

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



Zpracování odpadu z průmyslového pivovaru

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Chládek Ladislav, CSc.

Vypracoval: František Brych

PRAHA 2011

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra technologických zařízení staveb

Akademický rok 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

František Brych

obor Technika a technologie zpracování odpadů

Vedoucí katedry Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu ČZU v Praze
čl. 16 určuje tuto bakalářskou práci.

Název práce: **zpracování odpadů z průmyslového pivovaru**

Osnova bakalářské práce:

1. Úvod
2. Cíl práce a metodika
3. Literární rešerše
4. Závěr
5. Seznam literatury
6. Přílohy

Rozsah hlavní textové části: 30 - 40 stran

Doporučené zdroje:

1. KUNZE, W.: Technology of Brewing and Malting, 3rd completely updated English Edition, 2004, Berlin: VLB, 950 s. ISBN 3-921 690 – 49- 8
2. KOSAŘ, K.- PROCHÁZKA, S. Technologie výroby piva a sladu. První. vydání. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. 398 s. ISBN 80-902658-3,
3. CHLÁDEK, L. Pivovarnictví, 2007. První vydání. Praha: Grada 2007. ISBN: 978-80-247-1616-9,
4. Odborné články s nápojovou tematikou, časopisy Kvasný průmysl, Brauwelt International English version, ročníky 1995 - 2009,
5. Odborné články s nápojovou tematikou na webu.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Ladislav Chládek, CSc.**

Termín zadání diplomové práce: listopad 2009

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2011

.....
Vedoucí katedry



.....
Děkan

V Praze dne: 30. 11. 2009

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Ladislava Chládky, CSc. s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Praze, 30. 4. 2011



.....

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval panu doc. Ing. Ladislavu Chládkovi, CSc. za odborné vedení a poskytnuté rady, které vedly ke konečné podobě této práce.

Abstrakt: Tato bakalářská práce se zabývá možnostmi a způsoby zpracování odpadů vzniklých při výrobě piva. Jsou zde popsány způsoby zpracování tuhých a kapalných odpadů (pivovarské mláto, odpadní kvasnice, odpadní křemelina), dále je zde popsán způsob jímání oxidu uhličitého z procesu kvašení a možnosti jeho využití, zmíněny jsou zde i způsoby nakládání s ostatními odpady (skleněné střepy, plasty, papírové etikety, nebezpečné odpady). Část práce se zabývá popisem technologie čištění pivovarských odpadních vod. Součástí práce je i stručný popis technologie výroby piva.

Klíčová slova: pivovarské odpady, pivovarské mláto, odpadní pivovarské kvasnice, oxid uhličitý, odpadní křemelina, odpadní vody

The brewery waste treatment

Summary: This thesis deals with the ways and possibilities of brewery waste processing. There are several methods of processing solid and liquid wastes (brewers grains, waste yeast, waste kieselguhr, waste water), there is also described collecting carbon dioxide from the fermentation process for its next use, there are also mentioned the ways of dealing with other wastes (glass cullet, plastics, paper labels, hazardous waste). Part of the thesis describes the purification technology of brewery wastewater. The thesis also includes a brief description of the technology of beer production.

Keywords: brewery waste, spent grains, waste yeast, carbon dioxide, waste kieselguhr, waste water

Obsah

Úvod.....	1
Cíl práce a metodika	2
1. Technologie výroby piva	3
1.1 Základní suroviny pro výrobu piva.....	3
1.1.1 Voda.....	3
1.1.2 Slad	4
1.1.3 Chmel.....	4
1.1.4 Pivovarské kvasinky	5
1.2 Technologie výroby piva	5
1.2.1 Mletí sladu – šrotování	5
1.2.2 Vystírání a zapařování	5
1.2.3 Rmutování.....	6
1.2.4 Scezování sladiny a vyslazování mláta.....	6
1.2.5 Vaření sladiny s chmelem – chmelovar	7
1.2.6 Chlazení mladiny a odlučování kalů.....	7
1.2.7 Kvašení mladiny a dokvašování piva	8
1.2.7.1 Kvašení mladiny – hlavní kvašení.....	8
1.2.7.2 Dokvašování piva	9
1.2.8 Filtrace piva	10
1.2.9 Stáčení piva.....	10
2. Vznik odpadů a jejich zpracování.....	11
2.1 Množství odpadů.....	11
2.2 Sladové mláto	12
2.2.1 Složení sladového mláta	12
2.2.2 Získávání sladového mláta.....	13
2.2.2.1 Skladování mláta.....	15
2.2.3 Využití mláta.....	15
2.2.3.1 Využití pro krmné účely	15
2.2.3.2 Využití jako energetický zdroj.....	16
2.2.3.3 Ostatní způsoby využití	17
2.3 Chmelové mláto	17
2.3.1 Získávání chmelového mláta a jeho složení	17
2.3.2 Zpracování chmelového mláta.....	18
2.4 Odpadní pivovarské kvasnice	18
2.4.1 Získávání odpadních kvasnic.....	19
2.4.2 Zpracování odpadních kvasnic	19
2.4.3 Využití odpadních kvasnic.....	19
2.4.3.1 Využití odpadních kvasnic jako krmiva	19
2.4.3.2 Využití odpadních kvasnic v potravinářství	20
2.4.3.3 Využití odpadních kvasnic jako doplněk stravy	20
2.4.3.4 Využití odpadních kvasnic při výrobě bioplynu.....	21
2.5 Odpadní křemelina.....	21
2.5.1 Využití odpadní křemeliny	21
2.6 Odpadní oxid uhličitý	22

2.6.1	Získávání oxidu uhličitého.....	22
2.6.2	Zpracování oxidu uhličitého	23
2.6.3	Využití oxidu uhličitého	24
2.7	Odpadní vody.....	25
2.7.1	Charakter pivovarských odpadních vod	26
2.7.2	Čištění pivovarských odpadních vod.....	27
2.7.2.1	Mechanické čištění	27
2.7.2.2	Chemické a fyzikálně chemické čištění.....	28
2.7.2.3	Biologické čištění	29
2.7.3	Produkty vznikající při čištění odpadních vod a jejich využití.....	30
2.8	Ostatní odpady	31
2.9	Legislativa odpadového hospodářství v pivovaru	32
3.	Závěr	34

Úvod

Při výrobě piva dochází stejně tak jako v jiných průmyslových výroбах k produkci odpadů. Pivovarské odpady představují typický příklad odpadů potravinářského průmyslu tzn. minimálně znečišťují ovzduší, ale značně znečišťují odpadní vody organickými látkami.

V dnešní době lze využít téměř všechny odpady vzniklé při výrobě piva tak, že na skládku je nutné ukládat jen zanedbatelné množství. U většiny odpadů se nabízí několik možností využití. Použití moderních postupů a technologií při jejich zpracování je šetrné k životnímu prostředí a zároveň může být pro pivovar velice ekonomicky výhodné.

V první kapitole je popsán způsob výroby piva, na podkapitoly v této části je později odkazováno při popisování jednotlivých druhů odpadů. Následuje hlavní část práce „Vznik odpadů a jejich využití“ kde jsou popsány způsoby vzniku odpadů, způsoby jejich zpracování a možnosti jejich využití. Poslední kapitolou je závěr.

Cíl práce a metodika

Úkolem této bakalářské práce je podat přehled o vznikajících odpadech při výrobě piva v průmyslových pivovarech a o způsobech nakládání s těmito odpady. Práce je soustředěna především na procesy a postupy, které jsou v průmyslových pivovarech nejpoužívanější. Pro představu o vznikajících odpadech a o jejich složení je nutné znát jednotlivé fáze procesu výroby piva, které jsou stručně nastíněny v kapitole „Technologie výroby piva“. Následuje kapitola „Vznik a zpracování odpadů“, která je zaměřena již na samotné zpracování jednotlivých odpadů, u jednotlivých odpadů je popsán proces jejich vzniku, postup jejich zpracování a možnosti jejich využití.

Před začátkem shromažďování informací o vznikajících odpadech z průmyslových pivovarů bylo nutné nejprve nastudovat základy technologie výroby piva. Následovalo prostudování odborných knih a vědeckých článků zabývajících se výrobou piva a zpracováním odpadů. Veškeré teoretické informace byly poté porovnány se skutečnou situací v českých průmyslových pivovarech.

1. Technologie výroby piva

V této kapitole bude stručně popsán postup výroby piva od výběru základních surovin až po konečné stáčení piva do přepravních obalů, na podkapitoly v této části se budu později odkazovat při popisování jednotlivých druhů odpadů.

1.1 Základní suroviny pro výrobu piva

Pivo je slabě alkoholický nápoj vyráběný z obilného sladu, vody a chmele za účasti mikroorganismů – pivovarských kvasinek.

1.1.1 Voda

Pivovarství patří mezi průmyslová odvětví s největší spotřebou vody. Vody v pivovarství se dělí do tří základních skupin:

- **Varní voda** – Varní voda je jedna ze základních surovin pro výrobu piva. V zásadě musí svými vlastnostmi splňovat požadavky na pitnou vodu. Fyzikálně-chemické a biologické vlastnosti vody ovlivňují kvalitu i specifické vlastnosti určitých druhů pív.
- **Mycí a sterilační voda** – Nesmí obsahovat mikroorganismy, chemické kontaminanty a nesmí zapáchat, doporučuje se chlorovat.
- **Provozní voda** – Musí odpovídat standardům stanoveným pro jednotlivé operace a zařízení.

1.1.2 Slad

Slad je naklíčené a usušené obilné zrnó. V ČR se nejčastěji používá slad z ječmene. V České republice se nejběžněji vyrábějí dva typy sladů, světlé slady plzeňského typu pro světlá piva a tmavé slady mnichovského typu pro tmavá piva. [4]

1.1.3 Chmel

Chmel a z této suroviny vyrobené přípravky jsou doposud nezastupitelnou surovinou dávající pivu typickou hořkost a aroma odlišující je od jiných alkoholických i nealkoholických nápojů. [4]

Chemická nestabilita a relativně nízká účinnost využití nejdůležitějších složek chmele při výrobě piva, vysoké nároky na skladování a obtížná manipulovatelnost s hlávkovým chmelem byly hlavní motivací vývoje různých typů chmelových výrobků. V současné době lze dostupné chmelové výrobky podle způsobu výroby rozdělit do tří základních skupin:

- **Výrobky připravené mechanickými úpravami hlávkového chmele** - Do této skupiny patří mleté a granulované chmele, tyto výrobky jsou svým charakterem nejbližší původnímu zpracovávanému chmelu.
- **Výrobky připravené fyzikálními úpravami přírodního hlávkového chmele** - Do této skupiny patří nemodifikované chmelové extrakty připravené pomocí různých ekologicky nezávadných rozpouštědel, především ethanolu a oxidu uhličitého.
- **Výrobky připravené chemickými úpravami** - Do této skupiny patří chemicky upravený hlávkový chmel nebo, mnohem častěji, jeho jednotlivé složky, zejména α -hořké kyseliny, předem separované ve formě extraktu nebo výluhu.

1.1.4 Pivovarské kvasinky

Kvasinky jsou jednobuněčné organismy. Jejich taxonomické zařazení je:

- **Nadříše** - *Eukaryota*
- **Říše** - *Fungi* (houby)
- **Třída** - *Ascomycetes*
- **Čeleď** - *Saccharomycetaceae*
- **Podčeleď** – *Saccharomycoideae*

Metabolismus kvasinek – látková výměna je z pivovarského hlediska hlavně přeměnou zkvasitelných cukrů na alkohol a oxid uhličitý za účasti řady enzymů a koenzymů. Metabolismus kvasinek je ovlivňován složením mladiny, vlastnostmi kvasnic a podmínkami procesu. [16]

1.2 Technologie výroby piva

1.2.1 Mletí sladu – šrotování

Mletí neboli šrotování sladu se provádí za účelem dokonalého vymletí endospermu sladových zrn na vhodné podíly jemných a hrubých částic při zachování celistvosti obalových pluch (obalových částí zrna). Mechanické rozrušení zrna je potřebné pro zpřístupnění extraktivních látek sladu a urychlení jejich rozpouštění. Po rozemletí sladu nesmí šrot obsahovat žádná celá zrna.

Způsob mletí a podíl jemných a hrubých částic sladového šrotu se volí podle zařízení, které je k dispozici pro scezování sladiny. [16]

1.2.2 Vystírání a zapařování

Cílem vystírání je dobře smíchat sladový šrot s nálevem varní vody z důvodů převedení maximálního množství rozpustných látek sladu do roztoku. Převod látek do

roztoku ovlivní celý další proces výroby piva i jeho kvalitu. Množství rozpuštěných látek závisí na množství a složení použitých surovin na várku a na objemu vody v hlavním nálevu.

V průběhu vystírání se smísí sypání, tj. rozemletý slad s hlavním nálevem vody. Hlavní nálev bývá rozdělen do dvou podílů. Nejprve se smíchá se sladovým šrotem první podíl vody, který má teplotu příslušnou postupu vystírky, poté se přimíchá druhý podíl horké vody, kterým se provede zapárka (podporuje činnost enzymů). [4], [16]

1.2.3 Rmutování

Cílem rmutování je převedení žádoucích složek extraktu varních surovin (veškerý škrob, vhodný podíl bílkovin a další látky) do roztoku. Naopak jsou zde i složky, které se snažíme omezit, např. polyfenoly sladových pluch. Volbou vhodných podmínek rmutování, zejména teplotního průběhu, ovlivňujeme působení enzymů tak, aby se dosáhlo optimálního složení sladiny.

Existuje řada variant rmutování, které se udržují v jednotlivých pivovarech, pokud se prokázal optimální vliv na vlastnosti určitého piva. V zásadě se postupy rmutování dělí na dekokční a infuzní. [4]

- **Dekokční postupy** – Realizují se postupným vyhříváním jednoho až tří podílů rmutu (postupy jednormutové, dvourmutové a třírmutové) na technologicky důležité teploty a povařováním těchto podílů.
- **Infuzní postup** - Zajišťuje rozpouštění a štěpení extraktu sladu s dlouhodobějším účinkem sladových enzymů při současném tepelném působení. Infuzní postup je podstatně kratší než dekokční postupy a méně energeticky náročný, vhodný pro dobře rozluštěné slady.

1.2.4 Scezování sladiny a vyslazování mláta

Odrmutované dílo lze popsat jako suspenzi mláta ve vodném roztoku extraktivních látek, tj. ve sladince. Obě tyto složky je potřeba od sebe oddělit.

Cílem scezování je získat čirou sladinu a maximum extraktu, který do procesu přinesly suroviny. Cílem vyslazování je vyluhovat z mláta pomocí vody zbytkový extrakt, který mláto zadržuje. V první fázi, fázi scezování, se s využitím filtrační vrstvy mláta oddělí hlavní podíl sladiny tj. „předku“, ve druhé fázi, fázi vyslazování, se mláto promyje horkou vodou, tím získáme zředěnou sladinu zvanou „výstřelky“. Jakmile dosáhne celkový objem předku a výstřelků požadované hodnoty, scezování se ukončí. [4], [16]

Po skončení scezování a vyslazování získáme sladinu jako produkt a sladové mláto jako odpad.

1.2.5 Vaření sladiny s chmelem – chmelovar

Při vaření sladiny s chmelem dochází k řadě fyzikálních, chemických a biochemických reakcí za spolupůsobení vlivu mechanického pohybu. Výsledek se promítne ve složení mladiny a ovlivňuje další průběh technologie a vlastnosti piva.

Cílem chmelovaru je:

- Odpařit přebytečnou vodu a těkavé látky a docílit tak obsah extraktu mladiny odpovídající typu vyráběného piva.
- Inaktivace enzymů a sterilizace mladiny.
- Rozpustit a izomerovat hořké látky chmele.
- Rozpustit a upravit další složky chmele a chmelových produktů.
- Snížit hodnotu pH.
- Vytvořit redukující látky.
- Zajistit oxidační reakce.

Výsledkem chmelovaru je mladina.

1.2.6 Chlazení mladiny a odlučování kalů

Vyrobená mladina ve varně pivovaru se musí před zakvašením ochladit na zákvasnou teplotu. Při chlazení se mladina současně provzdušňuje a vylučují se z ní hrubé a jemné kaly. Tyto procesy probíhají od teploty blízké 100 °C na teplotu 5 až 6 °C pro

tradiční „studené“ kvašení. Chlazení mladiny musí proběhnout za podmínek, které vyloučí biologické znečištění rozvojem mikrobiální infekce.

K odlučování kalů se používá řada postupů, které se stále vyvíjejí:

- Sedimentace hrubých kalů na chladícím stoku.
- Oddělování hrubých kalů na chladicí a usazovací kádi.
- Oddělování hrubých kalů ve vířivé kádi – nejpoužívanější způsob.
- Oddělování hrubých kalů odstřed'ováním.
- Odstraňování jemných kalů v zákvasné kádi.
- Sedimentace jemných kalů z ochlazené mladiny v sedimentačních nádržích.
- Kombinované oddělení hrubých a jemných kalů ve vířivé kádi.
- Oddělování jemných kalů filtrací studené mladiny.
- Flotace mladiny.

Chlazení mladiny na zákvasnou teplotu se dříve provádělo v otevřených systémech, které často způsobovaly kontaminaci, proto se dnes mladina chladí v uzavřených systémech, kde je podstatně menší riziko kontaminace. Na druhé straně uzavřené systémy vyžadují dodatečné dosycení mladiny vzdušným kyslíkem pro zdárný průběh kvasného procesu. [4], [16]

Zde je přehled možných způsobů chlazení:

- Dochlazování na sprchovém chladiči – starší způsob, již nepoužívaný.
- Dochlazování v trubkových chladičích – zastaralý způsob.
- Dochlazování v deskových chladičích – nejpoužívanější způsob.

1.2.7 Kvašení mladiny a dokvašování piva

1.2.7.1 Kvašení mladiny – hlavní kvašení

Cílem hlavního kvašení (kvašení mladiny) je neúplné zkvašení cukernatých látek extraktu mladiny pivovarskými kvasinkami za tvorby ethanolu, oxidu uhličitého a řady vedlejších metabolitů se současným pomnožením kvasničného zákvasu. Průběh hlavního

kvašení ovlivňuje řada faktorů: složení mladiny, druh kvasinek, teplota, tlak, doba kvašení, míra provzdušňování, typ kvasné nádoby, a další.

Existuje mnoho technologických variant a zařízení pro provedení hlavního kvašení a získání tzv. mladého piva.

Technologické postupy hlavního kvašení se provádějí čtyřmi různými způsoby:

- **Stacionárně** – tradiční postup, převažující.
- **Semikontinuálně** – novější způsob, zrychlené kvašení.
- **Kontinuálně** – zrychlené kvašení.
- **Použitím imobilizovaných kvasinek** – nový způsob, zrychlené kvašení, menší objem použitých kvasnic.

Stacionární a některé varianty zrychleného kvašení probíhají v kvasných nádobách otevřených nebo uzavřených, které umožňují jímání oxidu uhličitého pro další využití. Tyto nádoby jsou umístěny v prostorách zvaných spilka.

V současnosti je nejpoužívanější stacionární postup v různých typech velkoobjemových nádob, nejběžněji v cylindrokónických tancích (CKT), kde hlavní výhodou je možnost automatizace kvasného procesu, možnost kvalitní sanitace výrobního zařízení, výroba velkého objemu piva o stejné kvalitě, menší potřeba půdorysné plochy a rychlejší průběh fermentace, snížení vlastních nákladů výroby, zlepšení pracovního prostředí. Výsledkem je také vysoká kvalita produkce. [4], [16]

1.2.7.2 Dokvašování piva

Cílem dokvašování a zrání piva je pomalé zkvašování sacharidů při nízkých teplotách, sycení a fixace oxidu uhličitého se současným vyčiřením a zajištěním organoleptické zralosti piva.

Při tradičním postupu probíhá dokvašování piva v ležáckých nádobách v místnosti nazývané ležácký sklep. Sklep musí být větrán, aby se zde nehromadil CO₂, který se vytváří při dokvašování. V moderních postupech, které jsou dnes používány, se nejběžněji dokvašování provádí ve velkoobjemových izolovaných nádobách (Asahi-tanky, Uni-tanky a CKT) umístěných na volném prostranství nebo v tzv. odlehčených budovách. [4], [16]

1.2.8 Filtrace piva

Cílem filtrace dokvašeného piva je odstranit kalící látky, docílit požadované čirosti a zvýšení trvanlivosti piva tak, aby se po dobu několika měsíců nezměnila jeho čirost v transportním obalu. Filtrace nesmí snižovat pěnivost piva, dodávat do piva kyslík a další sloučeniny, které by negativně ovlivnily vlastnosti piva.

Pro filtraci se používají různé materiály, které lze rozdělit do tří základních skupin:

- **Vláknité materiály** – pivovarská hmota, syntetické tkaniny.
- **Zrnité a práškovité** – křemeliny, perlity, kombinované materiály s celulosovými vlákny, silikagely, aktivní uhlí.
- **Pórovité materiály** – membrány z plastu, kovu nebo keramiky.

Nejpoužívanějším materiálem pro filtraci je křemelina. Křemelina patří mezi práškové filtrační materiály s částicemi o průměru 5 až 20 μm , které vytvářejí na filtrační desce účinnou filtrační vrstvu.

Křemelina se skládá z drobných skořápek pravěkých rozsivek, které žily v mořích v počtu asi 15 000 druhů. Jejich zbytky pokrývaly dna moří a díky posunům zemské kůry je dnes nacházíme v ložiscích, které mají výšku až několik set metrů. [4], [16]

1.2.9 Stáčení piva

Stáčení piva do přepravních obalů je proces náročný na inženýrské, energetické, stavební, hygienické i spotřebitelské podmínky realizace. Při stáčení nesmí docházet ke ztrátám oxidu uhličitého a musí se zamezit přístupu kyslíku, který nepříznivě ovlivňuje vlastnosti piva.

Před samotným stáčením je potřeba provést dokonalé vymytí přepravních obalů, z láhví je potřeba odstranit etikety a umýt přepravky. Tyto procesy jsou velice energeticky náročné.

2. Vznik odpadů a jejich zpracování

Obsahem této kapitoly bude popis vzniku odpadů při jednotlivých fázích procesu výroby piva a jejich zpracování, budu se zde zabývat tuhými a tekutými odpady a odpadním oxidem uhličitým, zmíněny budou i odpady, které díky moderním postupům v průmyslových pivovarech, už téměř nevznikají. Budou zde popsány možnosti využití daných odpadů, složení těchto odpadů a způsoby jejich zpracování.

2.1 Množství odpadů

V letech 2008/2009 byla ČR v celosvětovém žebříčku produkce piva na 19. místě s ročním výstavem 18,8 milionů hektolitrů [14]. Na každý jeden hl piva připadá určité množství odpadů vznikajících při jeho výrobě. V následujících tabulkách jsou uvedena průměrná množství těchto odpadů podle BAT 2005 (Best Available Techniques - zpráva o nejlepších dostupných technologiích).

Tab. 2.1 Výskyt tuhých odpadů v technologiích BAT

Odpad	průměr	rozpětí
vedlejší produkty (kg.hl ⁻¹)	nad 12,6	17,7 - 21,9
z toho mláto	nad 10	16 - 19
kvasnice	2,5	1,7 - 2,9
odpad z čištění sladu a ječmene	0,125	?
recyklovatelné odpady:		
sklo	0,84	0,3 - 0,6
kovy	0,018	0,01 - 0,06
plasty	0,053	0,01 - 0,06
papír	0,29	0,18 - 0,38
kartony	0,038	0,04 - 0,4
odpady na skládku (kg.hl ⁻¹)	2,0	0,42 - 0,73
z toho křemelina	2,0	0,4 - 0,7
dřevo	0,007	0,017 - 0,03
nebezpečné odpady - oleje (g.hl ⁻¹)	8,0	-

Zdroj: [4]

Tab. 2.2 Množství odpadních vod v závislosti na velikosti pivovaru

Roční výstav piva	Charakteristika	Odpadní vody (v hl na 1 hl piva)
nad 0,5 mil. hl	průměrná hodnota rozpětí	3,7 2,5 až 4,9
50 až 500 tis. hl	průměrná hodnota rozpětí	5,7 3,3 až 11,3
pod 50 tis. hl	průměrná hodnota rozpětí	9,8 3,7 až 23,0
pivovary celkem *	průměrná hodnota rozpětí	4,3 2,5 až 11,3

Zdroj: [4] * Nejsou zahrnuty provozy s netypickými výkyvy

2.2 Sladové mláto

K získávání sladového mláta dochází při procesu scezování sladiny (viz podkapitola 1.2.4). Existuje několik technologických postupů separace mláta od sladiny, které závisí na použité konstrukci zařízení. Nejvíce jsou v pivovarech používány scezovací varní nádoby a sladinové filtry různých konstrukcí. Použití scezovací kádě nebo sladinového filtru je závislé na mechanickém složení sladového šrotu. Hrubší šrot s větší propustností vyžaduje scezovací kád', jemnější šrot sladinový filtr.

2.2.1 Složení sladového mláta

Sladové mláto se skládá z pluch, nerozpuštěných zbytků endospermu a zachycených vloček látek vysrážených při rmutování. Nemá obsahovat celá zrna. Z hlediska extraktové bilance je důležitý zbytkový extrakt v mlátě, na jehož velikost má vliv funkčnost scezovací kádě. Při správné funkčnosti scezovací kádě by celkový extrakt zbylý v mlátě neměl překročit 1,3 % z původní hmoty. Na této hodnotě se podílí vyloužitelný extrakt cca 0,5 % a nez cukřený extrakt cca 0,8 %.

Sušina mláta obsahuje přibližně 41 % bezdusíkatých extraktivních látek, 28 % bílkovin, 18 % celulosy, 8 % lipidů a 5 % popelovin. V tabulce 2.3 je uvedené průměrné základní složení sladového mláta, které je závislé na typu použitého sladu, použitých technologiích a kvalitě surovin. [4]

Tab. 2.3 Průměrné základní složení sladového mláta

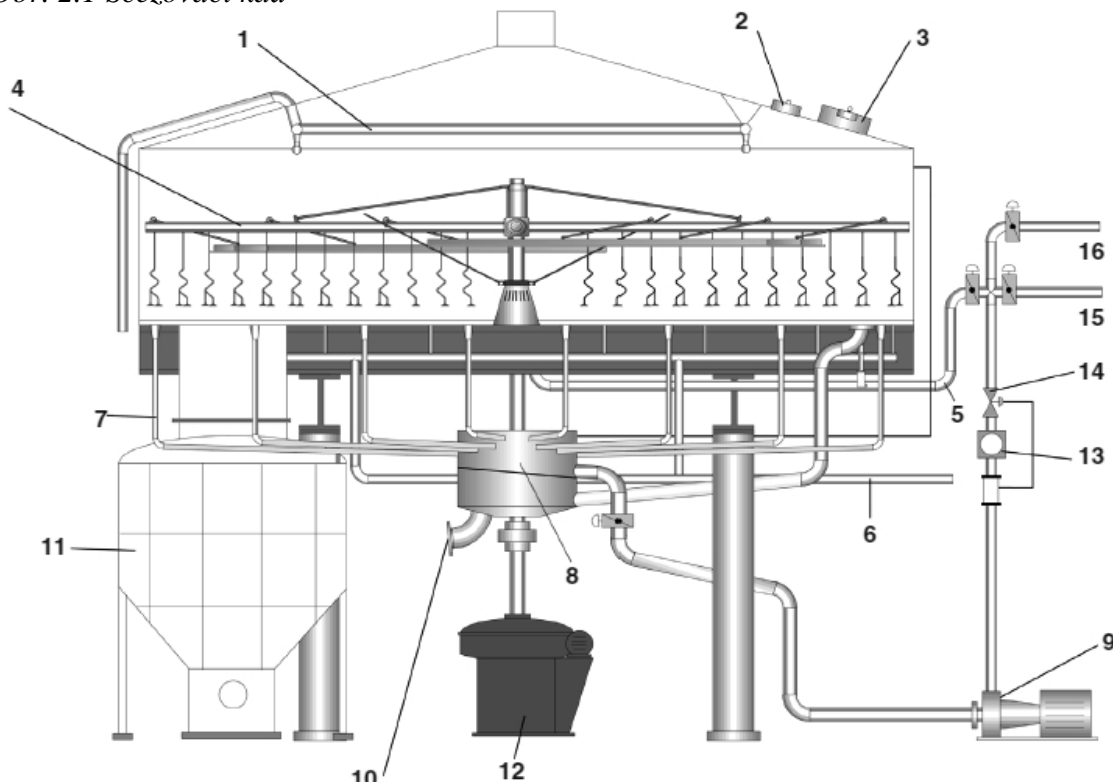
Obsah složky (%)	Mokrě mláto	Suché mláto
voda	75,0 - 80,0	10,0
vyložitelný extrakt	0,5 - 1,0	4,0 - 5,0
veškerý extrakt	1,5 - 3,0	5,0 - 8,0
dusíkaté látky	5,0	23,0
stravitelné bílkoviny	3,5	15,0

Zdroj: [4]

2.2.2 Získávání sladového mláta

Sladové mláto se získává po ukončení procesu vyslazování, kde ze scezovací kádě následuje výhoz mláta do příruční nádrže na mláto, děje se tak pomocí pneumaticky nebo hydraulicky ovládaných vyhrnovacích lišt, jejichž tvar zajišťuje posun mláta směrem k otvorům pro výhoz.

Obr. 2.1 Scezovací kád'



1 – okružní trubka s tryskami pro rozstřík vyslazovací vody, 2 – osvětlení, 3 – průlez, 4 – kypřidlo s dvoustopými noži, 5 – centrální vstup vrácené sladiny při podrážení, 6 – přívod horké vody do trysek pro výplach scezovacího dna, 7 – scezovací trubky, 8 – centrální sběrná nádoba sladiny, 9 – scezovací čerpadlo, 10 – spodní nátok díla do kádě, 11 – příruční mlátník, 12 – pohon kypřidla, 13 – průzor, 14 – regulační ventil, 15 – odvod sladiny do sběrače, 16 – odvod sladiny do mladinové pánve

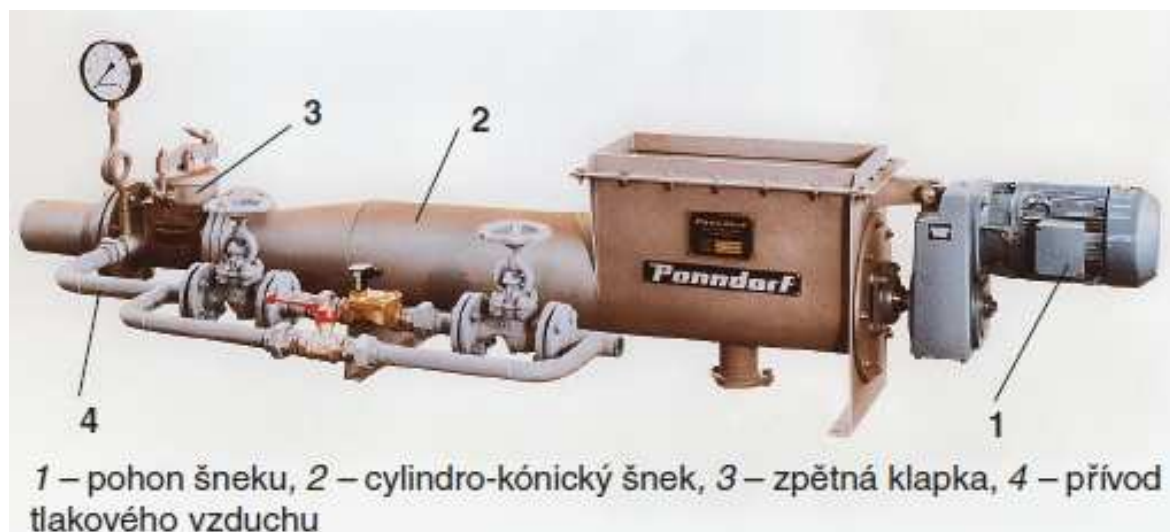
Zdroj: [16]

Při větším počtu denních várek je nutné výhoz mláta ze scezovací kádě maximálně urychlit, proto se pod scezovací kád' umísťuje více příručních mlátníků, které jsou schopné pojmout celou várku, odtud může být mláto odebíráno již menším dopravním výkonem do venkovního mlátníku.

Příruční mlátník je konstruován jako uzavřená dobře vyztužená nádoba obdélníkového půdorysu, v jejíž spodní, kónicky zúžené části je uloženo šnekové čerpadlo.

K dopravě mláta se nejčastěji používají excentrická lopatková nebo šneková čerpadla, kde je na výstupu čerpadla umístěna zpětná klapka zabraňující přísunu vzduchu do čerpadla u příliš mokrého mláta nebo při jeho nedostatečném přísunu. Za zpětnou klapkou je do výtláčného potrubí připojen tlakový vzduch nebo ostrá pára a proplachová voda (obr. 2.2). Tlakový vzduch nebo pára napomáhají pohybu mláta. Moderní šneková čerpadla umožňují dopravu až 1000 kg mláta s 65 – 82 % vody za minutu do vzdálenosti až 200 m. [16]

Obr. 2.2 Šnekové čerpadlo mláta



Zdroj: [16]

Mlátové silo nebo též venkovní mlátník bývá dimenzováno pro jednodenní produkci varny. Silo je válcově kónická nádoba umístěná na nosné ocelové konstrukci. Ve spodní části kónusu je umístěn vynášecí šnek opatřený elektrickým ohřevem a izolací, který umožňuje výdej mláta výkonem až 2000 kg za minutu. [16]

2.2.2.1 Skladování mláta

Čerstvé nekonzervované mláto vydrží ve zkrmitelném stavu 24 – 48 hodin, poté začínají v mlátě působit mikrobiální procesy, při kterých dochází ke vzniku nežádoucích látek a mláto se začíná rozkládat (kysnout).

Mezi nejpoužívanější způsoby konzervování a skladování mláta patří silážování. Silážování je vhodné především pro vytvoření zásob, mláto lze takto uchovávat v řádech měsíců. Pokusy z posledních 7 let ukázaly, že je vhodné mláto silážovat společně se sladovým květem, který zde funguje jako absorbent a zamezí tak odtoku silážních šťáv, které mohou kontaminovat životní prostředí. [21]

- **Krátkodobá siláž** – Z mláta se nechá odtéct přebytečná voda, povrch hromady mláta se vyhladí a provede se konzervace na povrchu pomocí přípravku na bázi kyseliny propionové a mravenčí. Celá hromada se poté zakryje silážní plachtou, utěsní a zatíží. Takto silážované mláto je vhodné pro uchování na 1 – 3 týdny.
- **Silážování do vaku** – Mláto je navezeno na asfaltovou nebo betonovou plochu, kde je smícháno se sladovým květem a následně pomocí vakovacího stroje pěchováno do vaku. Při vakování dochází k aplikaci konzervačního přípravku na bázi kyseliny propionové a mravenčí.
- **Silážování do jámy** – Mláto je navezeno do jámy o maximální šířce 5 m, konzervace se provádí na povrchu pomocí konzervačního přípravku na bázi kyseliny propionové a mravenčí, popř. krmnou solí. Jáma se poté zakryje silážní plachtou a utěsní. [21], [22]

2.2.3 Využití mláta

2.2.3.1 Využití pro krmné účely

Zatím nejběžnější způsob využití mláta je jeho použití jako hodnotného a levného krmiva pro hospodářská zvířata, ale i jako krmivo pro ryby. Mláto se přimíchává ke krmným dávkám v určitém poměru, který je závislý na druhu zvířete a na jeho stáří.

Mláto je v krmné dávce zdrojem především dusíkatých látek a má jen malé množství energetické hodnoty, z tohoto důvodu lze mláto přimíchávat do krmných dávek jen v omezeném množství. Mláto má pozitivní vliv na zdraví zvířat a u dojnic zlepšuje laktaci (tvorbu mléka). V letních měsících při dostatku zeleného krmiva vzniká nadbytek mláta, a proto se uplatňují další varianty jeho využití – viz dále. [11]

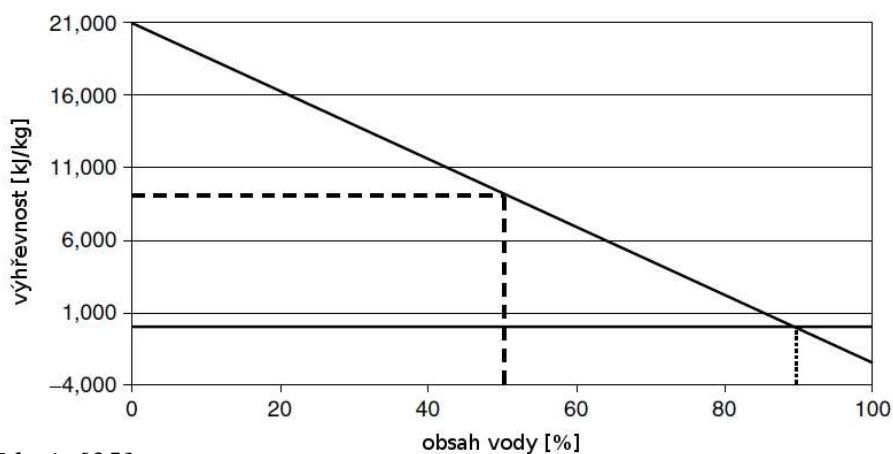
2.2.3.2 Využití jako energetický zdroj

Využití mláta pro získání energie zatím není běžné, ale rostoucí ceny energie nutí pivovary k tomu, aby se do budoucna našli spolehlivé a ekonomicky výhodné alternativy k tomuto způsobu využití. V zahraničí, ale i v České republice jsou již funkční technologie, které umožňují mláto spalovat a získávat tak tepelnou energii nebo mláto zpracovávat v anaerobních reaktorech a získávat tak bioplyn.

- **Přímé spalování mláta** – Před samotným procesem spalování je nutné nejprve upravit obsah sušiny mláta. Mezi obsahem sušiny a výhřevností mláta je důležité nalézt kompromis (obr. 2.3), mokré mláto bude mít výhřevnost blízkou nule, jelikož se všechna energie využije na odpaření vody a proto je pro spalování nevhodné. Získat mláto s vysokým obsahem sušiny bude zase velice energeticky náročné a spalovat takto získané mláto by nebylo z ekonomického hlediska výhodné. Jako nejvýhodnější způsob se ukázalo sušení na pásových sušičkách, kde se obsah sušiny upraví na 58 %. Následně je mláto pomocí šnekového dopravníku vedeno do spalovacího systému. Kotel spalovacího systému je navržen tak, aby dokázal předeřhřívát a vysušovat dodávané mláto, díky tomu dochází k plynulému spalování a kolísání obsahu sušiny mláta nemá na spalování žádný vliv. [3], [10], [12]
- **Využití mláta na výrobu bioplynu** – Mláto se přimíchá ve vhodném poměru jako koferment k materiálu z živočišné výroby (kejda, hnůj), tato směs materiálů poté v anaerobním reaktoru produkuje bioplyn. Byly provedeny studie, které dokazují, že přimícháním směsi mláta (40 %), odpadních vod z pivovaru (52,5 %) a pivovarských kvasnic (7,5 %) k hovězí kejdě lze docílit až o 100 % vyšší výtěžnosti bioplynu. Poměr těchto pivovarských komodit byl zvolen s ohledem na

průměrnou roční produkcí pivovaru. Směs pivovarských komodit (mláto, kvasnice, odpadní vody) lze přimíchávat k základnímu materiálu v různých podílech, po zpracování mikroorganismů lze základní materiál touto směsí zcela nahradit. Digestát z fermentoru lze poté uplatnit jako hnojivo. [25], [26]

Obr. 2.3 Graf závislosti obsahu vody na výhřevnosti mláta



Zdroj: [35]

2.2.3.3 Ostatní způsoby využití

- **Využití mláta jako přídavek do pekařských výrobků** – Mláto lze přidávat do pekařských výrobků (chléb, pečivo, křupky) pro jeho vysoký obsah vlákniny, která pomáhá k prevenci některých onemocnění především trávicího ústrojí. [31], [35]
- **Využití mláta jako přídavek do stavebních materiálů** – Mlátem lze nahradit doposud používané materiály (piliny, polystyren) při výrobě cihel pro zvýšení jejich pórovitosti. Bylo také prokázáno zlepšení pevnosti a plasticity při použití mláta. [29]

2.3 Chmelové mláto

2.3.1 Získávání chmelového mláta a jeho složení

Chmelové mláto se odděluje po dovaření sladiny s hlávkovým chmelem. Mladina, která tak vznikne, poté protéká zařízením, kde se chmelové mláto oddělí a vylouží vodou.

Chmelové mláto z 1 kg chmele zadržuje přibližně 6,6 l mladiny, kterou je potřebné z mláta získat pomocí vyslazování. Při dobrém vyslazení mláta zůstanou ve zbytkové vodě pouze asi 2 % extraktu. Z 1 kg chmele se získá přibližně 7 kg mláta s obsahem 80 až 85 % vody.

Chmelové mláto obsahuje přibližně 47 % bezdusíkatých látek, 17 % dusíkatých látek, 25 % vlákniny, 6 % látek extrahovatelných diethyletherem a 5 % popela. [4]

V dnešní době se ke chmelení hlávkový chmel používá jen velmi málo, z důvodu obtížného skladování, pomalejší extrakce účinných látek a tím spojenými ztrátami hořkých látek, proto je podíl chmelového mláta v celkové produkci odpadů z průmyslových pivovarů téměř zanedbatelný.

2.3.2 Zpracování chmelového mláta

V minulosti se chmelové mláto vracelo do varny, za účelem recirkulace ve varném procesu, což se ukázalo jako nevhodné. Dalšími možnostmi bylo mláto prodávat společně se sladovým mlátem, používat v zahradnictví pro kypření půdy nebo po vysušení spalovat.

Dnes se, jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, hlávkový chmel téměř nepoužívá a případné vzniklé chmelové mláto se vyváží na skládku společně s dalším nevyužitelným odpadem.

2.4 Odpadní pivovarské kvasnice

Odpadní pivovarské kvasnice mohou při odpovídajícím zpracování přinášet vysoké zisky. Vezmeme-li v úvahu celoroční výstav piva v ČR 18,6 mil. hl, pak na toto množství piva připadá 5400 tun odpadní kvasničné sušiny ročně [32]. Odpadní kvasnice získáváme z největší části po procesu dokvašování. Nejpoužívanější metodou je dokvašování piva v cylindrokónických tancích (CKT). Tato část bude zaměřena především na získávání a úpravu pivovarských kvasnic získaných z CKT.

2.4.1 Získávání odpadních kvasnic

Odpadní kvasnice se získávají z tzv. odtahování kvasnic při kvašení a dokvašování piva. Kvasnice aglutinují a sedimentují na dně CKT. První odtažení se většinou provádí těsně před začátkem ochlazování piva nebo v průběhu ochlazování. Takto získané kvasnice se většinou používají pro zakvašení dalších várek nebo se skladují ve speciálních tancích opatřených chlazeným pláštěm a míchadly pro homogenizaci. Odtahování kvasnic pokračuje i během dokvašování a to v intervalu tří až pěti dnů, poslední odtažení se provede těsně před ukončením dokvašování a tažením piva na filtraci. Usazené kvasnice v kónusu tanku obsahují mnoho oxidu uhličitého, a proto se jejich odtahování provádí do protitlaku, který odpovídá přetlaku v kónusu. Takto získané kvasnice a další, které provozně a mikrobiologicky nevyhovují, se dále zpracovávají jako odpadní kvasnice. [4], [16]

2.4.2 Zpracování odpadních kvasnic

Kvasnice je nejprve nutné zbavit zachyceného piva z důvodu snížení objemových ztrát, které činí 1 – 3 % z celkového množství piva, to se provádí buď sedimentací, odstředěním, lisováním nebo pomocí dekantéru. Pro zvýšení trvanlivosti a pro potřeby dalšího využití se kvasnice suší ve válcových nebo sprejových sušárnách. [6]

2.4.3 Využití odpadních kvasnic

Odpadní kvasnice se v současné době uplatňují především jako poměrně levný zdroj biologicky cenných látek pro živý organismus.

2.4.3.1 Využití odpadních kvasnic jako krmiva

Kvasnice mají vysokou nutriční hodnotu, jsou bohaté na vitaminy a minerály díky tomu jsou vhodné pro použití v krmivářství, působí stimulačně a podporují imunitní systém zvířat.

- Nativní pivovarské kvasnice jsou dodávány o obsahu 8 – 10 % sušiny, jsou vhodné pro krmení prasat nebo jako nápoj pro dojnice.
- Sušené pivovarské kvasnice jsou vysoce hodnotné krmivo, mají vysoký obsah pro zvířata dobře stravitelných dusíkatých látek. Z biologického hlediska jsou hodnotné pro svůj obsah životně důležitých aminokyselin, které organismus hospodářských zvířat neumí sám syntetizovat (lysin, methionin, cystein, leucin, valin, izoleucin, glycin). Vysoká biologická hodnota je dále dána příznivým obsahem vitaminů skupiny B zejména thyaminu (vitamin B1), ryboflavinu (vitamin B2), pyridoxinu (vitamin B6) a kyseliny pantothenové (vitamin B5), ale i obsahem minerálních látek a stopových prvků (fosfor, draslík, železo, měď, zinek). Sušené pivovarské kvasnice jsou jako krmivo vhodné především do krmných směsí pro vysokoprodukční zvířata, mláďata a zvířata po nemoci. [6], [11], [31]

2.4.3.2 Využití odpadních kvasnic v potravinářství

Kvasničné extrakty se používají v potravinářství pro obohacení a zlepšení chuti. Ve Velké Británii se takto využije až 75 % veškerých odpadních kvasnic. Na obohacení chuti mají vliv především aminokyseliny, které při zahřátí nad 100°C mají specifickou chuť a vůni (glycin – karamel, valin – čokoláda, leucin a izoleucin – spálený sýr, methionin – brambory, cystein – spálená krůtí kůže). [6], [31]

2.4.3.3 Využití odpadních kvasnic jako doplněk stravy

Odpadní pivovarské kvasnice jsou často využívány jako doplněk stravy pro člověka. V ČR se z odpadních kvasnic vyrábí doplněk stravy „Pangamin“. Bylo provedeno mnoho studií dokazujících pozitivní vliv kvasnic na lidský organismus. Pivovarské kvasnice mají vysoký obsah proteinů, proto jsou vhodné při zvýšené fyzické námaze, dále jsou uváděny pozitivní vlastnosti při léčbě vysoké hladiny cholesterolu. Kvasnice jsou využívány i v kosmetickém průmyslu, kde se prokázal jejich pozitivní vliv na vlastnosti kůže při používání pleťových masek z kvasničného extraktu či požíváním tablet z lisovaných kvasnic. Kvasnice jsou podávány buď ve formě lisovaných tablet nebo jako nápoj či prášek. [6], [13], [31]

2.4.3.4 Využití odpadních kvasnic při výrobě bioplynu

Odpadní pivovarské kvasnice lze, jak již bylo zmíněno v podkapitole 2.2.3.2, využít jako část kofermentační směsi při výrobě bioplynu. Podíl, který je výhodný namíchat do kofermentační směsi je závislý na produkci odpadů z pivovaru, z tabulky 2.1 je patrné, že mláta vznikne při výrobě 1 hl piva v průměru 4 krát více než odpadních kvasnic, odtud lze navrhnout optimální poměr 1:4 (1 díl kvasnic na 4 díly mláta). Tato směs doplněná o odpadní vodu z pivovaru je poté schopna, při smíchání s jiným odpadem z živočišné výroby (kejda, hnůj), zvýšit výtěžnost bioplynu v anaerobním reaktoru až o 100 %. [25]

2.5 Odpadní křemelina

Odpadní křemelina se získává z tzv. křemelinových filtrů používaných pro filtraci piva, viz podkapitola 1.2.8.

V minulosti tvořila odpadní křemelina značnou část odpadů vyvážených z pivovarů na skládky. Na 1 hl vyrobeného piva připadaly 2 kg odpadní křemeliny, vezmeme-li v úvahu průměrný výstav piva v ČR za posledních 10 let, který se pohybuje mezi 18 až 20 mil. hl [9], [14] bude množství křemeliny ukládané na skládku mezi 36 000 až 40 000 t. Byly prokázány negativní vlastnosti na kvalitu piva při používání křemelinových filtrů a objevuje se i podezření na karcinogenní vlastnosti používané křemeliny, proto se pivovary snaží od jejich používání odstoupit a nahradit křemelinové filtry membránovou filtrací. V ČR v dnešní době využívá křemelinovou filtraci ještě mnoho pivovarů, ale celková produkce odpadní křemeliny je více než o 50 % nižší.

2.5.1 Využití odpadní křemeliny

Obecně o využití odpadní křemeliny není moc velký zájem. Vývoj technologie výroby piva naznačuje, že křemelina se jako filtrační materiál přestane používat a proto se nehledají nové možnosti jejího využití. V některých pivovarech je křemelina přidávána ke sladovému mlátu do maximálního podílu 3 % aby nedošlo ke znehodnocení mláta. Jako

další způsob využití je možnost zaorání křemeliny do půdy jako kypřící a provzdušňovací prvek při rekultivaci území. Objevuje se i možnost křemelinu kompostovat. Dále je možno křemelinu využít jako přídatek ve stavebnictví pro zvýšení pórovitosti materiálu. Křemelinu je také možné regenerovat, jsou vypracované různé varianty založené na tepelném zpracování nebo na chemických či chemicko-enzymových úpravách. Regenerace je však velice energeticky náročná. [4], [6], [29]

2.6 Odpadní oxid uhličitý

Oxid uhličitý (CO_2) je v pivovarské výrobě velice využívaný plyn, dříve se v pivovaru využíval kupovaný koksárenský CO_2 (vyrobený žháním uhličitanu vápenatého) a kvasný CO_2 byl vypouštěn do ovzduší. Vyšší nároky na množství vypouštěných emisí do ovzduší a také snaha co nejvíce využívat odpady z výroby piva a tím snížit náklady na výrobu piva vedou v dnešní době pivovary k instalaci zařízení na jímání kvasného CO_2 . Technologie jímání CO_2 z kvasných nádob je ve světě rozšířena již od počátku osmdesátých let. Od té doby se na způsobu jímání nic nezměnilo, jediné co se stále vyvíjí je způsob čištění oxidu uhličitého.

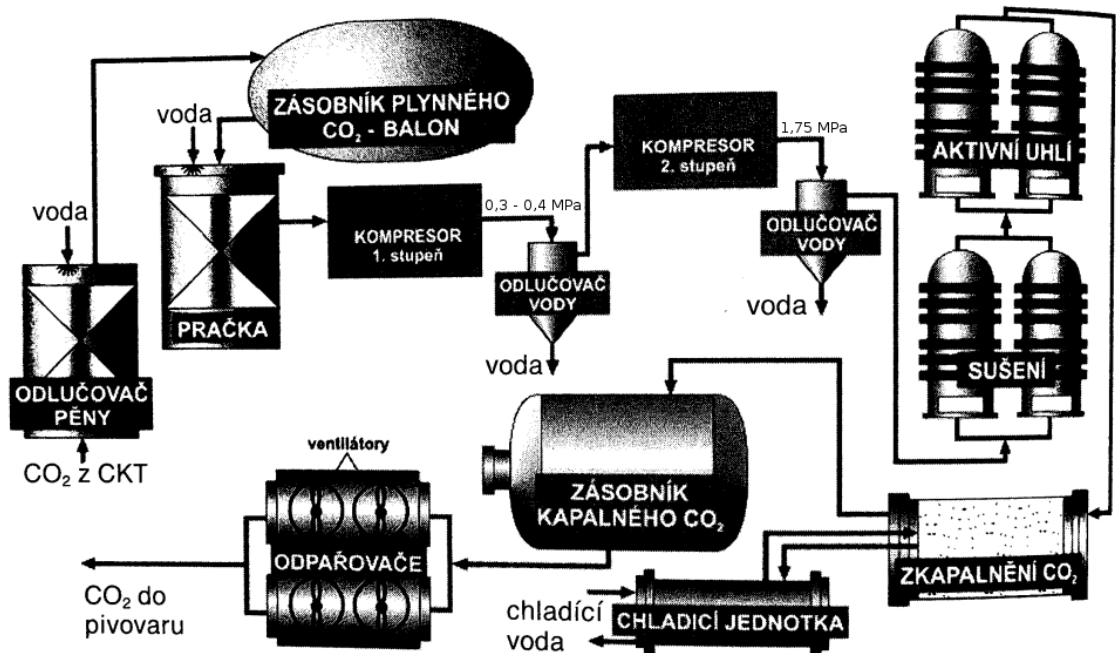
2.6.1 Získávání oxidu uhličitého

Kvasný CO_2 se získává tzv. jímáním již v počátku hlavního kvašení, kdy uniká z kvasného tanku nebo z CKT směs vzduchu a oxidu uhličitého. Jímání se zahájí za minimálního přetlaku v CKT 0,02 MPa, až je dosaženo požadované koncentrace CO_2 pro kapacitu příslušné stanice, obvykle 99,7 %, jímáný CO_2 je nutné pro další použití čistit. U tradiční výroby v uzavřených kvasných kádích se této koncentrace dosáhne do 24 hodin po naplnění, v CKT podle technologie již od 5 až 10 hodin po naplnění. Z 1 hl mladiny vzniká během hlavního kvašení 3,5 až 3,8 kg CO_2 . Po odečtení ztrát lze jímáním běžně získat asi 2 až 3 kg CO_2 z 1 hl. [4], [16]

2.6.2 Zpracování oxidu uhličitého

Na počátku jímání přichází CO_2 nejdříve do separátoru pěny (Obr. 2.4), kde prochází vodním sloupcem a poté se soustřeďuje v zásobníku pro plynný CO_2 . Z tohoto zásobníku se může přímo využít na operace, kde není vyžadována vysoká čistota. Pro přípravu zkapalněného CO_2 následuje praní vodou, čímž jsou vymývány a odstraňovány látky rozpustné ve vodě (acetaldehyd, ethylacetát a především ethanol, který při vyšší zbytkové koncentraci ruší v následujícím kroku odstranění dalších nečistot, proto by měla být účinnost jeho odstranění vyšší než 99,75 %). Větší obsah ethanolu blokuje absorpci sirovodíku, který se rozhodujícím způsobem podílí na případném zápachu plynu. Následuje filtrace aktivním uhlím, na které se absorbují další nečistoty, ve vodě nerozpustné látky, především sulfan. Následuje průchod vodou a první stupeň komprese na 0,35 až 0,45 MPa, převod do odlučovače vody (kondenzátoru), poté druhý stupeň komprese na 1,75 až 2,0 MPa a znovu odlučování vody. Poté znovu následuje oddělení ve vodě nerozpustných látek na aktivním uhlí a sušení na silikagelu, aktivním uhlí, aktivovaném hliníku nebo molekulovém síti.

Obr. 2.4 Schéma stanice pro jímání oxidu uhličitého



Zdroj: [4]

Zkapalnění CO₂ se provede ochlazením na -20 až -30 °C, při této teplotě nežádoucí plyny (O₂, N₂) nezkapalní, proto je tato fáze důležitá pro celkovou čistotu CO₂. Zkapalnění lze provést i třetí kompresí na 6,6 až 7,5 MPa. Zkapalněný CO₂ se skladuje v horizontálním či vertikálním tanku, odkud je následně odpařován a dodáván do výrobního procesu. Teplota odpařovaného CO₂ by neměla klesnout pod 0 °C, aby se zamezilo namrzání potrubí a křehnutí těsnění. Kromě tradičního způsobu získávání CO₂ se aplikují rektifikační postupy či postupy s hluboko podchlazeným zkapalněním, které se liší ve spotřebě energie. [4], [7]

Proces zkapalňování a odpařování CO₂ je velice energeticky náročný, proto jsou do procesu napojeny systémy na úsporu energie. Pivovary často využívají systém, kdy kapalný CO₂ prochází výměníkem, přijímá teplo a dochází k odpařování CO₂. Na druhé straně výměníku je kapalina (glykol, chladicí voda), která odevdala teplo a může se znovu využít ke chlazení. [30]

2.6.3 Využití oxidu uhličitého

- Využití k předplnění ležáckých tanků – vyčištěný oxid uhličitý se využívá v ležáckých tancích, kdy je nad hladinou piva pomocí hradicích přístrojů udržován požadovaný přetlak (hradící tlak), který umožní dosáhnout v pivu požadovaný obsah rozpuštěného CO₂ cca 0,5 % hm [16].
- Využití při čištění tanků – systémem tlakové regulace je vytvářen vnitřní přetlak CO₂. Tím se zabrání vniknutí okolního vzduchu do tanku a tím i možné rekontaminaci čistého a sterilního tanku [4].
- Vytváření inertní atmosféry při vyprazdňování nádob.
- Plnění do transportních obalů – láhví, plechovek, KEG sudů.
- Výroba odplyněné vody.
- Karbonizace piva (sycení CO₂) – zde je nutné dosáhnout čistoty 99,998 % s minimálním obsahem kyslíku pod 5 mg.l⁻¹. Důležité je dokonalé odstranění vody, aby se při vyšších teplotách nevylučovala a nebyla zdrojem pro množení kontaminace.
- Využití jako hnacího plynu při čepování piva – v České republice se pivovary snaží prosazovat jako hnací plyn CO₂, popřípadě směs CO₂ a N₂, namísto vzduchu, který

vede k oxidaci piva. V neprospěch využívání CO₂ vede oproti použití kompresoru vyšší cena na jeden půllitr vytočeného piva a často také špatné nastavení výčepního zařízení, které vede k přesycení piva. [17]

- Využití k neutralizaci pH při čištění odpadních vod – oxid uhličitý lze využít k neutralizaci alkalických (pH > 7) odpadních vod, CO₂ zde nahradí doposud používané kyseliny H₂SO₄ a HCl, při neutralizaci s použitím CO₂ vznikají uhličitany a hydrogenuhličitany, které jsou přirozenou složkou vody. Výhodou použití CO₂ při neutralizaci je plochý charakter neutralizační křivky, důsledkem toho lze v praxi dosáhnout požadované hodnoty pH přesněji. Mezi další výhody patří snížení nákladů na provoz, jelikož jsou odstraněny náklady na sklad kyselin, likvidaci solí v odpadních vodách a také škod při případném překyselení (nedochází ke skokovým změnám hodnoty pH tak jako u kyselin). Oxid uhličitý je inertní plyn a tudíž nedochází ke korozi technologických zařízení a tím se sníží náklady na údržbu. [33]

2.7 Odpadní vody

Odpadní vody z průmyslových pivovarů je možné po dodržení zákonem stanovených limitů (tab. 2.4) vypouštět přímo do vodního recipientu (vodního toku), nebo předčištěné odpadní vody, které nemusí splňovat tolik náročné limity, vypouštět za příslušnou úplatu přímo do městských čistíren odpadních vod. Městské čistírny odpadních vod jsou často vděčné za přímé vypouštění odpadních vod do kanalizace, jelikož vody z pivovaru jsou obvykle zásadité a pomáhají tak neutralizovat splaškové odpadní vody kyselého charakteru. Z ekonomického hlediska je zvláště pro větší pivovary výhodnější vybudovat vlastní čistírny odpadních vod (ČOV).

Tab. 2.4 Zákonem stanovené limity vypouštěných OV (Zdroj: [28])

Ukazatel	Max. (mg/l)
BSK ₅	40
CHSK _{Cr}	130
N-NH ₄ ⁺	10
P _{celk}	3

Množství produkovaných odpadních vod je závislé na celkovém výstavu pivovaru. Obecně se vzrůstajícím výstavem pivovaru spotřeba vody na objemovou jednotku vyrobeného piva klesá (tab. 2.5).

Tab. 2.5 Závislost spotřeby vody a objemu odpadních vod na velikosti pivovaru

Roční výstav piva	Charakteristika	Spotřeba vody (v hl na 1 hl piva)	Odpadní vody (v hl na 1 hl piva)
nad 0,5 mil. hl	průměrná hodnota rozpětí	4,6 4,0 až 5,4	3,7 2,5 až 4,9
50 až 500 tis. hl	průměrná hodnota rozpětí	7,3 4,2 až 14,8	5,7 3,3 až 11,3
pod 50 tis. hl	průměrná hodnota rozpětí	11,9 7,4 až 28,0	9,8 3,7 až 23,0
pivovary celkem *	průměrná hodnota rozpětí	5,3 4,0 až 14,8	4,3 2,5 až 11,3

* Nejsou zahrnuty provozy s netypickými výkyvy

Zdroj: [4]

2.7.1 Charakter pivovarských odpadních vod

Stupeň znečištění odpadních vod je závislý na použité technologii a na konkrétním technologickém kroku. Odpadní voda z varny je silně znečištěna organickými zbytky (mláto, hrubé kaly z vířivé kádě), odpadní voda z hlavního kvašení a dokvašování obsahuje odpadní kvasnice a zbytky mladého piva a dosahuje tak vůbec nejvyšších hodnot znečištění. Dále odpadní voda vznikající při filtraci s sebou nese značné množství pevných látek ve formě křemeliny, které je nutné odseparovat. Odpadní voda vzniklá při mytí a čištění obsahuje zvýšené množství chemických látek (louhu, kyselin), tuto vodu je nutné neutralizovat. [4]

Pro hodnocení charakteru odpadních vod se používají zejména tyto veličiny:

- pH – jeho kontrola je důležitá především při zatěžování odpadních vod sanitačními prostředky.
- BSK₅ – biochemická spotřeba kyslíku, slouží ke kvantifikaci biologicky rozložitelného organického znečištění odpadní vody.
- CHSK – chemická spotřeba kyslíku, vyjadřuje množství organických látek obsažených ve vodě, které jsou chemicky oxidovatelné.

- C_{org} – celkový organický uhlík, ukazatel celkového organického znečištění.

Pivovarské odpadní vody patří podle dlouhodobého průměru míry znečištění do středně znečištěných (tab. 2.6).

Tab. 2.6 Emise do odpadních vod

Ukazatel podle BAT 2005	před ČOV		za ČOV	
	mg. l ⁻¹ odpadní vody	g. hl ⁻¹ vyrobe- ného piva	mg. l ⁻¹ odpadní vody	g. hl ⁻¹ vyrobe- ného piva
BSK5	do 1 500	500 - 1600	pod 25	8 - 27
nerozpuštěné látky	do 60	200 - 400	-	-

Zdroj: [4]

2.7.2 Čištění pivovarských odpadních vod

Čištění odpadních vod z pivovaru se provádí různými způsoby, především:

- mechanicky,
- chemicky,
- fyzikálně chemicky,
- biologicky aerobním nebo anaerobním způsobem.

Způsob čištění odpadních vod se většinou řeší kombinací více postupů, jelikož jedním způsobem nelze odstranit různé rozpuštěné látky a zároveň látky nerozpuštěné.

2.7.2.1 Mechanické čištění

Mechanické čištění slouží k odstranění nerozpuštěných látek a v čistírně je vždy prvním stupněm čištění, někdy se používá i jako třetí stupeň (filtrace před vypuštěním vyčištěné vody). Pro mechanické předčištění se používají česle, síta různých velikostí, lapáky písku (štěrku) a usazovací nádrže.

2.7.2.2 Chemické a fyzikálně chemické čištění

Chemické čištění vod se obvykle kombinuje s mechanickým předčištěním, používají se způsoby s přidavkem pomocných látek nebo bez přidavku pomocných látek. Mezi nejpoužívanější chemické a fyzikálně chemické způsoby čištění patří [27]:

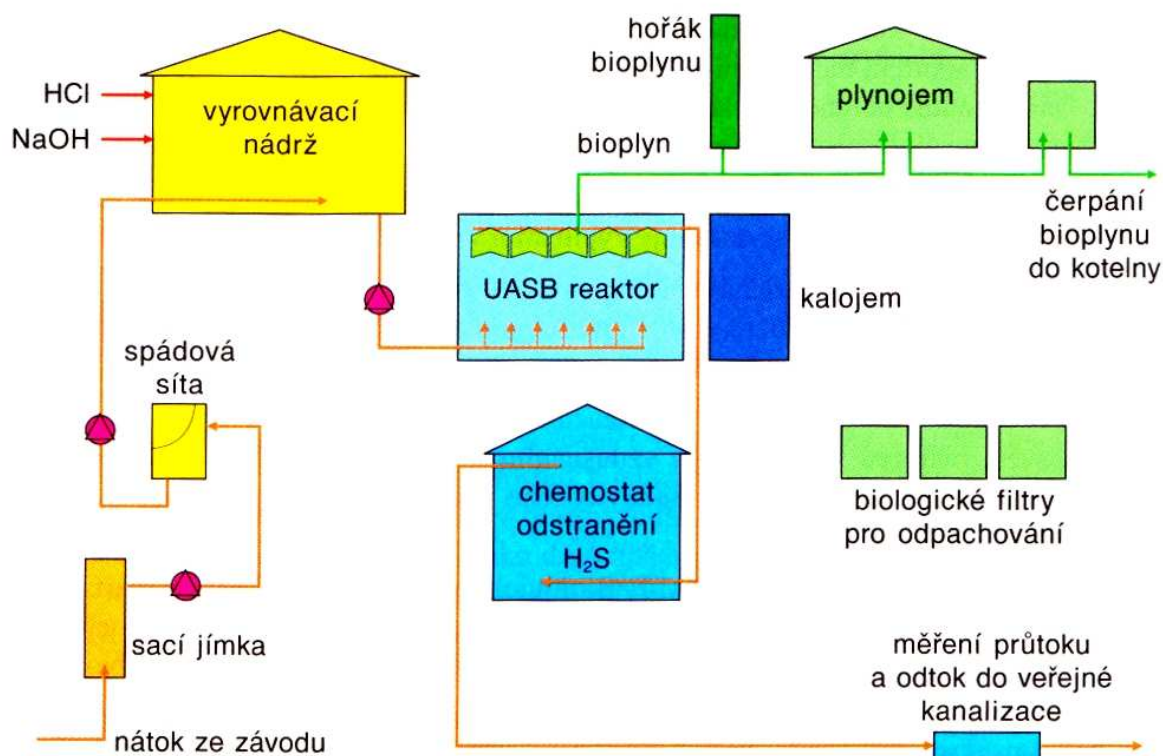
- Sedimentace – rychlost sedimentace částic ve vodě závisí zejména na jejich velikosti a hustotě. Vzhledem k hustotním a teplotním proudům lze sedimentací zachytit částice o velikosti větší než 10 μm .
- Odlučování na hladině – pro částice jejichž hustota je menší než hustota vody. Látky při zpomaleném průtoku vzplývají na hladinu, odkud jsou pomocí stíracího zařízení odváděny k likvidaci.
- Filtrace – odstraňování nerozpuštěných látek z vody (0,0001-100 μm) zachycením ve vrstvě zrnitého materiálu nebo na vhodné přepážce. Pro snížení filtračního odporu suspenzí je nutné dávkovat vhodný typ polymerního organického flokulantu.
- Flotace – využívá se v případě, že hustota látek ve vodě je blízká hustotě vody a látky tak nelze oddělit sedimentací. Vazbou mikrobublinek plynu na částice se vytvoří flotační komplexy, které stoupají k hladině, kde vytváří flotační pěnu, která je poté stírána nebo odsávána.
- Neutralizace – využívá se k úpravě vod, jejichž pH je výrazně odlišné od hodnoty povolené vodohospodářskými orgány (pH 6 – 8,5). Neutralizace se běžně provádí dvěma postupy – filtrací přes neutralizační filtr nebo v neutralizačním reaktoru přidavkem činidel.
- Další postupy čištění – existuje mnoho dalších způsobů čištění, které lze použít např.: hydrocyklon, koagulace, srážení, oxidace a redukce, elektrolýza, elektrokoagulace, adsorpce, extrakce, desorpce a jiné.

2.7.2.3 Biologické čištění

Procesy biologického čištění odpadních vod probíhají v biologickém reaktoru působením mikroorganismů. Tyto procesy jsou založeny na schopnosti mikroorganismů využívat látky obsažené v odpadních vodách jako živiny pro svůj růst a metabolismus. Protože pivovarské odpadní vody obsahují mnoho organických látek sloužících jako živiny pro používané mikroorganismy a téměř neobsahují toxické látky, je biologické čištění vhodný způsob k jejich úpravě. Biologické čištění lze provádět za aerobních (s přístupem kyslíku) či anaerobních (bez přístupu kyslíku) podmínek. [15], [27]

- **Aerobní biologické čištění** – probíhá za přítomnosti kyslíku v aktivačních nádržích nebo na biofilmových reaktorech. Do systému je nutné dodávat kyslík (mechanická, pneumatická nebo kombinovaná aerace). Organické látky jsou převedeny na CO_2 a H_2O . Při aerobním čištění dochází oproti anaerobnímu zpracování k vyšší produkci biomasy, 60 % energie z aerobního procesu je spotřebováno na syntézu nové biomasy a 40 % se ztrácí ve formě reakčního tepla. [15], [27]
- **Anaerobní biologické čištění** – probíhá za nepřítomnosti kyslíku ve speciálních anaerobních reaktorech, nejčastěji typu UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) nebo v moderních modifikacích tohoto reaktoru, kde jsou mikroorganismy přichyceny na nosném loži, které se udržuje v reaktoru trvale ve vznosu a je protékáno zespoda nahoru. Organické látky jsou v jednotlivých stupních biologického rozkladu (hydrolýza, acidogense, acetogenese, metanogenese) rozkládány až na konečné produkty (CO_2 a CH_4). Při těchto procesech je 5 – 7 % energie spotřebováno na růst biomasy, 3 – 5 % se ztrácí ve formě reakčního tepla a téměř 90 % je zachováno ve vzniklém bioplynu. Anaerobní čištění i přes často vysokou účinnost není schopno zajistit požadovanou kvalitu odtoku, proto je zapotřebí za anaerobní stupeň zařadit ještě aerobní stupeň. Odpadní vody je možné v pivovaru pouze anaerobně předčistit a poté je vypouštět do veřejné kanalizace. Schéma anaerobního předčištění je možné vidět na obr. 2.5. [20], [27]

Obr. 2.5 Schéma anaerobního předčištění odpadních vod

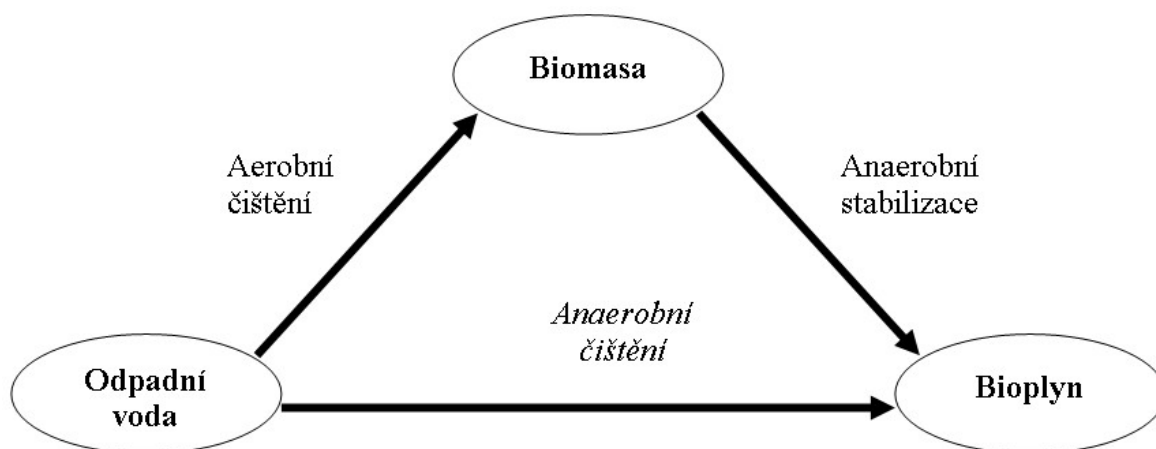


Zdroj: [4]

2.7.3 Produkty vznikající při čištění odpadních vod a jejich využití

Při čištění odpadních vod vznikají produkty, které lze výhodně využít. Mezi nejcennější vedlejší produkt při čištění patří bioplyn. Získání bioplynu (směsi metanu (CH_4), oxidu uhličitého (CO_2) a dalších minoritních plynů) z organicky znečištěných vod lze docílit dvěma způsoby běžně používanými v čistírnách odpadních vod. Schematicky jsou oba způsoby znázorněny na obr. 2.5. Rozdíl mezi oběma způsoby je především ve výtěžnosti bioplynu, při přímém anaerobním čištění lze dosáhnout účinnosti transformace organických látek do bioplynu až 90 % (reálně 50 – 80 %), zatímco při aerobním čištění a následné anaerobní stabilizaci kalu až 60 % (reálně 20 – 40 %). Množství vyrobeného bioplynu při anaerobním čištění pivovarských odpadních vod není zanedbatelné. [15], [20]

Obr. 2.6 Možnosti transformace org. znečištění OV na bioplyn



Zdroj: [15]

Na příkladu pivovaru o výstavu 1 mil. hl piva ročně byla prokázána možnost náhrady tepla až $2,5 \text{ kWh.hl}^{-1}$ z celkové spotřeby $25 - 40 \text{ kWh.hl}^{-1}$ a z celkové spotřeby elektřiny $7 - 12 \text{ kWh.hl}^{-1}$ se nahradilo $1,5 \text{ kWh.hl}^{-1}$ z výroby bioplynu. [4]

Dalším využitelným odpadem vznikajícím při čištění vod jsou čistírenské kaly, které lze po anaerobní stabilizaci využít jako hnojivo či po vysušení spalovat. [18]

2.8 Ostatní odpady

Mezi ostatní odpady vznikající v pivovaru lze zařadit odpady, jejichž množství je oproti výše zmíněným podstatně nižší.

- Skleněné střepy – vznikají ve stáčírně lahví, tab. 2.1 uvádí, že na 1 hl vyrobeného piva připadá 0,84 kg skla, toto sklo se recykluje. [4]
- Staré etikety z lahví – lze je využít jako palivo v cementářských pecích [5].
- Další recyklovatelné odpady – plasty, kovy, papírové kartony.
- Nebezpečné odpady – při výrobě piva vzniká mnoho druhů nebezpečných odpadů, ale v malém množství, seznam nebezpečných odpadů, které se mohou vyskytovat při výrobě piva je uveden v příloze č.1. Nebezpečné odpady se skladují do nádob k tomu určených a jejich likvidaci zajišťují odborné firmy. [8]

2.9 Legislativa odpadového hospodářství v pivovaru

Nakládání s odpady se řídí zákonem č.185/2001 Sb., o odpadech, zde jsou citovány základní pojmy [34]:

- **Odpad** – je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit a přísluší do některé ze skupin odpadů uvedených v příloze č.1 k zákonu č. 185/2001 Sb.
- **Nebezpečný odpad** – odpad uvedený v Seznamu nebezpečných odpadů uvedeném v prováděcím právním předpise a jakýkoliv jiný odpad vykazující jednu nebo více nebezpečných vlastností uvedených v příloze č. 2 k zákonu č. 185/2001 Sb.
- **Odpadové hospodářství** – činnost zaměřená na předcházení vzniku odpadu, na nakládání s odpady a na následnou péči o místo, kde jsou odpady trvale uloženy, a kontrola těchto činností.
- **Původce odpadů** - právnická osoba nebo fyzická osoba oprávněná k podnikání, při jejichž činnosti vznikají odpady, nebo právnická osoba nebo fyzická osoba oprávněná k podnikání, které provádějí úpravu odpadů nebo jiné činnosti, jejichž výsledkem je změna povahy nebo složení odpadů, a dále obec od okamžiku, kdy nepodnikající fyzická osoba odpad odloží na místě k tomu určeném; obec se současně stane vlastníkem tohoto odpadu.

Důležitou částí zákona o odpadech použitou při nakládání s odpady z pivovaru je §3, odst. 5 zákona č.185/2001 Sb.:

Movitá věc, která vznikla při výrobě, jejímž prvotním cílem není výroba nebo získání této věci, se nestává odpadem, ale je vedlejším produktem, pokud

a) vzniká jako nedílná součást výroby,

b) její další využití je zajištěno,

c) její další využití je možné bez dalšího zpracování způsobem jiným, než je běžná výrobní praxe, a

d) její další využití je v souladu se zvláštními právními předpisy 11a) a nepovede k nepříznivým účinkům na životní prostředí nebo lidské zdraví.

Dále potom §3, odst. 6 zákona č.185/2001 Sb.:

Některé druhy odpadu přestávají být odpadem, jestliže poté, co byl odpad předmětem některého ze způsobů využití, splňuje tyto podmínky:

- a) věc se běžně využívá ke konkrétním účelům,*
- b) pro věc existuje trh nebo poptávka,*
- c) věc splňuje technické požadavky pro konkrétní účely stanovené zvláštními právními předpisy nebo normami použitelnými na výroby a*
- d) využití věci je v souladu se zvláštními právními předpisy 11a) a nepovede k nepříznivým dopadům na životní prostředí nebo lidské zdraví.*

Nakládání s odpadními vodami se řídí zákonem č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích a dále zákonem č. 254/2001 Sb., vodní zákon.

3. Závěr

Přiložená bakalářská práce měla za cíl sumarizovat současné poznatky ohledně odpadů vznikajících při výrobě piva. Při sepisování této práce byly použity veškeré dostupné zdroje, nicméně si tato práce nedělá nároky na úplnou kompletnost uvedené problematiky.

Z pivovarských odpadů byla největší pozornost zaměřena na zpracování a využití sladového mláta, které tvoří spolu s odpadními vodami největší podíl odpadů. Sladové mláto nabízí mnoho způsobů využití (krmné účely, energetické využití, přídavek do pekařských výrobků a přídavek do stavebních materiálů), z těchto možností je v dnešní době nejvíce pozornosti věnováno využití mláta jako energetického zdroje. Zde by byla potřeba podrobnější ekonomická analýza, která by ukázala, zdali je mláto výhodnější spalovat nebo použít jako část kofermentační směsi při výrobě bioplynu.

Dále byla zpracována problematika odpadních vod, které představují největší objem odpadů z pivovaru. V závislosti na velikosti výrobního závodu je objem odpadní vody pěti až desetinásobek objemu vyrobeného piva. Pro velké pivovary je výhodné vybudovat vlastní čistírnu odpadních vod s takovou technologií, která umožní využívat bioplyn vzniklý při anaerobním čištění jako zdroj energie pro vlastní spotřebu pivovaru.

Mezi další odpady z pivovaru, které nalézají široké uplatnění, lze zařadit odpadní kvasnice a odpadní oxid uhličitý. Odpadní kvasnice zatím nalézají uplatnění především jako zdroj biologicky cenných látek v potravě, ale je zde potřeba věnovat pozornost i možnosti využití odpadních kvasnic při výrobě bioplynu.

Jímání oxidu uhličitého je u větších pivovarů již samozřejmostí a jímáný oxid uhličitý nejčastěji nalézá své uplatnění přímo v pivovaru při další výrobě piva, zejména při stáčení piva do sudů nebo do lahví. Přebytný oxid uhličitý lze prodávat pro jiné účely.

V současné době je silný trend v nahrazování křemelinové filtrace aplikací odstředivky a membránových filtrů, hlavním důvodem je podstatné podezření na karcinogenní vlastnosti použité křemeliny. Dále byl prokázán negativní vliv na vlastnosti piva při používání křemelinové filtrace. Z těchto důvodů bude zřejmě v budoucnu produkce odpadní křemeliny v pivovarech klesat a případné malé množství nalezne své uplatnění při kypření pudy.

Použité zdroje

- [1] *Agris : agrární www portál* [online]. c2000-2011 [cit. 2011-01-012]. Dostupné z WWW: <<http://www.agris.cz/>>.
- [2] *Agro navigátor* [online]. 2010 [cit. 2011-02-012]. Dostupné z WWW: <<http://www.agronavigator.cz/>>.
- [3] ALIYU, S., BALA, M. *Brewer's spent grain: A review of its potentials and applications*. African Journal of Biotechnology. Nigeria : 2010. 8 s. Dostupné z WWW: <<http://www.academicjournals.org/AJB/PDF/pdf2011/17Jan/Aliyu%20and%20%20Bala.pdf>>.
- [4] BASAŘOVÁ, G., ŠAVEL, J., et al. *Pivovarství : Teorie a praxe výroby piva*. Vyd. 1. Praha : VŠCHT, 2010. 904 s. ISBN 978-80-7080-734-7.
- [5] BECHTIN, A. *Plzeňský Prazdroj, a. s.* [online]. 2007 [cit. 2011-02-08]. Plzeňský Prazdroj zužitkuje 99 % odpadů ze svých pivovarů. Dostupné z WWW: <<http://www.prazdroj.cz/cz/index.php?print=true&&page=pro-media/aktualne/355>>.
- [6] BRIGGS, D.E., BOULTON, CH.A., et al. *Brewing: Science and practice*. 1st edition. North America : Woodhead, 2000. 863 s. ISBN 1 85573 906 2 (e-book).
- [7] BUCHHAUSER, U., VRABEC, J. CO2 Recovery: Improved Performance with a Newly Developed System. *MBAA Technical Quarterly*. 2008, 45, s. 84-89. Dostupné z WWW: <http://thet.uni-paderborn.de/personen/jv/papers/CO2_Flens.pdf>.
- [8] CENIA. Vyjádření k žádosti o vydání integrovaného povolení Pivovary Staropramen a.s. V Praze,. In ZAGOROVÁ, J., [online]. Praha : CENIA, 2007 [cit. 2011-03-06]. Dostupné z WWW: <[http://www.mzp.cz/www/ippc.nsf/7CC92F41F04D9CCAC12573090023B6E2/\\$file/Staropramen%20V.pdf](http://www.mzp.cz/www/ippc.nsf/7CC92F41F04D9CCAC12573090023B6E2/$file/Staropramen%20V.pdf)>.

- [9] Český svaz pivovarů a sladoven [online]. 2008 [cit. 2011-01-07]. Pivovarství a sladařství v českých zemích.
Dostupné z WWW: <<http://www.cspas.cz/pivo.asp?lang=1>>.
- [10] ČTK. *TZB-info* [online]. 2010 [cit. 2011-02-07]. Plzeňská teplárna bude v kotli na biomasu pálit mláto z Prazdroje. Dostupné z WWW:
<<http://www.tzb-info.cz/106423-plzenska-teplarna-bude-v-kotli-na-biomasu-palit-mlato-z-prazdroje>>.
- [11] FIALA, J. *Využití a kontrola vedlejších produktů výroby sladu a piva*. Symposium Odpadové fórum 2010. 6 s. Dostupné z WWW:
<www.odpadoveforum.cz/OF2010/dokumenty/prispevky/031.pdf>.
- [12] FILLAUDEAU, L., BLANPAIN-AVET, P., DAUFIN, G. *Water, wastewater and waste management in brewing industries*. France : 2005. 9 s.
Dostupné z WWW: <www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd43/avet.pdf>.
- [13] HIBINO, S., et al. *Effects of Dried Brewer's Yeas on Skin and QOL*. Japan : Anti-aging medicine, 2010. 8 s. Dostupné z WWW:
<www.anti-aging.gr.jp/english/pdf/2010/v7-4_0224.pdf>
- [14] HVÍZDALOVÁ, I. *Agronavigátor* [online]. 2010 [cit. 2011-01-09]. Vývoj mezinárodního trhu s pivem v roce 2009. Dostupné z WWW:
<<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=162&ch=13&typ=1&val=105690>>.
- [15] JENÍČEK, P. *Biom* [online]. 2005-05-09 [cit. 2011-01-18]. Produkce bioplynu z průmyslových odpadních vod. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/produkce-bioplynu-z-prumyslovych-odpadnich-vod>>.
- [16] KOSAŘ, K., PROCHÁZKA, S. *Technologie výroby sladu a piva*. Vyd. 1. Praha : VÚPS, 2000. 398 s. ISBN 80-902658-6-3
- [17] KRÝSL, J., FAMĚRA, J. Negativní vliv vzduchu jako hnacího plynu na kvalitu čepovaného piva. *Kvasný průmysl*. 2003, 49, s. 7-8. Dostupné z WWW:
< <http://www.prazdroj.cz/cz/o-pivu/tlacne-plyny/vyhodnoceni-vyzkumu>>
- [18] KUTIL, J., DOHÁNYOS, M. *Biom* [online]. 2005-01-05, 2008-12-03 [cit. 2011-02-10]. Efektivní využití a likvidace čistírenských kalů.

- Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/efektivni-vyuziti-a-likvidace-cistirenskych-kalu-2>>.
- [19] MAREČEK, J. *Plzeňský Prazdroj, a. s.* [online]. 2007 [cit. 2011-02-03]. Nošovický pivovar druhotně využije 99 % bioplynu. Dostupné z WWW: <<http://www.prazdroj.cz/cz/pro-media/aktualne/374>>.
- [20] MICHAL, P. *Bioplyn – Energie ze zemědělství*. Praha : Informační přehledy ÚZPI, 2005. 22 s.
- [21] MIKYSKA, F., et al. *Silážování čerstvého pivovarského mláta se sladovým květem a systémy jeho zkrmování u vysokoprodukčních dojníc a ve výkrmu býků*. Metodika. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Žamberk, 2008. 64 s. Dostupné z WWW: <http://www.agrokonzulta.cz/vyživporadenstvi/Methodiky/Methodika_9.F.g..pdf>
- [22] *Mráz Agro CZ* [online]. 2010 [cit. 2011-01-08]. Pivovarské mláto. Dostupné z WWW: <<http://www.mrazagro.cz/cs/krmivarstvi/pivovarske-mlato.html>>.
- [23] *Nezávislý odborový svaz pracovníků potravinářského průmyslu* [online]. 2009 [cit. 2011-01-20]. Výstav piva klesl, export se zvýšil. Dostupné z WWW: <<http://nosppp.cmkos.cz/?q=node/618>>.
- [24] NOVÁK, M. *β-Glukany, Historie a současnost*. Praha : Chem. Listy, 2007. 9 s. Referát. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. Dostupné z WWW: <http://www.agronavigator.cz/UserFiles/File/Agronavigator/Kvasnickova_2/chem-list_glukany.pdf>.
- [25] OBROUČKA, K., CHAMRÁDOVÁ, K., RUSÍN, J. *Modelová anaerobní kofermentace hovězí kejdy s lihovarskými a pivovarskými odpady*. Symposium Odpadové fórum 2009. 8 s. Dostupné z WWW: <www.odpadoveforum.cz/OF2009/CD2009/TextyOF/453.pdf>.
- [26] OBROUČKA, K., MICHNOVÁ, M., KUČA, R. *Studium kofermentace hovězí kejdy s organickými odpady z hlediska kvality digestátu*. Symposium Odpadové fórum 2009. 7 s. Dostupné z WWW: <www.odpadoveforum.cz/OF2009/CD2009/TextyOF/452.pdf>.

- [27] POŠTA, J., et al. *Čistírny odpadních vod*. Vyd. 1. Praha : ČZU, 2005. 211 s. ISBN 978-2131366-8.
- [28] Nařízení č.61/2003 Sb. [online]. 2003-01-03 [cit. 2011-02-03]. Dostupné z WWW: <http://portal.gov.cz/wps/WPS_PA_2001/jsp/download.jsp?s=1&l=61%2F2003>
- [29] RUSS, W. Examples of special case studies in different branches. In *Utilization of By-Products and Treatment of Waste in the Food Industry*. 1st edition. New York (USA) : Springer, 2007. ISBN 0-387-33511-0. Kapitola 13, s. 259-273.
- [30] Snižování provozních nákladů při jímání CO₂. *Kvasný průmysl*. 2006, 6, s. 193-194.
- [31] SOMMER, R. *Yeast Extracts - Production, Properties and Components*. 9th International Symposium on Yeasts. Sydney, 2006.
- [32] Sylabus k předmětu Pivovarství, VŠCHT. Dostupné z WWW: <http://eso.vscht.cz/cache_data/1168/www.vscht.cz/kch/kestazeni/sylaby/pivovarstvi.pdf>
- [33] VÁGNER, I. *Neutralizace – úprava pH alkalických odpadních vod pomocí oxidu uhličitého*. Symposium Odpadové fórum 2010. 4 s. Dostupné z WWW: <www.odpadoveforum.cz/OF2010/dokumenty/prispevky/096.pdf>
- [34] Zákon č.185/2001 Sb. [online]. 2003-01-01 [cit. 2011-02-03]. Dostupné z WWW: <<http://portal.gov.cz/zakon/185/2001>>.
- [35] ZANKER, G., KEPPLINGER, W., PECHER, CH. Incineration of solid food waste – a project about spent grains. In *Utilization of By-Products and Treatment of Waste in the Food Industry*. 1st edition. New York (USA) : Springer, 2007. ISBN 0-387-33511-0. Kapitola 14, s. 273-283.

Seznam použitých zkratek

BAT – nejlepší dostupné technologie (Best Available Techniques)

BSK – biochemická spotřeba kyslíku

CHSK – chemická spotřeba kyslíku

CKT – cylindrokónický tank

ČOV – čistírna odpadních vod

ČR – Česká republika

KEG – válcový transportní sud

OV – odpadní voda

UASB – reaktor s kalovými loži a vnitřním separátorem biomasy (upflow anaerobic sludge blanket)

Seznam obrázků

Obr. 2.1 Scezovací kád' (fa Huppmann)

Obr. 2.2 Šnekové čerpadlo mláta (fa Ponndorf)

Obr. 2.3 Graf závislosti obsahu vody na výhřevnosti mláta

Obr. 2.4 Schéma stanice pro jímání oxidu uhličitého

Obr. 2.5 Schéma anaerobního předčištění odpadních vod

Obr. 2.6 Možnosti transformace org. znečištění OV na bioplyn

Seznam tabulek

Tab. 2.1 Výskyt tuhých odpadů v technologiích BAT

Tab. 2.2 Množství odpadních vod v závislosti na velikosti pivovaru

Tab. 2.3 Průměrné základní složení sladového mláta

Tab. 2.4 Zákonem stanovené limity vypouštěných OV

Tab. 2.5 Závislost spotřeby vody a objemu odpadních vod na velikosti pivovaru

Tab. 2.6 Emise do odpadních vod

Příloha 1: Seznam nebezpečných odpadů [8]

- 03 01 04* Piliny, hobliny, odřezky, dřevo, dřevotřískové desky a dýhy obsahující nebezpečné látky
- 05 01 05* Uniklé (rozlité) ropné látky
- 06 01 01* Kyselina sírová a kyselina siřičitá
- 06 01 02* Kyselina chlorovodíková
- 06 01 04* Kyselina fosforečná a kyselina fosforitá
- 06 01 05* Kyselina dusičná a kyselina dusitá
- 06 02 04* Hydroxid sodný a hydroxid draselný
- 08 01 11* Odpadní barvy a laky obsahující organická rozpouštědla nebo jiné nebezpečné látky
- 08 03 12* Odpadní tiskařské barvy obsahující nebezpečné látky
- 08 03 17* Odpadní tiskařský toner obsahující nebezpečné látky
- 08 04 09* Odpadní lepidla a těsnící materiály obsahující organická rozpouštědla nebo jiné nebezpečné látky
- 12 01 07* Odpadní minerální řezné oleje neobsahující halogeny (kromě emulzí a roztoků)
- 12 01 09* Odpadní řezné emulze a roztoky neobsahující halogeny
- 12 01 12* Upotřebené vosky a tuky
- 12 03 01* Prací vody
- 13 01 10* Nechlorované hydraulické minerální oleje
- 13 02 05* Nechlorované minerální motorové, převodové a mazací oleje
- 13 03 07* Minerální nechlorované izolační a teplonosné oleje neuvedené pod číslem 13 03 01
- 13 05 02* Kaly z odlučovačů oleje
- 13 05 06* Oleje z odlučovačů oleje
- 13 05 07* Zaolejovaná voda z odlučovačů olejů
- 14 06 03* Jiná rozpouštědla a směsi rozpouštědel
- 15 01 10* Obaly obsahující zbytky nebezpečných látek nebo obaly těmito látkami znečištěné

- 15 02 02* Absorpční činidla, filtrační materiály (včetně olejových filtrů jinak blíže neurčených), čistící tkaniny a ochranné oděvy znečištěné nebezpečnými látkami
- 16 01 07* Olejové filtry
- 16 01 13* Brzdové kapaliny
- 16 02 11* Vyřazená zařízení obsahující chlorofluoruhlovodíky, hydrochlorofluoruhlovodíky (HCFC) a hydrofluoruhlovodíky (HFC)
- 16 02 13* Vyřazená zařízení obsahující nebezpečné složky neuvedené pod čísly 16 02 09 až 16 02 12
- 16 05 07* Vyřazené anorganické chemikálie, které jsou nebo obsahují nebezpečné látky
- 16 05 08* Vyřazené organické chemikálie, které jsou nebo obsahují nebezpečné látky
- 16 06 01* Olověné akumulátory
- 16 06 02* Nikl-kadmiové baterie a akumulátory
- 16 06 06* Odděleně soustředěvané elektrolyty z baterií a akumulátorů
- 17 06 01* Izolační materiály s obsahem azbestu
- 17 09 03* Jiné stavební a demoliční odpady (včetně směsných stavebních a demoličních odpadů) obsahující nebezpečné látky
- 18 01 09* Jiná nepoužitelná léčiva neuvedená pod číslem 18 01 08
- 19 08 11* Kaly z biologického čištění průmyslových odpadních vod obsahující nebezpečné látky
- 20 01 21* Zářivky a jiný odpad obsahující rtuť
- 20 01 23* Vyřazená zařízení obsahující chlorofluoruhlovodíky
- 20 01 33* Baterie a akumulátory, zařazené pod čísly 16 06 01, 16 06 02 nebo pod číslem 16 06 03 a netříděné baterie a akumulátory obsahující tyto baterie
- 20 01 35* Vyřazené elektrické a elektronické zařízení obsahující nebezpečné látky neuvedené pod čísly 20 01 21 a 20 01 23