 15.05.97 17:15:05 | příjem | 6        | 400.0 kg            | 400.0 kg          |   |
| 15.05.97 17:15:05 | příjem | 3        | 400.0 kg            | 400.0 kg          |   |
| 15.05.97 17:15:05 | příjem | 4        | 400.0 kg            | 400.0 kg          |   |
| 15.05.97 17:15:05 | příjem | 7        | 400.0 kg            | 400.0 kg          |   |
| 15.05.97 17:15:05 | příjem | 8        | 400.0 kg            | 400.0 kg          |   |
| 15.05.97 17:15:40 | příjem | 1        | 400.0 kg            | 400.2 kg          |   |
| 15.05.97 17:15:45 | příjem | 2        | 50.0 kg             | 50.0 kg           |   |
| 15.05.97 17:16:04 | výdej  | 3        | 40.0 kg             | 40.1 kg           |   |
| 15.05.97 17:16:14 | výdej  | 4        | 80.0 kg             | 80.2 kg           |   |
| 15.05.97 17:16:31 | příjem | 5        | 99.8 kg             | 99.8 kg           |   |
| 15.05.97 17:16:40 | výdej  | 8        | 150.0 kg            | 150.1 kg          |   |
| 15.05.97 17:16:43 | výdej  | 2        | 50.0 kg             | 50.2 kg           |   |
| 15.05.97 17:16:53 | příjem | 8        | 40.0 kg             | 21.3 kg           |   |
| 15.05.97 17:16:57 | výdej  | 2        | 50.0 kg             | 50.2 kg           |   |
| 15.05.97 17:17:05 | příjem | 7        | 40.0 kg             | 40.0 kg           |   |
| 15.05.97 17:17:24 | výdej  | 6        | 200.0 kg            | 200.2 kg          |   |
| 15.05.97 17:17:46 | výdej  | 2        | 400.0 kg            | 400.0 kg          | + |

Počet záznamů: 31

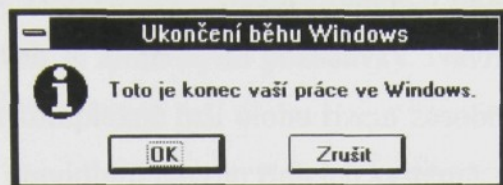
třídít podle:
 ☒ času
 ☐ provozu
 ☐ zásobníků

Obr. 15 Tabulka bilancí na monitoru

## 5.6. Ukončení práce s programem

Pokud je ukončena činnost všech zásobníkových vah lze ukončit i program. Ukončit program lze dvěma způsoby. Jednodušší způsob je výběrem položky **Program** v základní nabídce a poté položky **Konec**. Druhý způsob je kliknutím na plošku v levém horním rohu a výběrem položky **Zavřít**. Po ukončení programu se na monitoru objeví Správce programů Windows, který lze ukončit v nabídce **Soubor** a položkou

**Windows.** V dialogovém okénku pro ukončení práce s Windows je tlačítko OK a poté můžeme počítač vypnout.



Obr. 16 Dialogové okno pro ukončení činnosti Windows

## 6. Závěr

Cílem diplomové práce bylo vytvořit za pomoci programového produktu RT Control, firemní sběrnice Tonava Field Bus a firemních modulů řady FB řídicí systém pro osm zásobníkových vah se zmíněnými požadavky. Navržený řídicí systém všechny tyto požadavky splňuje a komplexně řeší úlohu řízení zásobníkových vah podle zadání. Dále vyhovuje obecným pravidlům návrhu řídicích systémů. Je navržen jako otevřený a lze jej rozšiřovat jak z hlediska programového, tak i z pohledu řízené technologie. Tím, že toto zadání nemá žádný skutečný podklad a bude sloužit jako ukázka možnosti systému řídit zásobníkové váhy, je systém univerzální a musí se přizpůsobit pro možné praktické využití. Požadavky na možnosti řídicího programu dané zadavatelem diplomové práce jsou nejdůležitější funkce a lze doplnit i jiné podle přání zákazníka.

Drobnými úpravami lze počet řízených zásobníkových vah měnit směrem nahoru a dolů. nejvýznamnější změny jsou v technologickém modelu řízeného procesu na obrazovce monitoru a změny signálové sítě. Sběrnice sama zajišťuje otevřenost a rozšiřování o nové stanice. I moduly binárních vstupů a výstupů nejsou zcela využity a nabízejí možnost rozšíření řízené technologie. Na sběrnici Tonava Field Bus lze připojit bez použití repeatrů až 32 účastníků a v této aplikaci jich je použito pouze jedenáct. S využitím repeatrů se možnosti ještě zvyšují. Se současnými požadavky a bez použití repeatrů je maximální možný počet řízených zásobníkových vah 26 s použitím 5 modulů vstupů a výstupů binárních signálů, ale s ohledem na využití, přetížení, spolehlivost a odezvu není tento počet optimální. Modulová struktura umožňuje snadný návrh a usnadňuje servis a opravu výměnou celého funkčního bloku. Takto řešené technické vybavení zajišťuje vysokou spolehlivost. Programové a technické vybavení vychází ze standardu dodavatele.

Navrhují rozšířit řídicí program o názvy materiálů v jednotlivých zásobnících. Dále kontrolu činnosti plnicích motorů použitím pomocných kontaktů stykače. Přivedením signálu jako binární vstup na modul FB 1200 a kontrolu stavu tohoto signálu alarmy. Alarmy lze využít také k signalizaci maximální a minimální hladiny materiálu v zásobnících, které jsou v současné verzi signalizovány pouze jako kontrolky. Pro použití ve velkoskladech a velkoobchodech se surovinami navrhuji tisk výdejek na tiskárně.

Využití tohoto řídicího programu a zásobníkových vah je ve všech oborech lidské činnosti, kde je na vstupu do výroby sklad sypkých nebo tekutých materiálů. Program umožňuje firmám mít skutečný přehled o spotřebě zásob a jejich stavu. To vede k lepšímu hospodaření se surovinami a usnadňuje plánování objednávek. Výsledný efekt se projeví na ušetřených finančních prostředcích, zlepšeným tokem peněz ve firmě a její finanční situaci. Pro podniky, jejichž činností je distribuce a prodej takovýchto surovin, je použití řídicího systému významným krokem k modernizaci, zmenšení časových ztrát a to vede k získávání zákazníků a finančních prostředků.

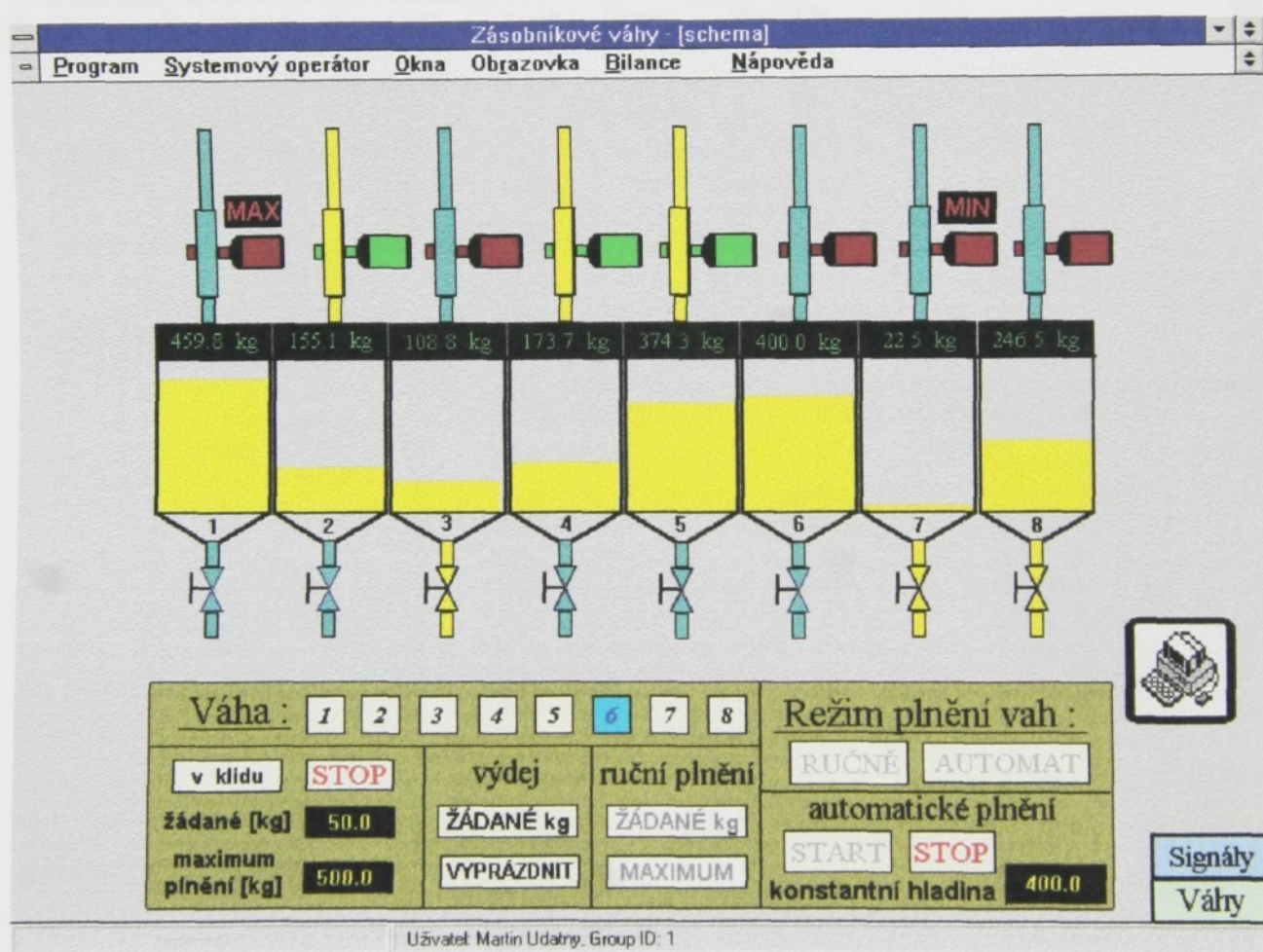
## **Seznam použité literatury:**

- /1/ RT Control nástroj pro tvorbu řídicích a monitorovacích systémů, Merlin
- /2/ RT Control user's manual, příručka programátora pro vývoj aplikací, Merlin
- /3/ Tonava Field Bus, obecný popis sběrnice, Tonava a.s. 1995
- /4/ Komunikační modul FB 1100/1101, příručka programátora, Tonava a.s. 1995
- /5/ Modul vstup/výstup FB 1200/1201, příručka programátora, Tonava a.s. 1995
- /6/ Modul vstup/výstup FB 1200/1201, příručka pro instalaci, Tonava a.s. 1995
- /7/ Vyhodnocovací modul FB 1300/1301, příručka programátora, Tonava a.s.  
1996
- /8/ Číslicové měřicí systémy, Doc. Ing. Petr Kocourek CSc., skriptum ČVUT 1994
- /9/ Přehled uplatnění řídicích počítačů pro řízení ve světě, Ing Zdeněk Šubrt,  
Česká vědecká společnost, Praha 1973

## **Přílohy:**

| Číslo       | Název                                | Počet stran |
|-------------|--------------------------------------|-------------|
| Příloha č.1 | Grafické prostředí řídicího programu | 3           |
| Příloha č.2 | Fotografie řídicích systémů a vah    | 4           |
| Příloha č.3 | Ukázka tisku seznamu bilancí         | 1           |
| Příloha č.4 | Disketa s řídicím programem          | 1           |

Obrazovka Schéma:



## Obrazovka Signály:

Zásobníkové váhy - [signály]

Program   Systemový operátor   Okna   Obrazovka   Balance   Nápověda

---

**FB 1200-A adresa 9 binární signály pro váhy č.1 až 4**

| VSTUPY                                                           | VÝSTUPY                                                 |
|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> S 31 uzávěr váhy č.1 uzavřen | <input type="checkbox"/> S 1 plnění váha č.1            |
| <input checked="" type="checkbox"/> S 32 uzávěr váhy č.2 uzavřen | <input checked="" type="checkbox"/> S 3 plnění váha č.2 |
| <input type="checkbox"/> S 33 uzávěr váhy č.3 uzavřen            | <input type="checkbox"/> S 5 plnění váha č.3            |
| <input checked="" type="checkbox"/> S 34 uzávěr váhy č.4 uzavřen | <input checked="" type="checkbox"/> S 7 plnění váha č.4 |
| <input checked="" type="checkbox"/> S 35 maximum váhy č.1        | <input type="checkbox"/> S 9 výdej váha č.1             |
| <input type="checkbox"/> S 36 maximum váhy č.2                   | <input type="checkbox"/> S 11 výdej váha č.2            |
| <input type="checkbox"/> S 37 maximum váhy č.3                   | <input checked="" type="checkbox"/> S 13 výdej váha č.3 |
| <input type="checkbox"/> S 38 maximum váhy č.4                   | <input type="checkbox"/> S 15 výdej váha č.4            |
| <input type="checkbox"/> S 39 minimum váhy č.1                   |                                                         |
| <input type="checkbox"/> S 40 minimum váhy č.2                   |                                                         |
| <input type="checkbox"/> S 41 minimum váhy č.3                   |                                                         |
| <input type="checkbox"/> S 42 minimum váhy č.4                   |                                                         |

---

**FB 1200-B adresa 10 binární signály pro váhy č. 5 až 8**

| VSTUPY                                                           | VÝSTUPY                                                 |
|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> S 31 uzávěr váhy č.5 uzavřen | <input checked="" type="checkbox"/> S 1 plnění váha č.5 |
| <input checked="" type="checkbox"/> S 32 uzávěr váhy č.6 uzavřen | <input type="checkbox"/> S 3 plnění váha č.6            |
| <input type="checkbox"/> S 33 uzávěr váhy č.7 uzavřen            | <input type="checkbox"/> S 5 plnění váha č.7            |
| <input type="checkbox"/> S 34 uzávěr váhy č.8 uzavřen            | <input type="checkbox"/> S 7 plnění váha č.8            |
| <input type="checkbox"/> S 35 maximum váhy č.5                   | <input type="checkbox"/> S 9 výdej váha č.5             |
| <input type="checkbox"/> S 36 maximum váhy č.6                   | <input type="checkbox"/> S 11 výdej váha č.6            |
| <input type="checkbox"/> S 37 maximum váhy č.7                   | <input checked="" type="checkbox"/> S 13 výdej váha č.7 |
| <input type="checkbox"/> S 38 maximum váhy č.8                   | <input checked="" type="checkbox"/> S 15 výdej váha č.8 |
| <input type="checkbox"/> S 39 minimum váhy č.5                   |                                                         |
| <input type="checkbox"/> S 40 minimum váhy č.6                   |                                                         |
| <input checked="" type="checkbox"/> S 41 minimum váhy č.7        |                                                         |
| <input type="checkbox"/> S 42 minimum váhy č.8                   |                                                         |

Váhy

Schéma

Uživatel: Martin Udatný, Group ID: 1

## Obrazovka Váhy:

| Zásobníkové váhy - [vahy] |                    |
|---------------------------|--------------------|
| Program                   | Systemový operátor |
| Oken                      | Obrazovka          |
| Bilance                   | Nápověda           |

|                                        |              |
|----------------------------------------|--------------|
| <b>1.váha FB 1300-1 adresa 1</b>       |              |
| maximální plnění [kg].....             | 500.0        |
| konstantní hladina [kg].....           | 400.0        |
| žádané množství plnění/výdej [kg]..... | 50.0         |
| <b>HMOTNOST [kg].....</b>              | <b>459.8</b> |
| <b>2.váha FB 1300-2 adresa 2</b>       |              |
| maximální plnění [kg].....             | 500.0        |
| konstantní hladina [kg].....           | 400.0        |
| žádané množství plnění/výdej [kg]..... | 50.0         |
| <b>HMOTNOST [kg].....</b>              | <b>155.1</b> |
| <b>3.váha FB 1300-3 adresa 3</b>       |              |
| maximální plnění [kg].....             | 500.0        |
| konstantní hladina [kg].....           | 400.0        |
| žádané množství plnění/výdej [kg]..... | 50.0         |
| <b>HMOTNOST [kg].....</b>              | <b>108.8</b> |
| <b>4.váha FB 1300-4 adresa 4</b>       |              |
| maximální plnění [kg].....             | 500.0        |
| konstantní hladina [kg].....           | 400.0        |
| žádané množství plnění/výdej [kg]..... | 50.0         |
| <b>HMOTNOST [kg].....</b>              | <b>173.7</b> |
| <b>5.váha FB 1300-5 adresa 5</b>       |              |
| maximální plnění [kg].....             | 500.0        |
| konstantní hladina [kg].....           | 400.0        |
| žádané množství plnění/výdej [kg]..... | 50.0         |
| <b>HMOTNOST [kg].....</b>              | <b>374.3</b> |
| <b>6.váha FB 1300-6 adresa 6</b>       |              |
| maximální plnění [kg].....             | 500.0        |
| konstantní hladina [kg].....           | 400.0        |
| žádané množství plnění/výdej [kg]..... | 50.0         |
| <b>HMOTNOST [kg].....</b>              | <b>400.0</b> |
| <b>7.váha FB 1300-7 adresa 7</b>       |              |
| maximální plnění [kg].....             | 500.0        |
| konstantní hladina [kg].....           | 400.0        |
| žádané množství plnění/výdej [kg]..... | 50.0         |
| <b>HMOTNOST [kg].....</b>              | <b>22.5</b>  |
| <b>8.váha FB 1300-8 adresa 8</b>       |              |
| maximální plnění [kg].....             | 500.0        |
| konstantní hladina [kg].....           | 400.0        |
| žádané množství plnění/výdej [kg]..... | 50.0         |
| <b>HMOTNOST [kg].....</b>              | <b>246.5</b> |

|         |
|---------|
| Schéma  |
| Signály |

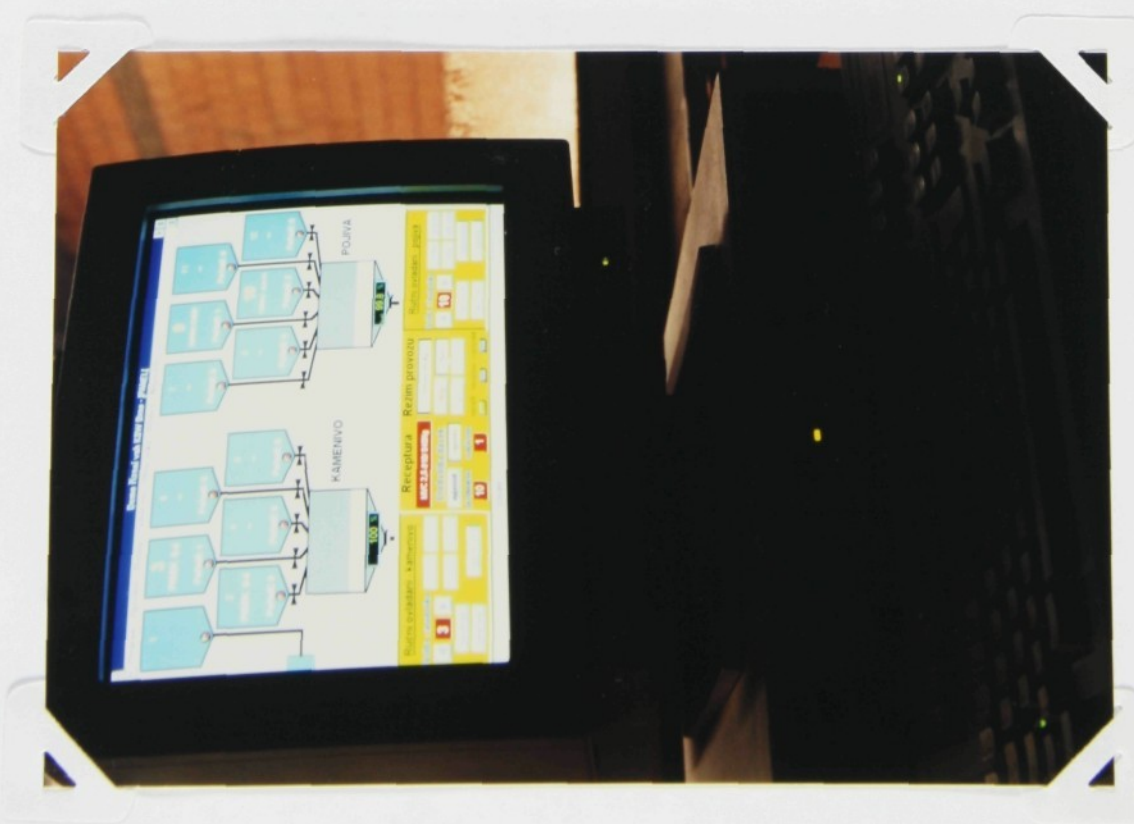
  

Uživatel: Martin Udatný, Group ID: 1

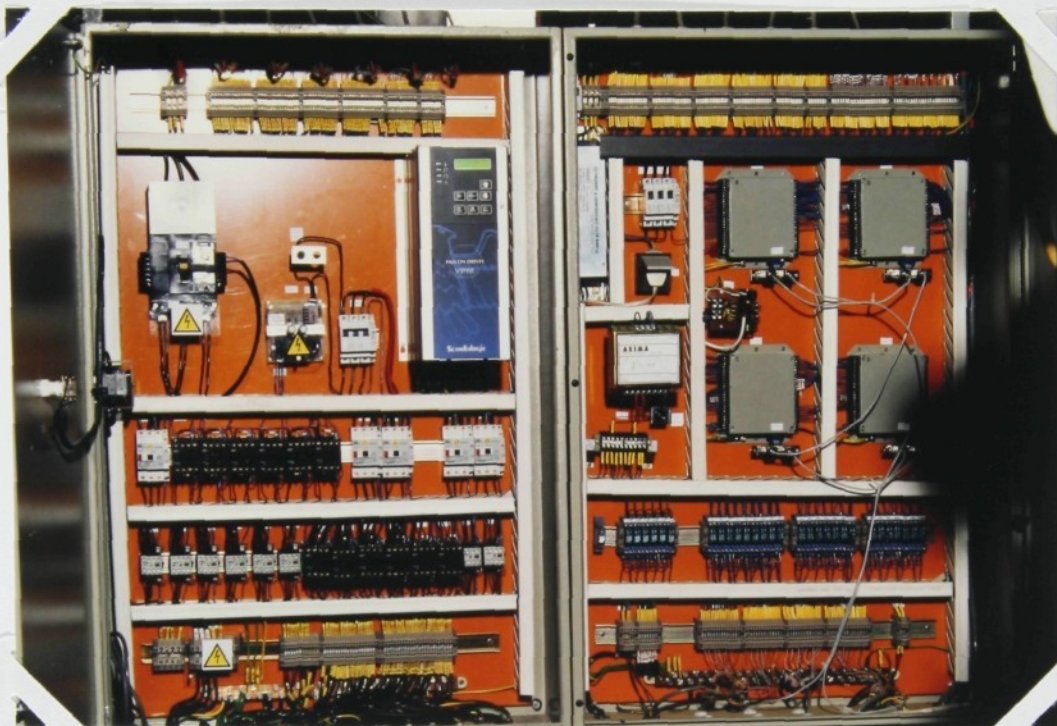
Starší řídicí systém :



Řízení vah pomocí systému RT Control, KSW Brno :



Rozvodná skříň, vpravo čtyři moduly FB 1200 :



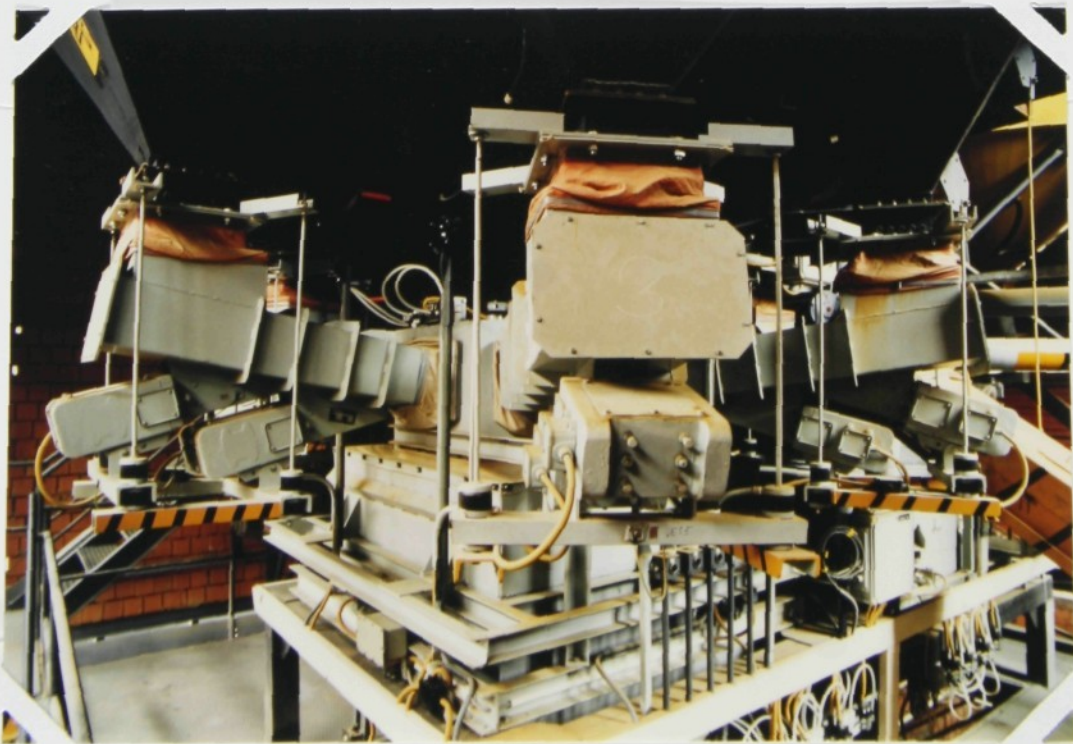
Váha se šnekovými podavači ze zásobníků, Vamberk :



Váha se šnekovými podavači ze zásobníků KSW Brno :



Pohled na plnicí cesty váhy KSW Brno :



Plnění pytlů s vážením :



Venkovní zásobníky, Vamberk :



Bilance naváženého materiálu

| <i>tum a čas</i> | <i>Provoz</i> | <i>Zásobník</i> | <i>Požadováno</i> | <i>Naváženo</i> |
|------------------|---------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| 05.97 17:15:05   | příjem        | 1               | 400.0 kg          | 400.0 kg        |
| 05.97 17:15:05   | příjem        | 2               | 400.0 kg          | 400.0 kg        |
| 05.97 17:15:05   | příjem        | 5               | 400.0 kg          | 400.0 kg        |
| 05.97 17:15:05   | příjem        | 6               | 400.0 kg          | 400.0 kg        |
| 05.97 17:15:05   | příjem        | 3               | 400.0 kg          | 400.0 kg        |
| 05.97 17:15:05   | příjem        | 4               | 400.0 kg          | 400.0 kg        |
| 05.97 17:15:05   | příjem        | 7               | 400.0 kg          | 400.0 kg        |
| 05.97 17:15:05   | příjem        | 8               | 400.0 kg          | 400.0 kg        |
| 05.97 17:15:40   | příjem        | 1               | 400.0 kg          | 400.2 kg        |
| 05.97 17:15:45   | příjem        | 2               | 50.0 kg           | 50.0 kg         |
| 05.97 17:16:04   | výdej         | 3               | 40.0 kg           | 40.1 kg         |
| 05.97 17:16:14   | výdej         | 4               | 80.0 kg           | 80.2 kg         |
| 05.97 17:16:31   | příjem        | 5               | 99.8 kg           | 99.8 kg         |
| 05.97 17:16:40   | výdej         | 8               | 150.0 kg          | 150.1 kg        |
| 05.97 17:16:43   | výdej         | 2               | 50.0 kg           | 50.2 kg         |
| 05.97 17:16:53   | příjem        | 8               | 40.0 kg           | 21.3 kg         |
| 05.97 17:16:57   | výdej         | 2               | 50.0 kg           | 50.2 kg         |
| 05.97 17:17:05   | příjem        | 7               | 40.0 kg           | 40.0 kg         |
| 05.97 17:17:24   | výdej         | 6               | 200.0 kg          | 200.2 kg        |
| 05.97 17:17:46   | výdej         | 2               | 400.0 kg          | 400.0 kg        |
| 05.97 17:18:04   | příjem        | 3               | 200.0 kg          | 64.6 kg         |
| 05.97 17:18:21   | výdej         | 7               | 80.0 kg           | 58.7 kg         |
| 05.97 17:18:26   | příjem        | 3               | 100.0 kg          | 100.0 kg        |
| 05.97 17:18:28   | výdej         | 8               | 80.0 kg           | 80.2 kg         |
| 05.97 17:18:31   | příjem        | 2               | 50.0 kg           | 50.0 kg         |
| 05.97 17:35:10   | příjem        | 7               | 200.0 kg          | 200.0 kg        |
| 05.97 17:35:32   | příjem        | 3               | 200.0 kg          | 200.0 kg        |
| 05.97 17:35:42   | příjem        | 8               | 340.4 kg          | 340.4 kg        |
| 05.97 17:35:49   | výdej         | 1               | 349.8 kg          | 349.8 kg        |
| 05.97 17:35:54   | výdej         | 6               | 450.0 kg          | 450.0 kg        |
| 05.97 17:35:57   | příjem        | 4               | 500.0 kg          | 500.0 kg        |

---

Obsah diskety:

|          |                                        |
|----------|----------------------------------------|
| zava.hlp | Windows nápověda k řídicímu programu   |
| zava.ini | inicializační soubor                   |
| zava.mnu | nabídka                                |
| zava.pme | grafický model technologického procesu |
| zava.tfa | signálová síť                          |
| zava.usr | seznam operátorů                       |

P r o h l á š e n í  
k využívání výsledků diplomové práce

Jsem si vědom(a) toho, že diplomová práce je majetkem školy a že s ní nemohu sám (sama) bez svolení školy disponovat, že diplomová práce může být zapůjčena či objednána (kopie) za účelem využití jejího obsahu.

Beru na vědomí, že po 5ti letech si mohu diplomovou práci vyžádat v Univerzitní knihovně TU v Liberci, kde je uložena.

Jméno a příjmení (rodné): ..... Martin UDATNÝ

Adresa: ..... Na vyhlídce 772, 542 33 RTYNĚ v Podkrkonoší

Podpis: ..... Martin Udatný