



Čištění průmyslových odpadních vod

Bakalářská práce

Vedoucí práce:

doc. Ing. Tomáš Vítěz, Ph.D.

Vypracovala:

Iva Němcová



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatelka: **Iva Němcová**
Studijní program: **Technologie odpadů**
Obor: **Odpadové hospodářství**
Název tématu: **Čištění průmyslových odpadních vod**
Rozsah práce: **30 – 40 stran**

Zásady pro vypracování:

1. Zhodnoťte současný stav řešené problematiky.
2. Proveďte obecný popis vybrané technologie potravinářského průmyslu.
Popište současný způsob nakládání s průmyslovými odpadními vodami vybrané technologie.
3. Definujte místa vzniku odpadních vod v technologii a proveďte kvalitativní zhodnocení těchto vod.
4. Vyvoďte zobecnitelné závěry.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci:

Čištění průmyslových odpadních vod

vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne: 7. 4. 2017

.....
podpis

Poděkování

Nejprve bych chtěla poděkovat doc. Ing. Tomáši Vítězovi, Ph.D. za odborné vedení, podnětné rady a připomínky při zpracovávání bakalářské práce. Rovněž bych chtěla poděkovat za praktické rady a doporučení, která mi v souvislosti s mojí prací poskytoval.

Dále chci poděkovat Ing. Ivo Miksteinovi, řediteli Litovelské cukrovarny a.s., Ing. Václavu Řehákovi, řediteli Cukrovaru Vrbátky a.s., Ing. Vladimíru Zajacovi, technikovi pro životní prostředí Agrana Sugar, a.s., cukrovar Opava-Vávrovice a panu Jaroslavu Pavličíkovi, vodohospodáři Hanácké potravinářské společnosti, s.r.o., cukrovar Prosenice, za ukázky celého technologického procesu, vyčerpávající výklady, cenné rady a pomoc při získání potřebných informací a podkladů. Nakonec chci poděkovat svému příteli a rodině za podporu během studia a při zpracovávání bakalářské práce.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá problematikou čištění odpadních vod se zaměřením na úpravu, čištění a opětovné využití odpadních vod v technologii výroby cukru. V teoretické části práce jsou charakterizována místa vzniku odpadních vod, popsány hodnocené ukazatele znečištění a stanoveny způsoby čištění těchto vod. Jsou zde zmíněna také používaná technologická zařízení ČOV v cukrovarech, především mechanické a biologické čištění odpadních vod.

Experimentální část práce je věnována analýze způsobů nakládání s odpadními vodami v cukrovarech Opava-Vávrovice, Prosenice, Vrbátky a Litovel. Dále jsou popsány hodnoty ukazatelů znečištění odpadních vod v těchto cukrovarech za sledované období řepné kampaně a diskutovány výsledky znečištění těchto odpadních vod.

Klíčová slova

Cukrovarské odpadní vody, výroba cukru, recirkulace, mechanické čištění, biologické čištění, hodnoty znečištění

Abstract

This bachelor thesis deals with the problematic of wastewater treatment. The work is focused on water treatment, wastewater treatment and reuse of wastewater in technology of sugar production. The places of origin of wastewater, rated indications of pollution and cleaning methods of these wastewaters are described in the theoretical part of work. In the work are mentioned also technological devices of wastewater treatment plant in sugar factory especially mechanical and biological wastewater treatment.

Experimental part of bachelor thesis is devoted to analysis of methods of wastewater management in sugar factories Opava-Vávrovice, Prosenice, Vrbátky and Litovel. Further the indications of pollution of wastewater are described during the reporting period of beet campaign in these sugar factories. In the end the results of wastewater pollution are discussed.

Keywords

Wastewater from sugar factory, sugar production, recirculation, mechanical cleaning, biological cleaning, values of pollution

Obsah

1	Úvod	13
2	Cíle bakalářské práce	15
2.1	Cíle teoretické části práce.....	15
2.2	Cíle praktické části práce.....	15
3	Současný stav řešené problematiky	16
3.1	Historický vývoj legislativy vodního hospodářství.....	16
3.2	Současná legislativa zabývající se odpadními vodami.....	18
3.2.1	Vymezení základních pojmů a definic.....	18
3.2.2	Vymezení současné legislativy	20
3.2.3	Vztah současné legislativy k jiným právním úpravám a principy subsidiarity	21
4	Obecný popis technologie výroby cukru	23
4.1	Stručná technologie výroby cukru.....	23
4.1.1	Příjem řepy a její příprava ke zpracování	25
4.1.2	Těžení šťávy	29
4.1.3	Čištění surové šťávy.....	31
4.1.4	Výroba vápna a saturačního plynu.....	34
4.1.5	Odpařování šťáv	34
4.1.6	Vaření cukrovin.....	35
5	Definování míst vzniku odpadních vod v technologii výroby cukru	39
5.1	Odpadní vody plavící a prací	39
5.1.1	Kvalitativní zhodnocení odpadních vod plavících a pracích.....	39
5.2	Odpadní vody oteplené.....	40
5.2.1	Kvalitativní zhodnocení odpadních vod oteplených.....	42
5.3	Odpadní vody řízkové.....	42

5.3.1	Kvalitativní zhodnocení odpadních řízkových.....	42
5.4	Odpadní vody ostatní	43
5.4.1	Kvalitativní zhodnocení odpadních vod ostatních	44
6	Současný způsob nakládání s odpadními vodami v technologii výroby cukru	47
6.1	Zásady čištění odpadních vod v technologii výroby cukru.....	48
6.2	Čištění odpadních vod plavicích a pracích	49
6.2.1	Suché způsoby snižování obsahu hlíny v plavicích a pracích vodách.....	49
6.2.2	Lapače kamenů a písku z plavicích a pracích vod.....	50
6.2.3	Lapače listí a trávy z plavicích a pracích vod.....	50
6.2.4	Lapače zařazené v řepní pračce	51
6.2.5	Zachycování řepných kořínků.....	52
6.2.6	Usazovací nádrže plavicích a pracích vod.....	52
6.2.7	Čištění odpadních vod plavicích a pracích v biologických ČOV	56
6.3	Čištění odpadních vod řízkových	59
6.4	Čištění odpadních vod oteplených	60
7	Zhodnocení nakládání s průmyslovými odpadními vodami ve vybraných cukrovarech	63
7.1	Nakládání s odpadními vodami v cukrovaru Litovel.....	63
7.2	Nakládání s odpadními vodami v cukrovaru Prosenice.....	67
7.3	Nakládání s odpadními vodami v cukrovaru Vrbátky.....	70
7.4	Nakládání s odpadními vodami v cukrovaru Opava-Vávrovice	73
8	Závěr	78
9	Seznam použité literatury	80
10	Přehled použitých symbolů a zkratk	84

Seznam obrázků

<i>Obr. 1 – Schéma výroby řepného cukru [25]</i>	24
<i>Obr. 2 – Doprava a ukládka řepy (Vrbátky) [26]</i>	25
<i>Obr. 3 – Odběr vzorku řepy pro kontrolu kvality v příjmové laboratoři (Prosenice) [27]</i>	25
<i>Obr. 4 – Řepné splavy (Vrbátky) [28]</i>	25
<i>Obr. 5 – Mechanická ukládka řepy (Prosenice) [27]</i>	25
<i>Obr. 6 – Transport řepy k pračce suchou cestou (Dobrovice) [29]</i>	26
<i>Obr. 7 – Plavení řepy do cukrovaru v kynetách [30]</i>	26
<i>Obr. 8 – Vodní dělo – střík Fölsche (Prosenice) [31]</i>	26
<i>Obr. 9 – Rotační čerpadlo na řepu Sigma (Prosenice) [32]</i>	26
<i>Obr. 10 – Odlučovač kamenů (Prosenice) [32]</i>	27
<i>Obr. 11 – Mechanický lapač chrástu (Vrbátky) [33]</i>	27
<i>Obr. 12 – Pračka na řepu (Vrbátky) [33]</i>	28
<i>Obr. 13 – Šikmý rošt na odstranění vody (Prosenice) [32]</i>	28
<i>Obr. 14 – Desková řezačka (Dobrovice) [29]</i>	28
<i>Obr. 15 – Bubnová řezačka (Vrbátky) [33]</i>	28
<i>Obr. 16 – Sada Gollerových nožů (Dobrovice) [29]</i>	29
<i>Obr. 17 – Nařezané sladké řízky na pásovém dopravníku (Prosenice) [27]</i>	29
<i>Obr. 18 – Věžová difuze BMA (Dobrovice) [29]</i>	30
<i>Obr. 19 – Žlabová difuze DdS (Vrbátky) [33]</i>	30
<i>Obr. 20 – Nakládání vyloužených řízků (Vrbátky) [33]</i>	30
<i>Obr. 21 – Stanice řízkolisů (Dobrovice) [29]</i>	30

<i>Obr. 22 – Předčeříč (Dobrovice) [29]</i>	32
<i>Obr. 23 – Dočeříč (Dobrovice) [29]</i>	32
<i>Obr. 24 – Saturák I. saturace (Dobrovice) [29]</i>	32
<i>Obr. 25 – Zahušťovací filtr (Dobrovice) [29]</i>	32
<i>Obr. 26 – Kalolis (Dobrovice) [29]</i>	33
<i>Obr. 27 – Filtrační plachetky (Dobrovice) [29]</i>	33
<i>Obr. 28 – Tlakový naplavovací filtr (Prosenice) [32]</i>	34
<i>Obr. 29 – Sírící pec (Vrbátky) [33]</i>	34
<i>Obr. 30 – Khernova vápenka s hašenkou (Vrbátky) [30]</i>	34
<i>Obr. 31 – Mikovo hasidlo v hašence (Vrbátky) [30]</i>	34
<i>Obr. 32 – Ohříváče lehké štávy (Dobrovice) [29]</i>	35
<i>Obr. 33 – Pětičlenná odparka (Prosenice) [32]</i>	35
<i>Obr. 34 – Zrniče ve varně (Dobrovice) [37]</i>	36
<i>Obr. 35 – Kontrola průběhu krystalizace cukroskopem (Opava-Vávrovice) [40]</i>	36
<i>Obr. 36 – Krystalizátory (Dobrovice) [29]</i>	37
<i>Obr. 37 – Odstředivková stanice (Dobrovice) [37]</i>	37
<i>Obr. 38 – Třasák (Prosenice) [27]</i>	38
<i>Obr. 39 – Nádrže na melasu (Prosenice) [27]</i>	38
<i>Obr. 40 – Sušárna cukru (Dobrovice) [29]</i>	38
<i>Obr. 41 – Sila na cukr (Dobrovice) [41]</i>	38
<i>Obr. 42 – Diagram spotřeby vody v cukrovaru Opava-Vávrovice [42]</i>	41
<i>Obr. 43 – Odlučovač hlíny (Modřany) [46]</i>	49
<i>Obr. 44 – Rotační odlučovač hlíny - veverka (Prosenice) [32]</i>	49
<i>Obr. 45 – Lapač kamenů a písku Sokolov (Litovel) [47]</i>	50

<i>Obr. 46 – Schéma lapače kamenů a písku [30]</i>	50
<i>Obr. 47 – Köllmanův lapač listí a slámy (Litovel) [47]</i>	51
<i>Obr. 48 – Schéma lapače listí a slámy [38]</i>	51
<i>Obr. 49 – Detail síta v řepní pračce (Modřany) [48]</i>	52
<i>Obr. 50 – Schéma Wiesnerovy řepní pračky [38]</i>	52
<i>Obr. 51 – Schéma linky na zpracování kořínků [48]</i>	52
<i>Obr. 52 – Schéma bubnového lapače drti [38]</i>	52
<i>Obr. 53 – Radiální usazovák (Litovel) [47]</i>	53
<i>Obr. 54 – Schéma radiálního usazováku [49]</i>	53
<i>Obr. 55 – Lamelový usazovák (Litovel) [47]</i>	54
<i>Obr. 56 – Schéma lamelového usazováku [50]</i>	54
<i>Obr. 57 – Kalový rybník (Litovel) [47]</i>	55
<i>Obr. 58 – Akumulační nádrž (Vrbátky) [47]</i>	55
<i>Obr. 59 – Vysušený kal v kalovém rybníce (Litovel) [51]</i>	55
<i>Obr. 60 – Sedimentační rybník (Vrbátky) [47]</i>	55
<i>Obr. 61 – Lamelové usazovaky ČOV (Brottewitz) [53]</i>	57
<i>Obr. 62 – Anaerobní reaktor (Dobrovice) [54]</i>	57
<i>Obr. 63 – Plynové hospodářství (Vrbátky) [47]</i>	57
<i>Obr. 64 – Anaerobní stupeň ČOV se třemi nádržemi (Brottewitz) [53]</i>	57
<i>Obr. 65 – ČOV cukrovaru, černá nádrž v popředí je aerobní část (Brodek) [55]</i>	58
<i>Obr. 66 – Vnitřní dosazovací nádrž s obvodovým sběrným žlabem (Vrbátky) [47]</i>	58
<i>Obr. 67 – Denitrifikační část s přívodem surové studené vody, nátokem z ANR reaktoru a přívodem recyklovaného kalu (Opava) [47]</i>	58
<i>Obr. 68 – Nitrifikační část s přívodem stlačeného vzduchu (Vrbátky) [47]</i>	58

Obr. 69 – Schéma aerobní části ČOV při použití jedné nádrže [42]	59
Obr. 70 – Schéma difuze DdS [7]	60
Obr. 71 – Dnes již zrušený cukrovar v Břeclavi s typickou siluetou vodní věže [57]	61
Obr. 72 – Chladicí rybník s rozstříkem vody tryskami (Litovel) [47]	61
Obr. 73 – Chladicí věž s přirozeným tahem (Vrbátky) [47]	61
Obr. 74 – Ventilátorové chladicí věže (Dobruška) [58]	61
Obr. 75 – Cukrovar Litovel (pohled od severovýchodu) [59]	63
Obr. 76 – Hospodářství odpadních vod v cukrovaru Litovel [60]	65
Obr. 77 – Schéma čištění odpadních vod v cukrovaru Litovel [42]	67
Obr. 78 – Cukrovar Prosenice (pohled od jihovýchodu) [62]	67
Obr. 79 – Hospodářství odpadních vod v cukrovaru Prosenice [64]	69
Obr. 80 – Schéma čištění odpadních vod v cukrovaru Prosenice [42]	70
Obr. 81 – Cukrovar Vrbátky (letecký snímek od jihozápadu) [65]	71
Obr. 82 – Hospodářství odpadních vod v cukrovaru Vrbátky [67]	72
Obr. 83 – Schéma čištění odpadních vod v cukrovaru Vrbátky [42]	73
Obr. 84 – Cukrovar Opava-Vávrovice (letecký snímek od severovýchodu) [68]	74
Obr. 85 – Hospodářství odpadních vod v cukrovaru Opava-Vávrovice [69]	75
Obr. 86 – Průmyslová ČOV cukrovaru Opava-Vávrovice [69]	76
Obr. 87 – Schéma anaerobní části ČOV cukrovaru Opava-Vávrovice [42]	77
Obr. 88 – Schéma aerobní části ČOV cukrovaru Opava-Vávrovice [42]	77

Seznam tabulek

<i>Tabulka 1 – Emisní standardy: přípustné hodnoty znečištění pro odpadní vody z výroby cukru (přírodního) [14]</i>	20
<i>Tabulka 2 – Roztřídění provozních vod, jejich znovupoužití a vracení [7]</i>	46
<i>Tabulka 3 – Průměrné hodnoty složení odpadních vod cukrovaru [45]</i>	48
<i>Tabulka 4 – Hmotnostní bilance odstraněných nečistot v roce 2005 (referenční rok 2005 – brán jako etalon z důvodu příznivého počasí) [42]</i>	64
<i>Tabulka 5 – Přípustné hodnoty vypouštěných odpadních vod z cukrovaru do recipientu [61]</i>	66
<i>Tabulka 6 – Hodnoty znečištění odpadních vod vypouštěných z cukrovaru Prosenice do ČOV (obecní ČOV + ČOV Přerov) [42]</i>	69
<i>Tabulka 7 – Hodnoty znečištění odpadních vod vypouštěných z cukrovaru Vrbátky do recipientu (Vrbátecký náhon) [42]</i>	72
<i>Tabulka 8 – Hodnoty znečištění odpadních vod vypouštěných z cukrovaru Opava-Vávrovice do recipientu (mlýnský náhon, následně řeka Opava) [42]</i>	76
<i>Tabulka 9 – Celkové množství vypuštěné odpadní vody z ČOV</i>	76

1 Úvod

Na počátku druhé poloviny 19. století se české země staly kolébkou světového rozvoje řepného cukrovarnictví [1]. Cukrovarnictví jako specifické výrobní odvětví se stalo nejvýznamnějším oborem potravinářského průmyslu a zařadilo se vedle textilní výroby a strojírenství ke klíčovému triumvirátu průmyslové struktury českých zemí. Zcela zásadně ovlivnilo vývoj zemědělství, rozšiřování těžby uhlí, jehož velkými odběrateli cukrovary byly, strojírenství, které část své produkce orientovalo na výrobu příslušného strojního zařízení, navázalo oboustranně výhodnou spoluprací s finančními institucemi, kterým pomohlo k vzestupu [2], a v neposlední řadě výrazně zasáhlo do výstavby dopravní, zejména železniční sítě [3].

Pracovníci českých cukrovarů a strojíren v té době učinili řadu úspěšných technických vynálezů v technologii výroby, které umožnily ekonomické těžení cukru z řepy. Můžeme připomenout například postavení první difuzní baterie Juliem Robertem v cukrovaru v Židlochovicích, vynález dodnes všeobecně užívaných řezačkových nožů pro výrobu řízků pány Wasgestianem a Gollerem, uvedení několikanásobného využití páry při odpařování, zahřívání a svařování Jelínkem a Lexou, vyřešení čištění řepných šťáv Jelínkem, Hanušem, Karlíkem a Staňkem [1], filtraci saturovaných šťáv konstrukcí kalolisů Janáčkem a Čížkem [4] a nakonec Wiesnerovu pračku na řepu [5, 6].

Cukrovarský průmysl se v této době zabýval i otázkou odpadních vod, které vznikaly hlavně při transportu řepy plavením do továren, praním znečištěné řepy v pračkách a prací na difuzních bateriích. Cílem cukrovarů, zejména těch s omezenými vodními zdroji, bylo minimalizovat skutečný odběr čerstvé vody využitím účelného vracení upravených a očištěných odpadních vod v samostatných okruzích zpět do technologie (recirkulací) a prakticky doplňovat pouze ztráty, které vznikaly výparem, průsakem a vodou v melase [7, 8].

Mnoho cukrovarů, položených především při silném vodním toku, ovšem vypouštělo znečištěné vody, s velkým množstvím rozptýlených i rozpuštěných látek a produkty jejich rozkladu, přímo do vodních toků. Nutnost úpravy a čištění odpadních vod a jejich následné vracení do provozu nebyla v případě těchto cukrovarů tak akutní. Zpět do technologie bylo vraceno určité množství upravených a vyčištěných odpadních vod (zejména plavicích a pracích), zbytek byl nahrazován čerstvou vodou z vodního zdroje. Tyto cukrovary spoléhaly na to, že odpadní vody, vypouštěné většinou do vodoteče, budou ředěny říční nebo potoční vodou a znečištění zmizí již po několika stovkách metrů. Anaerobní rozklad organických látek obsažených v nedostatečně vyčištěných vo-

dách byl provázen pěněním a vysokým úhynem ryb. Docházelo k hnilobným pochodům za vzniku plynů NH_3 a H_2S , které působily škodlivě na vodní faunu a zápachem obtěžovaly okolí vodních toků [7]. K rozkladu organických látek docházelo v úsecích dlouhých i několik desítek kilometrů za cukrovarem [9].

V současné době je vodní hospodářství cukrovaru důležitou součástí cukrovarnické technologie. S rozvojem technologií zefektivnění a automatizace výroby cukru se současně klade důraz i na hospodárné využívání vody v provozu, zejména s cílem maximálního využití recirkulace upravených a vyčištěných odpadních vod a z toho vyplívající minimalizace odběru čerstvé vody z vodních zdrojů. Je nutné si uvědomit, že na celkovém množství odebrané vody z vodních zdrojů závisí i celkové množství odpadních vod. Hlavním cílem cukrovarů je tedy soběstačnost ve spotřebě provozních a užitkových vod neboť za odebranou čerstvou vodu, tak i za vypouštěnou odpadní vodu (podle míry jejího znečištění) platí závody poplatky [10]. Z tohoto důvodu došlo ve vodním hospodářství cukrovarů a zejména v oblasti odpadních vod k zavedení postupů a vývoji sofistikovaných zařízení k úpravě, čištění a zlepšení jakosti odpadních vod. Zásadním krokem bylo vrácení vyčištěných vod v samostatných okruzích bez jejich mísení a zavedení ČOV v některých cukrovarech. Efektivita recirkulace odpadních vod v některých závodech dosahuje téměř 100 %, tzn., že bezmála všechna upravená a vyčištěná odpadní voda je opětovně vrácena do provozu a jen minimální množství odpadních vod je vypouštěno do veřejných toků.

Náplň této bakalářské práce byla zvolena se záměrem analyzovat problematiku čištění odpadních vod v cukrovarnickém průmyslu se zaměřením na úpravu, čištění a opětovné využití odpadních vod v jednotlivých úsecích výroby. Dílčí část práce se zabývá definováním míst vzniku odpadních vod v cukrovarnické technologii a provedením kvalitativního zhodnocení těchto vod. Součástí práce je také analýza způsobu nakládání s odpadními vodami v cukrovarech Opava-Vávrovice, Prosenice, Vrbátky a Litovel.

2 Cíle bakalářské práce

Bakalářská práce pojednává o technologii vzniku odpadních vod v cukrovarském průmyslu a o způsobech jejich čištění. Bylo vycházeno ze skutečnosti, že při dnešním rychlém rozvoji vědy a techniky nelze popsat všechny způsoby nakládání s cukrovarskými odpadními vodami, které jsou zaváděny v tomto průmyslu ve světě. Proto je nutno na práci pohlížet nikoliv jako na všeobecné kompendium, ale jako na stručný základ, z něhož lze vycházet při dalším studiu technologie vzniku odpadních vod ve vybraném odvětví potravinářského průmyslu a který popisuje současné způsoby nakládání s odpadními vodami v našich cukrovarech.

2.1 Cíle teoretické části práce

1. Zhodnotit současný stav řešené problematiky.
2. Provést obecný popis vybrané technologie potravinářského průmyslu. Popsat současný způsob nakládání s průmyslovými odpadními vodami vybrané technologie.
3. Defínovat místa vzniku odpadních vod v technologii a provést kvalitativní zhodnocení těchto vod.
4. Vyvodit zobecnitelné závěry.

2.2 Cíle praktické části práce

1. U vybraných cukrovarů provést kvalitativní a kvantitativní zhodnocení jimi produkováných odpadních vod.

3 Současný stav řešené problematiky

Všechny obory průmyslové výroby produkují odpadní vody, které jsou pro povrchové vody (recipienty) a podzemní vody závadné. Cukrovarnický průmysl není v tomto ohledu výjimkou, i když přetržitý (kampaňový) provoz, který je soustředěn na pár měsíců v roce lze považovat za určité specifikum.

Technologie výroby cukru se stejně jako jiná odvětví průmyslu neustále rozvíjí, jsou vyvíjeny nové výrobní postupy a zdokonalovány postupy stávající. Vysoké požadavky jsou kladeny především na zefektivnění výroby a snížení výrobních nákladů. Vývoj se týká i oblastí čistírenství odpadních vod. Zdokonalováním technologických postupů a se zaváděním nových postupů čištění odpadních vod dochází k rychlejšímu a efektivnějšímu čištění, což v důsledku opět vede ke snížení energetické náročnosti těchto procesů a nakonec k poklesu nákladů. Z tohoto důvodu mnohé stávající cukrovary investovaly vysoké částky do modernizací ČOV, dalším důvodem bylo splnění přísných kritérií daných příslušnou legislativou, která reguluje nakládání s odpadními vodami.

3.1 Historický vývoj legislativy vodního hospodářství

Vodní právo v českých zemích bylo výrazně ovlivněno Římským právem. Od roku 1811 platil pro Rakouské země Všeobecný zákoník občanský, tzv. ABGB (*Allgemeines bürgerliches Gesetzbuch für die gesamten Deutschen Erbländer der Österreichischen Monarchie*), který odděloval soukromé vody od vod veřejných. Doplnění tohoto zákoníku o vodní řád, bylo ustanovení, že vodní právo je pouze veřejnoprávní záležitostí. Roku 1869 byl vydán zákon č. 93/1869 (Říšský vodní zákon) [11].

Pro ostatní země Rakouska-Uherska byly vydány právní předpisy upravující vodní právo, patřily sem:

- pro České země zákon č. 71/1870 – vodní zákon [12],
- pro Slezsko zákon č. 65/1870,
- dále zákon č. 51/1870, o používání vod a ochraně před nimi [11].

Platnost výše uvedených zákonů byla až do roku 1942, kdy bylo vydáno nařízení č. 305/1942 Sb. z. a n. o rozšíření platnosti českého zemského vodního zákona ze dne 28. srpna 1870, č. 71 čes. z.z. na celém území Protektorátu Čechy a Morava a o změně a doplnění některých předpisů tohoto vodního zákona [12]. Na přelomu 19. a 20. století

a v období 1. republiky existovaly další předpisy a nařízení upravující evidenci vodních práv, evidenci vodních sil a tzv. silotvorných vodních děl a další, např. zákon č. 66/1901 ř.z. o stavbě vodních cest a provedení úpravy řek. Rok 1921 byl rokem zavedení daně z vodní síly (zákon č. 338/1921 Sb. z. a n.). V roce 1925 byla vydána nařízení č. 160 a 161/1925 Sb. z. a n., spolu s instrukcí Ministerstva zemědělství č. 27.022/XVI-1926, kterými se upravovala zařízení a vedení vodních knih se sbírkami listin, map a plánů ČSR. Vodní předpisy upravovaly jednak dozor vodoprávních úřadů, jejich soustavu, ale také ochranu před znečišťováním vod (odpadní vody), vodní díla (přehrady, rybníky apod.) [12].

Ve dvacátých letech byla také velmi podrobně řešena oblast povolení k plavebním účelům, a to dokonce na mezinárodní úrovni. Mezinárodní smlouva mezi Velkou Británií, Francií, Belgií, Itálií, Řeckem, Rumunskem, Královstvím Srbů, Chorvatů a Slovinců a Československem o svobodné plavbě na mezinárodním Dunaji byla ratifikovaná Československou republikou a publikovaná pod č. 356/1922 Sb. z. a n. [12].

Další zákonná úprava vstoupila v platnost dne 23. března 1955 a byl jím zákon č. 11/1955 Sb., o vodním hospodářství. Tento zákon nabyl účinnosti na území celé Československé republiky dne 1. ledna 1955, dle ustanovení § 40 tohoto zákona. Zajímavostí tohoto zákona bylo, že neupravoval některé zásadní instituty, které jsou součástí vodního práva, a to např. ochranu před povodněmi. Dále zákon postrádal definici vodohospodářského díla (vodního díla). Na druhou stranu, obsahem tohoto zákona byla např. samostatná úprava důvodu pro vyvlastnění nemovitostí z důvodu přístupu k vodám [11]. Zákon č. 11/1955 Sb., reagoval na enormní nárůst veškerého průmyslu v 50. letech minulého století, který s sebou nesl zvýšení spotřeby vody pro všechny možné účely a přetěžování vodních toků nečistotami. Stav ve většině našich cukrovarů, před platností tohoto zákona, byl takový, že veškeré druhy vod odpadajících z výroby byly neúčelně míseny dohromady. Tyto vody pak společně odcházely na čistící zařízení, které bylo téměř ve všech cukrovarech zastaralé a nedostačující. Otázce vodního hospodářství a čistíren nebyla věnována téměř žádná pozornost. Součástí zákona č. 11/1955 Sb., bylo usnesení, že voda je majetkem státu, že za její používání k výrobním účelům budou jednotlivé podniky platit určitou částku, a to jak za odebranou čerstvou vodu, tak za vypouštěnou odpadní vodu. Výše částky se odvíjela od míry znečištění odpadních vod. Platnost tohoto zákona vedla ke změně přístupu cukrovarů v oblasti vodního hospodářství, zájmem podniků bylo snížit odběr provozních vod a zejména snížit množství odpadních vod na nejmenší možnou míru. Došlo ke zlepšení řízení vodního hospodářství cukrovarů a zdokonalování metod čištění průmyslových odpadních vod [1].

V sedmdesátých letech vešly v platnost další zákony v oblasti vodního práva. Dne 31. října 1973 vstoupil v platnost zákon č. 138/1973 Sb., zákon o vodách (vodní zákon), s účinností od 1. dubna 1975. Dále zákon České národní rady o státní správě ve vodním hospodářství č. 130/1974 Sb. Oba tyto zákony přejaly celou řadu principů, ze kterých vycházel předchozí zákon z roku 1955. Ovšem oproti tomuto zákonu již upravovaly některé instituty, které v zákonu z roku 1955 chyběly, např. ochranu před povodněmi. Poslední zákonnou úpravou, kterou se upravuje vodní právo je zákon ze dne 28. června 2001, č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), který nabyl účinnosti 1. ledna 2002 [12].

3.2 Současná legislativa zabývající se odpadními vodami

3.2.1 Vymezení základních pojmů a definic

Při vymezování problematiky čištění průmyslových odpadních vod je nezbytné vysvětlení několika základních pojmů. Výraz *znečišťování vod* je pojem, který se v poslední době velmi často objevuje nejen v oblasti odpadních vod vytvořených průmyslovou činností, ale také ve spojení s činností domácností. Řešení znečišťování vod a zejména omezování znečištění vod je prioritou nejen na území České republiky, ale na celém světě [11]. Pro dokreslení významu pojmu znečišťování vod můžeme použít definici Rámcové směrnice EU o vodě, která definuje znečišťování takto:

„Znečišťování je přímé nebo nepřímé zavádění látek nebo tepla do ovzduší, vody nebo půdy, které může být škodlivé pro lidské zdraví nebo kvalitu vodních ekosystémů přímo na nich závislých, a které vyúsťuje v poškození hmotného majetku, nebo zhoršuje či narušuje hodnoty životního prostředí a další uznávané způsoby jeho užívání“ [13].

Dalším důležitým pojmem jsou **odpadní vody**. Odpadní vody jsou specifickým druhem vod, jejichž definice zní následovně:

„Odpadní vody jsou vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud mají po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu), jakož i jiné vody z nich odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod. Odpadní vody jsou i průsakové vody z odkališť, s výjimkou vod, které jsou zpětně využívány pro vlastní potřebu organizace, a vod, které odtékají do vod důlních, a dále jsou odpadními vodami průsakové vody ze skládek odpadu“ [10].

Vymezíme-li užší vyjádření definice o odpadních vodách, které se budou týkat pouze odpadních vod vzniklých průmyslovou činností, dostaneme pojem **průmyslové odpadní vody**:

„Průmyslovými odpadními vodami rozumíme odpadní vody z výroby uvedených v části B přílohy č. 1 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb., jakož i odpadní vody v této části neuvedené, jsou-li vypouštěny z výrobních nebo jim podobných zařízení, včetně odpadních vod vypouštěných z průmyslových areálů, které vznikají převážně jako produkt průmyslové činnosti“ [14].

Pokud jsou průmyslovou činností vypouštěny odpadní vody (průmyslové odpadní vody), má jejich původce jasně definované povinnosti, které se týkají jejich zneškodňování:

„Kdo vypouští odpadní vody do vod povrchových nebo podzemních, je povinen zajišťovat jejich zneškodňování v souladu s podmínkami stanovenými v povolení k jejich vypouštění. Při stanovování těchto podmínek je vodoprávní orgán povinen přihlížet k nejlepším dostupným technologiím v oblasti zneškodňování odpadních vod, kterými se rozumí nejúčinnější a nejpokročilejší stupeň vývoje technologie zneškodňování nebo čištění odpadních vod, vyvinuté v měřítku umožňujícím její zavedení za ekonomicky a technicky přijatelných podmínek a zároveň nejúčinnější pro ochranu vod“ [10].

Důležitým hodnotícím ukazatelem při vypouštění odpadních vod (průmyslových odpadních vod) je měření objemu vypouštěných vod a míry jejich znečištění:

„Kdo vypouští odpadní vody do vod povrchových nebo podzemních, je povinen v souladu s rozhodnutím vodoprávního orgánu měřit objem vypouštěných vod a míru jejich znečištění a výsledky těchto měření předávat vodoprávnímu orgánu, který rozhodnutí vydal, příslušnému správci povodí a pověřenému odbornému subjektu. Vodoprávní orgán tímto rozhodnutím stanoví místo a způsob měření objemu znečištění vypouštěných odpadních vod a četnost předkládání výsledků těchto měření. Odběry a rozborů ke zjištění míry znečištění vypouštěných odpadních vod mohou provádět jen odborně způsobilé osoby oprávněné k podnikání (oprávněná laboratoř)“ [10].

K určení míry znečištění průmyslových odpadních vod byly stanoveny pojmy definující nejvýše přípustné hodnoty ukazatelů znečištění těchto vod, mezi které patří:

- *Emisní standardy* – nejvýše přípustné hodnoty ukazatelů znečištění odpadních vod uvedené v příloze č. 1 nařízení vlády č. 401/2015 Sb.,
- *Emisní limity* – nejvýše přípustné hodnoty ukazatelů znečištění odpadních vod, které stanoví vodoprávní orgán v povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových [14].

Emisní standardy a emisní limity jsou vyjádřeny jako:

- koncentrace v jednotkách hmotnosti látky nebo skupiny látek na litr,
- minimální účinnost čištění v čistírně odpadních vod v procentech,
- množství vypouštěného znečištění v jednotkách hmotnosti látky nebo skupiny látek za určité časové období,
- poměrné množství vypouštěného znečištění v jednotkách hmotnosti látky nebo skupiny látek na jednotku hmotnosti látky nebo suroviny použité při výrobě nebo výrobku [14].

Stanovení emisních limitů, jejich dodržování a měření objemu vypouštěných odpadních vod a míry jejich znečištění je řešeno v nařízení vlády č. 401/2015 Sb. V příloze č. 1, k tomuto nařízení, jsou uvedeny emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod. Oddíl B, přílohy č. 1, se zabývá přípustnými hodnotami znečištění pro odpadní vody vypouštěné z vybraných průmyslových a zemědělských odvětví [14]. Přípustné hodnoty znečištění odpadních vod, pro výrobu cukru, znázorňuje tabulka 1.

Tabulka 1 – Emisní standardy: přípustné hodnoty znečištění pro odpadní vody z výroby cukru (přírodního) [14]

Ukazatel znečištění	Jednotka	Přípustné hodnoty
pH	-	6 – 8,5
CHSK _{Cr}	mg·l ⁻¹	160
BSK ₅	mg·l ⁻¹	40
NL	mg·l ⁻¹	80
N-NH ₄ ⁺	mg·l ⁻¹	10
N-NH ₄ ⁺ (Z)	mg·l ⁻¹	20
N _{celk.}	mg·l ⁻¹	20
N _{celk.} (Z)	mg·l ⁻¹	35
P _{celk.}	mg·l ⁻¹	10

3.2.2 Vymezení současné legislativy

V současné době je základním legislativním dokumentem, jehož účelem je chránit povrchové a podzemní vody a ve kterém jsou stanoveny podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů, zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). Tento zákon upravuje především právní vztahy k povrchovým a podzemním vodám, vztahy fyzických a právnických osob k využívání povrchových a podzemních vod, jakož i vztahy k pozemkům a stavbám, s nimiž výskyt těchto vod přímo souvisí, a to v zájmu zajištění trvale udržitelného užívání těchto vod, bezpečnosti vodních děl a ochrany před účinky povodní a sucha [10].

Jak již bylo uvedeno výše, problematikou stanovení ukazatelů vyjadřujících stav povrchových vod, ukazatelů a hodnot přípustného znečištění povrchových a odpadních vod se zabývá nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech [14]. Ochrana podzemních vod je řešena v nařízení vlády č. 57/2016 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních [15].

Zákon č. 254/2001 Sb., a nařízení vlády č. 401/2015 Sb., lze považovat za základní legislativní pilíře vztahující se k ochraně povrchových vod před nepříznivým účinky jejich znečišťování nejen průmyslovou výrobou. Průmyslové odpadní vody jsou podrobovány striktnímu hodnocení jejich složení s cílem maximálně eliminovat nepříznivé účinky na životní prostředí, cukrovarnický průmysl není v tomto ohledu výjimkou. Na druhou stranu, výše zmíněná právní úprava není schopna postihnout všechny aspekty průmyslové výroby a jejich nepříznivých účinků. V cukrovarech jsou například ve velké míře používány mazací tuky a oleje (mazání strojních soustrojí), louhy a ředidla (čištění strojních dílců), mazuty (v případech mazutových kotelen) a další, které spadají do kategorie nebezpečných látek. Z tohoto důvodu musí být současná legislativa doplněna dalšími právními úpravami řešícími jejich skladování, používání a likvidaci.

3.2.3 Vztah současné legislativy k jiným právním úpravám a principy subsidiarity

Princip subsidiarity lze chápat jako obecné vymezení určité podpůrnosti jednotlivých právních předpisů upravujících danou problematiku. Z pohledu hmotně právní subsidiarity můžeme za specifickou úpravu pro oblast řešení ochrany vod před znečištěním považovat předpisy, které upravují otázky ochrany životního prostředí, dále předpisy katastrálního práva a stavební právo.

Primárním právním předpisem, který se zabývá ochranou přírody a krajiny a který upravuje jednotlivé postupy v případě jakýchkoliv zásahů do krajiny (vody velmi úzce souvisí s ostatní přírodou a jsou její součástí), je zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny [16]. Ochranou povrchových vod z hlediska znečištění a zlepšení jejich jakosti, v návaznosti na životní prostředí, se zabývá nařízení vlády č. 71/2003 Sb., o stanovení povrchových vod vhodných pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů a o zjišťování a hodnocení stavu jakosti těchto vod [17]. Stanovení náležitostí s nakládáním se závadnými látkami, jejich zacházením, které je spojeno se zvýšeným nebezpečím pro povrchové a podzemní vody a řešením odstranění

následků v případě havárie (havarijním plánem) se zabývá vyhláška č. 450/2005 Sb., o náležitostech nakládání se závadnými látkami a náležitostmi havarijního plánu, způsobu a rozsahu hlášení havárií, jejich zneškodňování a odstraňování jejich škodlivých následků [18].

Evidence vodních toků a jejich polohové určení je legislativně upraveno ve vyhlášce č. 252/2013 Sb., o rozsahu údajů v evidencích stavu povrchových a podzemních vod a o způsobu zpracování, ukládání a předávání těchto údajů do informačního systému veřejné správy [19]. Způsob a četnost měření množství vody pro jednotlivé druhy povoleného nakládání s vodami je součástí vyhlášky č. 20/2002 Sb., o způsobu a četnosti měření množství vody [20].

I přes skutečnost, že současná legislativa zabývající se problematikou odpadních vod a ani katastrální předpisy neuvádí vzájemné subsidiární použití jednotlivých předpisů, z logiky daných postupů je zřejmé, že katastrální předpisy je vždy nezbytné, při zápisech staveb vodních děl a také všech staveb souvisejících s čištěním odpadních vod (ČOV) do katastru nemovitostí, použít. Nelze provést zápis stavby vodního díla nebo ČOV do katastru nemovitostí bez přesnějšího vymezení dle katastrální vyhlášky č. 357/2013 Sb., o katastru nemovitostí (katastrální vyhláška) [11, 21].

Právní předpis, který upravuje stavebně právní postupy vodoprávních úřadů při povolování staveb vodních děl, jejich užívání, opravy, údržby a odstraňování a dále jednotlivá práva a povinnosti vyplývající ze správně právních vztahů v této oblasti, je zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) [22].

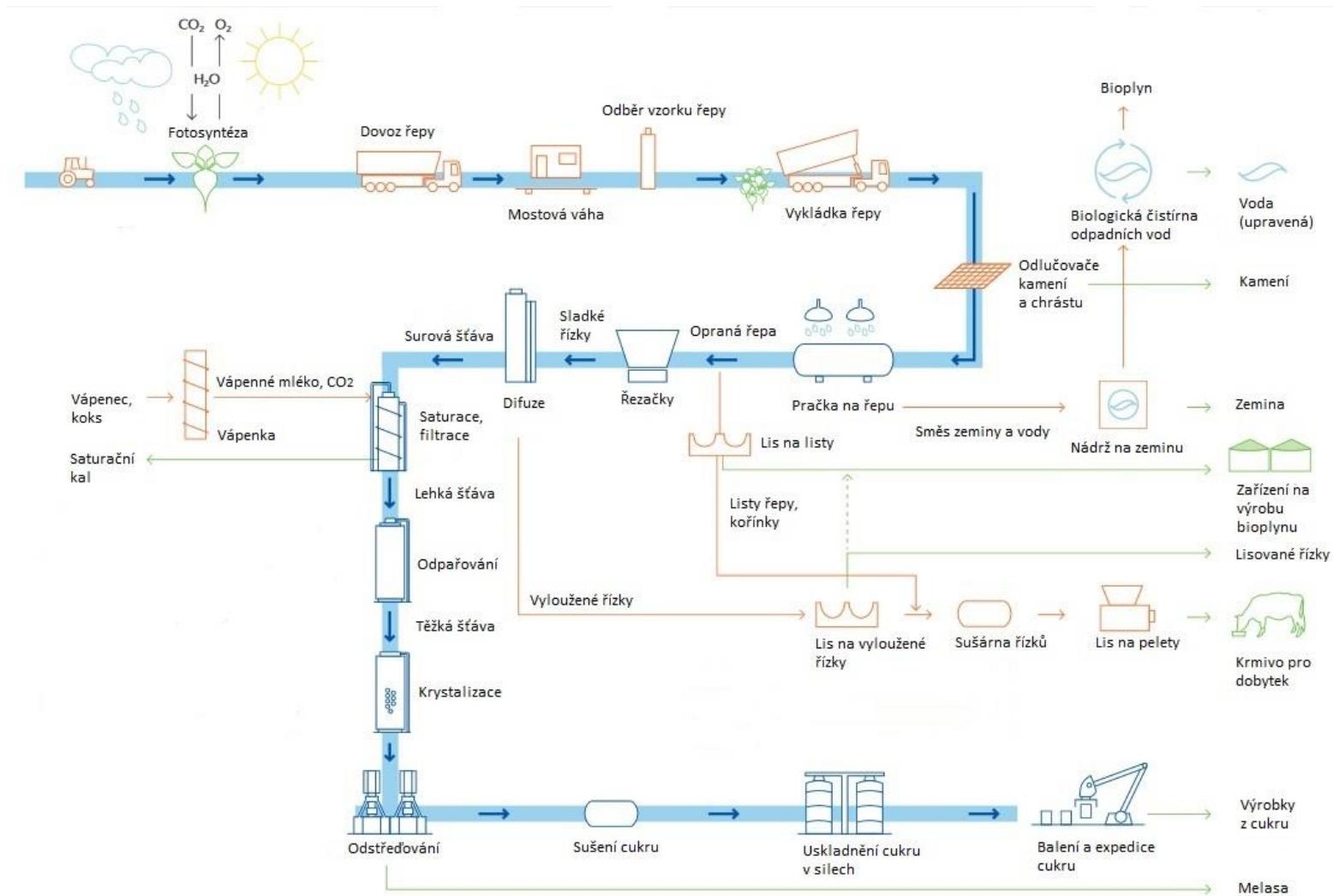
4 Obecný popis technologie výroby cukru

Vznik a vývoj výroby cukru z řepy byl podmíněn objevením cukru – sacharózy v kořenu rostliny *Beta vulgaris Linné*. Tento objev učinil již roku 1605 Francouz Olivier de Serres, ale teprve v roce 1747 vyrobil německý chemik Andreas Sigismund Marggraf poprvé z této řepy cukr. Marggrafův žák Franz Karl Achard zvedl pěstěním obsah cukru v řepě natolik, že mohl přikročit k tovární výrobě cukru z řepy. První řepný cukrovar byl založen v roce 1802 v Cunerách ve Slezsku [23].

Jak již bylo uvedeno dříve, cukr se tvoří výhradně v cukrovce na polích, kdežto v cukrovaru se pouze izoluje, čistí a upravuje do vhodné formy. K tomu slouží jednak metody fyzikální, jednak chemické. Nejprve je nutné cukr z rozřezané řepy vyloužit teplou vodou do roztoku, získaný roztok, tzv. difúzní šťávu, vyčistit čerčením, saturací a filtrací a pak zahustit v odpařovací stanici a v zrnících tak, až vykrytalizuje cukr. Potom se musí cukr oddělit od matečného sirobu v odstředivkách a vyčistit afinací a rafinací. Nakonec se dá cukru potřebná obchodní forma (krystal, krupice, moučka apod.). Z tohoto důvodu je k výrobě cukru zapotřebí rozsáhlého strojního zařízení a značné množství energie, a to jak elektrické, která se mění v mechanickou (k pohonu zařízení a k dopravě), tak i tepelné (k odpařování) [8].

4.1 Stručná technologie výroby cukru

Zpracování řepy je vzhledem ke sklizni a skladovatelnosti kampaňové. Cukrová řepa se sklízí v podzimních měsících, sklizeň začíná zpravidla koncem září a končí koncem listopadu nebo začátkem prosince. Kořen cukrové řepy (bulva) má průměrnou hmotnost $\frac{3}{4}$ kg a obsahuje průměrně 16 – 18 % sacharózy, 5 % připadá na nerozpustné látky tvořící dřeň bulvy (např. polysacharidy, celulóza, lignin, pektinové látky atd.), 2,5 % tvoří rozpustné necukry (monosacharidy, oligosacharidy, saponin, bílkoviny, popeloviny, organické kyseliny, aminokyseliny, amidy, betain atd.), zbytek bulvy tvoří voda [24]. Po vyorání se cukrovka nechává na okrajích polí a do cukrovaru se naváží postupně. Protože se obsah sacharózy v bulvě časem snižuje, nemůže se cukrovka skladovat dlouho. Sklizeň je třeba plánovat tak, aby mohla být řepa průběžně zpracovávána. Z jednoho hektaru se sklídí obvykle 50 – 60 tun řepy (uvedená hmotnost je bez chrástu). Výroba cukru z řepy je výrobou pásovou (viz schéma na obr. 1), kde činnost jedné stanice je umožněna předcházející a ovlivňuje následující. Je dále výrobou nepřetržitou, tj. pracuje se plynule 24 hodin denně po celou dobu kampaně.



Obr. 1 – Schéma výroby řepného cukru [25]

4.1.1 Příjem řepy a její příprava ke zpracování

Cukrová řepa se v dnešní době do cukrovaru dopravuje velkoobjemovými nákladními automobily (obr. 2) nebo železničními vozy. Po dopravení do cukrovaru se řepa váží a berou se z ní vzorky (obr. 3), pro stanovení obsahu hlíny, digesce a obsahu rozpustného popela. K tomuto účelu slouží příjmová laboratoř řepy, která je zpravidla umístěná v blízkosti vjezdu do areálu cukrovaru (většinou za řepní váhou).



Obr. 2 – Doprava a ukládka řepy (Vrbátky) [26]



Obr. 3 – Odběr vzorku řepy pro kontrolu kvality v příjmové laboratoři (Prosenice) [27]

Pro plynulý chod cukrovaru a příjem cukrovky musí mít cukrovar dostatečnou zásobu řepy a potřebný skladovací prostor. Z tohoto důvodu se v cukrovarech zřizují řepné splavy (obr. 4) nebo mechanická řepní úložiště (obr. 5), která mohou být operativní nebo akumuláčn [8]. Z řepních úložišť je řepa dopravována do cukrovaru suchou cestou dopravním pásem (obr. 6) nebo mokrou cestou pomocí plavících kanálů – kynet (obr. 7).



Obr. 4 – Řepné splavy (Vrbátky) [28]



Obr. 5 – Mechanická ukládka řepy (Prosenice) [27]

Plavících kanálů bývá podle rozlohy ukládek řepy a počtu splachovacích zařízení (používají se *Elfy* nebo *vodní děla* – viz obr. 8) obvykle více a všechny ústí společným přívodem do řepníku (cukrovar Vrbátky) nebo do stanice řepných čerpadel (obr. 9), která řepu s vodou zvedají do visutých plechových plavících žlabů (cukrovary Prosenice a Opava-Vávrovce), umístěných ve výšce 3 – 5 m nad zemí. K plavení řepy se používá samostatného okruhu plavících vod, které jsou doplňovány teplou odpadní vodou z barometrické kondenzace a čistou vodou [8]. K plavení řepy je potřeba 4násobného až 8násobného množství vody na řepu. Proto se znečištěná voda po plavení zbavuje sedimentu, přidá se k ní 15 – 20 % čisté vody a vrací se zpět k plavení. Teplota plavící vody má být nejvýše 20 °C [7].



Obr. 6 – Transport řepy k pračce suchou cestou (Dobrovice) [29]



Obr. 7 – Plavení řepy do cukrovaru v kynetách [30]



Obr. 8 – Vodní dělo – střík Fölsche (Prosenice) [31]

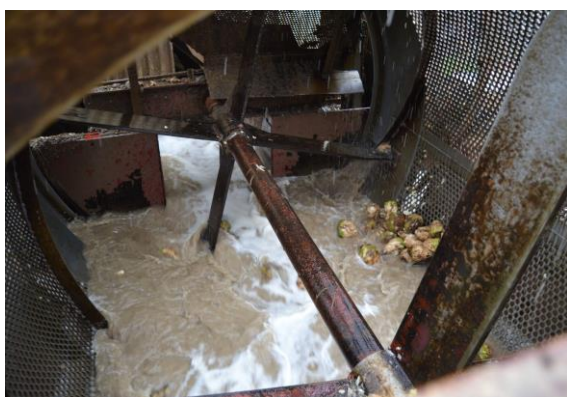


Obr. 9 – Rotační čerpadlo na řepu Sigma (Prosenice) [32]

K regulaci přívodu řepy plavícím kanálem do řepníku a k zastavení přívodu se používá hydraulických hradítek. Jelikož proud vody unáší nejen řepu, ale i všechny nečistoty z pole a ukládky (kamení, písek, hlínu, chrást, slámu, trávu, úlomky kořínků atd.),

které by velmi vadily při dalším zpracování řepy, je nutné a hospodárné zachycovat a odstraňovat nečistoty ještě před vstupem řepy do závodu (před pračkou, resp. zvedacím zařízením) pomocí *odlučovačů kamenů* (obr. 10) a *lapačů listí a chrástu* (obr. 11). Tato činnost je prováděna automaticky [7, 8].

Pokud je řepa do cukrovaru dopravována mokrou cestou, leží ukládky i plavící kanály níž než řepní pračka a řepa se proto musí zvedat do potřebné výšky. Nejstarším používaným zařízením ke zvedání řepy je *řepní zvedací kolo*, a to buď na zvedání samotné řepy (cukrovar Vrbátky) nebo na zvedání řepy i vody. Kromě řepního kola se ve většině našich cukrovarů užívá *rotačních řepních čerpadel* (viz obr. 9).



Obr. 10 – Odlučovač kamenů (Prosenice) [32]



Obr. 11 – Mechanický lapač chrástu (Vrbátky) [33]

Dříve než řepa přijde do řezaček, musí se řádně vyprat a zbavit všech nečistot, které nebyly lapači a ostatním zařízením v plavících kanálech odstraněny. Stupeň a druh znečištění řepy závisí na klimatických poměrech, půdě, způsobu sklizně, roztřídění řepy, její dopravě apod. Řepa se pere v *řepních pračkách* (obr. 12), což je nádoba ve tvaru žlabu, rozděleného přepážkou na několik sekcí, s hřídelem, který je opatřen lopatkami a hřebly, spirálovitě sestavenými, aby posunovaly řepu. Řepa se v pračce převaluje, vzájemně otírá a posunuje ve vodě, čímž se z ní důkladně omývají nečistoty. Součástí pračky na řepu je lapač kamení, některá hřebla na řepu jsou opatřena hráběmi na zachycování listí a slámy. Spotřeba vody k praní činí přibližně 140 % na množství řepy. Čistá voda přitéká do zadní části pračky a teče proti proudu řepy [8, 34].

Vypranou řepu vyhazují hřebla na *třasadla* nebo *šikmý nepohyblivý rošt* (obr. 13), odkud se řepa dopravuje do kapsového výtahu. Tím se odstraní co nejvíce vody ulpělé na povrchu řepy. Do této sekce je ještě zařazen i *elektromagnetický separátor* k zachycení kovových příměsí, aby nepřišly do řezaček a nepoškodily nože [34]. Kapsový výtah dopravuje řepu do zásobníku (násypky) před *automatickou řepní váhou*, která je

umístěna v nejvyšším poschodí řepníku. Po automatickém zvažení samočinně padá odvážená řepa do zásobníků nad řezačkami.

K rychlému a dokonalému vyslazení řepy vodou na difuzi je zapotřebí rozřezat ji na řízky požadované velikosti, tvaru a jakosti. Řepa se řeže na *řezačkách* na tzv. sladké řízky. Základními typy používaných řezaček jsou *řezačky deskové* (obr. 14), s řezací deskou točící se v rovině horizontální a *řezačky bubnové* (obr. 15), u nichž řepa vstupuje do bubnu otáčejícího se kolem vodorovné osy. K řezání řepy se používá zejména dvou typů nožů, a to *frézovaných nožů* (královopolské, Čížkovy) a *nožů lisovaných z ocelového plechu* (Gollerovy). Nejpoužívanější *Gollerovy nože* (obr. 16) mají trojhřanný tvar profilu zubů, při jejich poškození nebo otupení je třeba vyměnit celé nožové vložky. Hlavní podmínkou pro dokonalé těžení šťávy difuzí jsou co nejdokonalější sladké řízky. Sladké řízky vyrobené v řezačkách padají násypkou nebo žlabem mechanické zařízení, jímž se dopravují do difuze. K tomu se používá hrabicových nebo pásových dopravníků (obr. 17) [7, 34].



Obr. 12 – Pračka na řepu (Vrbátky) [33]



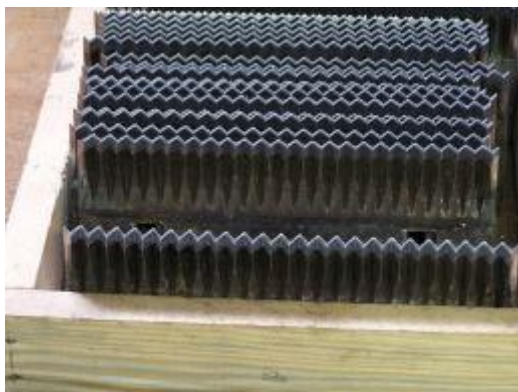
Obr. 13 – Šikmý rošt na odstranění vody (Prosenice) [32]



Obr. 14 – Desková řezačka (Dobrovice) [29]



Obr. 15 – Bubnová řezačka (Vrbátky) [33]



Obr. 16 – Sada Gollerových nožů (Dobrovice) [29]



Obr. 17 – Nařezané sladké řízky na pásovém dopravníku (Prosenice) [27]

4.1.2 Těžení šťávy

Jednou z klíčových fází výroby cukru je těžení šťávy ze sladkých řízků *extrakcí a difuzí* vodou, tj. systematickým vyluhováním vodou při současném zahřívání. O extrakci hovoříme tehdy, když je buňka řepy otevřená (tzn. rozříznutá nožem řezačky) a její obsah se může volně rozpustit ve vodě. Difuze znamená přechod látky (sacharózy) z prostoru s vyšší koncentrací (buňka) do prostoru s nižší koncentrací (extrakční voda). Tímto způsobem se do roztoku dostává sacharóza z uzavřených buněk (aplikace teorie difuze vyjádřená Fickovými zákony). Protože takových buněk je ve sladkém řízku většina, získávají se difuzí asi 2/3 z celkového množství sacharózy z řízku. Pouze 1/3 připadá na extrakci [29].

Buněčná stěna živé buňky se ovšem difuzi sacharózy brání, z tohoto důvodu se musí sladké řízky nejprve zahřát na teplotu 70 – 75 °C. Tím dojde k denuraci (umrtvení) buněk a difuzi nic nebrání. Řízky se zahřívají buď přímo v difuzi nebo v tzv. spařovacím misidle (majška). Poté vstupují do extraktoru [29]. V současné době se v našich cukrovarech používají především mechanické věžové difuze, např. BMA (obr. 18), Buckau-Wolf a žlabové difuze, např. DdS (obr. 19), KDP, RT apod. Ve všech těchto zařízeních se využívá stejného difuzního procesu. Proti řízku je protiproudem vedena voda tak, že čerstvé řízky přicházejí nejprve do kontaktu s nejsladší vodou a nejvíce vyslazené řízky (zbavené cukru) jsou oplachovány vodou čistou. Tím je zajištěno, že koncentrace sacharózy v roztoku je vždy o něco menší než koncentrace sacharózy v řízku, což je podmínkou probíhající difuze. Dobré vytěžení šťávy znamená, že z původního obsahu sacharózy v řízku (16 – 18 %) zůstane pouze 0,2 – 0,4 % [8].

Výhodou mechanických difuzí je práce bez odpadních difuzních vod a odpadních vod řízkolisových. Řízkolisová voda se po odstranění drti zahřívá a přivádí zpět do difuze přibližně do místa, kde má šťáva řízků stejnou koncentraci. Z dolní části věžové difuze nebo difuzního žlabu odtéká surová sladká šťáva (tzv. difuzní šťáva), která je dále technologicky zpracovávána [7, 8].



Obr. 18 – Věžová difuze BMA (Dobruška) [29]



Obr. 19 – Žlabová difuze DdS (Vrbátka) [33]

Z difuze odpadají *vyslazené* (vyloužené) řízků (obr. 20), které jsou významným odpadem a společně s chrástem a skrojky jsou velmi cenným krmivem hospodářských zvířat. Problémem je ovšem jejich konzervace, protože výroba cukru je sezónní záležitost, kdy je během podzimní kampaně produkováno takové množství řízků, které nelze okamžitě spotřebovat. Čerstvě vyslazené řízků přitom podléhají rychlému kažení a znehodnocování [29].



Obr. 20 – Nakládání vyloužených řízků (Vrbátka) [33]



Obr. 21 – Stanice řízkolisů (Dobruška) [29]

Jednou z možností konzervace řízků je silážování, při kterém je využito mléčného kvašení. Další možností je technologie lisování řízků v tzv. řízkolisech (obr. 21) a jejich

sušení (horkým vzduchem, párou), což je velmi náročný energetický proces. Vysušené řízky se poté obvykle lisují do pelet, které lze skladovat dlouhou dobu při zachování jejich krmné hodnoty [29]. V poslední době se ověřují možnosti výroby bioplynu z vyslazených řízků, protože tyto jsou vhodným substrátem s rychlým průběhem procesu anaerobní digesce a relativně vysokou výtěžností metanu [35].

4.1.3 Čištění surové šťávy

Čištění surové difuzní šťávy je nejdůležitější úsek technologického procesu výroby cukru. Získaná surová difuzní šťáva obsahuje kromě 14 – 18 % cukru mnoho jiných látek, které do šťávy přešly zároveň s cukrem při vyslazování sladkých řízků. Tyto látky (anorganické soli, soli organických kyselin atd.), nazývané souhrnně necukry, musí být co nejlépe odstraněny, neboť by ztěžovaly odpařování šťáv a krystalizaci cukru a snižovaly by jeho kvalitu a výtěžek [8].

Čistící pochod se nazývá *epurace*. Je to souhrn pochodů čištění difuzní šťávy, skládající se z předčeření a dočeření (čeření – defekace), I. a II. saturace a vyvážky s příslušnými mechanickými filtracemi. Šťáva, která se čištěním získá se nazývá *lehká šťáva*. Před odparkou se ještě dále zušlechťuje sířením, filtrací a aktivním uhlím, změkčováním ionexy, popř. deionizací (deionizace je speciální způsob epurace navazující na epuraci klasickou) [7].

Předčeření je vysrážení maximálního množství necukrů ze surové šťávy a vytvoření kalu s vhodnou strukturou. Základem je plynulé zvyšování pH surové šťávy z původní hodnoty 5,8 – 6,2 na 10,8 – 11,2, při teplotě 40 – 60 °C, a to přidáváním *vápenného mléka* (vodná suspenze $\text{Ca}(\text{OH})_2$) v množství 1,2 – 2 % na řepu. Hydroxid vápenatý způsobuje vysrážení některých makromolekulárních látek (např. bílkovin), neutralizuje organické kyseliny a sráží je v podobě nerozpustných vápenatých solí a zabraňuje též rozkladu sacharózy na glukózu a fruktózu (tzv. invertní cukr) zvýšením hodnoty pH. Operace se provádí v horizontálním nebo vertikálním *předčeřiči* (obr. 22) [7, 29, 33].

Úkolem *dočeření* je rozložení některých látek, které se nesrážejí při předčeření a které mohou v dalším procesu vytvářet barviva. Provádí se opět přidáním vápenného mléka do předčeřené šťávy při teplotě 85 – 90 °C, pH šťávy se při dočeření zvyšuje na hodnotu 12. Během dočeření bývá směs probublávána vzduchem. Přítomnost kyslíku způsobuje některé další reakce a získaná šťáva je světlejší. Dočeření se provádí v *dočeřiči*, což je vertikální nádoba s míchadlem (obr. 23) [29, 33].

V *I. saturaci* se předčeřená a dočeřená difuzní šťáva saturuje oxidem uhličitým, který je součástí *uhelky* přiváděné z vápenky (uhelka, tj. saturační plyn – plynná směs

o složení 28 – 32 % CO_2 , 1,5 – 2,5 % O_2 , 0 % CO , zbytek do 100 % je dusík, vodík, SO_2 , popř. H_2S). Cílem I. saturace je vysrážet z vápenného roztoku CaCO_3 , na jehož povrchu se adsorbují necukry. Během I. saturace se sníží hodnota pH na 11. Celý proces probíhá při 80 °C ve válcovitých nádobách, tzv. *saturácích* (obr. 24) [7, 29, 33].



Obr. 22 – Předčeříč (Dobrovice) [29]



Obr. 23 – Dočeříč (Dobrovice) [29]

Šťáva po první saturaci obsahuje velmi mnoho kalu, který je třeba separovat. Vzhledem k objemu sraženiny by bylo technicky obtížné šťávu rovnou v celém objemu zfiltrovat. Proto nejprve dochází k zahuštění kalu. Při tomto procesu se získá část přefiltrované šťávy, ale její zbytek zůstává ve směsi s kalem. Objem kalné šťávy je menší, tzn., že došlo k zahuštění kalu. Celý proces zahuštění kalu se provádí na tzv. *zahušťovacím filtru* (dekantéru). Je to válcová nádoba s kuželovitým dnem (obr. 25), v jejíž horní části prochází šťáva přes filtrační plachetku a filtruje se. Kal zůstává na plachetce jako tzv. filtrační koláč. Uvolněný kal odpadáva na kuželové dno filtru, kde je rozmícháván se šťávou na „stejnorodou kaši“ a je odváděn k další filtraci [29].



Obr. 24 – Saturák I. saturace (Dobrovice) [29]



Obr. 25 – Zahušťovací filtr (Dobrovice) [29]

Kal zahuštěný na zahušťovacích filtrech je dále filtrován na *kalolisech* (obr. 26). Jedná se o soustavu většího počtu rámu a rýhovaných desek, které jsou střídavě řazeny

za sebe. Po obou stranách každého rámu je natažena filtrační plachetka (obr. 27). Celá soustava je pevně stlačena hydraulickým zařízením. Speciálními kanály je tlakem hnána do každého rámu suspenze zahuštěného kalu, kal je zachycen na filtrační plachetce, zatímco šťáva projde a vytéká soustavou rýh na desce a odtokovými kanály ven z kalolisu. Během filtrace se zvětšuje množství zachyceného kalu v rámech, což brání další filtraci a nutí zvyšovat filtrační tlak. Proto po určité době dojde k zastavení filtrace, hydraulické sevření kalolisu se uvolní a jednotlivé rámy se postupně vyprázdní. Tento proces je nazýván odhazování filtračního koláče. Kal padá do vany, která se nachází pod kalolisem a je dále zpracováván (jedná se o významný cukrovarnický odpad – používá se k hnojení řepných půd, ke zvýšení nízkého obsahu pH a obsahu vápna v půdě a jako důležitý zdroj doplňkových živin krmivových směsí). Získaná šťáva se přidá ke šťávě zfiltrované při zahušťování a je odváděna k tzv. II. saturaci [7, 29, 34, 36].



Obr. 26 – Kalolis (Dobrovice) [29]



Obr. 27 – Filtrační plachetky (Dobrovice) [29]

Úkolem *II. saturace* je snížení obsahu vápenatých solí ve šťávě na minimum a odstranění části barviv adsorbci na krystalcích uhličitanu vápenatého (zvýšit čistotu šťávy). Filtrát z předchozí filtrace se zahřeje na teplotu 75 – 98 °C a po přivedení CO₂ do tělesa *II. saturace* se sníží alkalita šťávy na hodnotu, při níž je ve šťávě minimální alkalita vápenatých solí (optimální alkalita). *II. saturace* má zpravidla 3 saturáky podobné těm, které se používají při *I. saturaci*. Šťáva po *II. saturaci* se obvykle periodicky filtruje listovými (mechanickými cedřáky) nebo naplavovacími filtry (obr. 28). Úkolem filtrace je dokonalé oddělení kalu přítomného ve šťávě. Získaný filtrát (lehká šťáva) pokračuje k síření. Zahuštěný kal je vracen do předčeřiče [7, 29].

Lehká šťáva je vlivem zbytkových příměsí zabarvená. Ke snížení zabarvení se používá síření oxidem siřičitým, který má dezinfekční a odbarvovací účinky. SO₂ se získává spalováním granulované síry v sířící peci (obr. 29), poté je vháněn injektorem do sířícího saturáku [7].



Obr. 28 – Tlakový naplavovací filtr (Prosenice)
[32]



Obr. 29 – Sírící pec (Vrbátky) [33]

4.1.4 Výroba vápna a saturačního plynu

Vápno i saturační plyn (oxid uhličitý), potřebný k čištění difuzní šťávy, se vyrábějí přímo v cukrovarech pálením vápence, za přídavku 9 – 14 % koksu, v samostatné šachtové peci zvané *vápenka*. V našich cukrovarech se používá šachtových (Khernových) vápenek (obr. 30) s objemem kolem 80 m³. Součástí vápenky je také provozní objekt *hašenky*, ve kterém se z vypáleného vápna připravuje vápenné mléko jeho hašením v *hasidle* (obr. 31) a zařízení k chlazení a čištění saturačního plynu (uhelky), tzv. *lavér* [7, 8, 34].



Obr. 30 – Khernova vápenka s hašenkou.
V popředí je vidět modrá nádoba lavéru
(Vrbátky) [30]



Obr. 31 – Mikovo hasidlo v hašence (Vrbátky)
[30]

4.1.5 Odpařování šťáv

Cukr se z lehké šťávy izoluje v cukrovaru ve dvou stupních, zahuštěním lehké šťávy v *odpařovací stanici* (odparce) na tzv. *těžkou šťávu* a svářením těžké šťávy v zrnících

(varostrojích, vakuech) na *cukrovinu*. Lehká šťáva obsahuje přibližně 15 % sacharózy. Odpařením vody je třeba zvýšit tuto koncentraci na 60 – 65 %. Lehká šťáva se nejprve zahřeje v ohřivačích (obr. 32), jedná se vlastně o výměníky tepla, kde se k ohřevu používá většinou tzv. brýdová pára, což je pára, která se odpařuje z lehké šťávy v odparce, případně z těžké šťávy v zniči. Ohřátá šťáva vstupuje do odparky (obr. 33), ve které dochází k odpařování vody do té doby, až koncentrace sacharózy dosáhne požadované úrovně. Unikající brýdová pára, vznikající při odpařování vody v odparce, se používá k ohřevu lehké šťávy, ale i v jiných částech výroby. Hospodaření s teplem je významným faktorem práce na odparce. Při odpařování se mění vlastnosti šťávy, sacharóza se částečně rozkládá, hodnota pH se snižuje, tvoří se barevné látky. Výsledkem procesu je tzv. *těžká šťáva* [7, 8, 29, 34].

Odpařovací stanice se sestavují z odpařovačů různé konstrukce (odpařovací tělesa stojatá a ležatá), využívajících tzv. násobné odpařování. Počet členů odpařovačů závisí na účelovém využití topné páry, pro praxi jsou nejvýhodnější odparky se čtyřmi až pěti členy. V našich cukrovarech se používají odparky se stojatými odpařovacími tělesy Robertovými a novější, cirkulátorové tlakové odparky Sázavského [7, 8, 34].



Obr. 32 – Ohřivače lehké šťávy (Dobrovice) [29]



Obr. 33 – Pětičlenná odparka (Prosenice) [32]

4.1.6 Vaření cukrovin

Těžká šťáva z odparky se svařuje v *zničích* (obr. 34), kde vykrytalizuje 70 – 75 % cukru. Tímto způsobem se získá směs krystalů cukru a sirobu zvaná *cukrovina*. V zničích dochází za sníženého tlaku k dalšímu odpařování vody. Tím se šťáva dále zahušťuje a koncentrace sacharózy se neustále zvyšuje. V určitém okamžiku získáváme nasycený roztok. Dalo by se očekávat, že při dalším odpařování začnou vznikat krystaly žádaného cukru, k tomu ovšem nedochází. Sacharóza s vodou má totiž sklon k tvorbě

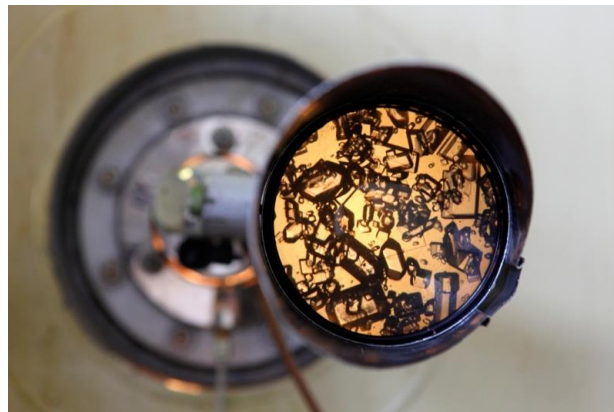
tzv. přesycených roztoků, tzn., že nekrystalizuje po dlouhou dobu ani tehdy, když je koncentrace cukru větší, než odpovídá nasycenému roztoku. Krystalizace probíhá dobře až tehdy, když jsou do roztoku dodána krystalizační centra v podobě krystalů cukru. Do zrnice se proto přidává tzv. *očkovací záděl*, což je obvykle směs méně kvalitního cukru a sirobu nebo šťávy. Místo očkovacího zádělu se také používá tzv. *mikroočka*, tedy suspenze cukerné moučky v ethanolu (sacharóza je v ethanolu nerozpustná) [7, 8, 29].

Celý proces v zrnici probíhá tak, že šťáva se za sníženého tlaku zahřívá na teplotu 85 °C. Když koncentrace sacharózy dosáhne žádaného stupně přesycení, provádí se tzv. zrnění formou mikroočka nebo očkovacího zádělu. Začíná krystalizace, vznikají nové krystaly ve směsi. Šťáva se mění v cukrovinu, tedy směs krystalů cukru a kapalného sirobu. Při příliš prudké krystalizaci by mohlo dojít ke srůstu krystalů, a proto se v této fázi do zrnice připouští těžká šťáva (nebo sirob). Celá směs se neustále promíchává, cukrovina se přitom neustále zahušťuje odpařováním. Této fázi se říká naváření cukroviny. Proces naváření je ukončen, když je zrnice zcela naplněn vzniklou cukrovinou. Během vaření cukroviny je neustále sledován průběh krystalizace, zejména růst krystalů a jejich vzájemná vzdálenost (viz obr. 35) [8, 29].

Prostor cukrovaru, kde se cukrovina svařuje, se nazývá *varna*. Varna má obvykle několik podlaží. V nejvyšším podlaží jsou umístěny nádrže na šťávy a siroby a zrnice. V podlaží pod zrnici jsou mýsidla a chladiče (refrižeranty). Ještě níže jsou umístěny odstředivky (prostor se obvykle nazývá *spilka*) [8, 38].



Obr. 34 – Zrnice ve varně (Dobrovice) [37]



Obr. 35 – Kontrola průběhu krystalizace cukroskopem (Opava-Vávrovice) [40]

Svařená cukrovina se vypouští do tzv. *krystalizátorů* (refrižerantů), kde dochází k další krystalizaci a zrání krystalů tím, že cukrovina za stálého míchání pomalu chladne (obr. 36). Celý proces je neustále regulován. Krystalizace nesmí probíhat příliš rychle, aby nedocházelo ke srůstání krystalů. Proto se cukrovina podle potřeby ředí přidává-

ním vhodného mísícího sirobu (podle typu cukroviny). Doba pobytu cukroviny v krystalizátoru se pohybuje v rozmezí 2 – 6 hodin u první (šťávní) cukroviny a 24 – 70 hodin u třetí (zadinové) cukroviny [8, 29].

Matečný sirob a krystaly cukru se oddělují v *odstředivkách* (obr. 37). Hlavní součástí odstředivky je děrovaný buben, který je uvnitř vyložen jemným sítím. Dovnitř se napustí vyzrálá cukrovina. Potom se buben odstředivky roztočí, odstředivá síla tlačí matečný sirob skrz síto a ven z bubnu. Uvnitř zůstávají pouze krystaly. Ty se ještě někdy proplachují (vykrývají) vodou nebo párou. Odstředivky jsou různě velké, na jedno naplnění mohou pojmout až 1500 kg cukroviny. Odstředěný čistý krystal je vyhrnován do výsypky ve spodní části bubnu a odtud padá na tzv. *třasák*, což je mechanické zařízení podobné pásovému dopravníku (obr. 38). Pohyb cukru ovšem není zajištěn pohybem pásu, ale chvěním celé plochy (třesením). Tento způsob transportu mnohem lépe brání srůstání a slepování jednotlivých krystalů [8, 29, 38].



Obr. 36 – Krystalizátory (Dobrovice) [29]



Obr. 37 – Odstředivková stanice (Dobrovice) [37]

Při výrobě cukru se postupně svařuje trojí cukrovina, 1. *šťávní cukrovina*, 2. *meziproduktová cukrovina* a 3. *zadinová cukrovina*. Krystalizace tedy proběhne také třikrát. Poprvé se získá nejkvalitnější *cukr A* (šťávní krystal), který je hlavním produktem výroby. Matečný roztok z této krystalizace, vystředěný na odstředivkách, se nazývá *zelený sirob*. Ten se použije na základ pro cukrovinu svařenou ke druhé krystalizaci. Při ní získáme *cukr B* (meziproduktový cukr). Ten již také ve větší míře obsahuje nečistoty (necukry). Matečný roztok z druhé krystalizace se nazývá *černý sirob* a používá se jako základ pro svařování cukroviny určené pro třetí krystalizaci. Třetí krystalizací obdržíme nejméně kvalitní *cukr C* (zadinový cukr). Matečný roztok ze třetí krystalizace nazýváme *melasa*. Melasa (tmavá sirupovitá kapalina) obsahuje všechny koncentrované necukry obsažené v původní těžké šťávě. Zbývající sacharózu již z melasy není možné efektivně

cestou získat, proto je melasa konečný vedlejší produkt výroby. Melasa je skladována ve velkých ocelových tancích (obr. 39). Používá se zejména v lihovarech, kde se z ní kvašením vyrábí líh a také jako složka krmiva pro hospodářská zvířata. V poslední době získává na oblibě její použití v potravinářství [7, 8, 29, 39].

I přes sebedokonalejší odstředění zůstává na povrchu krystalu cukru tenká vrstvička nasyceného roztoku. Proto musí být před dalším zpracováním cukr dokonale vysušen v *sušárnách* prouděním teplého vzduchu (obr. 40). Tím je snížena vlhkost krystalů na 0,05 % obsahu vody. Po vychladnutí se cukr musí ještě provětrávat chladným nebo jen mírně ohřátým vzduchem po dobu 2 – 6 dní (podle teploty vzduchu). Tento proces se nazývá *stabilizace cukru*. Takto stabilizovaný cukr lze dlouhodobě skladovat, k tomuto účelu se v cukrovarech zřizují *skladovací sila* na cukr (obr. 41). Před vlastní expedicí se usušený cukr na vibračních třídících (třasadlech) roztříděn podle velikosti na jednotlivé frakce (nadsítné, cukr krystal, cukr krupice, očko), zabalen a expedován ze závodu [29, 33].



Obr. 38 – Třasák (Prosenice) [27]



Obr. 39 – Nádrže na melasu (Prosenice) [27]



Obr. 40 – Sušárna cukru (Dobrovice) [29]



Obr. 41 – Sila na cukr (Dobrovice) [41]

5 Definování míst vzniku odpadních vod v technologii výroby cukru

Každý cukrovar produkuje několik druhů odpadních vod, které se od sebe liší množstvím, chemickým složením, koncentrací organického znečištění a také teplotou. I bez odběru přídavné vody z vnějšího zdroje produkuje cukrovar odpadní vody. Voda je do výrobního procesu vnášena s řepou, která obsahuje cca 75 hm. % vody. Při definování míst vzniku odpadních vod v technologii výroby cukru je důležité znát základní schéma vodního hospodářství cukrovaru. Diagram oběhu vody v cukrovaru Opava-Vávrovice, v průběhu kampaně, je znázorněn na obr. 42. Pro přehlednější definování míst vzniku odpadních vod budeme odpadní vody, v souladu s literaturou [7, 8], dělit do čtyř skupin:

- 1) odpadní vody plavící a prací,
- 2) odpadní vody oteplené,
- 3) odpadní vody řízkové (vody difúzní a řízkolisové),
- 4) odpadní vody ostatní.

5.1 Odpadní vody plavící a prací

Jak je patrné z názvu, tyto vody vznikají při plavení a praní řepy, tzn., na řepných splavech a v řepní pračce. Množství těchto vod je uváděno různě, v rozmezí od 620 do 2060 % na řepu, záleží na použité technologii při plavení řepy (množství vody bude záležet např. na počtu použitých vodních děl, Riedingerových splavů, řepních praček, denní kapacitě zpracování řepy apod.). Stejně se uvádí i množství nečistot (hlíny) na řepě, a to v rozmezí od 6 do 35 % [1, 7, 8].

5.1.1 Kvalitativní zhodnocení odpadních vod plavících a pracích

Plavící a prací vody obsahují značné množství nerozpuštěných a neústrojných látek. Jsou to hlavně hlína a písek, ulpělé na bulvách řepy a hlinité nečistoty z koreb nákladních automobilů. Množství hlíny je závislé na povětrnostních podmínkách během sklízení a svážení řepy, na složení půdy jednotlivých řepných rajónů a na pečlivosti, s jakou se provádí suché předčištění na polních ukládkách před nakládáním řepy na nákladní automobily. Množství hlíny a písku ulpělé na řepě bývá obvykle asi kolem 5 %, v mimořádných případech i mnohem více. Kromě hlinitých nečistot a písků se do plaví-

cích a pracích vod dostávají i úlomky řepy, kořínků, zbytky chrástu, slámy, různých plevelů, případně i jiné nečistoty přivezené s řepou, jako kameny, hřebíky, kousky dřeva apod. (těchto nečistot bývá průměrně kolem 1 %) [7, 8].

Tyto látky se musí před opětovným použitím vody odstranit účinnými lapači. Vody zbavené těchto látek se potom vedou do různých typů usazováků, které mají za cíl usazení kalu. Usazování zemitých látek se podporuje alkalizováním odpadních vod vápnem. Vápenné mléko k alkalizování se připravuje hašením vápna v čisté vodě. Nemělo by se používat vápenného mléka připraveného z výsladů na hašence, protože by se do vody zanášel další cukr [1, 7].

Přídavek vápna se volí s cílem zajistit takovou alkalitu, při které je sedimentace neúčinnější, zpravidla se volí přibližně 0,01 % CaO na množství vody (záleží ovšem na pH odpadní vody) [7].

Okruh plavicích a pracích vod se neustále zmenšuje o vodu, která odtéká s kalem na kaliště. Množství takto odteklé vody se musí nahrazovat čerstvou vodou, která je přiváděna do řepní pračky [7].

Při vracení plavicích a pracích vod zpět do provozu (recirkulace plavicích a pracích vod) nemusí být usazovací efekt úplný, ovšem při vypouštění vod do recipientu je nutné, aby čistící efekt byl nejméně 90 % [7].

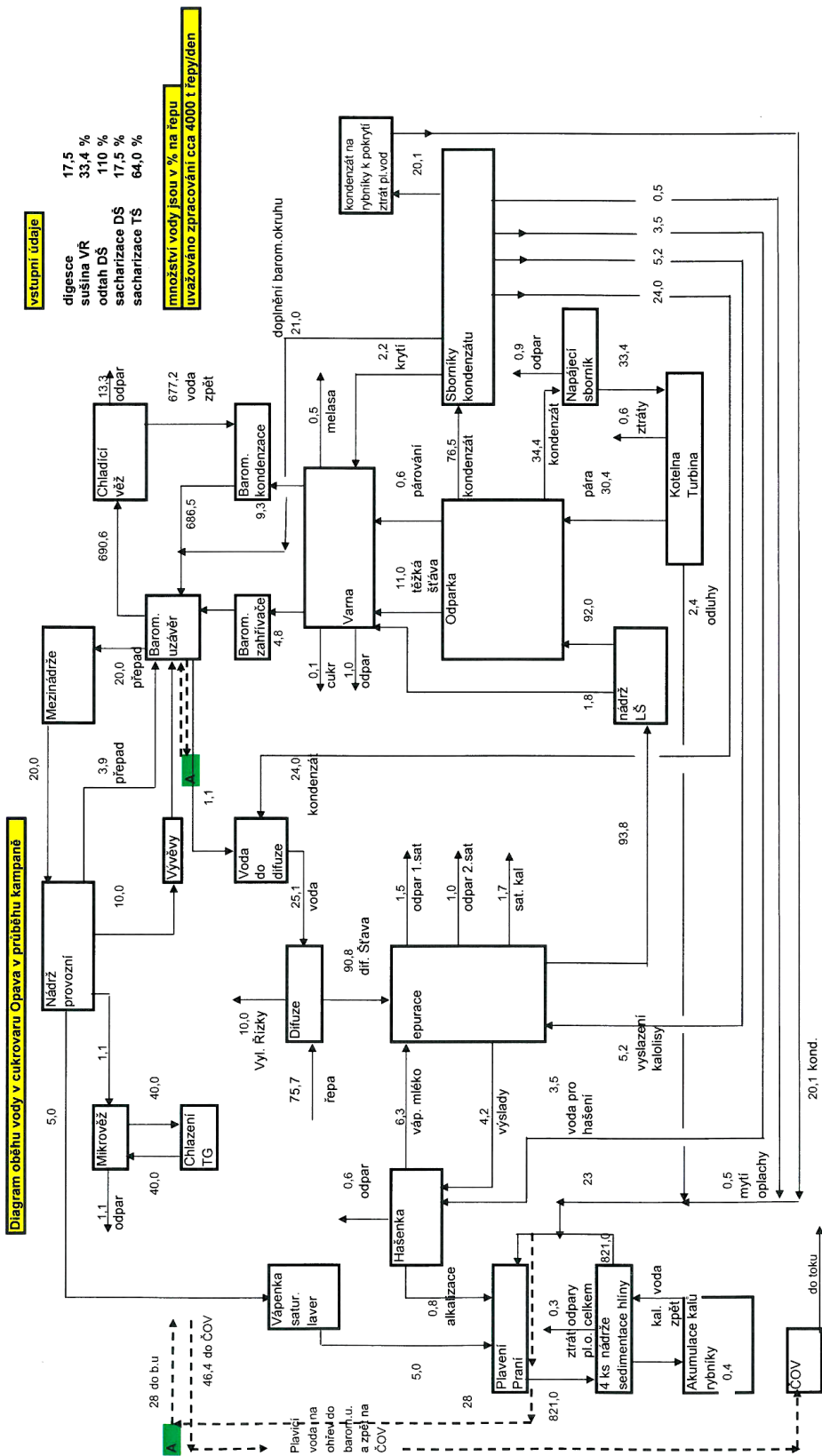
V plavicích a pracích vodách jsou dále rozpuštěné, případně jemně koloidně rozptýlené čtené látky, jako jsou bílkoviny, pektiny, cukr apod. Množství organických rozpuštěných látek v těchto vodách závisí na zdravotním stavu a na stupni poranění zpracovávané řepy (množství rozpuštěných organických látek stoupá např. při plavení a praní alternované a poraněné řepy) [8].

Pro veřejné toky jsou tyto vody závadné pro vysoký obsah suspendovaných anorganických látek, které mohou způsobovat zanášení koryt veřejných toků a jejich zahnívání. Z tohoto důvodu je problematice čištění plavicích a pracích vod v dnešní době věnována značná pozornost.

5.2 Odpadní vody oteplené

Do této kategorie odpadních vod spadají vody, které byly v průběhu technologie vystaveny styku s tepelným zdrojem a přijaly od něj teplo. Jsou to vody:

- a) z barometrické kondenzace,
- b) brýdové,
- c) z promývání oxidu uhličitého,
- d) od chlazení strojních zařízení [7].



Obr. 42 – Diagram spotřeby vody v cukrovaru Opava-Vávrovice [42]

5.2.1 Kvalitativní zhodnocení odpadních vod oteplených

Vody kondenzační z barometrické kondenzace (je jich největší množství), vznikající mísením chladicí vody s brýdovými kondenzáty, jsou poměrně velmi čisté a jsou vlastně jen oteplené. V jistých případech obsahují stopy cukru a malá množství NH_3 , CO_2 , příp. i $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$. Jsou v nich obsažena také malá množství těkavých rozkladných zplodin cukru, vzniklých při zahušťování šťáv, což těmto vodám dodává charakteristický zápach. Tyto vody se musí nejdříve ochladit a okysličit, obvykle v rybnících, věžích nebo rozstřikováním tryskami. Doporučuje se k nim občas přidávat měďnatou sůl (např. CuSO_4), aby se zamezilo růstu řas [1, 7, 8].

Dalšími vodami v této skupině jsou oteplené odpadní vody vznikající z promývání CO_2 [8].

Posledním zástupcem oteplených odpadních vod jsou vody od chlazení strojního zařízení (např. ložisek a vývěv) [8].

Vody této skupiny se mohou nechat v samostatném okruhu recirkulovat. Po ochlazení jich lze použít jako čistých vod plavicích a pracích, ovšem jejich teplota nesmí být vyšší než 20 °C [7, 8].

5.3 Odpadní vody řízkové

Do odpadních vod řízkových počítáme vody řízkolisové, difuzní, vyplachovací a odtoky ze složišť vyloužených řízků. Odpadní vody řízkové patří mezi nejzávadnější cukrovarské odpadní vody, tzn., že jsou z hlediska znečištění nejhorší [7, 8]. Z názvu je opět patrné, že vznik těchto odpadních vod je spjat s prací na difuzní baterii a s následným zpracováním vyloužených řízků (zejména jejich lisováním).

5.3.1 Kvalitativní zhodnocení odpadních řízkových

Kromě řízkové drti a jemné řízkové kaše se do těchto vod dostávají velká množství koloidních látek, jemně rozptýlených i rozpuštěných (cukr, bílkoviny, pektiny, betain, saponin atd.) a produkty jejich rozkladu. Množství těchto nečistot závisí zejména na pečlivosti práce při výrobě a na zdravotním stavu a charakteru zpracovávané cukrovky. Pro vysoký obsah suspendovaných i rozpuštěných organických nečistot jsou tyto vody pro veřejné toky závadné, neboť mohou způsobovat neúnosné zatěžování recipientu, snižovat v nich hladinu rozpuštěného kyslíku a tím ohrožovat život v toku [8].

Saponin je organická látka, přítomná v řízkových vodách jako vápenatá nebo hořečnatá sůl v koloidním stavu. Je to látka silně pěnovitá a je jedovatá pro ryby v množství

nad 5 mg v 1 l vody. Historicky býval saponin rybáři zcela neprávem označován jako původce hromadného hynutí ryb, k němuž docházelo v tocích za cukrovarny v průběhu kampaně. Tyto otravy vznikaly následkem hluboce probíhajících hnilobných anaerobních rozkladů organických látek, obsažených v nedokonale vyčištěných vodách (anaerobní rozklad byl doprovázen pěněním a pěna byla jen signálem, nikoliv příčinou otravy ryb), tím byl silně snižován obsah kyslíku ve vodě a ryby zahynuly udušením [1, 7, 8].

Při anaerobních hnilobných procesech se zároveň tvoří určité množství bezkyslíkatých plynů, z nichž zvláště NH_3 a H_2S působí škodlivě na vodní faunu. Dříve také zahňívání organických látek, které se dostávaly vypouštěním nedokonale vyčištěných odpadních vod řízkových do toků, způsobovalo nepříjemný nárůst různých řasohub (např. *Spherotillus natans*), které pak pokrývaly dna i bystře tekoucích vodních toků a znemožňovaly normální život v těchto tocích. Celé trsy těchto řas postupně odumíraly a byly odplavovány, přičemž docházelo k jejich hnití a kažení vody. Při recirkulaci nedokonale vyčištěných řízkových vod docházelo k růstu řas i v částech technologického zařízení (např. v potrubích, nádržích apod.) a tyto následně ucpávaly chladiče, čerpadla, přívody vody k chlazení ložisek apod. [1, 7, 8].

V současné době se upravená řízková voda, po odstranění pevných látek (řízkové drti a kaše), vrací jako tlaková voda zpět do extraktoru (difuze), tzn., že tato odpadní voda je recirkulována ve svém samostatném okruhu. Úprava řízkové vody spočívá v její dezinfekci formalínem nebo chlorovým vápnem [43].

5.4 Odpadní vody ostatní

V této skupině odpadních vod jsou uvedeny zbylé vody vstupující do technologie výroby cukru a vody tzv. doprovodné, které jsou s výrobou cukru nepřímo spjaty a v cukrovarské technologii zabezpečily další nezbytné funkce, jako např. splachování toalet, mytí podlah továrny, dopravu materiálu apod. Jsou to vody:

- a) splaškové z hygienických a sociálních zařízení,
- b) splachovací a mycí,
- c) z dopravy uhlí a škváry a z lavéru uhelky,
- d) z dopravy saturačního kalu,
- e) dešťové ze střech továrny,
- f) speciální rafinérské odpadní vody [1, 7, 8].

5.4.1 Kvalitativní zhodnocení odpadních vod ostatních

Splaškové odpadní vody z hygienických a sociálních zařízení obsahují zejména produkty lidského metabolismu (exkrementy) a produkty lidské činnosti (čisticí prostředky, zbytky jídel aj.) [44]. Tyto vody se nesmějí míchat s ostatními odpadními vodami, a proto jsou samostatnou větví svedeny do splaškové kanalizační sítě, která ústí většinou do komunální ČOV na katastru obce, kam cukrovar spadá. Dalším možným řešením je jímání těchto vod do samostatných jímek (septiků) a jejich periodické vyprazdňování.

Do *splachovacích a mycích odpadních vod* patří např. vody od praní filtračních plachetek. Tyto vody obsahují cukr a organické nečistoty a měly by se vracet zpátky do výroby, popř. do řízkových vod [7, 8].

Odpadní vody z dopravy uhlí a škváry vznikají v provozech, kde se k dopravě těchto surovin používá mokrého způsobu (např. splachování uhlí z vagónů na skládky, plavení škváry apod.). Vody obsahují prach, který se z nich odstraňuje sedimentací, poté mohou být znovu použity k dopravě uhlí a škváry nebo k plavení a praní řepy. V současné době se od tohoto způsobu dopravy uhlí a škváry ustupuje a volí se suchý způsob nejčastěji pomocí mechanických dopravníků. *Lavérové odpadní vody* obsahují prach z vápenky a jsou v nich též rozpuštěny složky saturačního plynu a jeho nečistot. Těchto vod se všeobecně používá v řepné pračce nebo k plavení řepy [7,8].

Vody z *dopravy saturačního kalu* vznikají v závodech, kde se saturační kaly vyklízejí ze závodu mokřím způsobem. Odpadní vody, kterých bývá kolem 50 % na množství zpracovávané řepy, jsou vzhledem k vysokému obsahu organických látek velmi závadné [7, 8]. Tohoto způsobu se v našich cukrovarech téměř nepoužívá a volí se suchý způsob dopravy saturačního kalu. Nejčastěji je saturační kal dopravován mechanickými dopravníky (hrabicovými dopravníky, vysutými kolejovými nebo lanovými dráhami s automatickým vyklápěním vozíků).

Dešťové vody ze střech továrny obsahují malé množství suspendovaných látek. Tyto vody jsou nejčastěji svedeny do samostatné dešťové kanalizační sítě, která ústí do sběrné jímky a odtud jsou čerpány do okruhu provozní vody (použití např. pro mytí podlah atd.) [7, 8].

Do *speciálních rafinérských odpadních vod* spadají odpadní vody ze spodárny, vzniklé při regeneraci spodia, aktivního uhlí a z ionexové odbarvovací stanice v rafineriích cukru. Spotřeba vody při regeneraci spodia je zhruba 6x vyšší než váha spodia (tj. asi 30 m³ na 100 t rafinády). Spodárenské vody obsahují poslední, velice zředěné výslady, které již nebyly vráceny do výroby, vodu vzniklou při působení zředěné kyseliny solné na spodium, dále alkalickou vodu po propírání sodou a konečně podíl čisté vody, kromě spodiového prachu (nebo jiného aktivního uhlí), strženého při propí-

rání. Všechny tyto složky se mísí v nádržích nebo jámách, kde se usazuje stržený prach a kde se též provádí neutralizace vápnem. Znečištění spodárenských vod se projevuje přírůstkem výparku asi 300 až 500 mg·l⁻¹. Jeho převážná část (70 %) je minerální (chloridy, alkálie, fosfáty), organický podíl (30 %) se neprojevuje škodlivě neboť celkové množství těchto vod je malé vzhledem k rafinérským kondenzačním vodám. Vod z regenerace jiných druhů aktivního uhlí bývá ještě méně než vod spodárenských. Voda vzniklá při regeneraci na odbarvovacích ionexových stanicích se také likviduje poměrně snadno (musí být změkčena). Jde o malé množství vody, která obsahuje látky odpovídající způsobu regenerace a použitým ionexům. Podle těchto parametrů se také volí způsob jejich čištění. Většinou se smíchávají s vodami z plavícího okruhu [7, 8].

Velmi důležité je použití samostatných okruhů jednotlivých druhů vod, protože se tím zjednoduší i způsoby jejich čištění.

Tabulka 2 uvádí roztřídění provozních vod cukrovaru a jejich recirkulaci.

Tabulka 2 – Roztřídění provozních vod, jejich znovupoužití a vracení [7]

Okruh	Označení	Původ	Možnost použití
Vody plavící a prací	Čerstvá povrchová voda	Veřejný tok, rybník, umělá vodní nádrž	Přídavná voda do okruhů, praní řepy, hydraulická ukládka řepy, praní kořínků, skládání a plavení řepy
	Plavící a prací voda zbavená hrubých nečistot	Za lapačem hrubých nečistot	Plavení a skládání řepy
	Plavící a prací voda zbavená kořínků	Za lapačem kořínků	Ukládka a praní řepy, plavení a skladování řepy
	Plavící a prací voda	Zbavená hlinitých částic, odtékající z usazováků	Praní řepy, praní kořínků, skládání a plavení řepy, praní CO ₂ v lavéru
Vody řízkové	Čerstvá povrchová voda	Veřejný tok atd.	Tlaková voda do difuze
	Řízková voda vyčištěná, upravená	Odtékající z čistírny nebo úpravny řízkových vod	Tlaková voda do difuze, plavení a praní řepy
Vody oteplené	Čerstvá povrchová voda	Veřejný tok atd.	Kondenzace brýdových par, chlazení strojního zařízení, ucpávek aj.
	Horké kondenzáty	Z odparky, zahřívačů, zrníčů	Kotelna, popř. vyslazování kalu a praní plachetek
	Barometrická teplá voda	Z barometrické kondenzace	Kotelna, tlaková voda do difuze, praní řepy
	Barometrická ochlazená voda, chladící vody oteplené a pak zchlazené	Z chladičů barometrické teplé vody, z chladících zařízení	Skládka a ukládka řepy, kondenzace brýd, praní CO ₂ , chlazení strojního zařízení, praní plachetek

6 Současný způsob nakládání s odpadními vodami v technologii výroby cukru

Jak již bylo pojednáno v kapitole 5, cukrovarské odpadní vody obsahují velká množství látek rozpuštěných, suspendovaných a unášených, které způsobují nejen zatížení recipientu, ale i ekonomické ztráty, pokud se včas a řádně nezužítávají. Z unášených hmot můžeme uvést např. kořínky a úlomky řepy, chrást, plevel, slámu, listí, řízky a řízkovou drť. Většina těchto hmot jsou hodnotné látky, které lze dobře zužítkovat. Jestliže se tyto rostlinné nečistoty neodstraní před zavedením vody do usazováků nebo na naplavovací pole, dochází tam k jejich rozkladu a ke zhoršení odpadní vody, která protéká těmito nádržemi nad usazeným a již zahnívajícím kalem [8].

Čištění odpadních vod je důležité nejen s ohledem na recipient, ale zejména s ohledem na vnitřní potřeby cukrovaru a na podstatné snížení výrobních ztrát. Požadavky kladené na jakost odpadních vod vypouštěných do veřejných toků jsou dány platnou legislativou, tj. Nařízením vlády č. 401/2015 Sb., a rámcovými směrnici pro stavbu a provoz čistíren průmyslových odpadních vod.

Znehodnocené vody, které odtékají z jednotlivých výrobních úseků, se účelně recirkulují, nejlépe ve stejné stanici nebo zařízení cukrovaru, ve kterých došlo k jejich znehodnocení. Tyto vody se obvykle musí před novým použitím vhodně upravovat nebo čistit, aby nezpůsobovaly závady ve výrobě. Recirkulací se sníží jak odběr čerstvé vody ze zdrojů, tak i množství odpadních vod vypouštěných ze závodu [8].

Základním předpokladem pro snížení nákladů na čištění odpadních vod je včasné zachycení a hospodárné využití hodnotných látek, jež jsou obsaženy v těchto vodách.

Rozdělení odpadních vod do samostatných a dokonale oddělených okruhů je předpokladem pro účelné řešení vodního hospodářství cukrovaru. Z hlediska přehlednosti členíme odpadní vody na:

- a) plavící a prací vody,
- b) řízkové vody (difuzní a řízkolisové),
- c) oteplené vody (kondenzační, chladící apod.).

Průměrné složení odpadních vod cukrovaru je uvedeno v tabulce 3. Řízkové odpadní vody jsou v samostatném uzavřeném okruhu vráceny jako tlaková voda do ex-
traktoru, proto nejsou hodnoty řízkových vod do tabulky zahrnuty.

Tabulka 3 – Průměrné hodnoty složení odpadních vod cukrovaru [45]

Veličina	Jednotka	Plavící a prací vody	Oteplené vody
pH	-	6,6	8,3
NL	mg·l ⁻¹	do 400	-
CHSK _{Cr}	mg O ₂ ·l ⁻¹	11 600	350
BSK ₅	mg O ₂ ·l ⁻¹	6730	171
N _{celk}	mg·l ⁻¹	30	40
N-NH ₄	mg·l ⁻¹	2	35
N-NO ₂	mg·l ⁻¹	1	0,1
N-NO ₃	mg·l ⁻¹	1	1
P _{celk}	mg·l ⁻¹	3,0	0,8

6.1 Zásady čištění odpadních vod v technologii výroby cukru

Zásady čištění cukrovarských odpadních vod vycházejí z dlouholetých zkušeností našich pracovníků v tomto oboru. Mnoho významných objevů v problematice čištění cukrovarských odpadních vod bylo provedeno v našich cukrovarech a po zavedení do průmyslové výroby se staly etalonem i pro závody v zahraničí. Obecně lze konstatovat, že otázkou čištění odpadních vod v technologii výroby cukru, se náš cukerní průmysl začal zabývat historicky jako první [9]. Základní zásady čištění odpadních vod lze shrnout následovně:

- 1) z odpadních vod je nutné co nejdokonaleji odstranit všechny cizí hmoty (písek, kamení aj.). Snižujeme tím míru opotřebení strojního vybavení a eliminujeme riziko vzniku poškození, případně havárie. V usazovacích nádržích pak nevznikají potíže s odstraňováním kalu (zejména pokud je tento proces automatizován);
- 2) z odpadních vod je třeba odstranit všechny organické látky (tj. úlomky řepy, kořínky, slámu, plevel apod.);
- 3) voda se používá v uzavřených okruzích podle jejího účelu a podle stupně znečištění. V těchto okruzích se voda čistí a upravuje, aby bylo možné její opětovné použití (recirkulace). Spojení dvou nebo více okruhů navzájem je nepřipustné a musí se mu zamezit;
- 4) usazovací nádrže mají obdélníkový tvar a jsou ploché. K zachycení hrubého kalu se používá předřazený trychtýřovitý usazovák. Usazovací nádrže se vyklízí plynule a automaticky, aby nedocházelo k zahnívání organické části kalu. Vtok vody do usazováku nesmí být prudký a vířivý;

- 5) vody kondenzační, ochuzené o kyslík, oteplené, se stopami amoniaku, ochlazujeme v nádržích rozprašováním tryskami nebo ve věžích;
- 6) v případě mokrého způsobu dopravy saturačního kalu, vzniklé odpadní vody znovu nepoužívat (obsahují velké množství cukru), nanejvýš k opětovnému plavení. Tyto vody nechávat nejlépe infiltrovat a vypařovat [9].

6.2 Čištění odpadních vod plavicích a pracích

Tyto vody je výhodné vracet v co největším množství (nejlépe celé množství) do téhož okruhu. Primárním úkolem je odstranit z těchto vod hrubé sunuté nebo unášené hmoty, jako je kamení a hrubý písek, aby se zabránilo poškozování strojního zařízení a poruchám ve výrobě.

6.2.1 Suché způsoby snižování obsahu hlíny v plavicích a pracích vodách

K eliminaci obsahu hrubých nečistot v plavicích a pracích vodách se v některých cukrovarech před tento okruh zařazují suché způsoby čištění řepy, které mají za cíl snížit podíl ulpělé zeminy a písku na řepě na minimum. Používají se předřazené mechanické odlučovače zeminy, které pracují na principu třasadel (obr. 43) nebo častěji bubnové rotační odlučovače, tzv. veverky (obr. 44), ve kterých účinkem vzájemného tření řepy o sebe a o děrovaný lub bubnu dochází k opadávání ulpělé zeminy. Zemina poté vypadáva otvory v bubnu do násypky a plechovým žlabem na místo, ze kterého je periodicky odstraňována.



Obr. 43 – Odlučovač hlíny (Modřany) [46]



Obr. 44 – Rotační odlučovač hlíny - veverka (Prosenice) [32]

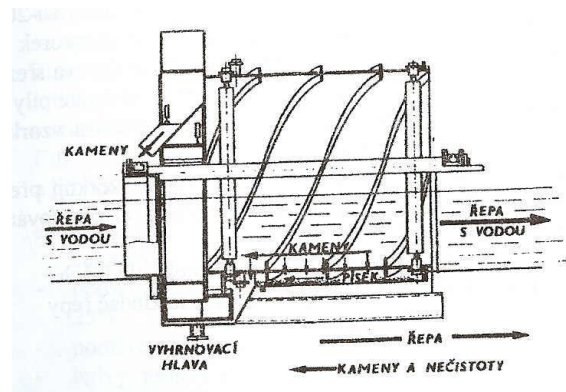
6.2.2 Lapače kamenů a písku z plavicích a pracích vod

Jak bylo popsáno v kapitole 4, doprava řepy ze splavů se provádí hydraulicky ve vyspávaných plavicích kanálech, ať už jsou to hluboké betonové podpovrchové kynety nebo visuté plechové plavící žlaby. Rychlost proudu řepy s vodou s ohledem na přítomnost příměsí nesmí klesnout pod $0,9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, kdy dochází k usazování pevných příměsí na dno kynety a k jejich ucpávání.

K odstraňování hrubých sunutých a unášených hmot se používá lapačů kamenů a písku, které mají různou konstrukci. V našich cukrovarech se v současné době nejčastěji setkáváme s bubnovým lapačem kamenů a písku Sokolov (obr. 45), jehož schéma je znázorněno na obr. 46. Činnost lapače je založena na principu sedimentace při zpomalení rychlosti proudu kapaliny. Těžší předměty se totiž usazují teprve tehdy, je-li specifická rychlost pádu větší než rychlost kapaliny, v níž se pohybují. K usazování kamení a písku u dna stačí jen malé zmenšení rychlosti plavící vody. Při usazování padají kameny a písek na dno děrovaného bubnu. Kameny jsou zachyceny lubem děrovaného bubnu, písek propadá do plechového žlabu pod bubnem. Nečistoty jsou sunuty proti proudu plavící vody pomocí šroubovice, vytvořené ze svařovaných plechových pásů, která je umístěna jak na vnitřní, tak na vnější straně děrovaného bubnu. Na konci bubnu padají kameny a písek do rozšířené části plechového žlabu, tzv. vyhrnovací hlavy, ze které jsou odstraňovány otáčením kapsového kola. Z kapsového kola padají zachycené kameny a písek na skládku umístěnou pod lapačem.



Obr. 45 – Lapač kamenů a písku Sokolov (Litovel) [47]



Obr. 46 – Schéma lapače kamenů a písku [30]

6.2.3 Lapače listí a trávy z plavicích a pracích vod

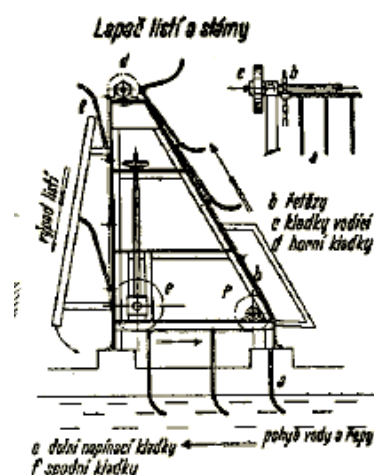
Velká péče se musí věnovat i dokonalému odstraňování listí, chrástu, trávy a jiných plovoucích nečistot před vstupem řepy do pračky. Lapače listí a trávy zachycují lehké

předměty plovoucí ve splavech na povrchu vody. Jsou to háčkové a hrabíkové překážky, nebo tenké ozubené kotouče, na jejichž koncích se zachycují plovoucí předměty.

Nejpoužívanějším lapačem listí a trávy v našich cukrovarech je Köllmanův lapač (obr. 47), který vynáší nečistoty ze splavu na háčcích mechanicky. Tento lapač má trojúhelníkový tvar a skládá se ze dvou uzavřených řetězů, vedených přes 3 kladky a nesoucích mezi sebou sklápěcí zahnutá nebo záseky opatřená hřebla jako unášče (viz schéma na obr. 48). Mírně ponořená hřebla se splavem pohybují proti směru toku ve vodorovné části a zachycují všechno, co pluje na povrchu. V další šikmé části se hřebla zvedají nad kanál a pak ve svislé dráze se překlápějí a tím zachycená tráva a listí opadáva na plechový skluz. Hřebla se přitom otírají o hranu výsypky, zvedají se a dole znovu spadají do vody. Pohyb řetězů je docela pomalý, asi $1 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ [34].



Obr. 47 – Köllmanův lapač listí a slámy
(Litovel) [47]

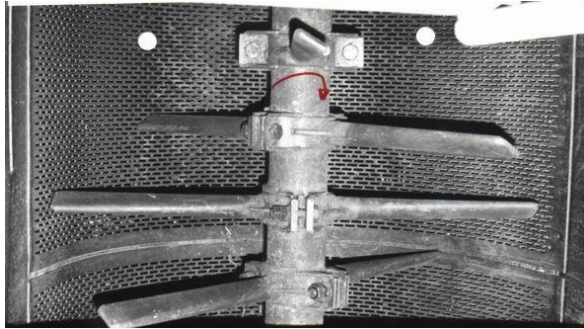


Obr. 48 – Schéma lapače listí a slámy [38]

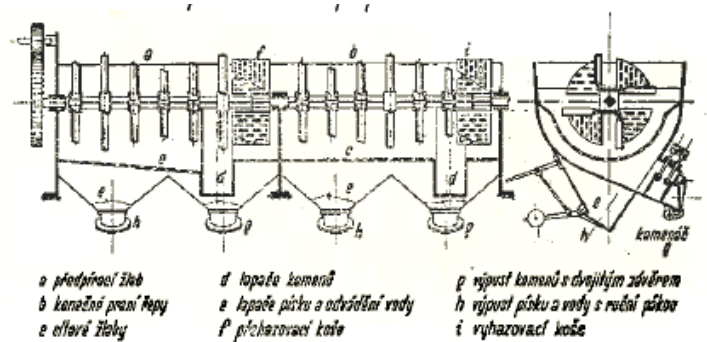
6.2.4 Lapače zařazené v řepní pračce

Další podíl písku a kamení se odstraňuje v řepní pračce. V nejpoužívanějších žlabových pračkách je vnitřek žlabu vyložen do poloviny plechovým sítem, jímž uniká voda s pískem (obr. 49), který se usazuje dole v konické kapse pod žlabem. Kameny a jiné těžké předměty padají do druhé kapsy zvané „kamenáč“, zkonstruované po způsobu lapačů kamene (viz schéma na obr. 50). Špinavá voda se vypouští, společně s pískem, automaticky ovládanými klapkami, v častějších intervalech, než se vypouštějí kameny, které se odstraňují asi 2x za 8 hodin. Protože s vodou vždy uniká i malé množství řepy a hlavně kořínky, je pod pračkou podlaha z děrovaného plechu, který propustí vodu a zachytí pevné předměty. Řepa se hází do výtahu, kořínky se shrabují stranou. Listí

a sláma a jiné plovoucí nečistoty, které se dostaly do pračky, jsou zachycovány několika rameny opatřenými hřebly, poté padají do žlabu a jsou nejčastěji svedeny na ukládku pod lapač listí a trávy [8, 34].



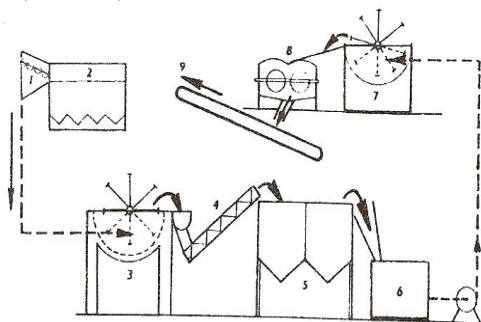
Obr. 49 – Detail síta v řepní pračce (Modřany)
[48]



Obr. 50 – Schéma Wiesnerovy řepní pračky [38]

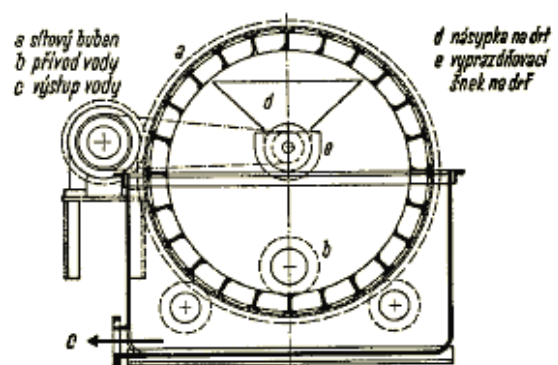
6.2.5 Zachycování řepných kořínků

Zařízení na zachycení jemnějších částí (úlomky řepy, kořínky, nat' apod.) se zařazují buď před řepní pračku, nebo až za ni, tzn. až na kanály odpadních vod. Množství těchto látek kolísá v rozmezí 1 – 2,5 % na váhu řepy. Schéma linky na zpracování kořínků je uvedeno na obr. 51. Kořínky zpracovávané touto linkou jsou odlučovány ještě před vstupem řepy do pračky. Kořínky a úlomky řepy jsou zachycovány nejčastěji bubnovými lapači se stíranými česli. Jedná se o bubnové síto s vnitřním stíracím zařízením (obr. 52).



Linka na zpracování kořínků
1-odlučovač vody před pračkou, 2-pračka řepy, 3-separátor kořínků, 4-šnekový dopravník, 5-pračka kořínků, 6-nádrž, 7-odlučovač vody, 8-drtič, 9-dopravník

Obr. 51 – Schéma linky na zpracování kořínků [48]



Obr. 52 – Schéma bubnového lapače drti [38]

Plášť bubnu je vyroben z děrovaného plechu, buben se pomalu otáčí, voda vtéká

dovnitř a prochází pláštěm dále. Zachycené látky jsou stírány otáčivými lopatkami, ze kterých zachycený materiál spadá do žlabu uloženého v bubnu, jakmile se lopatky dostanou do svislé polohy. Ze žlabu se zachycené látky následně dopravují do pračky kořínků, poté se drtí a jsou přepraveny do extraktoru [9, 48].

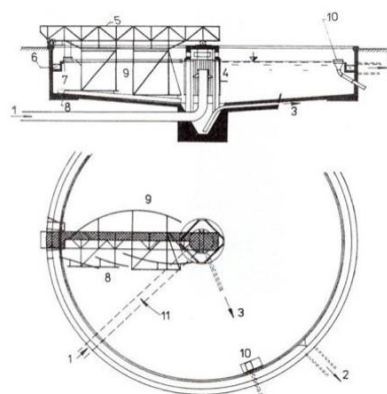
6.2.6 Usazovací nádrže plavících a pracích vod

Předčištěné odpadní vody (zbavené většiny hrubých sunutých a unášených hmot) se nechávají odsadit v usazovacích různých typů tak, aby se odstranilo co nejvíce kalu. Plavící a prací vody obsahují velmi mnoho minerálního kalu, jeho množství se odhaduje v průměru na 5 až 7 kg na 100 kg řepy [8, 9].

Často používané jsou kruhové radiální usazovací nádrže. V kruhové nádrži s kónickým dnem a s radiálním průtokem je odpadní voda přiváděna potrubím do středu nádrže (obr. 53). Vtoková rychlost je zhruba $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Ve středu nádrže je umístěn uklidňovací válec, který zároveň slouží jako normá sěna. U nádrží větších průměrů je uklidňovací válec tvořen věncem rozdělovacích česlí. Voda protéká nádrží od středu k obvodu, kde pilovým přepadem přepadá do kruhového sběrného žlabu (viz schéma na obr. 54). Stírací zařízení pro usazený kal může být spojeno přes nosnou klec s pohonem ve střední části pevného mostu, nebo jsou stírací zařízení zavěšena na mostní konstrukci, která se na gumových nebo ocelových kolech pohybuje po obvodové stěně nádrže. Usazený kal je shrabovačem kalu stírán do jímky ve střední části nádrže, odkud je čerpán kalovým čerpadlem do lamelových usazováků [49].



Obr. 53 – Radiální usazovák (Litovel) [47]

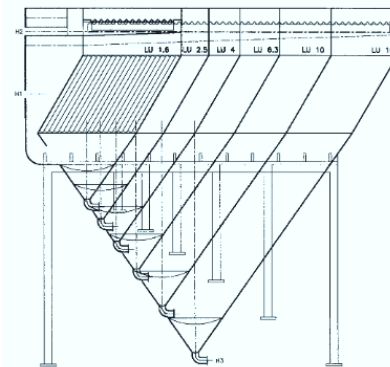


Obr. 54 – Schéma radiálního usazováku [49]

Z radiálního usazováku je voda zbavená zemitého kalu vracena zpět do okruhu plavících a pracích vod, menší část vody se odděluje a dále dočišťuje sedimentací v záchytné akumulaciční nádrži, odkud se postupně čerpá na ČOV, je-li jí cukrovar vyba-

ven. V opačném případě se tato voda z akumulární nádrže vypouští výpustí do recipientu.

Lamelové usazováký jsou vertikální nádrže obdélníkového půdorysu (obr. 55), které slouží k další separaci suspendovaných kalových částic. Nejčastěji se používá sestava o čtyřech až šesti usazovacích. Funkce lamelového usazováký je založena na postupném oddělování částic kalu z vzestupného proudu znečištěné vody. Kal z radiálního usazováký je přiváděna do nátokového prostoru lamelového usazováký, odtud vystupuje pod lamelovou vestavbu (obr. 56). Po výstupu z rozvaděče se odsazují těžší kalové částice, které klesají ke dnu, a odsazená voda stoupá přes lamely k přepadovým žlabům.



Obr. 55 – Lamelový usazovák (Litovel) [47] **Obr. 56** – Schéma lamelového usazováký [50]

Ze spodní jehlanovité části usazováký, která je přizpůsobena k akumulaci zahušťování, je sedimentovaný kal odtahován do kaliště (kalového rybníku, obr. 57) [50]. Odsazená voda je svedena do zachytné akumulární nádrže (obr. 58), odkud je postupně čerpána do ČOV nebo vypouštěna do recipientu. V kališti (kalovém rybníce), kterých může být několik vedle sebe, a potom hovoříme o kalových polích, se kal vysouší v tenké asi 30 – 50 cm vysoké vrstvě za běžných atmosférických podmínek (obr. 59). Tento postup má ovšem velké nároky na plochu a jeho rychlost závisí na atmosférických podmínkách. Hlinitý kal se po přirozeném odvodnění těžší z kalových polí cukrovaru mimo řepnou kampaň a vrací se na pole zemědělcům.

Mnoho našich cukrovarů používá pouze terénní usazovací nádrže v podobě sedimentačních rybníků (obr. 60), do kterých je přivedena znečištěná plavící a prací voda s obsaženou hlinou. Zde se hlína usadí a voda se znovu vrací do plavícího a pracího okruhu. Po kampani se hlinitý kal vytěží. Účinnost sedimentačních rybníků roste úměrně s velikostí jejich plochy a jejich dimenzování se děje podle řádných výpočtů. Přihlíží se k tomu, aby byl kalový prostor dostatečně velký, obvykle se počítá s dvouhodinovým zdržením plavících a pracích vod v usazováký jámového typu [8]. Často se spojuje ně-

kolik menších sedimentačních rybníků do série a s využitím kanálů a hradítek lze řídit dobu zdržení odpadních vod v jednotlivých rybnících s cílem maximálního využití sedimentace hlinitých kalů. Z posledního rybníku je potom voda čerpací stanicí vracena do okruhu plavicích a pracích vod. I v tomto případě je část odsazené vody svedena do akumulární nádrže, odkud je postupně čerpána do ČOV nebo vypouštěna přepadem do recipientu, pokud cukrovar ČOV nedisponuje.



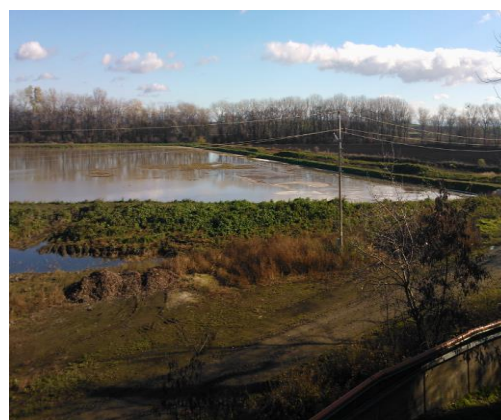
Obr. 57 – Kalový rybník (Litovel) [47]



Obr. 58 – Akumulární nádrž (Vrbátky) [47]



Obr. 59 – Vysušený kal v kalovém rybníce (Litovel) [51]



Obr. 60 – Sedimentační rybník (Vrbátky) [47]

Usazování zemitých i jiných koagulace schopných látek se podporuje podle potřeby alkalizováním odpadní vody vápenným mlékem (přibližně 0,01 % CaO na množství vody). K tomu se používá dosovací zařízení. Není povoleno alkalizovat plavicí a prací odpadní vody vápenným mlékem, k jehož přípravě bylo použito výsradů z kalolisů, docházelo by tím ke zbytečnému a nežádoucímu zanášení cukru do těchto vod [8].

Sedimentace kalu je závislá především na velikosti plochy usazováku. Podle prof. Dr. Schulze není pro sedimentaci kalu rozhodující hloubka nádrže, ale její plocha. Potřebná výměra byla stanovena na 70 m² na každých 1000 m³ odpadní vody za den [9].

Dezinfekce plavicích a pracích vod se provádí nárazově chlorovým vápnem, popřípadě formaldehydem. Alkalizace se provádí na hodnotu pH 9. Použije-li se těchto vod na elfování, je doporučováno udržovat jejich pH při výtoku z usazováku na hodnotě 6 – 7, aby se zabránilo pění. Vápní se vždy před usazovákou, dezinfikuje (chloruje apod.) za usazovákou. Ošetřené vody se opětovně používají k plavení, skládání a ukládání řepy, do pračky se ovšem musí přivádět čistá čerstvá voda. Pro tyto vody je určen samostatný okruh, jehož náplň by měla odpovídat zhruba dvouhodinové potřebě vody na skládání, ukládání, plavení a praní řepy [7, 8].

6.2.7 Čištění odpadních vod plavicích a pracích v biologických ČOV

Cukrovary, které jsou vybaveny biologickou ČOV využívají dvoustupňového anaerobního a aerobního čištění. Jak bylo zmíněno dříve, do ČOV je čerpána odsazená voda z akumulární nádrže.

Pro anaerobní stupeň je zvolen zpravidla kontaktní systém s vnější recirkulací a separací anaerobního kalu. U tohoto systému je anaerobní fermentor promícháván mechanicky vertikálním míchadlem, čímž se zabraňuje sedimentaci uhličitaneho kalu na dně fermentoru a usnadňuje odstraňování vyloučeného uhličitaneho vápenatého z reaktoru. Proces anaerobní fermentace probíhá v mezofilní oblasti teplot, při 34 až 38 °C. K ohřevu odpadní vody pro anaerobní stupeň je využito výměníků voda-voda, topným médiem je oteplená voda z barometrické kondenzace. Suspenze předčištěné vody a anaerobního kalu je po průchodu anaerobním fermentorem odplyněna v odplynovacím tanku a dále přepadá do lamelových usazováků (obr. 61), kde dojde k separaci anaerobního kalu od předčištěné odpadní vody. Zahuštěný anaerobní kal je recirkulován zpět do anaerobního fermentoru, odsazená anaerobně předčištěná voda odtéká do druhého stupně čistírny. Anaerobní reaktor je nejčastěji nadzemní ocelová nebo betonová nádrž (obr. 62). Součástí reaktoru je jímání bioplynu s plynovým hospodářstvím a nouzovým polním hořákem a se stanicí pro zvýšení tlaku plynu (obr. 63). Bioplyn bývá používán jako přídatné palivo v kotelně, případně v sušárně řízků. Konstrukce a uspořádání anaerobního reaktoru musí zajišťovat dostatečně velký akumulární plynový prostor nad hladinou vody v reaktoru, což umožňuje využití kalového plynu bez nutnosti stavby plynojemu. V anaerobním reaktoru se produkuje bioplyn s obsahem metanu v rozmezí 65 – 75 % [45, 52].

Aerobní část ČOV je tvořena principiálně třemi nádržemi (obr. 64). Ve dvou probíhají procesy biologického čištění (nádrž denitrifikační a nitrifikační). Třetí dosazovací nádrž slouží k separaci aerobního kalu od vyčištěné vody. Toto uspořádání je ve větších cukrovarech (např. Dobrovice).



Obr. 61 – Lamelové usazovávky ČOV (Brottewitz) [53]



Obr. 62 – Anaerobní reaktor (Dobrovice) [54]



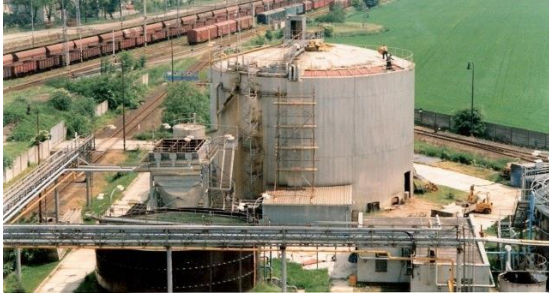
Obr. 63 – Plynové hospodářství (Vrbátky) [47]



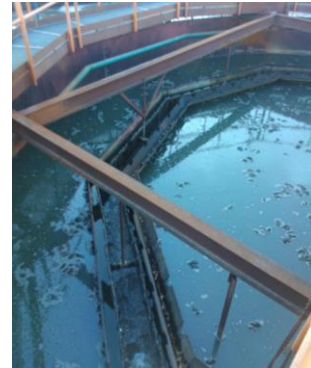
Obr. 64 – Anaerobní stupeň ČOV se třemi nádržemi (Brottewitz) [53]

Menší cukrovary mají jednu aerobní nádrž (obr. 65), která je členěna na tři komory, které suplují jednotlivé samostatné nádrže, vnitřní nádrž je dosazovací (obr. 66), vnější nádrž je rozdělena na dvě poloviny, denitrifikační (obr. 67) a nitrifikační část (obr. 68). Tlakový vzduch pro aeraci nitrifikace bývá dodáván rotačními dmychadly z kompresorové stanice. Používá se jemnobublinného aeračního systému, který minimalizuje vznik aerosolů a jejich šíření do okolí nitrifikační nádrže. Denitrifikační část nádrže aktivace je míchána vrtulovým míchadlem (viz schéma na obr. 69). K separaci aktivovaného kalu od vyčištěné vody v dosazovací nádrži je využito mechanického stírání dna. Vyčištěná voda přepadá do obvodového sběrného žlabu opatřeného normou

stěnou, která brání průniku plovoucích nečistot do odtoku vyčištěné vody. Aerobní nádrže jsou kruhového tvaru, zhotovené z ocelového plechu nebo vodostavebního betonu [45, 52].



Obr. 65 – ČOV cukrovaru, černá nádrž v popředí je aerobní část (Brodek) [55]



Obr. 66 – Vnitřní dosazovací nádrž s obvodovým sběrným žlabem (Vrbátky) [47]

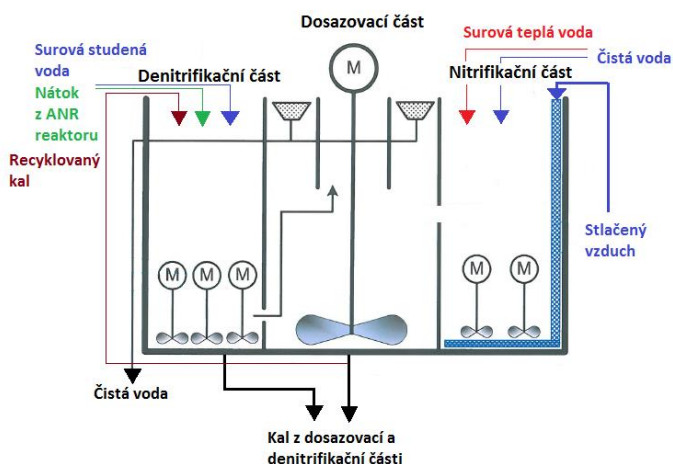


Obr. 67 – Denitrifikační část s přívodem surové studené vody, nátokem z ANR reaktoru a přívodem recyklovaného kalu (Opava) [47]



Obr. 68 – Nitrifikační část s přívodem stlačeného vzduchu-modré potrubí (Vrbátky) [47]

Vyčištěná voda z ČOV odtéká do menší akumulární nádrže vyčištěné vody určené pro zpětné použití v provozu cukrovaru nebo je čerpána přímo do řepní pračky jako přídatná čistá voda. Nevyužitelné přebytky vyčištěné vody z řepné kampaně jsou buď akumulovány ve větší akumulární nádrži, pokud jí cukrovar disponuje nebo odtékají do recipientu [45, 52].



Obr. 69 – Schéma aerobní části ČOV při použití jedné nádrže [42]

Kalové hospodářství ČOV je řešeno tak, že přebytečný anaerobní i aerobní kal je přidáván do hlinitých kalů z řepné kampaně a společně s nimi přirozenou cestou odvodněn v sedimentačních nádržích. Vzhledem k množství hlinitých kalů se jedná o zanedbatelné množství, uvádí se cca 0,73 % anaerobního i aerobního kalu z celkového množství hlinitých kalů (při průměrném 80% zatížení ČOV) [45].

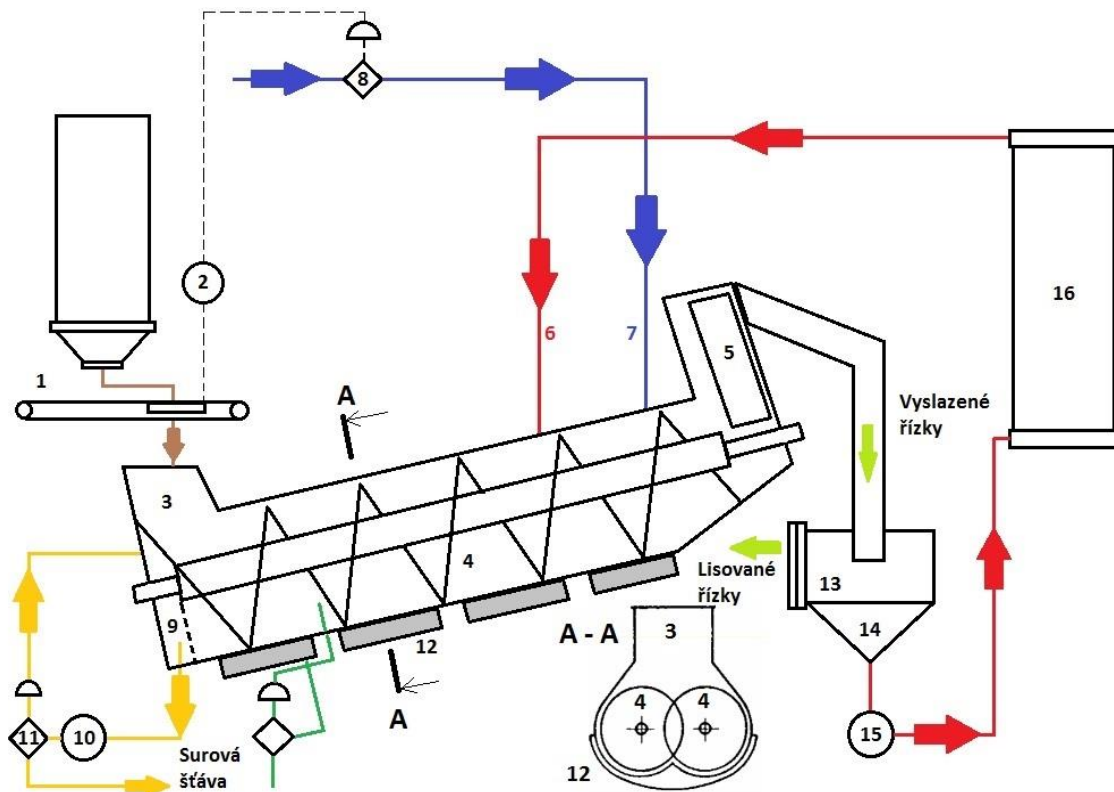
6.3 Čištění odpadních vod řízkových

Se zavedením mechanických difuzí došlo nejen k plně mechanizovanému a automatizovanému provozu na těchto zařízeních, ale zejména k úplné eliminaci odpadních vod difuzních a řízkolisových, tzn., že při těchto způsobech difuzní práce jsou difuzní odpadní vody úplně vyloučeny a je zároveň možno vracet vody řízkolisové.

Řízkové vody (difuzní a řízkolisové) obsahují velké množství pevných látek (řízkové drti a jemné řízkové kaše). Hrubé drti se řízková voda zbavuje na bubnovém lapači nebo na stíraném žlabu, hrubá drť se dopravuje na dopravník vyloužených řízků a poté do řízkolisů. Takto předčištěná řízková voda se čerpá do zahříváče a zahřívá se na 75 až 85 °C, poté se přivádí zpět do difuze přibližně do místa, kde má šťáva řízků stejnou koncentraci. Blíže ke zvýšenému konci difuze se automaticky přidává čerstvá voda. Schéma mechanické difuze DdS s vyznačeným uzavřeným okruhem odpadních vod řízkových je znázorněno na obr. 70.

Někdy je předčištěná řízková voda z lapače svedena do uzavřeného dekantéru, kde se zbavuje jemné drti a písku. Dekantér se odkaluje automaticky a odkal se svádí do vyloužených řízků. Pod dekantérem bývá umístěn lapač písku. Vyčištěné řízkové vody se shromažďují v zásobní nádrži a jsou použity jako tlaková voda do difuze. Vra-

cení takto upravené řízkové vody předpokládá pravidelnou dezinfekci difuzní šťávy formaldehydem. Odpadní řízkové vody se dezinfikují u vstupu do dekantéru plynným chlorem (chlorovacím přístrojem) v množství až 20 mg Cl₂ na 1 l vody.



Obr. 70 – Schéma difuze DdS. 1 – dopravník sladkých řízků, 2 – řídicí okruh automatické váhy řízků, 3 – násypka sladkých řízků do difuze, 4 – šnek, 5 – kapsové kolo na vyloužené řízky, 6 – okruh odpadní řízkolisové vody, 7 – přívod čerstvé vody, 8 – ventil automatické regulace přívodu čerstvé vody, 9 – síto difuzní šťávy, 10 – čerpadlo difuzní šťávy, 11 – regulační ventil difuzní šťávy, 12 – duplikátory na udržování teploty v difuzi, 13 – řízkolisy, 14 – lapač řízkové drti, 15 – čerpadlo řízkolisové vody, 16 – zahřívač řízkolisové vody [7]

6.4 Čištění odpadních vod oteplených

Odpadní vody oteplené nejsou znečištěny, mají však vyšší teplotu než cukrovarská technologie vyžaduje. Tyto vody mají nedostatek kyslíku a obsahují malé množství NH₃, CO₂, popř. i uhličitanu amonného a malé množství (stopy) cukru.

Největší množství oteplených odpadních vod přichází z barometrické kondenzace. Odpadní vody oteplené se musí nejdříve ochladit a okysličit, k tomuto účelu slouží vodní věže (obr. 71), které jsou dominantní stavbou každého cukrovaru. Ve vodních věžích jsou umístěny akumulární nádrže oteplených vod. Dalším používaným způsobem je

využití chladících rybníků s rozstřikováním vody tryskami (obr. 72). V současné době se chladicí okruhy nejčastěji doplňují chladicími věžemi, které můžeme rozdělit do dvou základních kategorií. Jedná se o chladicí věže s přirozeným tahem, tzv. ittersony a věže s nuceným tahem, tzv. ventilátorové. Věže s přirozeným tahem využívají pro proudění komínového efektu. Tahový komín je tvořen tenkostěnnou skořepinou proměnlivé tloušťky, nejčastěji ocelovou konstrukcí s opláštěním (obr. 73). Ve spodní části tahového komína je bazén, který je vyspárován a opatřen odtokovými objekty pro odvod ochlazené vody. U věží s nuceným tahem je proudění vzduchu zajištěno pomocí ventilátoru (obr. 74). Tento typ je určen většinou pro menší výkony [56].



Obr. 71 – Dnes již zrušený cukrovar v Břeclavi s typickou siluetou vodní věže [57]



Obr. 72 – Chladicí rybník s rozstřikem vody tryskami (Litovel) [47]



Obr. 73 – Chladicí věž s přirozeným tahem (Vrbátky) [47]



Obr. 74 – Ventilátorové chladicí věže (Dobrovice) [58]

Vnitřní vestavby jsou pro oba typy chladících věží podobné. Ve střední části chladící věže je voda rozvedena soustavou trubek po celé půdorysné ploše a pomocí trysek rozstřikována na chladící výplň, rozstřikováním dochází k okysličení vody. Výplň má pro chlazení největší význam, protože zde dochází k přestupu tepla, voda-vzduch. Vzduch nasycený o vodní páru proudí horní částí chladící věže do atmosféry. Ochlazená voda z chladící výplně naopak padá do sběrného bazénu umístěného pod chladící věží, odkud je vracena jako čistá voda do okruhu plavících a pracích vod [7, 56].

Menší množství odpadních vod oteplených, mezi které patří především méně znečištěné přebytky vod z chladícího okruhu a kondenzáty, jsou přiváděny přímo na druhý stupeň ČOV z akumulární nádrže oteplených vod (příp. vodní věže).

7 Zhodnocení nakládání s průmyslovými odpadními vodami ve vybraných cukrovarech

Z celkového počtu 7 cukrovarů na území ČR byly ke zhodnocení a porovnání metod a způsobů nakládání s průmyslovými odpadními vodami vybrány 3 podniky územně spadající do oblasti Moravy (Litovel, Prosenice, Vrbátky) a 1 podnik do oblasti Slezska (Opava-Vávrovice). Z těchto čtyř cukrovarů 2 využívají vlastní průmyslovou ČOV (Vrbátky, Opava-Vávrovice), 2 cukrovary ČOV nedisponují (Litovel, Prosenice).

7.1 Nakládání s odpadními vodami v cukrovaru Litovel

Cukrovar Litovel (obr. 75), obchodním názvem Litovelská cukrovarna, a. s., patří mezi cukrovary bez vlastní průmyslové ČOV.



Obr. 75 – Cukrovar Litovel (pohled od severovýchodu) [59]

Před kampaní se závod předzásobí provozní vodou naplněním akumulčních nádrží a vytěžených kalových polí. Voda je čerpána z řeky Moravy, která teče nedaleko cukrovaru. V průběhu kampaně je voda do technologie dodávána formou řepných bulev (podíl 75 %) a čerpáním z řeky Moravy (podíl 4 %, max. $130 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, $8\,300 \text{ m}^3$ za měsíc, $100\,000 \text{ m}^3$ za rok). Ztráty ve výrobě jsou vykrývány vlastním zdrojem pitné vody z vrtané studny v areálu závodu (max. povolený odběr $15 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, 490 m^3 za měsíc, $5\,880 \text{ m}^3$ za rok), která dodává vodu jak do technologie (1 %), tak do sociálního zařízení a kuchyně (1 %). Do okruhu pitné vody jsou napojeny další dvě studny v blízkosti

areálu závodu (obě mají max. povolený odběr $1,1 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, 450 m^3 za měsíc, $5\,400 \text{ m}^3$ za rok). Kapacita cukrovaru je $3\,000 \text{ t}$ zpracované řepy denně, maximálně však továrna zpracovává denní množství $2\,800 \text{ t}$ [42].

Vlastní proces čištění odpadních vod plavicích a pracích začíná jejich přítokem do zařízení na předčištění odpadních vod cukrovaru, které je situováno před cukrova-rem, v prostoru za příjmem řepy (viz obr. 76). Schéma procesu čištění odpadních vod je znázorněno na obr. 77. Čistící proces začíná přivedením znečištěné plavící a prací vody na dva pásové odlučovače, kde dojde k odstranění organických nečistot větších než 2 mm , celkový průtok znečištěné vody na pásových odlučovačích činí $Q = 648 \text{ m}^3$ za hodinu na každém odlučovači. Předčištěná voda pokračuje do rozdružovadla písku, kde dochází k rozdělení písku na základě rozdílné objemové hmotnosti. Pevné částice padají ke dnu, kde jsou poté mechanicky vyhrnovány na skládku písku. V rozdružovadle dochází k oddělení částic písku větších než $0,2 \text{ mm}$, hodnota průtoku odpadní vody činí $Q = 720 \text{ m}^3$ za hodinu. Z rozdružovadla předčištěná voda, zbavená písku, teče přepadem do radiálního usazováku o objemu $V = 1800 \text{ m}^3$ a usazovací ploše $S = 700 \text{ m}^2$. Odtud je předčištěná voda čerpána do nátokového rybníku, což je betonová nádrž o rozměrech $v \times š \times d = 1,8 \times 7,9 \times 22,5 \text{ m}$, objemu $V = 320 \text{ m}^3$ a ploše $S = 178 \text{ m}^2$, rozdělená betonovým panelem na dvě poloviny. Z nátokového rybníku je voda vracena čerpadlem plavící vody zpět do okruhu plavicích a pracích vod. Přepadem z nátokového rybníku je část vody svedena do akumulární nádrže (laguny odpadních vod). Kal z radiálního usazováku je čerpán přes šterbinové síto, které má za úkol z kalu odstranit jemné organické nečistoty, do 4 ks lamelových usazováků. Odsazená voda je vedena do nátokového rybníku, zahuštěný kal je vypouštěn do kalového rybníku, část kalu je čerpána na separátor hlíny [42].

Hmotnostní bilanci odstraněných nečistot v zařízení na předčištění odpadních vod uvádí tabulka 4.

Tabulka 4 – Hmotnostní bilance odstraněných nečistot v roce 2005 (referenční rok 2005 – brán jako etalon z důvodu příznivého počasí) [42]

Množství zpracované řepy [t]	156 000
Délka kampaně [den]	84
Organika na pásových odlučovačích [t]	1 960
Hlína odloučená na sucho a odvezená v kampani [t]	4 329
Hlína odvezená po kampani z kalového rybníku [t]	6 000
Hlína [t/den]	123
Hlína [t/hod]	5,2
Písek [t]	neváženo



Obr. 76 – Hospodářství odpadních vod v cukrovaru Litovel. 1 – stanice zařízení na předčištění odpadních vod, 2 – kalový rybník, 3 – akumulární nádrž, 4 – kalový rybník (rezerva), 5 – chladič rybník s rozstříkem vody, 6 – usazovací nádrž, 7 – usazovací nádrž (rezerva), 8 – příjem řepy, 9 – výrobní budovy cukrovaru [60]

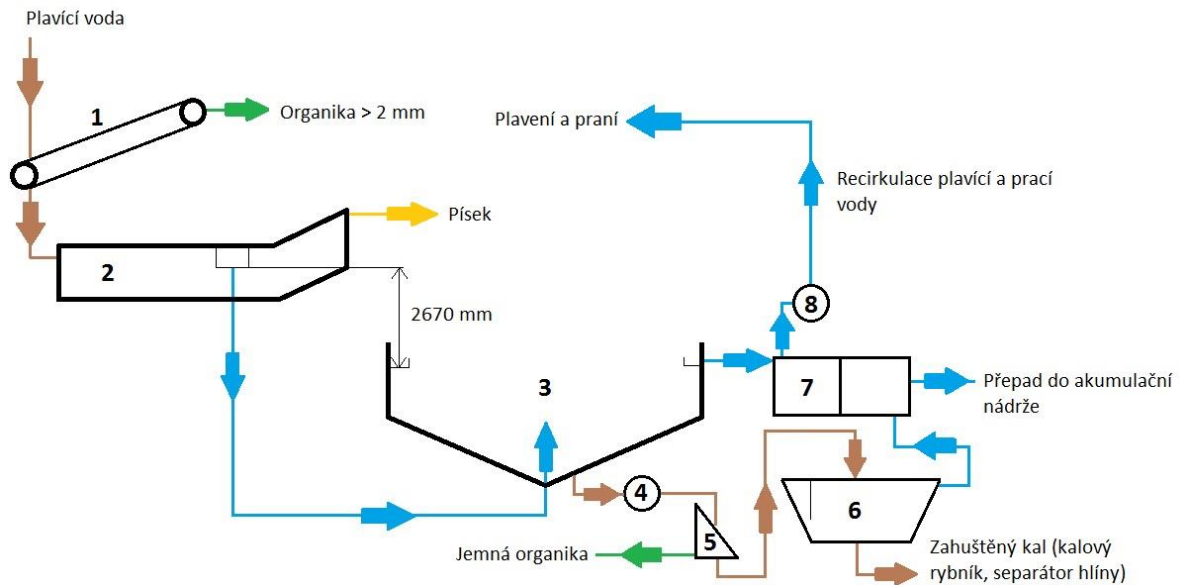
Přebytky předčištěných odpadních vod a ochlazených barometrických vod mohou být vypouštěny do recipientu (řeky Moravy) v množství $8 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, 10 m^3 za den, $50\,000 \text{ m}^3$ za rok. Kvalitativní parametry složení odpadních vod vypouštěných z cukrovaru uvádí tabulka 5. Hodnota „p“ v tabulce 5 označuje přípustnou hodnotu koncentrace, která není ročním průměrem a může být překročena v povolené míře podle hodnot v příloze č. 5 nařízení 401/2015 Sb. Hodnota „m“ je maximální koncentrace, která je nepřekročitelná. Limity ukazatelů označené indexem (Z) jsou platné pro období, ve kterém je teplota

vody v odtoku z akumulární nádrže nižší než 12 °C. Kontrola kvality vypouštěných odpadních vod oteplených, z barometrické kondenzace, je prováděna vždy v době jejich vypouštění z chladicího rybníku. Četnost kontrol vypouštěných odpadních vod (jsou-li vypouštěny), je prováděna mimo období kampaně před zahájením kontinuálního vypouštění min. 2x za měsíc, v období kampaně 1x před každým následným diskontinuálním vypouštěním. Regulační ventil k vypouštění odpadních vod je nastaven tak, aby jím protékalo množství vod v objemu max. $8 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ [61].

Tabulka 5 – Příпустné hodnoty vypouštěných odpadních vod z cukrovaru do recipientu [61]

Ukazatel	Jednotka	„p“	„m“	t/rok
pH	-	6 – 8,5	6 – 8,5	-
BSK ₅	mg·l ⁻¹	40	70	2
CHSK _{Cr}	mg·l ⁻¹	160	260	8
NL	mg·l ⁻¹	80	100	4
N-NH ₄ ⁺	mg·l ⁻¹	10	20	0,5
N-NH ₄ ⁺ (Z)	mg·l ⁻¹	20	30	1
N _{anorg.}	mg·l ⁻¹	20	30	1
N _{anorg.} (Z)	mg·l ⁻¹	35	50	1,75
P _{celk.}	mg·l ⁻¹	10	16	1
Teplota	°C	26	26	-

V současné době cukrovar Litovel nevypouští do recipientu žádné odpadní vody, všechny vody jsou akumulovány v kalových polích cukrovaru. Z tohoto důvodu nejsou uvedeny hodnoty znečištění odpadních vod. Pro potřeby zadržování většího množství vod jsou kalová pole vybavena rezervními rybníky (viz obr. 76). Tímto způsobem však dochází k nárůstu hodnot znečištění v recirkulované vodě v okruhu plavicích a pracích vod, např. počáteční hodnoty CHSK, před kampaní, jsou kolem $200 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (měřeno v nátokovém rybníku), každý týden kampaně se hodnoty CHSK zvyšují o cca $1\,000 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, při průměrné délce trvání kampaně 11 až 13 týdnů [42]. Snížení hodnot znečištění odpadních vod je řešeno jejich ředěním čerstvou vodou z řeky Moravy a vodou z barometrické kondenzace, která je přiváděna do řepní pračky. Po ukončení kampaně je zadržovaná odpadní voda řízeně přepouštěna v soustavě kalových polí pomocí hradítek s cílem snížit její hladinu (zejména v kalových a usazovacích rybnících). Hladina je snižována i přirozeným odparem vody. Sedimentovaný hlinitý kal je poté vytěžen a vrácen na pole zemědělcům.



Obr. 77 – Schéma čištění odpadních vod v cukrovaru Litovel. 1 – pásový odlučovač, 2 – rozdružovadlo písku, 3 – radiální usazovák, 4 – čerpadlo kalu, 5 – štěrbinové síto, 6 – lamelový usazovák, 7 – nátokový rybník, 8 – čerpadlo plavícího okruhu [42]

7.2 Nakládání s odpadními vodami v cukrovaru Prosenice

Cukrovar Prosenice (obr. 78), obchodním názvem Hanácká potravinářská společnost s.r.o., patří, spolu s cukrovarem v Litovli, k závodům, které nedisponují vlastní průmyslovou ČOV.



Obr. 78 – Cukrovar Prosenice (pohled od jihovýchodu) [62]

Kapacita závodu činí 2 700 t řepy denně, denní zpracování je 2 400 t. Provozní voda je odebírána z mlýnského náhonu Strhanec, což je uměle vybudovaný kanál napájený řekou Bečvou. Mlýnský náhon prochází přímo cukrovarem a voda z něj je přepady sváděna do čerpací stanice továrny. Maximální povolený odběr povrchové vody činí $15 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, $10\,000 \text{ m}^3$ za měsíc, $120\,000 \text{ m}^3$ za rok. Dále se v areálu cukrovaru nacházejí dvě studny s pitnou vodou, které napájí jak technologii, tak sociální zařízení a závodní kuchyň. Z obou studní je povoleno odebírat maximálně $3 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, 1000 m^3 za měsíc, $12\,000 \text{ m}^3$ za rok. Odebírání provozní vody je intenzivní při zahájení kampaně, kdy je vykrýván nedostatek vody v technologii. Po naběhnutí provozu je 75 % provozní vody přiváděno v bulvách řepy, 5 % představuje povrchová a pitná voda, zbytek vody je recirkulován. Údaje cukrovaru uvádí, že na 1 t zpracované řepy vynaloží 7 l pitné a 60 l povrchové vody [42, 63].

Z hlediska čištění odpadních vod je cukrovar v Prosenicích výjimečný tím, že přebytek odpadních vod nechává přečerpávat do obecní ČOV a část do ČOV v nedalekém Přerově. Celkové množství takto přečištěných vod je $15\,000 \text{ m}^3$ ročně v případě obecní ČOV a $40\,000 \text{ m}^3$ ročně v ČOV v Přerově. Závod samotný využívá způsob čištění odpadních vod založený pouze na sedimentaci hlinitého kalu v kalových polích. Znečištěná odpadní voda plavící a prací je v betonových kanálech vedena přes bubnové lapače drti do sběrné jímky odkud je kalovými pumpami potrubím čerpána na kalová pole za továrnou. Cukrovar Prosenice využívá systém navzájem propojených kalových rybníků (obr. 79), které jsou vzájemně propojeny kanály s hradítky nebo překopnutými hrázkami. Tímto systémem se řídí průtok odpadní vody s cílem optimalizovat rychlost jejího proudění a tím maximalizovat proces sedimentace hlinitých nečistot. Po protečení všemi kalovými rybníky je v posledním rybníce umístěn přepad, kterým je voda zbavená hlinitého kalu svedena do čerpací stanice a odtud je vracena do okruhu plavících a pracích vod. Schéma čištění odpadních vod je zobrazeno na obr. 80. Kapacita kalových rybníků je cca $40\,000 \text{ m}^3$ vody. Hmotnost zemitého kalu vytěženého po kampani je uváděna kolem 4 000 t.

Oteplená odpadní voda z barometrické kondenzace je čerpána do chladicí věže, poté teče samospádem do chladicího rybníku odkud je, po ochlazení, přepadem svedena do zásobní nádrže o objemu $V = 800 \text{ m}^3$. Z nádrže je voda čerpána do okruhu plavících a pracích vod jako čerstvá voda (přiváděna do řepní pračky), část ochlazených vod je čerpána zpátky do technologie.

Odběry scezené vody, ke zjištění hodnot znečištění, se provádí 2x za měsíc a odešlají se k vyhodnocení do akreditované laboratoře. Výsledky znečištění jsou uvedeny v tabulce 6, ovšem jedná se o průměrné hodnoty znečištění za celý sledovaný rok.

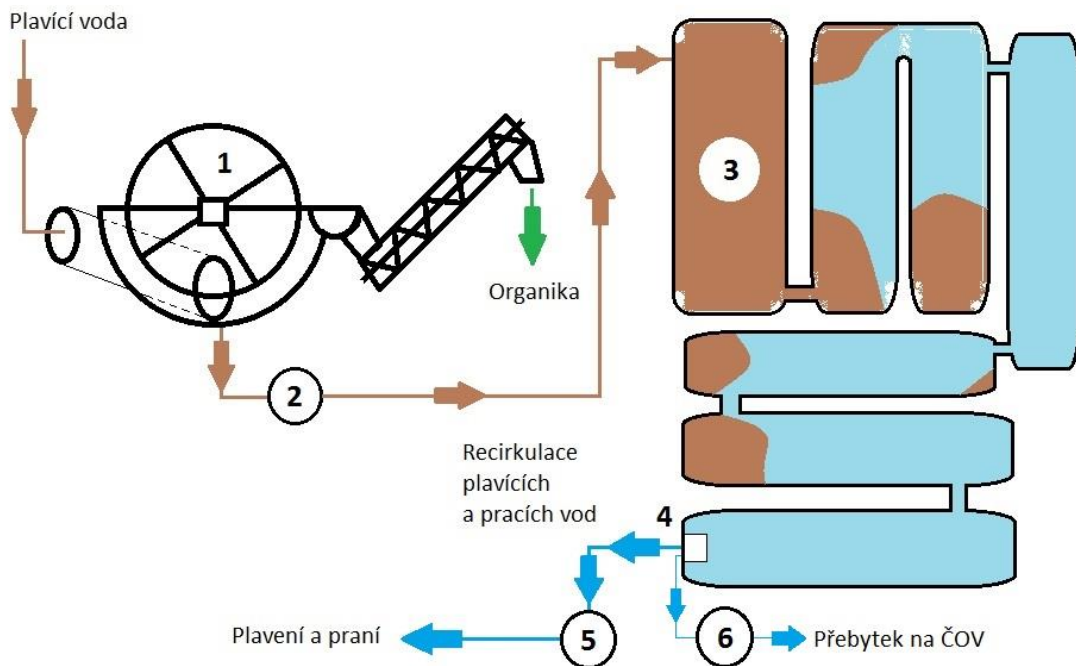
V průběhu kampaně dochází k enormnímu nárůstu hodnot znečištění, např. v říjnu 2015 bylo dosaženo následujících hodnot: $\text{CHSK}_{\text{Cr}} - 1280 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, $\text{RL (105)} - 1240 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, $\text{RL (550)} - 646 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, $\text{NL} - 94 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, $\text{pH} - 6,6$, $\text{BSK}_5 - 893 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, $\text{P}_{\text{celk}} - \text{nehodnocen}$, teplota $+ 13,3 \text{ }^\circ\text{C}$. Celkové množství odpadních vod přečerpaných v roce 2015 do obecní ČOV a ČOV v Přerově bylo $41\,890 \text{ m}^3$.



Obr. 79 – Hospodářství odpadních vod v cukrovaru Prosenice. 1 – nátok odpadní vody plavící a prací, 2 – systém kalových polí, 3 – přepad odsazené plavící a prací vody, 4 – chladičí rybník barometrických vod, 5 – přepad ochlazené barometrické vody 6 – čerpací stanice odsazené vody do okruhu plavících a pracích vod a ochlazené vody do technologie, 7 – výrobní budovy cukrovaru [64]

Tabulka 6 – Hodnoty znečištění odpadních vod vypouštěných z cukrovaru Prosenice do ČOV (obecní ČOV + ČOV Přerov) [42]

Rok	CHSK_{Cr} [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	RL (105) [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	RL (550) [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	NL [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	pH [-]	BSK_5 [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	P_{celk} [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	Teplota $^\circ\text{C}$
2014	429	829	528	77	7,12	186	-	11,6
2015	435	847	561	83	7	243	-	12
2016	437	853	577	90	7,5	221	-	13,2



Obr. 80 – Schéma čištění odpadních vod v cukrovaru Prosenice. 1 – bubnový lapač kořínků a drti, 2 – kalová pumpa, 3 – kalová pole, 4 – přepad odsazené vody, 5 – čerpadlo okruhu plavících a pracích vod, 6 – čerpadlo přebytků odsazené vody (na obecní ČOV) [42]

7.3 Nakládání s odpadními vodami v cukrovaru Vrbátky

Cukrovar Vrbátky (obr. 81), obchodním označením Cukrovar Vrbátky a.s. je vybaven vlastní průmyslovou ČOV, která je umístěna před kalovými poli cukrovaru.

Denní zpracování závodu dosahuje 2 200 t řepy denně, což představuje i maximální kapacitu cukrovaru. Zásobení provozní vodou je řešeno Vrbáteckým náhonem z vodního toku Blata, který se nachází přibližně 500 m východně od továrny. Voda z náhonu je svedena do akumulčního rybníku, který slouží i k chlazení barometrických vod a odtud je přepadem svedena k čerpací stanici. Další větev Vrbáteckého náhonu je svedena na kalová pole. Maximální povolené množství odběru povrchových vod je v průběhu kampaně stanoveno na hodnotu $15 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, $130\,000 \text{ m}^3$ a v množství $3\,500 \text{ m}^3$ mimo kampaň s maximální hodnotou odběru $10 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, za účelem doplnění akumulčního rybníku. Cukrovar dále využívá 2 studny, které jsou situovány v areálu. První je studna s pitnou vodou, která slouží pouze potřebám v sociálním zařízení a závodní kuchyni. Maximální povolený odběr z této studny činí 150 m^3 za den, $4\,600 \text{ m}^3$ za měsíc, $55\,000 \text{ m}^3$ za rok, maximální hodnota odběru je $5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Druhá studna slouží jako záso-

bárna vody technologické. Odebírat podzemní vodu z této studny je povoleno v množství 110 m^3 za den, $3\,300 \text{ m}^3$ za měsíc, $40\,000 \text{ m}^3$ za rok, maximální hodnota odběru je $5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Po zahájení kampaně představuje hlavní podíl technologické vody (75 %) opět voda obsažená v bulvách řepy [42, 66].



Obr. 81 – Cukrovar Vrbátky (letecký snímek od jihozápadu) [65]

Znečištěná odpadní voda plavící a prací je podzemním kanálem vedena do stanice bubnových lapačů řepných kořínků a drti, kde dojde odloučení větších organických nečistot, poté je voda směřována na kalová pole, kde dochází k usazení zemitéch kalů (obr. 82). Odsazená voda je z kalového rybníku pomocí hradítek přepouštěna do akumulačního rybníku, odkud je přepadem svedena k čerpací stanici a opětovně vracena do okruhu plavících a pracích vod. V případě potřeby je možno jak kalový, tak akumulační rybník doplnit čerstvou vodou z Vrbáteckého náhonu, k tomuto účelu slouží systém potrubí se šoupaty. Přebytky předčištěné odpadní vody, zbavené hrubého zemitého kalu, jsou z akumulačního rybníku čerpány na průmyslovou ČOV, která sestává z anaerobního a aerobního stupně čištění odpadní vody. Vyčištěná odpadní voda z ČOV je vracena zpátky do technologie, přebytky jsou vypouštěny do vodoteče za továrnou. Maximální množství vypouštěné předčištěné odpadní vody je stanoveno na $25 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, 2000 m^3 za měsíc, $200\,000 \text{ m}^3$ za rok. Metan vzniklý v anaerobním reaktoru ČOV je potrubím dopravován do ocelového zásobníku, odkud je přiváděn do kotelny cukrovaru, kde je spalován plynovým spalovacím motorem o výkonu 340 kW . Spalovací motor pohání generátor na výrobu elektrické energie, která je distribuována do sítě závodu. Četnost kontrol kvality odpadních vod v období kampaně se stanovuje na 1 x týdně, měřící místo je určeno na odtoku předčištěných odpadních vod do vodního toku Vrbátecký náhon v odběrném objektu. Hodnoty vypouštěných odpadních vod za období let

2014 – 2016 dokumentuje tabulka 7. Schéma procesu čištění odpadních vod plavicích a pracích je uvedeno na obr. 83.



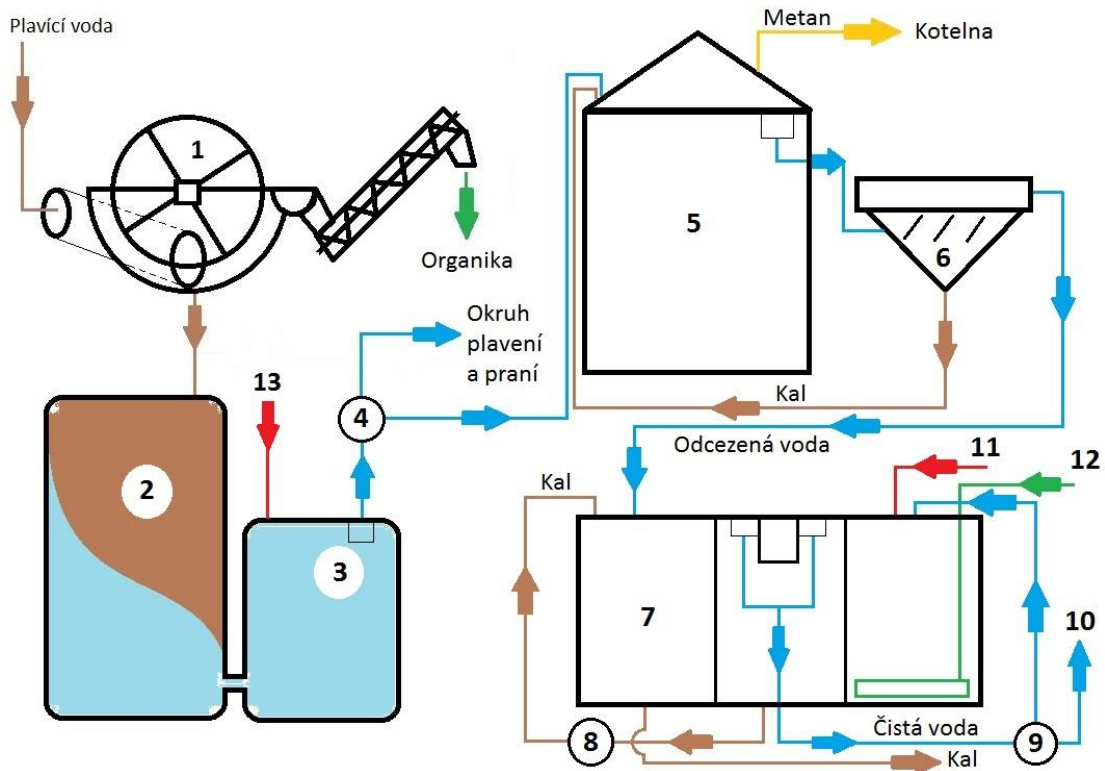
Obr. 82 – Hospodářství odpadních vod v cukrovaru Vrbátky. 1 – vpust' znečištěné odpadní vody plavicí a prací, 2 – kalový rybník, 3 – akumulční rybník, 4 – průmyslová ČOV, 5 – čerpací stanice okruhu předčištěných plavicích a pracích vod, 6 – výrobní budovy cukrovaru, 7 – umístění šoupat pro přívod vody do kalového a akumulčního rybníku z Vrbáteckého náhonu [67]

Tabulka 7 – Hodnoty znečištění odpadních vod vypouštěných z cukrovaru Vrbátky do recipientu (Vrbátecký náhon) [42]

Rok	CHSK _{Cr} [mg·l ⁻¹]	BSK ₅ [mg·l ⁻¹]	NL [mg·l ⁻¹]	N-NH ₄ [mg·l ⁻¹]	N _{celk} [mg·l ⁻¹]	P _{celk} [mg·l ⁻¹]	pH [-]	Teplota °C
2014	43,9	11,1	30	4,85	12,72	0,42	7,55	-
2015	53,2	13,38	21	1,72	12,74	0,28	7,19	-
2016	47,9	11,7	28,1	2,9	13,1	0,7	7,73	-

Oteplené odpadní vody jsou ochlazovány v chladicí věži, poté jsou čerpány do okruhu plavicích a pracích vod a přidávány jako čerstvá voda do řepní pračky. Část oteplených vod je po ochlazení čerpána zpět do technologie, část je přivedena do druhého

stupně (aerobního) ČOV. Přebytky oteplených vod jsou vypouštěny do akumulačního rybníku, kde ředí scezenou vodu z kalových polí a slouží k plavení a praní řepy.



Obr. 83 – Schéma čištění odpadních vod v cukrovaru Vrbátky. 1 – bubnový lapač kořínků a drti, 2 – kalový rybník, 3 – akumulační rybník s přepadem, 4 – čerpadlo okruhu plavicích a pracích vod, 5 – anaerobní reaktor ČOV, 6 – lamelový usazovák ČOV, 7 – aerobní nádrž ČOV, 8 – kalové čerpadlo, 9 – čerpadlo předčištěné odpadní vody, 10 – předčištěná odpadní voda (technologie, recipient), 11 – oteplená voda z chladicí věže, 12 – vzduch z kompressorové stanice, 13 – přebytky oteplených vod z chladicí věže [42]

7.4 Nakládání s odpadními vodami v cukrovaru Opava-Vávrovice

Cukrovar Opava-Vávrovice (obr. 84), obchodním názvem AGRANA – Moravskoslezské cukrovary, a.s. – Odštěpný závod Opava, je stejně jako cukrovar Vrbátky vybaven vlastní průmyslovou ČOV.

Maximální kapacita cukrovaru se uvádí 3 900 t zpracované řepy denně, průměrně je v kampani dosahováno hodnoty kolem 3 800 t za den. Provozní technologická voda je odebírána z mlýnského náhonu Palhanec, který se nachází přibližně 150 m západně od závodu. Voda je do mlýnského náhonu přiváděna z řeky Opavy. Maximální povolené množství odebíraných povrchových vod činí $60 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, $10\,000 \text{ m}^3$ za měsíc, $100\,000$

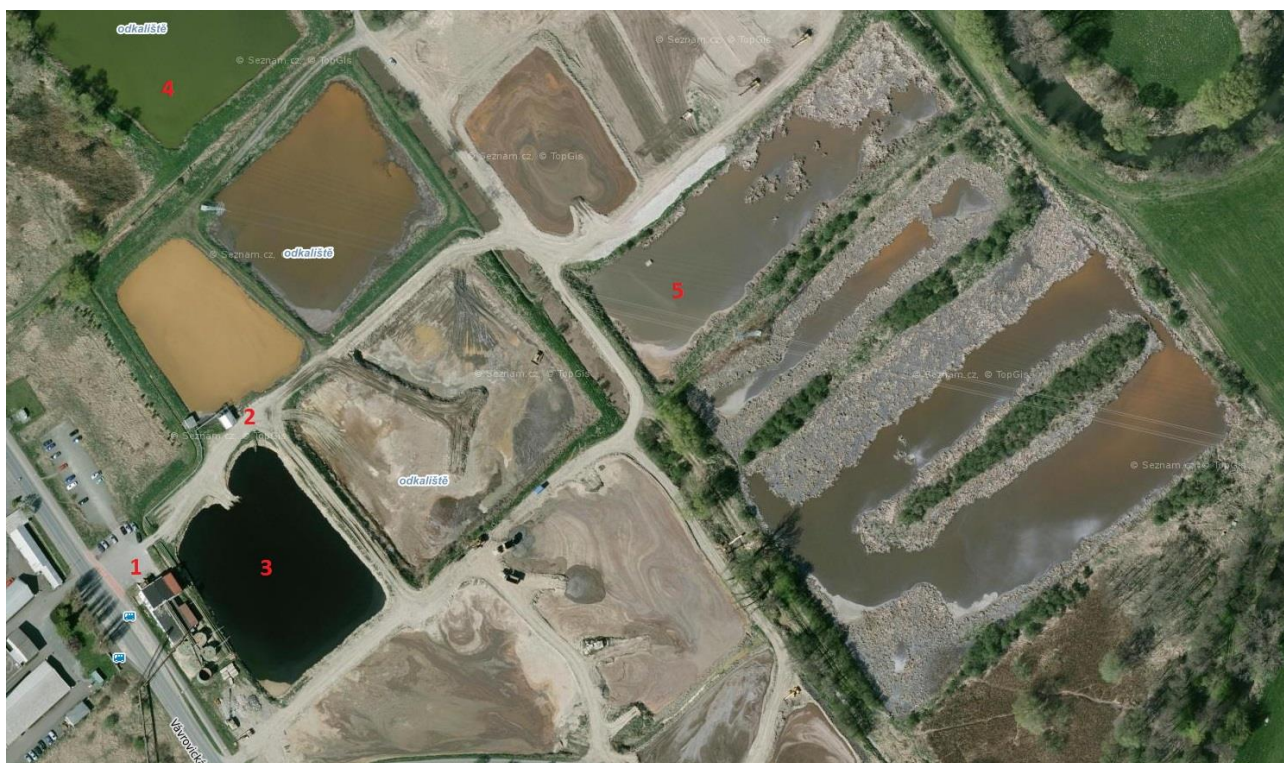
m³ za rok. Cukrovar nedisponuje dalším zdrojem vody, na odběr pitné vody je uzavřena smlouva se SmVAK, a.s. Ostrava v množství dle potřeby provozovatele a tato je odebírána z obecního vodovodu a poté rozvedena po továrně. Hlavním zdrojem technologické vody v průběhu kampaně je opět voda obsažená v bulvách řepy (72 – 75 %), dále je do technologie doplňována čerstvá surová voda z recipientu, ochlazené vody z barometrické kondenzace a vyčištěná odpadní voda z průmyslové ČOV.



Obr. 84 – Cukrovar Opava-Vávrovice (letecký snímek od severovýchodu) [68]

Odpadní voda plavící a prací je svedena do stanice pásových odlučovačů řepních kořínků a drti, odkud je čerpána kalovými čerpadly přes dvůr továrny do přečerpávací stanice u kalových polí a dále na kalová pole. Vzhledem k vyššímu dennímu zpracování řepy cukrovar disponuje rozsáhlejšími kalovými poli (viz obr. 85). Jednotlivé kalové rybníky jsou propojeny přepady s hradítky kvůli regulaci průtoků znečištěné vody. Dále je v kalových polích umístěna druhá (pomocná) čerpací stanice, která slouží jak k rozvádění znečištěné vody do dále umístěných kalových rybníků, tak k čerpání předčištěné vody zpět do okruhu plavících a pracích vod. Tímto způsobem je umožněno čerpání většího množství předčištěných vod a jejich rychlejší recirkulace. Část odpadních vod plavících a pracích, zbavených hlinitého kalu, je čerpána do průmyslové ČOV v areálu závodu (obr. 86), odkud je po vyčištění čerpána zpět do technologie, přebytky jsou vypouštěny do povrchových vod mlýnského náhonu a odtud do řeky Opavy. Maximální množství vypouštěných odpadních vod je stanoveno na $40,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, $105\,000 \text{ m}^3$ za měsíc, $315\,000 \text{ m}^3$ za rok, měření probíhá kontinuálně průtokovým zařízením na odtoku z ČOV – Parshallovým žlabem. Hodnoty emisních limitů vypouštěných odpadních vod musí opět splňovat hodnoty uvedené v nařízení 401/2015 Sb. Odpadní voda, vypouštěná z ČOV je podrobována měření teploty v četnosti 1 x denně, vzorky pro che-

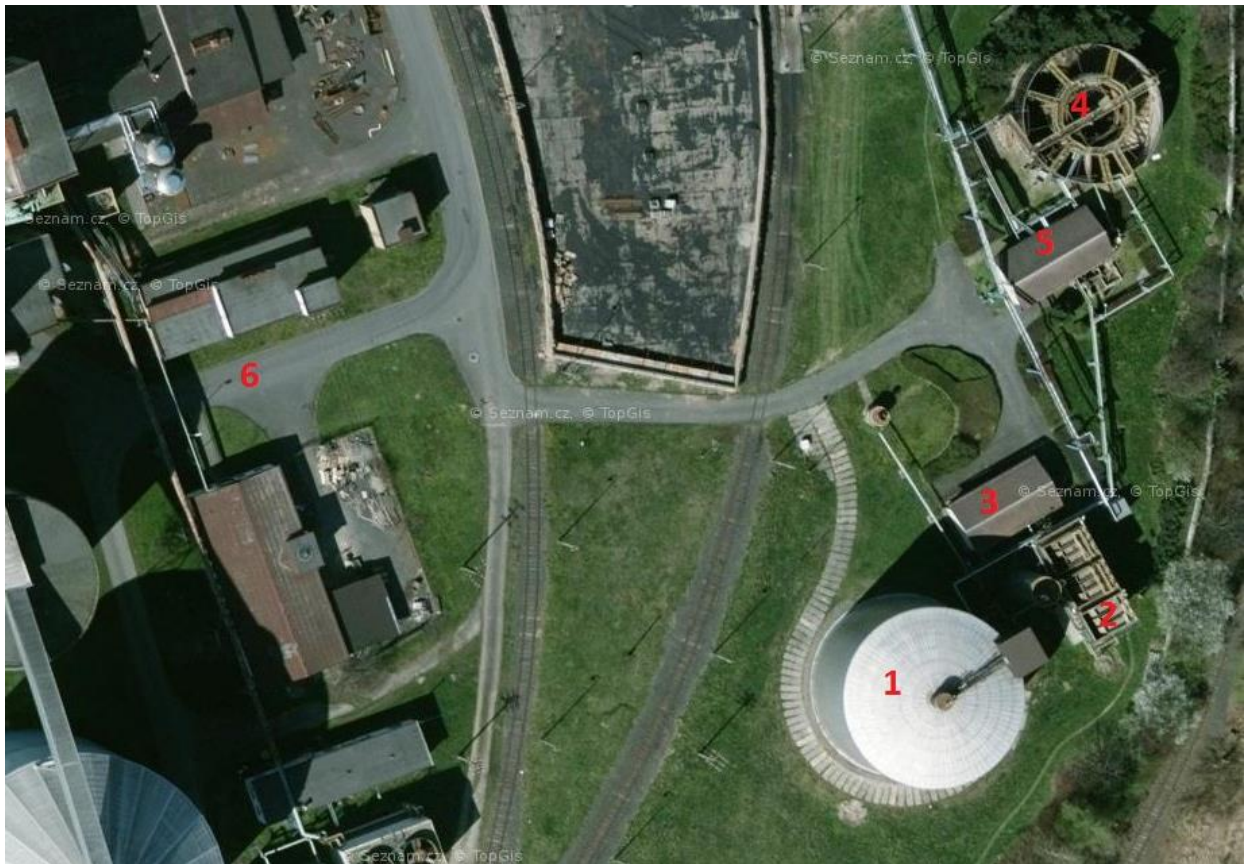
mický rozbor v akreditované laboratoři jsou odebírány 2 x za měsíc po dobu kampaňové výroby. Místo odběru vzorků odpadní vody pro kontrolu kvality se stanovuje na odtoku předčištěných odpadních vod z ČOV. U sledovaného parametru $CHSK_{Cr}$ je v průběhu kampaňe, na vstupu před ČOV, dosahováno hodnoty přibližně $5000 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, hodnoty dosažené po vyčištění v ČOV uvádí za tříleté období tabulka 8. V tabulce 9 je prezentováno celkové množství vypouštěných odpadních vod z ČOV za celý uvedený rok. Bioplyn vzniklý v ČOV je po filtraci využíván spalováním k sušení vyloužených řízků v sušárně řízků [42, 70].



Obr. 85 – Hospodářství odpadních vod v cukrovaru Opava-Vávrovice. 1 – čerpací stanice, 2 – pomocná čerpací stanice, 3 – akumulční rybník, 4, 5 – kalová pole s kalovými rybníky [69]

Odpadní vody oteplené jsou po ochlazení ve ventilátorových chladicích věžích vráceny zpět do technologie (doplňují plavící a prací vody v řepní pračce), část oteplených vod je přivedena do 2. stupně ČOV (aerobního reaktoru). Chladicí rybník cukrovar nevyužívá, voda je dostatečně ochlazená v chladicích věžích a vodní (barometrické) věži. K ochlazení přispívá i mísení teplé odpadní vody s vodami plavíciemi a pracími a jejich následné čerpání a kumulace v kalových polích.

Provozní schémata ČOV (anaerobního a aerobního stupně) dokumentují obr. 87 a obr. 88.



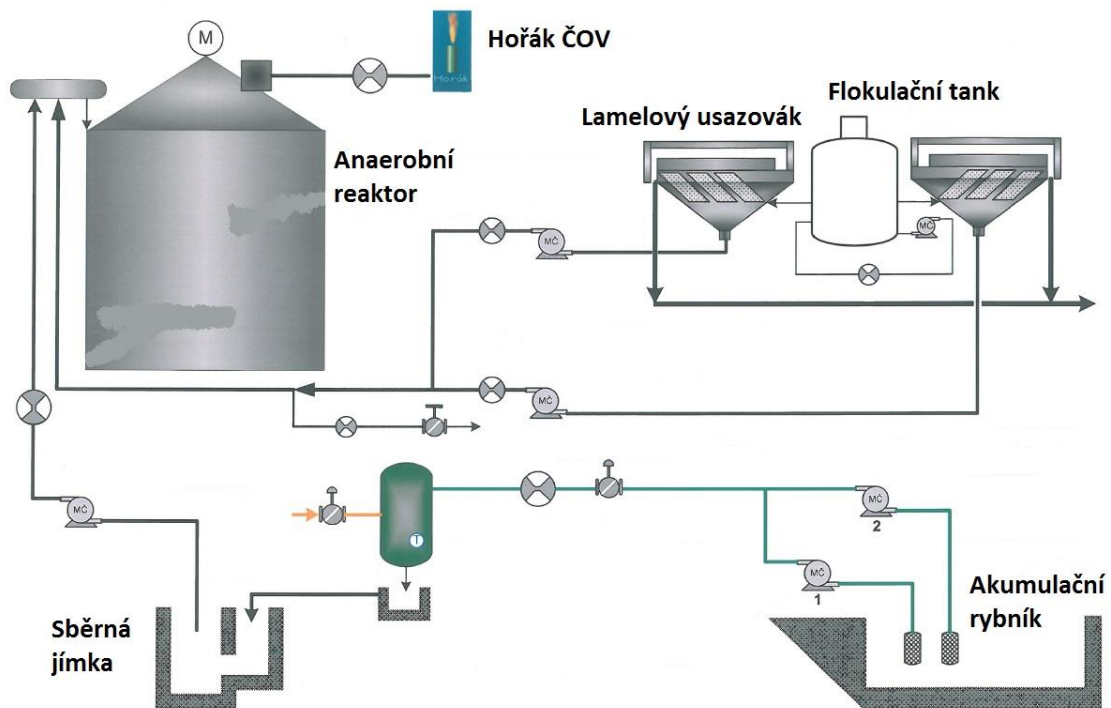
Obr. 86 – Průmyslová ČOV cukrovaru Opava-Vávrovice. 1 – anaerobní reaktor, 2 – lamelové usazovákky, 3 – čerpací stanice, 4 – aerobní nádrž, 5 – kompresorová stanice, 6 – výrobní budovy cukrovaru [69]

Tabulka 8 – Hodnoty znečištění odpadních vod vypouštěných z cukrovaru Opava-Vávrovice do recipientu (mlýnský náhon, následně řeka Opava) [42]

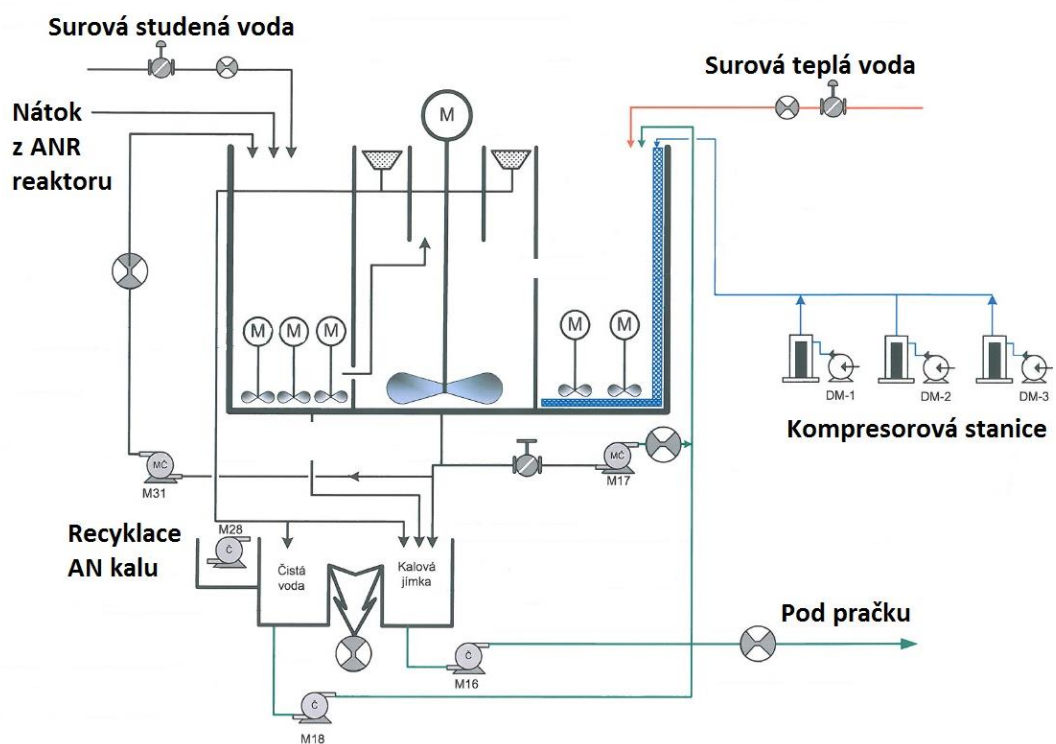
Rok	CHSK _{Cr} [mg·l ⁻¹]	BSK ₅ [mg·l ⁻¹]	NL [mg·l ⁻¹]	N-NH ₄ [mg·l ⁻¹]	N _{celk} [mg·l ⁻¹]	P _{celk} [mg·l ⁻¹]	pH [-]	Teplota °C
2014	37,11	6,69	13,14	0,99	6,35	0,87	8,07	-
2015	81,71	15,24	20,48	0,965	8,64	1,42	8,04	-
2016	31,46	3,9	13,75	0,577	6,58	1,19	8,03	-

Tabulka 9 – Celkové množství vypuštěné odpadní vody z ČOV

Rok	Množství odpadní vody [m ³]
2014	251 668
2015	261 815
2016	259 099



Obr. 87 – Schéma anaerobní části ČOV cukrovaru Opava-Vávrovice [42]



Obr. 88 – Schéma aerobní části ČOV cukrovaru Opava-Vávrovice [42]

8 Závěr

Předložená bakalářská práce se zabývá problematikou čištění průmyslových odpadních vod v technologii výroby cukru. Jelikož jsou české země považovány za kolébkou světového cukrovarnictví, docházelo společně s rozvojem technologií těžení cukru z řepy i k vývoji v oblasti čištění odpadních vod, které cukrovary produkovaly. Voda byla vždy cenným přírodním zdrojem a v průmyslovém odvětví výroby cukru to platí dvojnásob, protože spotřeba vody v technologii je enormní. Z tohoto důvodu se hledaly cesty jak snížit objem spotřeby čerstvé vody a následně zmenšit množství vody odpadní, kterou cukrovary nejčastěji vypouštěly do recipientu. Zásadním krokem bylo zavedení samostatných technologických okruhů jednotlivých druhů vod, jejich úplná izolace bez vzájemného mísení a důkladná recirkulace. K dokonalejšímu čištění přispělo i zavádění sofistikovaného strojního zařízení určeného k odstraňování především sunutých a unášených anorganických i organických nečistot, jejich třídění a v případě organických nečistot jejich dokonalé vracení zpět do výroby. Velkým přínosem bylo také zavedení mechanických difuzí na těžení šťávy, jejichž používání úplně eliminovalo vznik, do té doby velmi závadných, odpadních vod řízkových (difuzních a řízkolisových), a to jejich vracením do extraktorů. Mezi nejzávadnější odpadní vody dnes patří odpadní vody plavící a prací a to zejména z důvodu obsahu organických nečistot a cukrů.

V současné době jsou některé cukrovary téměř soběstačné ve spotřebě provozní technologické vody. Téměř ze 75 % je využívána voda obsažená v řepních bulvách a zbytek vody je recirkulován. Malé množství čerstvé vody je přidáváno, aby byly kryty ztráty, zejména odparem. K tomuto účelu slouží voda povrchová, z recipientu, voda podzemní, kondenzáty nebo voda vyčištěná v průmyslové ČOV. Cukrovary v průběhu kampaně dosahují přebytků odpadních vod, tyto přebytky se dříve vypouštěly volně do recipientu, v dnešní době se dochází k jejich předčištění a až poté jsou vypouštěny. Kvalita takto vypouštěných vyčištěných odpadních vod musí samozřejmě splňovat přísné emisní limity dané platnou legislativou. Mimo kvalitu se určuje také objemové množství vypouštěných odpadních vod, které je dáno maximálním přípustným objemem, který je možno vypustit za kalendářní rok. Legislativa také stanovuje četnost a místa odběrů vypouštěných odpadních vod, způsoby měření průtoků a postupy v případě překročení nastavených limitů.

Nejefektivnějším způsobem čištění cukrovarských odpadních vod je podrobit je biologickému čištění, samozřejmě až po efektivním zbavení většiny hlinitého kalu na kalových polích. Anaerobní a aerobní stupeň ČOV dává na výstupu vyčištěnou od-

padní vodu s kvalitativními parametry hluboko pod stanovenými emisními limity. Dalším přínosem je možnost vracení vyčištěné vody zpátky do technologie a v neposlední řadě minimální zátěž pro životní prostředí, pokud je odpadní voda vypouštěna do recipientu. Výhodou je také využití bioplynu vznikajícího v anaerobním reaktoru např. na topení, výrobu elektrické energie nebo na sušení řízků. Ovšem není pravidlem, že každý cukrovar je průmyslovou ČOV vybaven. Ze 4 cukrovarů, které byly v práci hodnoceny, mají pouze 2 svoji ČOV, 1 závod využívá obecní ČOV a 1 závod nechává vodu na kalových polích, kde dochází k její akumulaci a výparu. Při srovnání těchto závodů lze vyvodit obecné závěry, že cukrovary, které využívají průmyslovou ČOV dosahují lepšího využití odpadních vod a jejich efektivnější recirkulaci. Míra znečištění nenarůstá takovým tempem, jako v případě cukrovarů bez ČOV, z toho plyne menší potřeba čerstvé vody na ředění již znečištěných vod a možnost vypouštění přebytků do recipientů. Nevýhodou ČOV je především vyšší ekonomická zátěž závodu, tzn. náklady spojené se spotřebou energií a náklady na personál určený pro chod ČOV, její údržbu a opravy.

Cílem práce bylo zhodnotit současný stav řešené problematiky, provést obecný popis vybrané technologie s definováním míst vzniku odpadních vod, jejich kvalitativním zhodnocením a uvést používané způsoby s jejich nakládáním. Všechny cíle byly v práci stručně uvedeny a zhodnoceny. Práce se zabývá aktuálním tématem, které je ovšem, pro jeho obsáhlost, schopna postihnout pouze v dílčích oblastech. Z tohoto důvodu by si práce zasloužila pokračování se zaměřením na konkrétní a podrobnější aspekty čištění cukrovarských odpadních vod, například z mikrobiologického hlediska a z hlediska využití odpadních vod a cukrovarských produktů (řízků) v bioplynových stanicích.

9 Seznam použité literatury

- [1] BROŽ, F., DOLINEK, A., KLABAN, S., PAVLAS, P. *Praktické cukrovarnictví*. Praha: Ministerstvo potravinářského průmyslu a výkupu zemědělských výrobků, 1958, 491 s. D-572661.
- [2] ŠOUŠA, J. České banky a cukrovarnické podnikání. *LCaŘ*. 2010, roč. 126, č. 9-10, s. 291-295.
- [3] VYSKOČIL, A. Bílé zlato a budování železniční sítě. *LCaŘ*. 2010, roč. 126, č. 9-10, s. 284-287.
- [4] SMRČEK, O. Výroba strojů a technologického zařízení pro cukrovary v českých zemích v době průmyslové revoluce. *LCaŘ*. 2010, roč. 126, č. 9-10, s. 296-299.
- [5] JOUZA, L., JOUZOVÁ, M. Wiesnerové a cukrovarnictví ve středních a východních Čechách. *LCaŘ*. 2010, roč. 126, č. 9-10, s. 304-308.
- [6] SMUTNÝ, V. Zařízení pro cukrovary vyráběná strojírnou Wiesner Chrudim. *LCaŘ*. 2008, roč. 124, č. 7-8, s. 237-239.
- [7] BRETSCHNEIDER, R. *Technologie cukru (surovárna a rafinérie)*. Praha: SNTL, 1969, 401 s. 04-837-69.
- [8] DRACHOVSKÁ-ŠIMANOVÁ, M., R. KARGL, A. MIRČEV, F. PŘIDAL, K. ŠANDERA, J. VOTAVA. *Základy cukrovarnictví. II. díl. Výroba surového cukru a vedlejších produktů*. Praha: SNTL, 1957, 3216 s. L 18-C 3-3-II.
- [9] PETRŮ, A. a kol. *Čištění průmyslových odpadních vod*. Praha: SNTL, 1957, 396 s. L17-B3-3-I/7290.
- [10] Předpis č. 254/2001 Sb., *Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)*, ze dne 28. 6. 2001.
- [11] KLIKOVÁ, A. *Vodní právo*. Disertační práce. PF MU, Brno. 2008, 186 s.
- [12] ČERNÝ, J. *Vodní knihy, vodní právo a vodoprávní technika*, Publikace Ministerstva zemědělství a lesnictví, Praha 1943.
- [13] Směrnice Evropského Parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky.
- [14] Nařízení vlády 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.
- [15] Nařízení vlády 57/2016 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních.
- [16] Zákon 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.

- [17] Nařízení vlády 71/2003 Sb., o stanovení povrchových vod vhodných pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů a o zjišťování a hodnocení stavu jakosti těchto vod.
- [18] Vyhláška 450/2005 Sb., o náležitostech nakládání se závadnými látkami a náležitostmi havarijního plánu, způsobu a rozsahu hlášení havárií, jejich zneškodňování a odstraňování jejich škodlivých následků.
- [19] Vyhláška 252/2013 Sb., o rozsahu údajů v evidencích stavu povrchových a podzemních vod a o způsobu zpracování, ukládání a předávání těchto údajů do informačního systému veřejné správy.
- [20] Vyhláška 20/2002 Sb., o způsobu a četnosti měření množství vody.
- [21] Vyhláška č. 357/2013 Sb., o katastru nemovitostí (katastrální vyhláška).
- [22] Zákon 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon).
- [23] ROLPH, G. M. *Something About Sugar: Its History, Growth, Manufacture and Distribution (Classic Reprint)*. Fb & C Limited, 2016, 528 s. ISBN 978-13-3165-65-9.
- [24] KADLEC, P. a kol. *Technologie potravin – Přehled tradičních potravinářských výrob.* Key Publishing Ostrava, 2012, 569 s. ISBN 978-80-7418-145-0.
- [25] Dostupné z www stránek:
http://www.nordicsugar.com/fileadmin/Nordic_Sugar/Brochures_factsheet_policies_news/Download_center/Sugar_production_folder/SK_NZ_Zuckergewinnung_Druck_2015.pdf
- [26] Dostupné z www stránek:
https://www.google.cz/search?q=svoz+cukrovky&client=firefox-b&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjvuc7wk67SAhWF3SwKHS64BKAQ_AUICCGb&biw=1600&bih=765#imgrc=b8Jtg1ja3dOGSM:
- [27] Dostupné z www stránek: <http://www.hps.cz/vyroba-cukru/>
- [28] Dostupné z www stránek:
http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=759&typ=html
- [29] Dostupné z www stránek: <http://old.pglbc.cz/files/chv/cukr/schema.html>
- [30] Dostupné z www stránek:
http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=3654&typ=html
- [31] Dostupné z www stránek:
http://prerovsky.denik.cz/zpravy_region/cukrovar_prosenice20070919.html
- [32] Dostupné z www stránek: http://evule15.rajce.idnes.cz/Cukrovar_Prosenice/
- [33] Dostupné z www stránek:
<http://projektysipvz.gytool.cz/projektysipvz/default.aspx?uid=376>
- [34] CHALUPA, J. S. *Strojní zařízení cukrovarů a rafinerií řepných i třtinových. I. díl. Výroba těžké šťávy.* 1954, SNTL Praha, 240 s.

- [35] MUŽÍK, O., KÁRA, J., HANZLÍKOVÁ, I. Potenciál cukrovarských řízků pro výrobu bioplynu. *LCaŘ*. 2012, roč. 128, č. 7-8, s. 246-250.
- [36] ŠÁRKA, E. Saturační kal – možnosti použití a vlastnosti. *LCaŘ*. 2008, roč. 124, č. 12, s. 349-357.
- [37] Dostupné z www stránek: <https://sebevrah.rajce.idnes.cz/exkurze-cukrovar/>
- [38] CHALUPA, J. S. *Strojní zařízení cukrovarů a rafinerií řepných i třtinových. II. díl. Výroba surového a rafinovaného cukru*. 1957, SNTL Praha, 320 s.
- [39] GEBLER, J. *Výroba surového a bílého cukru. IV. Surovárenské cukroviny*. 1975, SNTL Praha, 168 s.
- [40] Dostupné z www stránek: <http://www.korunnicukr.cz/moderni-historie>
- [41] Dostupné z www stránek: <http://www.tako.cz/cs/rizeni-kvality/9-obrazek/>
- [42] NĚMCOVÁ, I. Technická dokumentace autorky získaná při návštěvě podniku. Podzim 2015.
- [43] BUBNÍK, Z. a kol. Aplikace prostředku SUCAZUR při desinfekci extraktoru. *LCaŘ*. 1998, roč. 114, s. 151-159.
- [44] VÍTĚZ, T., GRODA, B. *Čištění a čistírny odpadních vod*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. 126 s. ISBN 978-80-7375-180-7.
- [45] OBAL, L. a kol. *Bioetanol TTD České Meziříčí včetně ČOV*. Dokumentace dle zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí (dle přílohy č. 4, zákona). Technické služby ochrany ovzduší Ostrava, spol. s.r.o., 2005, 84 s.
- [46] Dostupné z www stránek:
<http://users.fs.cvut.cz/pavel.hoffman/PREDMETY/VLP/Foto%20cu%20Modrany/modrany.htm>
- [47] NĚMCOVÁ, I. Vlastní fotodokumentace autorky pořízená při návštěvě podniku. Podzim 2015.
- [48] Dostupné z www stránek:
http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=990&typ=html
- [49] Dostupné z www stránek:
http://homen.vsb.cz/hgf/546/Materialy/Radka_2010/mc.html
- [50] Dostupné z www stránek:
http://www.envites.cz/doc/prosp_lamelovy_usazovak.pdf
- [51] Dostupné z www stránek: <http://www.ms-cbs.cz/floristicky-kurz-ceske-botanicke-spolecnosti-litovel-2015-12-18-7-2015/>
- [52] LIBRA, J. *Stavby pro odpadové hospodářství*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2005. 102 s.
- [53] Dostupné z www stránek: http://www.koneko.cz/detail-fotografie/36/foto_310.html

- [54] Dostupné z www stránek: <http://www.tako.cz/cs/reference/cistirny-odpadnich-vod/14-obrazek/>
- [55] Dostupné z www stránek: <http://www.bioreal.cz/fotogalerie-prumyslovych-a-komunalnich-cov>
- [56] ŠUBERT, O., ČÍŽEK, J., NOVÁKOVÁ, L. *Model chladicí věže*. Sborník konference STČ. Fakulta strojní, ČVUT v Praze, 2008.
- [57] Dostupné z www stránek: <http://www.brownfieldy-jmk.cz/detail/?id=4101>
- [58] Dostupné z www stránek:
[http://fsinet.fsid.cvut.cz/cz/U218/peoples/hoffman/PREDMETY/VLP/Cu%20Do brovice/cukrovar1.htm](http://fsinet.fsid.cvut.cz/cz/U218/peoples/hoffman/PREDMETY/VLP/Cu%20Do%20brovice/cukrovar1.htm)
- [59] Dostupné z www stránek: <http://doxa-celak.blog.cz/en/1212/rovinami-hane-z-cervenky-do-prostejova>
- [60] Dostupné z www stránek:
<https://mapy.cz/zakladni?x=17.0679963&y=49.7094526&z=17&base=ophoto&source=muni&id=20>
- [61] Integrované povolení právnické osobě – Litovelská cukrovarna, a.s., vydané Krajským úřadem Olomouckého kraje, Odborem životního prostředí a zemědělství. Olomouc, 2007, č.j. KUOK 99104/2006, 18 s.
- [62] Dostupné z www stránek: <http://koda.kominari.cz/?action=fotka&id=17115>
- [63] Integrované povolení právnické osobě – Hanácká potravinářská společnost s.r.o., vydané Krajským úřadem Olomouckého kraje, Odborem životního prostředí a zemědělství. Olomouc, 2008, č.j. KUOK 29929/2007, 16 s.
- [64] Dostupné z www stránek:
<https://mapy.cz/zakladni?x=17.4921604&y=49.4941629&z=18&base=ophoto>
- [65] Dostupné z www stránek: <http://www.cukrovarvrbatky.cz/o-cukrovaru/>
- [66] ZAGOROVÁ, J. *Vyjádření k žádosti o integrované povolení – Cukrovar Vrbátky a.s.* CENIA, česká informační agentura životního prostředí, Praha 2007, č.j. 5150/CEN/07, 28 s.
- [67] Dostupné z www stránek:
<https://mapy.cz/zakladni?x=17.2090372&y=49.5074233&z=18&base=ophoto>
- [68] Dostupné z www stránek: <http://www.korunnickr.cz/moderni-historie>
- [69] Dostupné z www stránek:
<https://mapy.cz/zakladni?x=17.8705101&y=49.9662320&z=18&l=0&base=ophoto>
- [70] Integrované povolení právnické osobě – Moravskoslezské cukrovary, a.s., odštěpný závod Opava, vydané Krajským úřadem Moravskoslezského kraje, Odborem životního prostředí a zemědělství. Ostrava, 2007, č.j. MSK 201151/2006, 14 s.

10 Přehled použitých symbolů a zkratek

ABGB	Allgemeines bürgerliches Gesetzbuch für die gesamten Deutschen Erbländer der Österreichischen Monarchie
BMA	Braunschweigische Maschinenbauanstalt AG
BSK ₅	biologická spotřeba kyslíku
Ca(OH) ₂	hydroxid vápenatý
CaCO ₃	uhličitan vápenatý
CaO	oxid vápenatý
Cl ₂	chlor
CO	oxid uhelnatý
CO ₂	oxid uhličitý
CuSO ₄	síran mědnatý
čes. z.z.	český zemský zákon
ČOV	čistírna odpadních vod
ČSR	Československá republika
DdS	Diffusion des Savoires
EU	Evropská unie
H ₂ S	sulfan (sirovodík)
CHSK _{Cr}	chemická spotřeba kyslíku
KDP	Kontinuální Difuze Přidal
„m“	Maximální koncentrace, která je nepřekročitelná
N _{anorg}	celkový anorganický dusík
N _{celk}	celkový dusík
NH ₃	amoniak
(NH ₄) ₂ CO ₃	uhličitan amonný
NL	nerozpuštěné látky
N-NH ₄ ⁺	amoniakální dusík
O ₂	kyslík
„p“	Přípustná hodnota koncentrace, která není ročním průměrem a může být překročena v povolené míře podle hodnot v příloze

	č. 5 nařízení 401/2015 Sb.
P_{celk}	celkový fosfor
pH	power of hydrogen
Q	průtok [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
RAS	rozpuštěné anorganické soli
RL	rozpuštěné látky
RT	rotary
ř.z.	říšský zákon
S	plocha [m^2]
Sb. z. a n.	Sbírka zákonů a nařízení
SmVAK	Severomoravské vodovody a kanalizace
SO ₂	oxid siřičitý
V	objem [m^3]
(Z)	Limity ukazatelů označené indexem (Z) jsou platné pro období, ve kterém je teplota vody nižší než 12 °C
