

Odpadní vody ze sladoven

VSEVOLOD POSPÍŠIL

Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha

628.3 : 663.43

Množství a složení odpadních vod ze sladoven bylo prakticky měřeno v době od 9 do 22. 4. 1956 v jedné moravské sladovně, která zpracovává ročně 5000 t ječmene. Sladovna má dostatek vody z vlastních zdrojů a podle používaného technologického postupu užívá při namáčení jedné prací vody a šestkrát vyměňuje máčecí vody. Tyto vody tvoří podstatu veškerého množství znečištěných odpadních vod ze sladovny. Vody z mytí humen a náduvníků, splašky z domácností a hygienických zařízení a odpad z laboratoře činí nepatrnou část těchto vod, která nedosahuje ani 3 % celkového množství.

Množství odpadních vod bylo měřeno limnigraficky. Zjištěný odtok odpadních vod za dobu 14 dnů je uveden v tab. 1.

Tabulka 1

Množství odpadních vod podle limnigrafických záznamů

Datum	p = cm ² 1 cm ² = 4 m ³	Průtoky litrů/vt			Celkový průtok v m ³ za 24 hodiny
		maxi- mální	mini- mální	prů- měrný	
9. 4. 1956	42,5	27,8	0	1,97	170,0
10. 4. 1956	45,0	26,8	0	2,08	180,0
11. 4. 1956	53,0	26,3	0,3	2,45	212,0
12. 4. 1956	52,2	27,0	0,5	2,42	208,8
13. 4. 1956	50,7	28,9	0,4	2,35	202,8
14. 4. 1956	60,8	27,8	0	2,81	243,2
15. 4. 1956	60,6	32,3	0,6	2,80	242,4
16. 4. 1956	62,1	28,2	0,5	2,87	248,4
17. 4. 1956	59,5	29,1	0,4	2,75	238,0
18. 4. 1956	52,2	29,0	0,5	2,41	208,8
19. 4. 1956	41,5	25,2	0,2	1,92	166,0
20. 4. 1956	44,1	25,4	0	2,04	176,4
21. 4. 1956	50,2	25,5	0,3	2,32	200,8
22. 4. 1956	57,6	24,0	0,6	2,67	230,4
Celkem za 14 dnů					2928,0
Průměr za 24 hodin					209,14

Odpadní vody odtékají nárazově při vypouštění máčecích vod z náduvníků. Charakteristická křivka denního průtoku odpadních vod je znázorněna na obr. 1 (limnigrafický záznam ze dne 16. 4. 1956).

Ječmen se namáčí do čtyř náduvníků, z nichž každý má obsah 370 hl. V době měření se namáčelo 8×170 q ječmene a 6×200 q ječmene. Každého dne se plní jeden náduvník. Během kampaně se množství ječmene namáčeného do jednoho náduvníku pohybuje od 160 q do 215 q. Průměr namáčeného množství pro celou sladovací kampaň je 175,5 q ječmene.

Podle teoretických výpočtů je množství vody v náduvníku s obsahem 370 hl:

a) při napouštění vody:

při namáčení

	170 q ječmene	200 q ječmene
Prací vody	234 hl	210 hl
I. máčecí	226 hl	200 hl
II. máčecí	216 hl	190 hl
III. máčecí	206 hl	180 hl
IV. máčecí	198 hl	170 hl
V. máčecí	191 hl	160 hl
VI. máčecí	185 hl	150 hl

b) při vypouštění vody:

při namáčení

	170 q ječmene	200 q ječmene
Prací vody	226 hl	200 hl
I. máčecí	216 hl	190 hl
II. máčecí	206 hl	180 hl
III. máčecí	198 hl	170 hl
IV. máčecí	191 hl	160 hl
V. máčecí	185 hl	150 hl
VI. máčecí	180 hl	146 hl

Přitom se předpokládalo, že po celou dobu máčení ječmen pohlcuje vodu stejnoměrně. Specifická váha ječmene se uvažovala 1,25, zvýšení objemu ječmene na konci máčení 1,4krát.

Podle praktických zjištění odtékalo z náduvníků toto množství odpadních vod (podle průměrných hodnot zjištěných měření):

při namáčení

	170 q ječmene	200 q ječmene
Prací vody	227,5 hl	201,7 hl
I. máčecí	220,1 hl	195,3 hl
II. máčecí	204,4 hl	177,0 hl
III. máčecí	201,7 hl	171,4 hl
IV. máčecí	184,6 hl	155,3 hl
V. máčecí	186,3 hl	150,5 hl
VI. máčecí	176,9 hl	146,7 hl

Celková spotřeba vody a množství jednotlivých druhů odpadních vod podle získaných hodnot jsou uvedeny v tab. 2. Z přehledu je vidět, že vody z máčení ječmene tvoří podstatu veškerých odpadních vod ze sladovny. Vody označené jako „různé“ jsou čisté vody a jsou to převážně vody přetékající z reservoáru při čerpání, vody unikající netěsností ventilů a pod. V našem případě tvoří 21,5 % celkového množství odpadních vod.

Tabulka 2

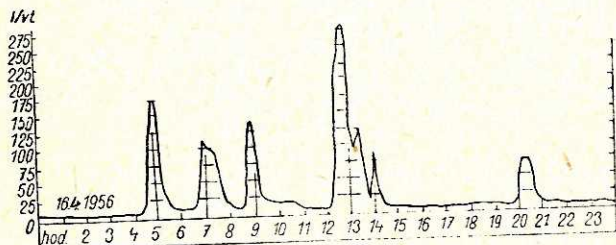
Celková spotřeba vody a množství jednotlivých druhů odpadních vod

Druh odpadní vody	Celkem za 14 dnů		Průměr na 1 den (hl)
	hl	% celk. mn.	
Prací vody	3 030	10,35	216,43
I. máčecí	2 933	10,02	209,50
II. máčecí	2 725	9,31	194,64
III. máčecí	2 672	9,12	190,86
IV. máčecí	2 467	8,43	176,21
V. máčecí	2 465	8,42	176,07
VI. máčecí	2 032	6,94	145,14
Sbírání splavků	1 137	3,88	81,21
Propírání mezi máčením	2 737	9,35	195,50
Mytí náduvníků	140	0,48	10,00
Jiné oplachy	42	0,14	3,00
Mytí humen	64	0,22	4,57
Jiné oplachy dlažby	39	0,13	2,79
Domácnosti a hyg. zařízení	504	1,72	36,00
Různé	6 293	21,49	449,50
Celkem odpadních vod	29 280	100,00	2 091,42
Celková spotřeba vody	30 560		2 182,85

Za dobu 14 dnů (kdy se prováděla měření) se zpracovalo k máčení celkem 2560 q ječmene (průměr na 1 den 182,86 q) a vyrobilo se 2039,8 q sladu (průměr na 1 den 145,70 q).

Na jednotku výroby tedy připadá (v hl):

Spotřeba vody na 100 kg		Odpadní vody na 100 kg	
ječmene	sladu	ječmene	sladu
11,94	14,98	11,44	14,35



Obr. 1 — Charakteristická křivka denního průtoku odpadních vod ze sladovny

K chemickému posouzení odpadních vod byly odebrány vzorky vody prací, II., IV. a VI. máčecí, propírací a z mytí humen. Výsledky rozborů jsou uvedeny v tab. 3.

Na celkovém znečištění za 1 den se jednotlivé odpadní vody podílejí množstvím v tab. 4 (podle hlavních hodnot chemického posuzování).

Z výsledků chemických rozborů vidíme, že odpadní vody obsahují denně asi 5,8 kg nerozpuštěných hmot, které po 2hodinovém odsazení dávají asi 21 litrů mokrých kalů. Nerozpuštěných hmot (počítáno na hrubou váhu ječmene k máčení) je 0,032 %. Poměr podílu minerálního a organického je 1 : 1,5. Nerozpuštěných hmot vyplavených z ječmene je asi 3,97 kg, t. j. asi 0,022 % na hrubou váhu ječmene použitého k máčení.

Odpadní vody obsahují asi 152 kg/den rozpuštěných látek. Z toho látek vyloučených z ječmene asi

95 kg, z nichž poměr minerálního podílu k organickému je 1 : 1,4.

Dusíkaté látky obsažené ve vodách jsou v podstatě organického charakteru. Podíl připadající na anorganicky vázaný N je nepatrný.

Kyslík rozpuštěný v odpadních vodách není hodnotou charakteristickou, jeho množství je značně proměnlivé a rychle se spotřebovává. Změny obsahu kyslíku a CO₂ v máčecích vodách jsou zřejmé z tabulky sestavené Meindlem:

	Obj. % O ₂	Obj. % O ₂
Po větrání	19,6	0,8
po 1 hod	16,2	1,4
po 3 hod	4,0	1,8
po 6 hod	0,5	4,0

Z toho vyplývá, že je třeba často měnit vodu, po př. provzdušnit vodu během máčení, neboť ječné zrna během máčení dýchá, odnímá vodě kyslík a sytí vodu kyslíkem uhlíčitým.

Odpadní vody ze sladovny spotřebovují celkem asi 96 kg O₂/den při průměrné BSK₅ 459 mg O₂/litr.

Jak bylo zjištěno laboratorními pokusy s odpadními vodami ze sladoven, organické látky obsažené v těchto vodách se snadno štěpí při pouhém provzdušňování a BSK₅ těchto vod po 2 až 3 dnech se sníží o 50 až 80 %, mají-li odpadní vody počáteční BSK₅ 1500 až 2500 mg O₂/litr (těchto hodnot dosáhnou odpadní vody tehdy, vyměňují-li se máčecí vody pouze třikrát) a o 9 až 95 % při počáteční BSK₅ 500 až 1000 mg O₂/litr (normálně znečištěné odpadní vody).

Charakteristický průběh křivky snížení hodnoty BSK₅ v závislosti na době provzdušňování při 20 °C je uveden na obr. 2.

Výsledků těchto měření bylo použito pro vyhodnocení celokampaňového množství odpadních vod z uvedené sladovny na základě výrobní kapacity v kampani 1954—1955. Sladovací kampaň trvala celkem 300 dnů, z toho 280 dnů probíhalo namáčení ječmene.

Tabulka 3

Složení odpadních vod ze sladovny

	Druh odpadní vody							Celkové znečištění odp. vod (kg/den)
	prací voda	II. máčecí	IV. máčecí	VI. máčecí	propírací	mytí humen	průměr. odpad za 24 hodin	
Vnější posouzení:								
Barva	světlehnědá	hnědá	hnědá	hnědá	světlehnědá	šedohnědá	—	
Zápach	obilný	obilný	obilný	obilný	obilný	—	—	
pH					n e s t a n o v e n o			
Alkalita, ml N H ₂ SO ₄ /l	5,75	6,40	5,55	4,70	4,60	5,09	5,40	
Acidita, ml ₂ N NaOH/l	1,95	6,00	7,50	4,80	2,80	0,74	4,28	
Mokrý kaly, ml/2 hod	stopy	0,3	0,5	stopy	stopy	7,5	stopy až 0,1	20,911 l/den
Veškeré hmoty, mg/l:								
sušené 105°	858	916	926	629	707	1 031	754,26	157,748
žíhané 600°	348	369	357	261	264	450	311,81	65,212
ztráta žiháním	510	547	569	368	443	581	442,45	92,536
Rozpuštěné hmoty, mg/l:								
sušené 105°	848	900	901	614	631	447	726,37	151,914
žíhané 600°	340	360	345	254	245	226	300,78	62,905
ztráta žiháním	508	540	556	360	389	221	425,59	89,009
Nerozpuštěné hmoty, mg/l:								
sušené 105°	10	16	25	15	76	584	27,89	5,834
žíhané 600°	8	9	12	7	19	224	11,03	2,307
ztráta žiháním	2	7	13	8	57	360	16,86	3,527
Veškerý N, mg/l:	13,58	17,50	11,20	9,10	9,59	4,90	10,45	2,186
Organický N, mg/l:	13,58	16,80	10,50	7,98	5,53	3,64	10,11	2,114
Chloridy, mg/l:	4,88	4,68	5,10	3,70	3,96	1,59	3,90	0,815
Kyslík, mg/l:	4,34	3,90	2,87	1,55	2,90	3,32	3,47	0,725
Mn číslo (4 hod), mg O ₂ /l	138,4	342,0	410,4	249,1	248,5	16,3	227,52	47,585
BSK ₅ , mg O ₂ /l	228	655	832	581	570	58,5	459,00	95,990

Tabulka 4

Denní znečištění působené jednotlivými druhy odpadních vod

Druh odpadní vody	Nerozpuštěné hmoty		Rozpuštěné hmoty		Mn číslo (4 hod)		BSK ₅	
	kg	% celk. mn.	kg	% celk. mn.	kg O ₂	% celk. mn.	kg O ₂	% celk. mn.
Prací vody	0,217	3,72	18,353	12,08	2,995	6,29	4,939	5,15
I. máčecí	0,335	5,74	18,885	12,41	7,165	15,06	13,731	14,30
II. máčecí	0,311	5,33	17,518	11,53	6,657	13,99	12,757	13,29
III. máčecí	0,478	8,19	17,196	11,32	7,062	14,84	13,360	13,92
IV. máčecí	0,440	7,54	15,877	10,45	7,232	15,20	14,662	15,27
V. máčecí	0,370	6,34	13,328	8,77	5,810	12,21	12,325	12,84
VI. máčecí	0,254	4,36	10,397	6,85	4,218	8,86	9,845	10,26
Sbírání splavků	0,081	1,39	6,887	4,54	1,124	2,36	1,853	1,93
Propírání vody	1,486	25,47	12,336	8,12	4,858	10,21	11,145	11,61
Ostatní	1,862	41,92	21,167	13,93	0,464	0,98	1,372	1,43
Celkové znečištění	5,834	100,00	151,914	100,00	47,585	100,00	95,990	100,00

Celkem se zpracovalo 4986,7 t ječmene. Zadiny bylo zachyceno celkem 159,1, t. j. získalo se 4827,6 t ječmene k máčení. Sladu bylo vyrobeno 3833,6 t, t. j. 79,41 % na hrubou váhu ječmene k máčení nebo 88,75 % v přepočtu na sušinu (za předpokladu, že ječmen měl průměrnou vláhu 15 % a slad 5 %).

Odpadní vody na 100 kg ječmene	Odpadní vody na 100 kg sladu	Odpadní vody na 100 kg ječmene	Odpadní vody na 100 kg sladu
12,18	15,34	12,13	15,27

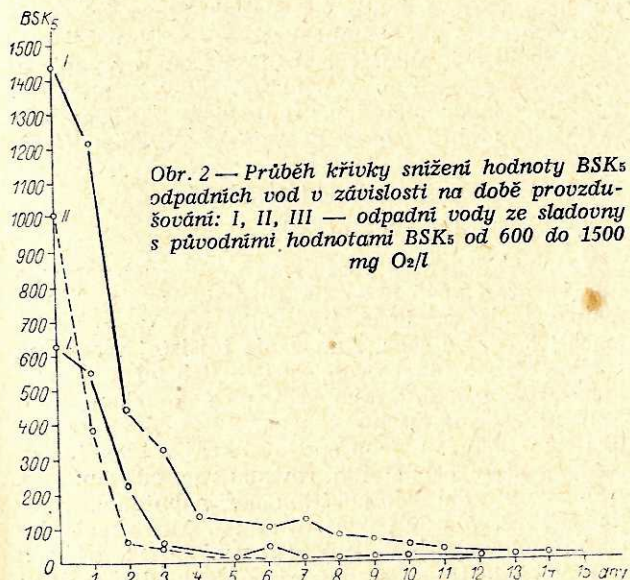
Tyto hodnoty jsou poněkud vyšší než hodnoty naměřené při 14denním měření, odpovídají však skutečnosti a vzájemným vztahům, neboť v době měření se průměrně namáčelo 182,86 q ječmene denně, kdežto v celokampaňovém měřítku průměrně na 1 hromadu 175,55 q a v přepočtu na denní zpracování ječmene 172,41 q. Z náduvníků tedy odtékalo více odpadních vod.

Nerozpuštěných hmot bude v odpadních vodách obsaženo celkem 1545 kg za kampaň, t. j. asi 5,52 kg/den. Látek vyloučených z ječmene bude 25 104 kg za kampaň, t. j. 89,66 kg/den. Podstatu tohoto znečištění tvoří organické a minerální látky vyloučené z pluch ječného zrna, které jsou pro výrobu kvalitních sladů látkami nežádoucími.

Při průměrné BSK₅ 460 mg O₂/litr budou odpadní vody spotřebovávat asi 96 kg O₂/den, t. j. za celou kampaň 26 880 kg O₂. Splašky z domácností a hygienických zařízení se na tomto znečištění podílejí asi 1,5 %. Celkové znečištění produkované sladovnou odpovídá znečištění, jaké je působeno sídlištěm s asi 1750 obyvateli.

Závěr

Z výsledků výzkumu vyplývá, že odpadní vody z uvedené sladovny jsou průměrně 1,25krát více znečištěny než průměrné městské splašky. V podstatě jsou tvořeny máčecími vodami, které obsahují převážně látky vyloučené z pluch ječného zrna, pro výrobu sladu nežádoucí. Organické látky obsažené v odpadních vodách jsou snadno štěpeny prostým provzdušováním, kterého lze účinně použít jako článku stanice na čištění odpadních vod ze sladoven.

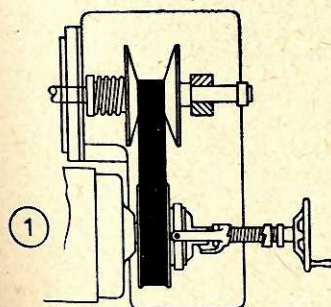


Obr. 2 — Průběh křivky snížení hodnoty BSK₅ odpadních vod v závislosti na době provzdušování: I, II, III — odpadní vody ze sladovny s původními hodnotami BSK₅ od 600 do 1500 mg O₂/l

Z pomocných surovin bylo spotřebováno 154 kg vápna na mytí humen, t. j. průměrně 515 g/den.

Celkové množství odpadních vod za kampaň bylo 585 598 m³, z toho 459 738 m³ vod znečištěných a 125 860 m³ vod čistých (přetoky z reserváru a pod.). Celková spotřeba vody byla 588 012 m³.

Spotřeba a odpad vody na jednotku výroby odpovídá (v hl):

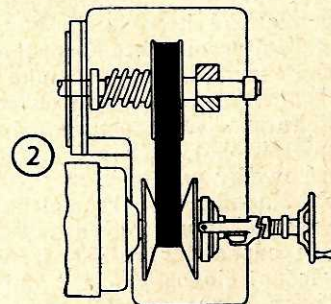


Obr. 1 — Nejvyšší otáčky

Pokusné a vývojové středisko Branickeho pivovaru, n. p., Praha-Braník dalo redakci k dispozici aktuální výstřižky ze zahraničních prospektů. Z nich přinášíme na našich obrázcích pozoruhodné řešení

variátoru

Z prospektu firmy Holstein a Kapert, Dortmund.



Obr. 2 — Nejnížší otáčky