OBSAH

Summary – Volume II 5
Předmluva – Díl II. 6

DÍL I. PROVOZNÍ MĚŘENÍ

Část I. Úvod měření a řízení procesů

1 Úvod do problematiky měření a řízení *(Karel Kadlec, Jiří Macháč)*
1.1 Měření a řízení – základní pojmy a označování
1.2 Provozní měřicí přístroje a jejich vlastnosti
1.3 Nejistoty měření
1.4 Kontrola správnosti měření a kalibrace snímačů

2 Měření a sběr dat pomocí počítače *(Dušan Kopecký, Karel Kadlec)*
2.1 Internet věcí a Průmysl 4.0
2.2 Počítače pro informační a průmyslové sítě
2.3 Komunikace v informačních i průmyslových sítích
2.4 Multifunkční systémy pro sběr dat
2.5 Software pro sběr a zpracování dat
2.6 Závěr

Část II. Měření technologických veličin

3 Měření teploty *(Karel Kadlec)*
3.1 Dotykové snímače teploty
3.2 Speciální teploměry
3.3 Bezdotykové snímače teploty

4 Měření tlaku *(Karel Kadlec)*
4.1 Hydrostatické tlakoměry
4.2 Tlakoměry se silovým účinkem
4.3 Deformační tlakoměry
4.4 Snímače tlaku s elektrickým výstupem
4.5 Zabudování provozních tlakoměrů
4.6 Kalibrace provozních snímačů tlaku
4.7 Výběr vhodného typu snímače tlaku

5 Měření hladiny *(Karel Kadlec)*
5.1 Mechanické hladinoměry
5.2 Hydrostatické hladinoměry
5.3 Elektrické hladinoměry
5.4 Tepelné spínače hladiny
5.5 Optické hladinoměry
5.6 Ultrazvukové hladinoměry
5.7 Radarové hladinoměry
5.8 Radioizotopové hladinoměry
5.9 Výběr snímače hladiny

6 Měření průtoku a proteklého množství *(Karel Kadlec)*
6.1 Pojmy a definice z oblasti měření průtoku
6.2 Klasifikace snímačů průtoku a proteklého množství
6.3 Objemová měřidla
6.4 Rychlostní měřidla
6.5 Měření průtoku v otevřených kanálech
6.6 Hmotnostní průtokoměry
6.7 Kalibrace průtokoměrů
6.8 Výběr vhodného typu snímače průtoku

7 Měření množství tepla *(Karel Kadlec)*
7.1 Princip měřičů přeneseného tepla
7.2 Měření tepla přenášeného kapalným médiem
7.3 Měření tepla přenášeného vodní párou
7.4 Použití měřičů tepla

8 Měření hmotnosti – průmyslová vážicí technika *(Michal Mikulec, Karel Kadlec)*
8.1 Přesnost vážení
8.2 Snímače zatížení
8.3 Diskontinuální váhy
8.4 Kontinuální váhy
8.5 Kontinuální dávkování

9 Měření vlhkosti *(Dušan Kopecký, Karel Kadlec)*
9.1 Vyjadřování vlhkosti
9.2 Měření vlhkosti v plynech
9.3 Měření vlhkosti v pevných látkách
9.4 Použití vlhkoměrů
10 Měření složení *(Tomáš Bartovský, Karel Kadlec, Pavel Kadlec)*
10.1 Obecně o analyzátorech složení
10.2 Měření složení kapalných směsí
10.3 Měření složení plynných směsí
10.4 Odběr a úprava vzorku
10.5 Měření pevných částic v plynu
10.6 Měření barvy
11 Měření velikosti částic, pórů a pórovitosti materiálů *(Jiří Štětina, Evžen Šárka, Tereza Uhlířová, Eva Gregorová, Willi Pabst, Zdeněk Bubník)*
11.1 Měření velikosti částic
11.2 Měření pórovitosti a velikosti pórů materiálů
11.3 Obrazová analýza
Seznam zkratek
Rejstřík – Díl I.

DÍL II. ŘÍZENÍ TECHNOLOGICKÝCH PROCESŮ
Část III. Řízení procesů

12 Stručné opakování vybraných pojmů *(Miloš Kmínek)* **20**
12.1 Systém a jeho popis 20
12.2 Veličiny 21
12.3 Základní vztahy 23
12.3.1 Transport tepla a hmoty 24
12.3.2 Kinetika chemických reakcí 26
12.3.3 Tepelné zabarvení reakcí 27
12.3.4 Kinetika biotechnologických procesů 27
12.3.5 Fyzikálně chemické vlastnosti vody 29
13 Matematické modely *(Miloš Kmínek)* **30**
13.1 Induktivní matematické modely obecně 31
13.2 Deduktivní matematické modely obecně 32
13.3 Vytváření deduktivních modelů na základě bilancí 36
13.3.1 Příklad 1 – matematický model ohřívače 39
13.3.2 Příklad 2 – matematický model fermentace 41
14 Simulace řešení rovnic matematických modelů *(Miloš Kmínek)* **43**
14.1 Princip krokových metod řešení obyčejných diferenciálních rovnic 44
14.2 Řešení ukázkových úloh 47
14.2.1 Příklad 1 – simulace ohřívače 47
14.2.2 Příklad 2 – simulace fermentace 48
15 Základy řízení výrobních procesů *(Miloš Kmínek)* **52**
15.1 Základní pojmy 52
15.2 Regulovaná soustava 56
15.2.1 Co potřebujeme vědět o regulované soustavě 56
15.2.2 Klasifikace regulovaných soustav podle dynamického chování 57
15.2.3 Statická charakteristika soustavy 63
15.2.4 Stabilita soustavy 63
15.3 Měřicí člen 64
15.4 Akční člen 64
15.4.1 Obecné vlastnosti akčního členu 64
15.4.2 Regulační ventil a regulační klapka 65
15.4.3 Čerpadla jako regulační orgány 70
15.5 Spojitá regulace 70
15.5.1 Struktura a funkce spojitého regulátoru 70
15.5.2 Regulační pochod, kvalita regulace 73
15.5.3 Volba typu regulátoru 75
15.5.4 Praktické metody nastavování parametrů regulátoru 76
15.5.4.1 Metody nastavení regulátoru pro statickou soustavu 80
15.5.4.2 Metody nastavení regulátoru pro astatickou soustavu 84

23.21.4 Aplikační využití letecké termografie ... 567
23.21.5 Legislativa spojená s provozem bezpilotních letadel ... 568
23.22 Procesní systémy Anton Paar v chemickém, potravinářském a biochemickém průmyslu *(Karel Voldřich, Jaroslav Pól, Karel Kadlec)* ... **570**
23.22.1 Hustota a koncentrace ... 570
23.22.1.1 Senzor měření hustoty a rychlosti zvuku *SPRn* ... 570
23.22.1.2 Vibrační hustoměry ... 571
23.22.2 Měření viskozity ... 573
23.22.2.1 Senzor na měření viskozity *L-Vis 510* ... 573
23.22.2.2 *SVM™ 3001* Stabinger Viscometer™ ... 574
23.22.3 Provozní polarimetr *Propol* ... 574
23.22.4 Měření rozpuštěného CO_2 v nápojích senzorem *Carbo* ... 575
23.22.5 Měření koncentrace kyslíku v nápojích senzorem *Oxy 510* ... 576
23.23 Pokročilé řídicí systémy kontinuálních průmyslových sušáren *(Antonín Lízr)* ... **578**
23.23.1 Úvod ... 578
23.23.2 Konvenční řízení průmyslových sušáren ... 578
23.23.3 Pokročilé řídicí systémy kontinuálních průmyslových sušáren ... 579
23.23.4 PŘS sprejové sušárny keramického granulátu ... 579
23.23.5 PŘS pásové sušárny sypkého kaolinu ... 580
23.23.6 PŘS rotační sušárny sypkého bentonitu ... 581
23.23.7 PŘS sprejové sušárny práškových mléčných výrobků ... 582
23.23.8 PŘS pásové sušárny krabiček na vejce ... 583
23.23.9 Vizualizační a komunikační systém PŘS ... 584
23.24 Problematika integrace výrobních řídicích systémů v souvislosti se zaváděním Industry 4.0 *(Radim Novotný, Miroslav Dub)* ... **586**
23.24.1 Úvod ... 586
23.24.2 Integrace řídicích systémů ... 587
23.24.2.1 Základní koncepce integrace ... 587
23.24.2.2 Integrace řídicích systémů spojitých a dávkových procesů ... 588
23.24.2.3 Problematika integrace řídicích systémů diskrétních procesů ... 589
23.24.2.4 Problematika integrace řídicích systémů jednoúčelových výrobních zařízení ... 590
23.24.3 Ostatní aspekty integrace ... 590
23.24.3.1 Legislativní aspekty ... 590
23.24.3.2 Spolupráce objednatele se zhotovitelem a nabídková fáze projektu ... 590
23.24.4 Závěr ... 591
23.25 Nový digitální ekosystém Plantweb společnosti Emerson *(Petr Horák)* ... **592**
23.25.1 Úvod ... 592
23.25.2 Strategie Emerson Pervasive Sensing™ ... 593
23.25.2.1 Bezdrátový monitoring koroze ... 593
23.25.2.2 Bezdrátový monitoring zařízení středního napětí ... 594
23.25.2.3 Bezdrátový monitoring plynů ... 594
23.25.2.4 Bezdrátové neinvazivní měření povrchové teploty ... 594
23.25.2.5 Bezdrátový převodník výkonu ... 595
23.25.2.6 Bezdrátové převodníky tlaku ... 595
23.25.3 Architektura Secure First Mile™ ... 595
23.25.4 Plantweb Insight™ Software ... 597
23.25.5 Plantweb Advisor™ Software ... 598
23.25.6 Platforma AMS ARES™ ... 599
23.25.7 Always Mobile™ ... 599
23.25.8 Connected Services™ ... 599
Seznam zkratek ... **601**
Rejstřík – Díl II. ... **612**

15.5.4.3 Regulátory se dvěma stupni volnosti ... 85
15.5.4.4 Zásady pro intuitivní dolaďování parametrů regulátoru ... 86
15.5.5 Rozvětvené regulační obvody ... 87
15.5.6 Vícerozměrová regulace ... 91
15.5.7 Příklad 3 – simulace jednoduchého regulačního obvodu ... 93
15.6 Dvoupolohová a třípolohová regulace ... 96
15.7 Číslicová regulace ... 98
15.7.1 Číslicové zpracování signálů ... 98
15.7.2 Číslicové regulátory ... 103
15.7.3 Adaptivní regulace ... 108
15.7.4 Automatické nastavování PID regulátorů (auto-tuning) ... 109
15.7.5 Regulace nelineárních soustav ... 110
15.7.6 Kompaktní regulátory ... 111
16 Logické řízení *(Iva Nachtigalová, Miloš Kmínek)* ... 114
16.1 Matematický základ logického řízení ... 115
16.1.1 Základní logické funkce ... 115
16.1.2 Způsoby zápisu logických funkcí ... 117
16.1.3 Převod zápisu logických funkcí na algebraický výraz ... 119
16.1.4 Minimalizace logických funkcí ... 121
16.2 Typy logického řízení ... 122
16.2.1 Kombinační logické obvody ... 122
16.2.1.1 Postup návrhu ... 123
16.2.1.2 Příklad 4 – kombinační logický obvod ... 123
16.2.2 Sekvenční logické obvody ... 125
16.2.2.1 Bistabilní klopné obvody ... 125
16.2.2.2 Sekvenční funkční diagramy (SFC) ... 126
16.2.2.3 Postup návrhu ... 128
16.2.2.4 Příklad 5 – návrh sekvenčního logického obvodu ... 129
16.3 Realizace logického řízení ... 131
16.3.1 Programovatelné logické automaty (PLC) ... 131
16.3.1.1 Vnitřní struktura a tradiční konstrukční provedení ... 133
16.3.1.2 Netradiční provedení ... 136
16.3.1.3 Pracovní režimy a vykonávání uživatelského programu ... 137
16.3.1.4 Výkonnost ... 138
16.3.1.5 Programování ... 138
16.3.1.6 Příklad 6 – vytvoření uživatelského programu PLC ... 143
17 Řízení vsádkových procesů v průmyslové praxi *(Vlastimil Braun)* ... 145
17.1 Úvod do vsádkových výrob ... 145
17.2 Standardy pro řízení vsádkových výrob ... 146
17.3 Řízení vsádkové výroby ... 148
17.3.1 Řízení výroby více produktů ... 151
17.3.2 Řízení výroby na více technologických linkách ... 151
17.3.3 Příklad batch systému pro řízení vsádkových výrob ... 152
17.4 IT funkce pro vsádkové výroby ... 153
17.4.1 Plánování, přidělování a řízení výroby ... 153
17.4.2 Řízení lidských zdrojů ... 154
17.4.3 Sběr, analýza a archivace dat z technologických procesů ... 154
17.4.4 Sběr a zpracování výrobních dat ... 155
17.4.5 Supervizní řízení výroby ... 156
17.4.6 Správa materiálů ... 156
17.4.7 Optimalizace procesu ... 156
17.4.8 Řízení jakosti ... 156
17.4.9 Záznamy o výrobě, protokoly a dokumentace ... 157
17.4.10 Statistiky výkonnosti zařízení ... 157
17.4.11 Podpora řízení údržby ... 157
18 Počítačové řídicí a informační systémy *(Miloš Kmínek a kol.)* ... 159
18.1 Struktura moderních počítačových řídicích systémů ... 160
18.2 Funkce a přínosy počítačového řízení ... 162
18.3 Struktura a činnost řídicích počítačů ... 163
18.3.1 Struktura a činnost PAC ... 163
18.3.2 Struktura a činnost průmyslového PC ... 163
18.4 Komunikace s operátorem ... 165
18.4.1 Základní funkce komunikace s operátorem ... 166
18.4.2 Struktura komunikace s operátorem ... 166

18.4.3 Obsah komunikace s operátorem ... 167
18.4.4 Programování komunikace s operátorem ... 168
18.4.5 Zásady grafického návrhu obsahu oken ... 169
18.4.6 Situační povědomí ... 170
18.5 Bezpečnost počítačového řízení technologických procesů ... 171
18.5.1 Bezpečnost průběhu technologického procesu ... 171
18.5.2 Spolehlivost řídicího systému ... 172
18.5.3 Bezpečnost instalace řídicího systému ... 172
18.6 Návrh a realizace počítačového řídicího systému ... 173
18.7 Příklady procesních řídicích systémů a jejich architektura ... 175
18.7.1 Řídicí systém firmy Siemens ... 175
18.7.2 Řídicí systém firmy TECO ... 177
19 Moderní metody řízení *(Miloš Kmínek, Jaromír Kukal, Pavel Hrnčiřík, Jan Mareš)* ... 183
19.1 Fuzzy množiny v řízení ... 184
19.1.1 Základní pojmy a operace ... 184
19.1.2 Fuzzifikace ... 186
19.1.3 Fuzzy pravidla ... 186
19.1.4 Defuzzifikace ... 187
19.1.5 Využití fuzzy přístupu v řízení procesů ... 187
19.1.6 Fuzzy regulace ... 188
19.1.7 Příklad syntézy fuzzy regulátoru se dvěma vstupy ... 189
19.2 Umělé neuronové sítě (ANN) ... 192
19.2.1 Pojem ANN ... 192
19.2.2 Obecný třívrstvý model ANN ... 193
19.2.3 Vícevrstvý perceptron ... 194
19.2.4 Síť s radiální bází (RBF) ... 195
19.2.5 ANN je univerzální aproximace ... 196
19.2.6 Konkurenční modely se stejnou strukturou ... 196
19.2.7 Metody učení ANN ... 197
19.2.8 Využitelnost ANN k řízení procesů ... 198
19.3 Znalostní řízení ... 199
19.3.1 Systémy přímého znalostního řízení ... 202
19.3.2 Systémy dohlížecího znalostního řízení ... 202
19.3.3 Znalostní řízení v laboratorním měřítku ... 203
19.3.4 Znalostní řízení v průmyslové praxi ... 204
19.4 Prediktivní řízení ... 206
19.4.1 Zobecněné prediktivní řízení (GPC) ... 207
19.4.2 Účelová funkce ... 207
19.4.3 Minimalizace účelové funkce ... 208
19.4.4 Získání predikčního modelu metodou inverzní matice ... 209
19.4.5 Algoritmus řízení ... 211
20 Počítačové simulace chemických, potravinářských a jiných výrobních provozů *(Jiří Hloska)* ... 213
20.1 Automatizace průmyslových provozů ... 213
20.1.1 Diskrétní simulace ... 213
20.1.2 Simulace potravinářských provozů pomocí SW Plant Simulation a knihovny Brewing Library ... 214
20.2 Simulační modely potravinářských provozů ... 214
20.3 Příklad – simulace provozu pivovaru ... 215
20.4 Budoucí vývoj ... 218
20.5 Závěr ... 218

ČÁST IV. Laboratorní a průmyslové aplikace měření a řízení procesů

21 Měření a řízení na modelových a laboratorních stanicích

21.1 Řízení školního pivovaru na VŠCHT Praha *(Miloš Kmínek, Iva Nachtigalová, Pavel Dostálek)* ... 219
21.1.1 Úvod ... 219
21.1.2 Technologie vaření piva obecně ... 220
21.1.2.1 Vystírání a zapařování ... 220
21.1.2.2 Rmutování ... 221
21.1.2.3 Scezování a vyslazování ... 221
21.1.2.4 Chmelovar ... 221

21.1.2.5 Chlazení ... 221
21.1.2.6 Kvašení a dokvašování ... 222
21.1.3 Technologie výroby piva v minipivovaru VŠCHT Praha ... 222
21.1.4 Řídicí systém ... 225
21.1.5 Algoritmy řízení ... 226
21.1.6 Vizualizace ... 226
21.1.7 Využití zařízení ... 227
21.2 Automatizace mikrosladovny VŠCHT Praha *(Miloš Kmínek, Pavel Dostálek)* ... **228**
21.2.1 Úvod ... 228
21.2.2 Technologie sladování ... 229
21.2.2.1 Máčení ... 229
21.2.2.2 Klíčení ... 230
21.2.2.3 Hvozdění ... 232
21.3 Laboratorní filmová odparka *(Miloš Kmínek)* ... **234**
21.3.1 Popis odpařovací stanice ... 234
21.3.2 Řízení procesu ... 235
21.3.3 Využití ... 237
21.4 Kontinuální chromatografická separace *(Svatopluk Henke, Simona Gillarová)* ... **238**
21.4.1 Základní charakteristika stanice *KCHS-SMB-8-ND* ... 238
21.4.2 Popis kontinuální chromatografické separace ... 239
21.4.3 Řízení ... 241
21.4.4 Aplikace ... 245
21.5 Membránová separace *(Svatopluk Henke, Andrea Hinková, Simona Gillarová)* ... **246**
21.5.1 Popis membránové filtrace ... 246
21.5.2 Řízení procesu ... 248
21.5.3 Aplikace ... 251
21.6 Laboratoř řízení bioprocesů *(Jan Náhlík, † Jaroslav Vovsík)* ... **252**
21.6.1 Biotechnologické procesy ... 252
21.6.2 Řízení bioprocesů ... 252
21.6.3 Přístrojové vybavení laboratoře ... 254
21.6.4 Řídicí systém ... 256
21.6.5 Komunikace s operátorem ... 259
21.6.6 Algoritmy řízení ... 260
21.6.6.1 Softwarové senzory ... 260
21.6.6.2 Klasifikace metabolických stavů ... 261
21.6.6.3 Řízení ... 262
21.6.7 Závěr ... 263
21.7 Design mechanicky míchaných bioreaktorů a využití jejich řídicího software při aerobních kultivacích mikrobiálních buněk *(Leona Paulová, Karel Schmiedberger ml., Tony Allman, Mojmír Rychtera, Miloš Kmínek)* ... **264**
21.7.1 Úvod ... 264
21.7.2 Popis konstrukce mechanicky míchaného bioreaktoru, řídicího systému a systému pro sběr dat pro aerobní mikrobiální procesy ... 264
21.7.3 Příklad využití mechanicky míchaného bioreaktoru a jeho řídicích prvků k regulaci procesu produkce rekombinantních proteinů pomocí kvasinky *Pichia pastoris* ... 270
21.7.4 Příklad řízené kultivace kultury kvasinek *Saccharomyces cerevisiae* ... 272
21.7.5 Závěr ... 273
21.8 Multifunkční systém pro výuku provozního měření a řízení *(Karel Kadlec)* ... **275**
21.8.1 Úvod ... 275
21.8.2 Technický popis systému ... 275
21.8.3 Počítačové řízení multifunkční stanice ... 277
21.8.4 Vlastnosti multifunkčního systému ... 278
21.8.5 Souhrn ... 279
21.9 Výukové stanice pro měření a regulaci technologických veličin *(Karel Kadlec)* ... **280**
21.9.1 Úvod ... 280
21.9.2 Popis výukových stanic ... 280
21.9.2.1 Měření a regulace hladiny ... 280
21.9.2.2 Měření a regulace průtoku ... 281
21.9.2.3 Měření a regulace tlaku ... 281
21.9.2.4 Měření a regulace teploty ... 282
21.9.3 Ovládací software ... 282
21.9.4 Laboratorní úlohy ... 283

21.10 Výukové stanice pro pokročilé řízení vícerozměrných systémů a mobilní výuková stanice pro měření a regulaci *(Iva Nachtigalová)* **285**
21.10.1 Úvod 285
21.10.2 Stanice pro pokročilé řízení vícerozměrných systémů 285
21.10.2.1 Odplyňování kapalin (systém hladina – tlak) 286
21.10.2.2 Kontinuální míchaný reaktor s nepřímým ohřevem (systém hladina – teplota) 288
21.10.3 Mobilní stanice pro měření a regulaci hladiny 290
21.11 Kontinuální homogenizace, pasterace a sterilace *(Jiří Štětina)* **292**
21.11.1 Základní popis technologie 292
21.11.2 Popis zařízení a ovládání/řízení procesu pasterace 292
21.11.3 Aplikace 296
21.12 Ukázky aplikací obrazové analýzy v potravinářství *(Anna Korbářová)* **297**
21.12.1 Nalezení povrchových vad 297
21.12.2 Rozpoznání, nalezení polohy a počítání 298
21.12.3 Měření a kontrola tolerancí 299
21.12.4 Identifikace barev a tvaru 299
21.12.5 Čtení a verifikace textů a kódů 300
21.12.6 Aplikace *LabVIEW* se zpracováním obrazu 301
21.13 Charakterizace keramických materiálů obrazovou analýzou *(Tereza Uhlířová, Jan Hostaša, Eva Gregorová, Willi Pabst)* **303**
21.13.1 Hutná a porézní keramika 303
21.13.2 Mikroskopická obrazová analýza hutné YAG keramiky 304
21.13.3 Mikroskopická obrazová analýza porézní korundové a mullitové keramiky pro vysokoteplotní tepelně izolace 306
21.13.4 Shrnutí a závěr 308
21.14 Mikroskopická analýza cementářského slínku *(Jan Macháček, František Škvára)* **310**
21.14.1 Výroba cementu 310
21.14.2 Mikroskopie a obrazová analýza slínku 311
21.15 Kalibrace průtokoměrů s využitím mobilní kalibrační tratě *(Jaroslav Čadil)* **314**
21.15.1 Metody kalibrace průtokoměrů 314
21.15.1.1 Objemová metoda 314
21.15.1.2 Gravimetrická metoda 315
21.15.2 Co ovlivňuje výsledky kalibrací 316
21.15.3 Nejistoty měření při kalibraci průtokoměrů 317

22 Aplikace měření a řízení v potravinářství a biotechnologiích

22.1 Automaticky řízený obilný mlýn *(Miloš Kmínek, Josef Příhoda, Pavel Skřivan, Karel Kadlec)* **319**
22.1.1 Základní zásady mlýnské technologie 319
22.1.2 Výtěžnostní systém 321
22.1.3 Principy řízení mlýna 323
22.1.4 Čištění zrna přístrojem *Sortex* 325
22.2 Regulace a řízení provozu v průmyslové velkopekárně *(Miloš Kmínek, Josef Příhoda)* **328**
22.2.1 Technologie výroby v průmyslové pekárně 328
22.2.2 Řízení výrobní linky 330
22.3 Využití vakuového chlazení v procesu řízení výroby pekařských výrobků *(Petr Čadil, †Jiří Holas, Kurt Spirig, Miloš Kmínek)* **333**
22.3.1 Technologie pro zefektivnění periodické výroby pekařských výrobků 333
22.3.2 Řízení vakuového chlazení 335
22.4 Řízení výroby hlubokozmrazených pekařských výrobků *(Miloš Kmínek, Marcela Sluková)* **338**
22.4.1 Popis technologie výroby hlubokozmrazených pekařských výrobků 338
22.4.1.1 Příprava těsta 338
22.4.1.2 Pečení 338
22.4.1.3 Šokové zmrazování tvarovaných výrobků 339
22.4.2 Řízení výrobní linky 341
22.5 Automatizace scezování v pivovaru *(Miloš Kmínek, Pavel Dostálek)* **344**
22.5.1 Úvod 344
22.5.2 Technologie scezování sladiny a vyslazování mláta 344
22.5.3 Řízení scezování a vyslazování 345
22.6 Řízení procesu uzení *(Miloš Kmínek, Petr Pipek)* **348**
22.6.1 Způsoby uzení 348
22.6.2 Konstrukce udíren 349
22.6.3 Řízení procesu uzení 350

22.7 Řízení procesu zahušťování a sušení mléka *(Miloš Kmínek, Ladislav Čurda)* **354**
22.7.1 Popis technologie 354
22.7.2 Řízení procesu 355
22.7.2.1 Řízení odparky 357
22.7.2.2 Řízení sušárny 358
22.8 Komplexní automatizace rafinerie jedlých olejů
(Ivo Kunc, Roman Brázda, Vladimír Filip, Miloš Kmínek) **359**
22.8.1 Obecný popis technologie rafinace jedlých olejů 359
22.8.1.1 Bělení pro fyzikální rafinaci 360
22.8.1.2 Fyzikální rafinace (deodorace) 360
22.8.1.3 Winterizace – devoskace oleje 361
22.8.2 COMPAS architektura řídicího systému rafinerie Olomouc 361
22.8.3 Popis řízení procesu bělení 362
22.9 Řízení hydrolýzy tuků *(Miloš Kmínek, Vladimír Filip)* **364**
22.9.1 Popis technologie 364
22.9.2 Štěpení tuků 364
22.9.3 Řízení procesu 366
22.10 Řízení extraktoru – regulace s rozloženými parametry
(Miloš Kmínek, Pavel Kadlec, Vladimír Ulrich) **367**
22.10.1 Technologie těžení šťávy 367
22.10.2 Řízení extraktoru 368
22.11 Řízení diskontinuálního zrniče při svařování cukrovin
(Miloš Kmínek, Pavel Kadlec, Vladimír Ulrich) **372**
22.11.1 Technologie svařování cukrovin 372
22.11.2 Řízení svařování cukrovin 373
22.12 On-line sledování růstu krystalů a měření barvy cukru pomocí technik zpracování obrazu *(Bertrand Gaillac, Claire Rua)* **379**
22.12.1 Úvod 379
22.12.2 Růst krystalů cukru v zrničích 379
22.12.3 Měření barvy cukru na výstupu z odstředivek 380
22.13 Skladování ovoce v řízené atmosféře *(Miloš Kmínek, Rudolf Ševčík, Aleš Rajchl)* **383**
22.13.1 Posklizňové skladování ovoce 383
22.13.2 Sklad jablek s řízenou atmosférou 384
22.14 Řízení fermentace v lihovaru Tereos TTD, a.s. Dobrovice
(Miloš Kmínek, Mojmír Rychtera, Václav Černý) **387**
22.14.1 Popis technologie fermentace 387
22.14.2 Řízení procesu fermentace 388
22.15 Řízení provozních fermentací v závodě LONZA Biotec s.r.o. *(Aleš Nesrsta, Vlastimil Braun, Mojmír Rychtera, Miroslava Čikošová, Zdena Čermáková)* **392**
22.15.1 Obecný úvod k fermentačnímu procesu v závodě LONZA Biotec s.r.o. 392
22.15.2 Procesní řídicí systém biotechnologie a jeho architektura 394
22.15.3 Příklad řízení vzorové jednotky – ***feed*** tank 395
22.15.3.1 Příklady operací 395
22.15.3.2 Implementace výrobních operací – fází 395
22.15.4 Souhrn 397
22.16 Řídicí systém DeltaV ve farmaceutické výrobě *(Jan Dostál)* **399**
22.16.1 Distribuovaný řídicí systém DeltaV 399
22.16.1.1 Obecný popis a vývoj systému 399
22.16.1.2 Oblasti použití 399
22.16.1.3 Syncade – Inteligentní řízení provozů 400
22.16.2 Řídicí systém DeltaV ve farmaceutické výrobě 401
22.16.3 Moderní trendy v řízení – *Human Centered Design* 401
22.17 Řízení procesu biologického čištění městských odpadních vod v laboratorním a provozním měřítku *(Jan Bartáček, Jiří Wanner)* **404**
22.17.1 Základní principy biologického čištění odpadních vod 404
22.17.1.1 Hlavní formy znečištění v městských odpadních vodách 404
22.17.1.2 Biologické čištění odpadních vod 404
22.17.2 Matematické modelování biologického čištění odpadních vod 406
22.17.2.1 Základní biokinetické modely aktivačního procesu ASM 406
22.17.3 Základní principy řízení procesu 406
22.17.3.1 Aerace čili dodávka vzduchu 407
22.17.3.2 Stáří a koncentrace aktivovaného kalu 411

22.17.3.3 Interní recykl ... 411
22.17.3.4 Dávkování externího substrátu ... 412
22.17.4 Příklady řízení laboratorních modelů ... 413
22.17.4.1 Řízení procesu nitritace v SBR ... 413
22.17.4.2 Řízení anaerobního membránového reaktoru ... 414
22.17.5 Měření a řízení provozních aktivačních systémů ... 414
22.17.5.1 Měření základních provozních parametrů in situ ... 414
22.17.5.2 Řízení moderních aktivačních systémů ... 417
22.18 Využití on-line monitorování jakostních parametrů potravinářských surovin a potravin *(Ivan Teper, Filip Teper, René Bien)* ... **420**
22.18.1 Úvod ... 420
22.18.2 Nejrozšířenější techniky ... 420
22.18.2.1 NIR technika ... 420
22.18.2.2 Mikrovlny ... 422
22.18.2.3 Refraktometrie a měření hustoty ... 423
22.19 Management řízení jakosti a zdravotní nezávadnosti při výrobě a distribuci potravin *(Rudolf Ševčík, Aleš Rajchl, Jana Coufalová, Pavel Kadlec)* ... **425**
22.19.1 Systémy řízení jakosti a zdravotní nezávadnosti potravin ... 425
22.19.2 Digitální systémy pro management řízení ... 425
22.19.3 Požadavky na měřicí techniku používanou ke sledování jakosti a zdravotní nezávadnosti potravin ... 426
22.19.4 Měřicí technika od firmy Testo s.r.o. ... 426
22.19.4.1 Teploměry ... 426
22.19.4.2 pH metry ... 427
22.19.4.3 Tester fritovacího oleje ... 427
22.19.4.4 Záznamníky dat ... 428
22.19.4.5 Systém monitorování měřených dat / systém rádiových záznamníků dat ... 428
22.20 Využití dataloggerů pro validaci procesů a zařízení *(Jan Svoboda)* ... **430**
22.20.1 Kabelová validační jednotka *E-val Pro* ... 430
22.20.2 Bezdrátové dataloggery z řady *TrackSense Pro* ... 430
22.21 Nejmodernější českou pekárnu řídí *Simatic S7-1500* *(Johana Hrabalová)* ... **433**
22.21.1 Úvod ... 433
22.21.2 Výroba kváskového chleba a pečiva ... 433
22.21.3 Řízení průmyslové pekárny a skladového hospodářství ... 433
22.21.4 Řízení kvasné technologie ... 435
22.21.5 Řízení na úseku hnětení ... 436
22.21.6 Řízení na úseku tvarování těsta, pečení a expedice ... 437
22.21.7 Závěr ... 437

23 Aplikace měření a řízení v chemických a ostatních výrobách

23.1 Řízení rektifikačních zařízení *(Josef Pašek)* ... **439**
23.1.1 Co je rektifikace a jaká zařízení se na rektifikaci používají ... 439
23.1.1.1 Co je rektifikace ... 439
23.1.1.2 Kdy se používají patrové kolony a kdy kolony s výplní ... 440
23.1.1.3 Účinnost rektifikace a teoretické patro ... 441
23.1.1.4 Navrhování rektifikačních kolon ... 441
23.1.2 Řízení rektifikačních kolon ... 442
23.1.2.1 Standardní vybavení kontinuální rektifikační kolony ... 442
23.1.2.2 Principy řízení kontinuální kolony ... 443
23.1.2.3 Řízení tlaku v kolonách ... 445
23.1.2.4 Rektifikace s parciální kondenzací par ... 446
23.1.2.5 Řízení kolony při velmi malém podílu destilačního zbytku ... 447
23.1.2.6 Řízení rektifikační kolony s nevýrazným teplotním profilem ... 448
23.1.2.7 Specifikace řízení kontinuální vakuové rektifikační kolony ... 449
23.1.2.8 Řízení vsádkové rektifikační kolony ... 451
23.1.2.9 Kontinuální rektifikace směsi na sérii rektifikačních kolon ... 453
23.2 Odparka s mechanickou rekompresí par *(Josef Pašek)* ... **455**
23.2.1 Úvod ... 455
23.2.2 Řízení odparky s rekompresí brýdové páry turbodmychadlem ... 456
23.3 Laboratorní destilační kolona řízená počítačovým systémem *(František Hovorka)* ... **460**
23.3.1 Popis rektifikační kolony ... 460
23.3.2 Řídicí systém rektifikační kolony ... 460
23.3.3 Chod kolony při nekonečném poměru zpětného toku ... 463

23.4 Syntéza butylacetátu s použitím reaktivní destilace *(Jiří Hanika, Jiří Kolena, Miloš Kmínek)* 467
23.4.1 Princip reaktivní destilace 467
23.4.2 Popis technologie výroby butylacetátu 467
23.4.3 Řízení procesu 469
23.5 Hydrogenace thymolu v průtočném reaktoru se zkrápěnou vrstvou katalyzátoru *(Jiří Hanika, Jozef Dudáš, Miloš Kmínek)* 472
23.5.1 Princip hydrogenace thymolu v reaktoru se zkrápěnou vrstvou katalyzátoru 472
23.5.2 Popis technologie hydrogenace thymolu 473
23.5.3 Řízení procesu 474
23.6 Laboratorní jednotka pro katalytickou hydrogenaci středních ropných frakcí a alternativních surovin *(Daniel Maxa)* 476
23.6.1 Základní popis technologie hydrogenační rafinace 476
23.6.2 Základní strategie řízení procesu 478
23.7 Řízení nástřiků oxidace propylenu při výrobě kyseliny akrylové *(Jan Nájemník)* 481
23.7.1 Popis technologie výroby kyseliny akrylové 481
23.7.2 Strategie řízení procesu 482
23.7.3 Popis řízení přípravy nástřiku do reaktorů 482
23.8 Výroba ledku vápenatého *(František Hovorka, Martin Hubička)* 486
23.8.1 Úvod 486
23.8.2 Měření a regulace ve výrobně ledku vápenatého 488
23.8.2.1 Měření provozních parametrů 489
23.8.2.2 Řízení výroby ledku vápenatého 489
23.8.2.3 Řízení na úseku chlazení granulátu 489
23.9 Výroba ionexového dianu (bisfenolu A) *(Jiří Karásek, František Hovorka)* 492
23.9.1 Úvod 492
23.9.2 Popis technologie 493
23.9.2.1 Syntéza 493
23.9.2.2 Rektifikace 494
23.9.2.3 Absolutizace 494
23.9.2.4 Granulace (šupinkování) 494
23.9.3 Řízení výroby 495
23.10 Řízení procesu výroby tablet potahováním *(Aleš Kovařík, Jindřich Kubíček, Vlastimil Braun)* 497
23.10.1 Technologie potahování tablet 497
23.10.1.1 Potahovací stroj (Coater) 497
23.10.1.2 Výroba potahovaných tablet 498
23.10.1.3 Procesy tvorby obalu tablet filmotvornými látkami 498
23.10.2 Procesní řídicí systém potahovacího stroje Coater 499
23.10.2.1 Elektrozařízení 499
23.10.2.2 Automatizace a řízení výroby 500
23.10.2.3 Projektování řídicího systému potahovacího stroje 501
23.11 Ukázka řízení procesu lyofilizace *(Ladislav Čurda, Petr Grund)* 503
23.11.1 Princip lyofilizace 503
23.11.1.1 Jednotlivé fáze lyofilizačního procesu 503
23.11.1.2 Lyofilizační zařízení 504
23.11.1.3 Měření a čidla v procesu lyofilizace 504
23.11.2 Příklad řízení lyofilizace ve společnosti Ingredia s.r.o. 505
23.11.3 Aplikace lyofilizace, její výhody a nevýhody 508
23.12 Měření a řízení polohy rozhraní voda – anilin hladinoměrem s vedenou vlnou *(Petr Komp, Radim Frömmer)* 510
23.12.1 Princip měření 510
23.12.2 Typické aplikace 510
23.12.3 Speciální aplikace: měření rozhraní voda – anilin 511
23.12.4 Řízení polohy rozhraní voda – anilin 512
23.13 Využití termografie pro studium polí výkonových hustot v celoelektrických sklářských tavicích pecích *(Stanislav Kasa, Antonín Lisý)* 514
23.13.1 Tavení skloviny v celoelektrických sklářských pecích 514
23.13.2 Zjištění výkonových hustot mezi elektrodami v tavicím bazénu pece 515
23.13.2.1 Matematický model rozložení výkonových hustot v tavicím bazénu 515
23.13.2.2 Fyzikální modely rozložení výkonových hustot v tavicím bazénu 515
23.13.2.3 Aplikace termografie ke zjištění rozložení teplot a určení výkonových hustot mezi elektrodami v modelu tavicího bazénu pece 516
23.13.3 Závěr 519

23.14 Výroba plochého skla technologií FLOAT *(Vlastimil Hotař, František Novotný)* **520**
23.14.1 Výroba plochého skla 520
23.14.2 Technologie FLOAT 520
23.14.3 Zpracování a zušlechtění plochého skla 521
23.14.4 Měření technologických parametrů 522
23.14.4.1 Měření teploty 522
23.14.4.2 Měření výšky hladiny 524
23.14.4.3 Měření tloušťky skla 524
23.14.4.4 Kontrola jakosti vyráběného skla 524
23.14.4.5 Další senzory 525
23.14.5 Řízení výrobního procesu 526
23.15 Výroba fólií z plastů vytlačováním štěrbinovou hlavou *(Antonín Kuta)* **529**
23.15.1 Technologie vytlačování fólií z plastů 529
23.15.2 Bezkontaktní měření tloušťky fólie 530
23.15.3 Řízení procesu 531
23.16 Řízení procesu míchání směsi na výrobu pneumatik *(Jiří Brejcha, Miloš Kmínek)* **534**
23.16.1 Úvod – výroba pneumatik 534
23.16.2 Míchání směsí 534
23.16.3 Řízení procesu míchání směsí 536
23.16.3.1 Řízení navažování a dávkování surovin 538
23.16.3.2 Řízení provozních parametrů v hnětiči (při míchání) 539
23.17 Řídicí systémy pro plazmatické nástřiky (plazmatron) *(Václav Březina, Miloš Kmínek)* **540**
23.17.1 Plazmový hořák – plazmatron 540
23.17.1.1 Technologie hybridně stabilizovaného oblouku 540
23.17.1.2 Základní součásti systému 541
23.17.2 Řídicí jednotka 542
23.17.3 Principy řízení 542
23.17.3.1 Řízení vodního systému hořáku 544
23.18 Řízení předávací stanice tepla s využitím kogeneračních jednotek v lokální distribuční síti elektřiny a tepla *(Petr Machač)* **545**
23.18.1 Kogenerační jednotky 545
23.18.2 Popis technologie 545
23.18.3 Řízení provozu předávací stanice 546
23.18.3.1 Režim řízení: vyvedení 547
23.18.3.2 Režim řízení: letní 548
23.18.3.3 Režim řízení: zimní 548
23.18.3.4 Režim řízení: vyvedení + letní 548
23.18.3.5 Režim řízení: vyvedení + zimní 549
23.19 Přístrojová technika pro sledování energií *(David Slepička, Karel Kadlec)* **550**
23.19.1 Měření v parních okruzích 550
23.19.1.1 Kotelna 551
23.19.1.2 Distribuční síť 552
23.19.1.3 Koncový uživatel 552
23.19.1.4 Vratné potrubí kondenzátu 552
23.19.1.5 Palivo, vzduch a spaliny 553
23.19.2 Měřicí systémy stlačeného vzduchu 553
23.19.2.1 Efektivita kompresoru 554
23.19.2.2 Vyvážení systému a úniky 555
23.19.2.3 Příklad výpočtu návratnosti 556
23.19.3 Přístrojová technika firmy Endress+Hauser 557
23.20 Aplikace hmotnostních průtokoměrů při dávkování plynů a kapalin *(Martin Niederle, Karel Kadlec)* **558**
23.20.1 Přesné měření množství a dávkování plynů do chemických reaktorů 558
23.20.2 Provzdušňování zmrzliny za použití tepelného hmotnostního průtokoměru 559
23.20.3 Dávkování plynů do bioreaktorů 561
23.20.4 Dávkování přísad hmotnostním průtokoměrem 561
23.21 Termografická inspekce produktovodů s využitím bezpilotních letadel (dronů) *(Jan Sova, Petr Lněnička, Anna Korbářová)* **564**
23.21.1 Úvod 564
23.21.2 Terminologie 564
23.21.3 Zvláštnosti užití termokamery s bezpilotním letadlem 565