

Doświadczenia w kofermentacji różnych odpadów organicznych w oczyszczalni ścieków - Swarzewo

dr Stanisław Cytawa

Dane liczbowe oczyszczalni ścieków w Swarzewie

Lp	Obiekt /parametr	wartość	jednostka
1	Przepustowość projektowa oczyszczalni	149 900	RLM
2.	Część biologiczna – reaktory cykliczne typ SBR. Sumaryczna objętość komór osadu czynnego	31600	m ³
3.	Roczny przepływ ścieków	2 400 000	m ³ /rok
4.	Objętość zamkniętych komór fermentacyjnych	2x3600= 7 200	m ³
5.	Moc agregatów kogeneracyjnych Typ MWM	2x400 = 800	kW energii elektrycznej
6.	Wiek osadu w zamkniętych komorach fermentacyjnych	16 – 35	dni
7.	Powierzchnia kompostowni	6000	m ²
8.	Roczna przepustowość kompostowni obliczona dla osadu o uwodnieniu 80%	8000	Mg/rok
9.	Warunki pozwolenia wodnoprawnego	Nog. = 10 Pog. = 1	mg/dm ³

Rodzaje i ilości odpadów poddanych fermentacji (w 2016 r.)

Lp	Nazwa odpadów przyjętych do WKF	Kod odpadów	Ilość odpadów uwodnionych [Mg]	Sucha masa odpadów [Mg s.m.]	Substancje organiczne [Mg s.m.o.]	Ubytek subst org. [Mg s.m.o.]
1	Osad wstępny (z oczyszczalni własnej)	190805	Pompowany bezpośrednio z osadników wst.	375	293	67,5
2	Osad nadmierny (z oczyszczalni własnej)	190805	Pompowany po zagęszczeniu mechanicznym	375	281	56,3
3	Osad komunalny z innych oczyszczalni, dowożony z terenu powiatu z 6 komunalnych oczyszczalni ścieków	190805	3243 (3606 w 2017r.)	389	311	77,8
4	Odpady ulegające biodegradacji	200201	1181	413	405	157,1
5	Odpadowa masa roślinna (z przetwórstwa warzyw i owoców)	020103	651	206	202	78,4
6	Osady z zakładowych oczyszczalni ścieków (zakłady rybne)	020204	110	33	32,3	12,5
7	Osady z zakładowych oczyszczalni ścieków inne niż wymienione w 070611	070612	28	8,4	8,2	3,2
8	Odpady kuchenne ulegające biodegradacji	200108	25	8,9	8,7	3,4

Bilans kosztów materiałowych zagospodarowania odpadów. Kalkulacja dotyczy następujących odpadów:

- Osad nadmierny dowożony z innych oczyszczalni o różnym uwodnieniu
- Odpady rybne. Odpady tłuszczowe z separatorów tłuszczowych.
- Frytura-zużyty olej rzepakowy ze smażenia frytek
- Odpady z wytłaczania oleju rzepakowego
- Odpady kuchenne ulegające biodegradacji (średnie wytwarzanie odpadów 320kg/M/rok w tym odpady organiczne 144kg/M/rok łączna ilość wytwarzanych odpadów biodegradowalnych w zlewni oczyszczalni 15360 Mg/rok)
- Odpadowa masa roślinna

Kalkulacja kosztów fermentacji i kompostowania odpadów

rodzaj odpadu	osad nadm	osad nadm	osad nadm	rybne- tłuszczce	rybne- tkanka	rzepak	frytura	kuchenne	m.roślinna	trawa
s.m. [%]	12	17	20	46	46	45	90	75	55	55
s.m.o. [%s.m.]	82	82	82	96	96	98	98	98	99	99
s.m.m. [%s.m.]	18	18	18	4	4	2	2	2	1	1
N[%s.m.]	9,2	9,2	9,2	5	17	1	0,5	3	2	2
P[%s.m.]	3	3	3	1	1	1	0,5	1	1	1
% redukcji C org.	40	40	40	90	80	70	98	40	30	40
ilość s.m. przed fermentacją [Mg]	0,12	0,17	0,2	0,46	0,46	0,45	0,9	0,75	0,55	0,55
ilość s.m. po fermentacji [Mg]	0,072	0,102	0,12	0,046	0,092	0,135	0,018	0,45	0,385	0,33
ładunek fosforu [kg]	3,6	5,1	6	4,6	4,6	4,5	4,5	7,5	5,5	5,5
koszt soli żelaza do stracania P [zł]	12,12	17,17	20,20	15,49	15,49	15,15	15,15	25,25	18,52	18,52
ilość osadu odwodnionego 20% s.m. [Mg]	0,36	0,51	0,6	0,23	0,46	0,675	0,09	2,25	1,925	1,65
ładunek azotu całkowitego [kg]	11,04	15,64	18,4	23	78,2	4,5	4,5	22,5	11	11
ilość metanolu [kg]	13,63	19,32	22,72	28,41	96,58	5,56	5,56	27,79	13,59	13,59
ilość słomy do kompostowania [Mg]	0,090	0,128	0,150	0,058	0,115	0,169	0,023	0,564	0,482	0,413
koszt słomy do kompostowania [zł]	27,96	39,60	46,59	17,86	35,72	52,42	6,99	174,72	149,49	128,13
koszt polimeru do odwadniania [zł]	9,92	14,05	16,53	6,34	12,67	18,60	2,48	61,99	53,04	45,46
węgiel organiczny [zł]	38,96	55,19	64,93	81,16	275,93	15,88	15,88	79,39	38,81	38,81
koszt oleju napędowego [zł]	2,18	3,08	3,63	1,39	2,78	4,08	0,54	13,60	11,63	9,97
suma kosztów materiałowych [zł/Mg]	91,13	129,10	151,88	122,23	342,60	106,12	41,04	354,96	271,49	240,90
potencjał biogazowy [m3/Mgs.m.]	235	235	235	800	700	700	900	500	250	700
ilość biogazu [m3]	28	40	47	368	322	315	810	375	138	385
odzysk energii z odpadu [kWh]	169,2	239,7	282	2208	1932	1890	4860	2250	825	2310
zwrot kosztów z energii elektr.[zł]	24,36	34,52	40,61	317,95	278,21	272,16	699,84	324,00	118,80	332,64
zwrot kosztów za sprzedaż kompostu [zł]	10,8	15,3	18	6,9	13,8	20,25	2,7	67,5	57,75	49,5
bilans kosztów [zł]	55,96	79,28	93,27	-202,62	50,59	-186,29	-661,50	-36,54	94,94	-141,24

Wyliczenia jednostkowe efektywności fermentacji

sumaryczna ilość biogazu wytworzonego od początku pracy komór fermentacyjnych	904 253 m ³
Jednostkowa produkcja biogazu uzyskana z tony s.m. wszystkich odpadów	499,8 m ³ /Mg s.m.
Produkcja biogazu z tony s.m. org.	587 m ³ /Mg s.m. org.
Produkcja biogazu z tony s.m. org. zredukowanej	1982 m ³ /Mg s.m. org. zredukowanej



Komory fermentacyjne: 2 x 3.600 m³

Komory fermentacyjne, agregaty prądowórcze, osadniki wstępne





KO FERMENTACJA





Fermentacja tłuszczów dopływających z kanalizacji

Do rozdzielenia tłuszczu i wody ze ścieków zastosowano czujnik rozdzielenia fazy tłuszczowo-wodnej za pomocą radaru falowodowego z sondą pojemnościową

Odpady przyjmowane bezpośrednio do kompostowni –
wszystkie odpady roślinne zdrewniałe



Odpady przyjmowane do komór fermentacyjnych poprzez PPOZ (Punkt przyjęcia odpadów zielonych) – odpady roślinne miękkie, osad dowożony z oczyszczalni sąsiednich



Rozcieńczanie osadu dowożonego, mieszanie z odpadami roślinnymi, maceracja, pompowanie do zbiorników pośrednich i dozowanie do WKF



do komór fermentacyjnych poprzez PPOT (Punkt przyjęcia odpadów tłuszczowych) odpady zawierające tłuszcz (podgrzanie, maceracja, dozowanie do WKF)



Zawartość lotnych związków siarki przed i po zamontowaniu filtra



data	Zawartosc lotnych związkow krzemu[mgSi/Nm3]
29.11.2016	2,913
23.02.2017	3,558
27.03.2017	3,306
Montaż filtra do usuwania związków siarki	
31.10.2017	n.d.

Filtr węglowy do usuwania siloksanów.

Wybrakowana żywność z zakładów przetwórstwa warzyw





Typical organic co-substrate			Lignocellulosic co-substrate		
wastes	Biogas potential [m ³ /Mg o.d.s]	N [% d.s.]	wastes	Biogas potential [m ³ /Mg o.d.s]	N [% d.s.]
fish industry	700	10-17	grass	600	1.5-3.0
brewing	550	13	straw	450	0.6
whey	400	0.6	sawdust	80	0.06
liquid manure	420	3-10	leaves	30-80	0.6-1.7
glyceryne	1200	---	beet pulp	850	0.65
slaughter waste	680	8-14	corn	450-700	1.5
food waste	500	1-6	fruit waste	500	0.9-2.6

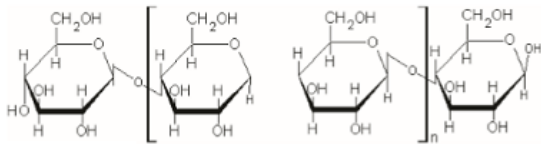


Jędrzak A. (2007). *Biologiczne przetwarzanie odpadów*. PWN, Warszawa.
 Khanal S.K (2008). *Anaerobic Biotechnology for Bioenergy Production*.
 Wiley-Blackwell, A John Wiley&Sons Publications.

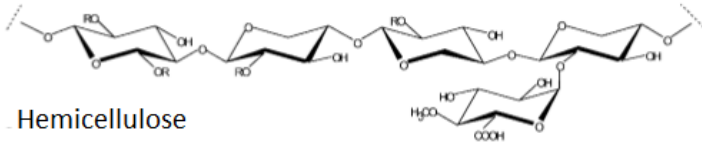


Potencjał biogazowy

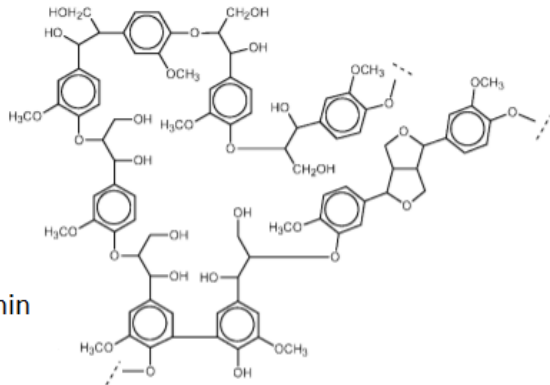
Fermented wastes	Biogas potential	
	24h [L/kgVS]	72h [L/kgVS]
Fermentation sludge +enzyme	4.5	9.6
Primary sludge	424.2	484.8
Moldy bread	292.0	510.9
Sawdust	101.1	112.4
Sawdust+enzyme	123.6	191.0
Sawdust+ primary sludge	236.7	340.9
Sawdust+enzyme+primary sludge	274.6	407.2
Sawdust+moldy bread	378.0	532.6
Straw	120.4	142.2
Straw+enzyme	131.3	328.2
Straw+moldy bread	321.5	431.5
Grass	582.8	828.2
Grass+enzyme	552.1	828.2
Grass +primary sludge	772.4	975.6
Grass+enzyme+primary sludge	691.1	955.3
Grass+moldy bread	633.3	933.3



Cellulose



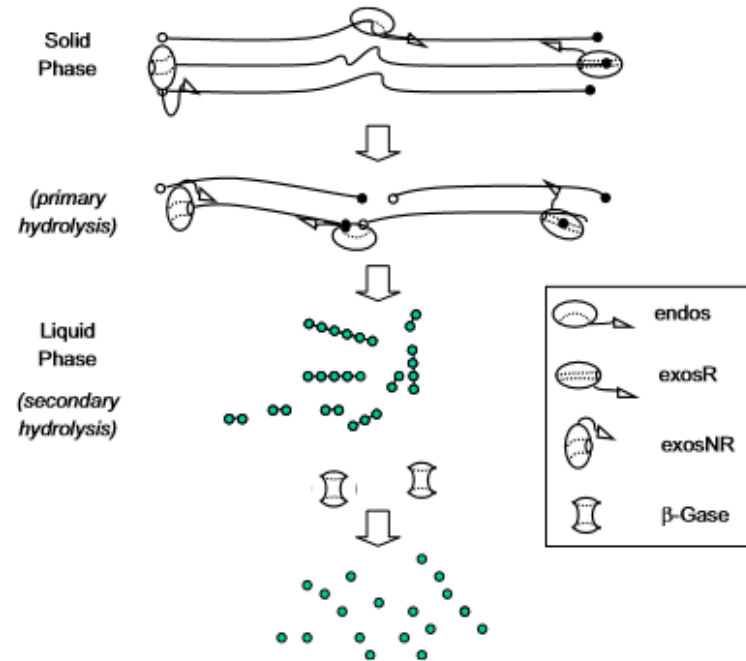
Hemicellulose



Lignin

J.Perez, J. Munoz-Dorado, T.de la Rubia, J. Martinez, *Int. Microbiol.* (2002) 5, 53-63

Enzymes hydrolyze the complex structures of lignocellulosic compounds to monomeric carbohydrates



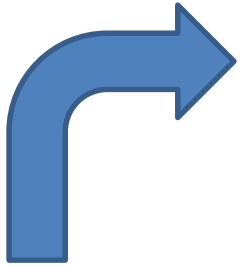
Mechanistic scheme of enzymatic cellulose hydrolysis by *Trichoderma* non-complexed cellulase system.

Y.-H. Percival Zhang et al. / *Biotechnology Advances* 24 (2006) 452-481

Typical cellulases that interact with lignocellulosic substrates:

- endo-glucanases*
- exo-glucanases*
- β -glucosidases*

Dodatkowy wzrost produkcji biogazu z osadu wstępnego po wprowadzeniu enzymu celulazy



Pojemność komory w laboratorium	50 dm³
Całkowita zawartość suchej masy	1,14 kg
Dodatkowy wzrost produkcji biogazu	9,6 dm³



Pojemność komory	7200 m³
Całkowita zawartość suchej masy	216 Mg
Wiek osadu	20 days
Dodatkowy roczny wzrost produkcji biogazu	37.000 m³

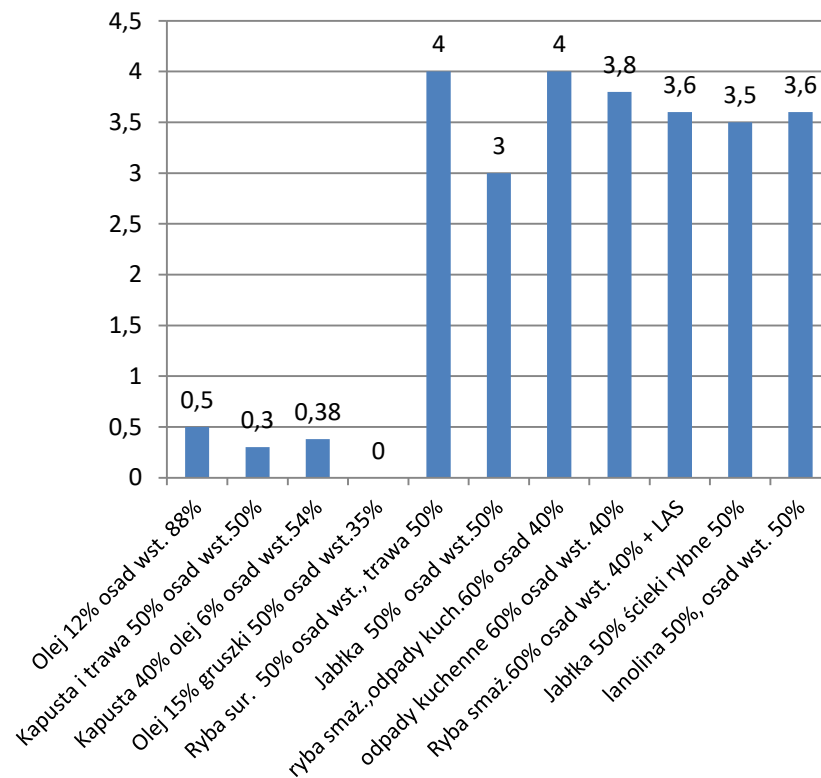
Wnioski po próbach enzymatycznych

- Największy potencjał biogazowy uzyskano z mielonej trawy ale nie zauważono wpływu enzymu celulazy na odpady zawierające trawę
- Najbardziej efektywne działanie na odpady zawierające celulozę zaobserwowano w przypadku słomy. Enzymy spowodowały podwojenie produkcji biogazu i podwojenie wydzielania ChZT rozpuszczonego
- Odpady lignocelulozowe zmieszane z chlebem spleśniałym posiadały wysoki potencjał biogazowy. Pleśnie powstałe w czasie przetrzymywania odpadów powodują znaczne zwiększenie potencjału biogazowego. Enzymy zawarte w pleśniach powodowały rozpad celulozy i zwiększone wydzielanie biogazu z innych odpadów
- Dodatek enzymu bezpośrednio do komory fermentacyjnej spowodował wydzielanie biogazu z osadu wstępnego i nadmiernego fermentowanego w komorze. Zawartość substancji mineralnej uległa wyraźnemu zwiększeniu. Zwiększenie ilości biogazu z jednoczesnym zmniejszeniem ilości pofermentu ma korzystne znaczenie w eksploatacji

Ocena przydatności odpadów do fermentacji – badania własne w laboratorium poprzedzające przyjęcie do WKF

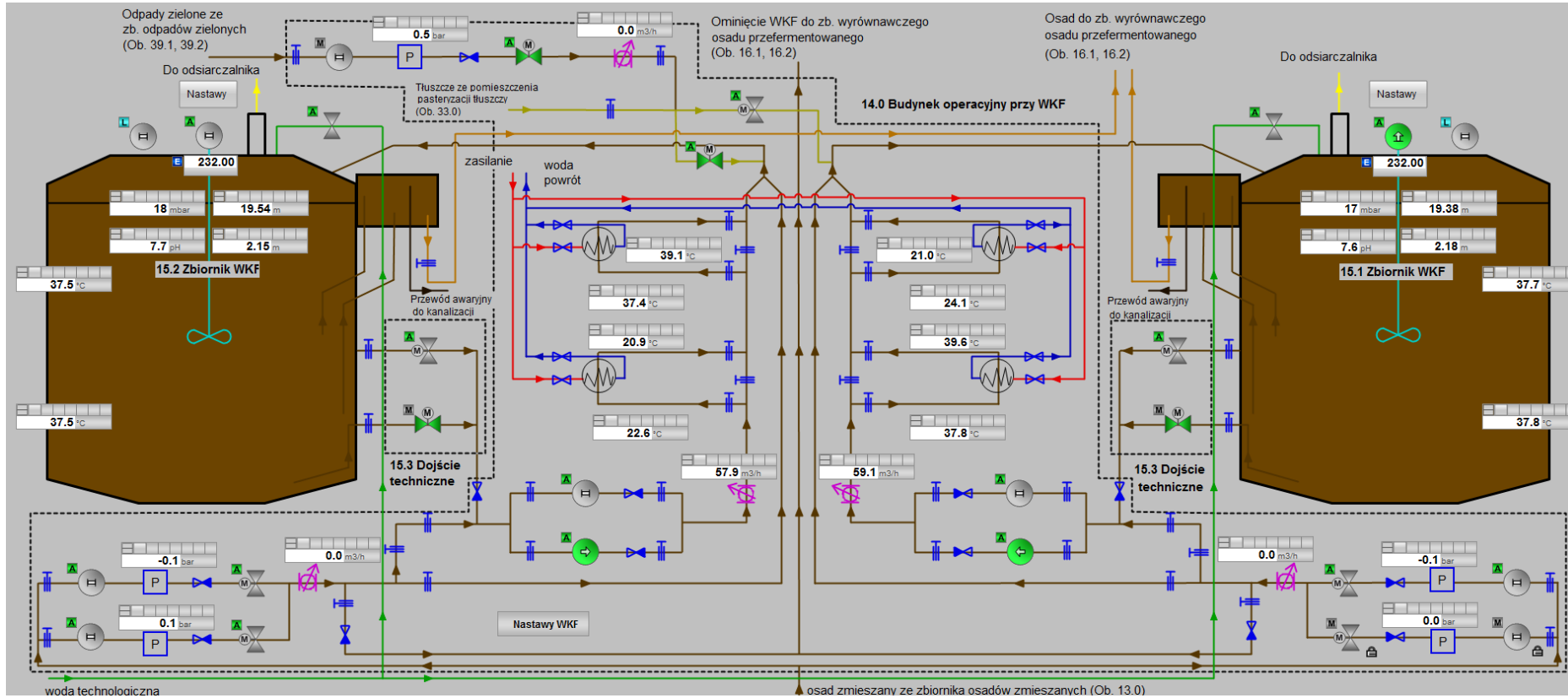


**szybkość produkcji biogazu
(dm³/h)**

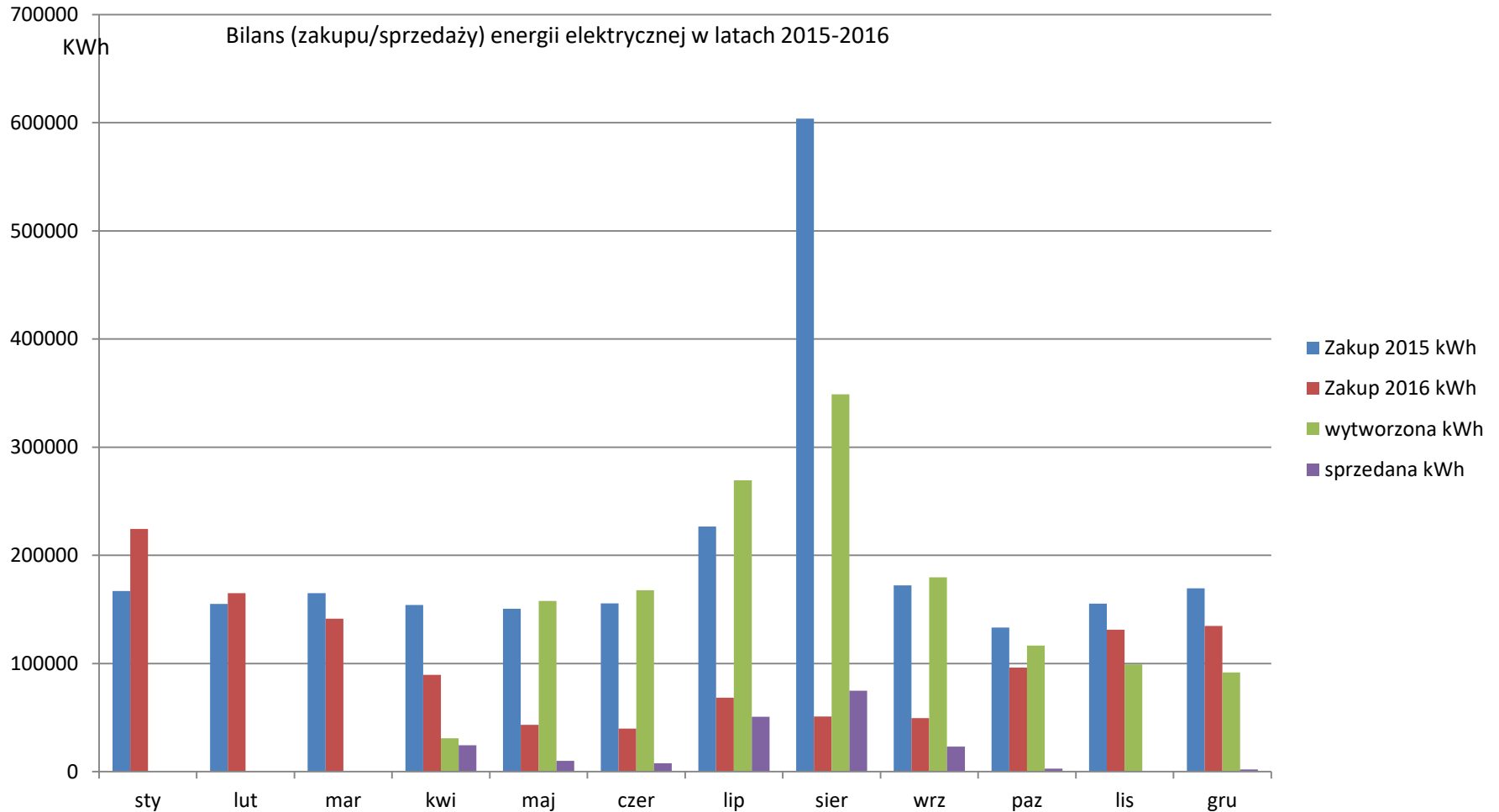


Badanie bezpiecznej maksymalnej dawki odpadu

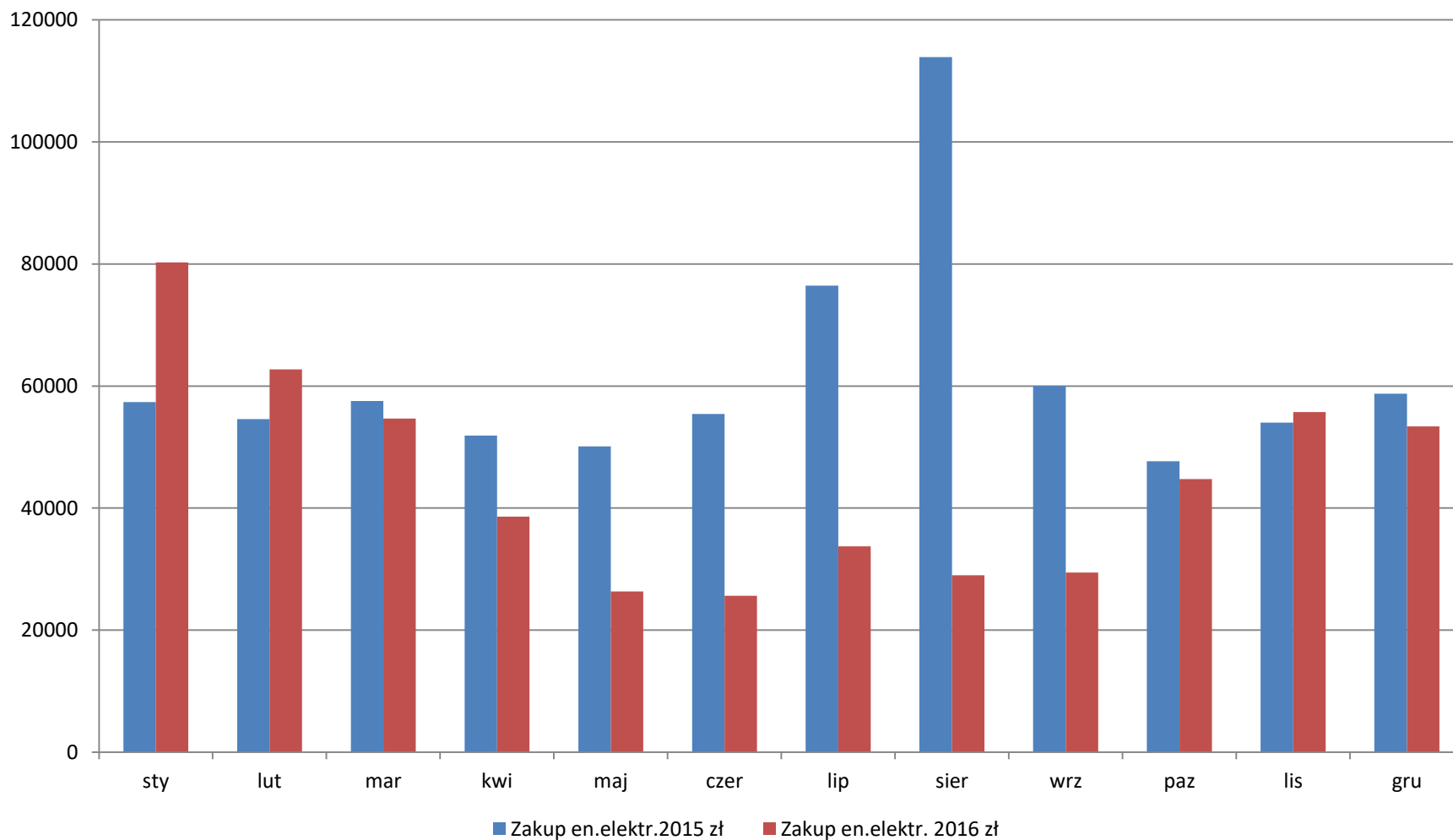
schemat komór fermentacyjnych



Uzyskane efekty energetyczne fermentacji



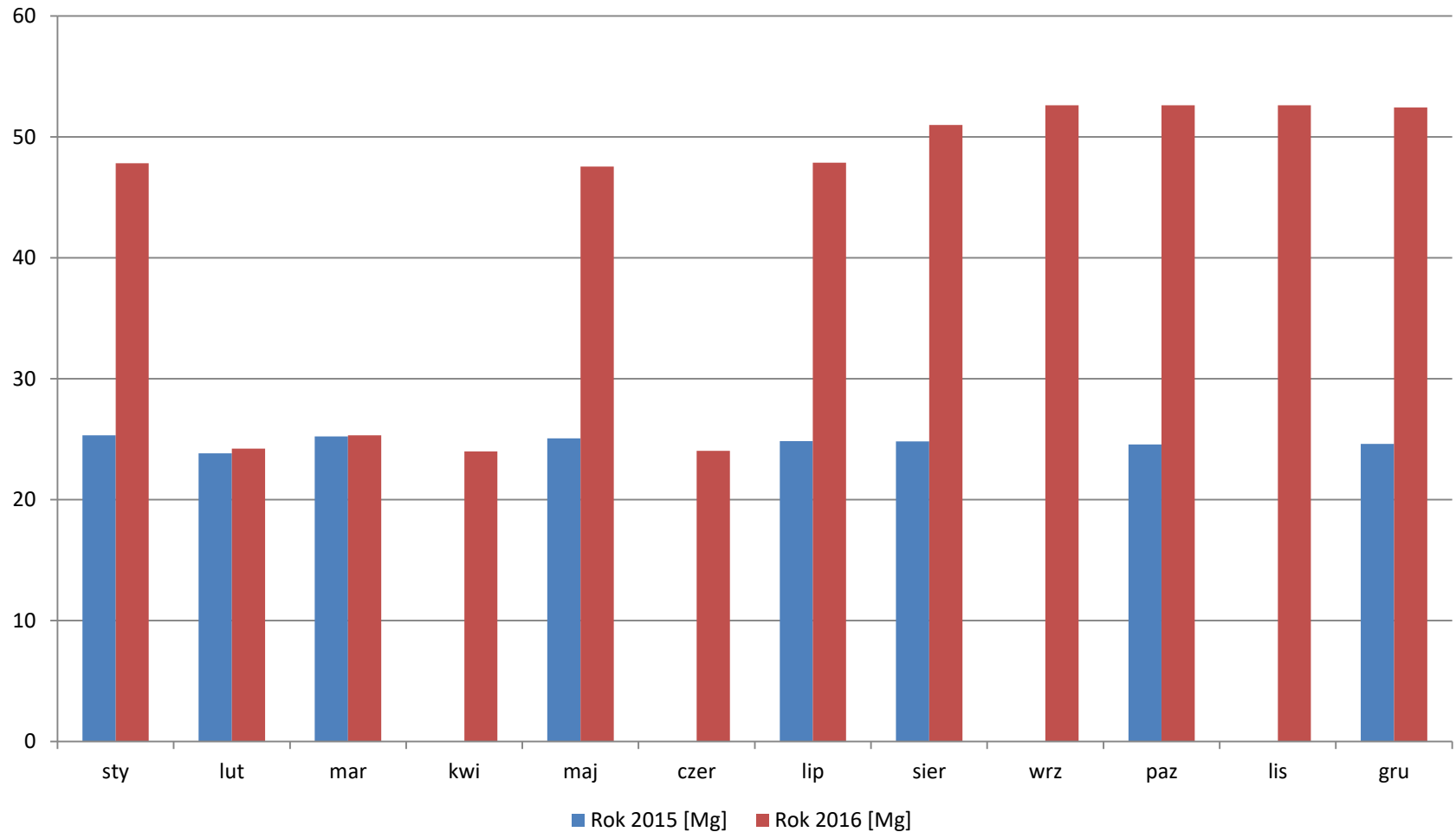
Porównanie kosztów zakupu energii elektrycznej w kolejnych miesiącach w latach 2015 - 2016



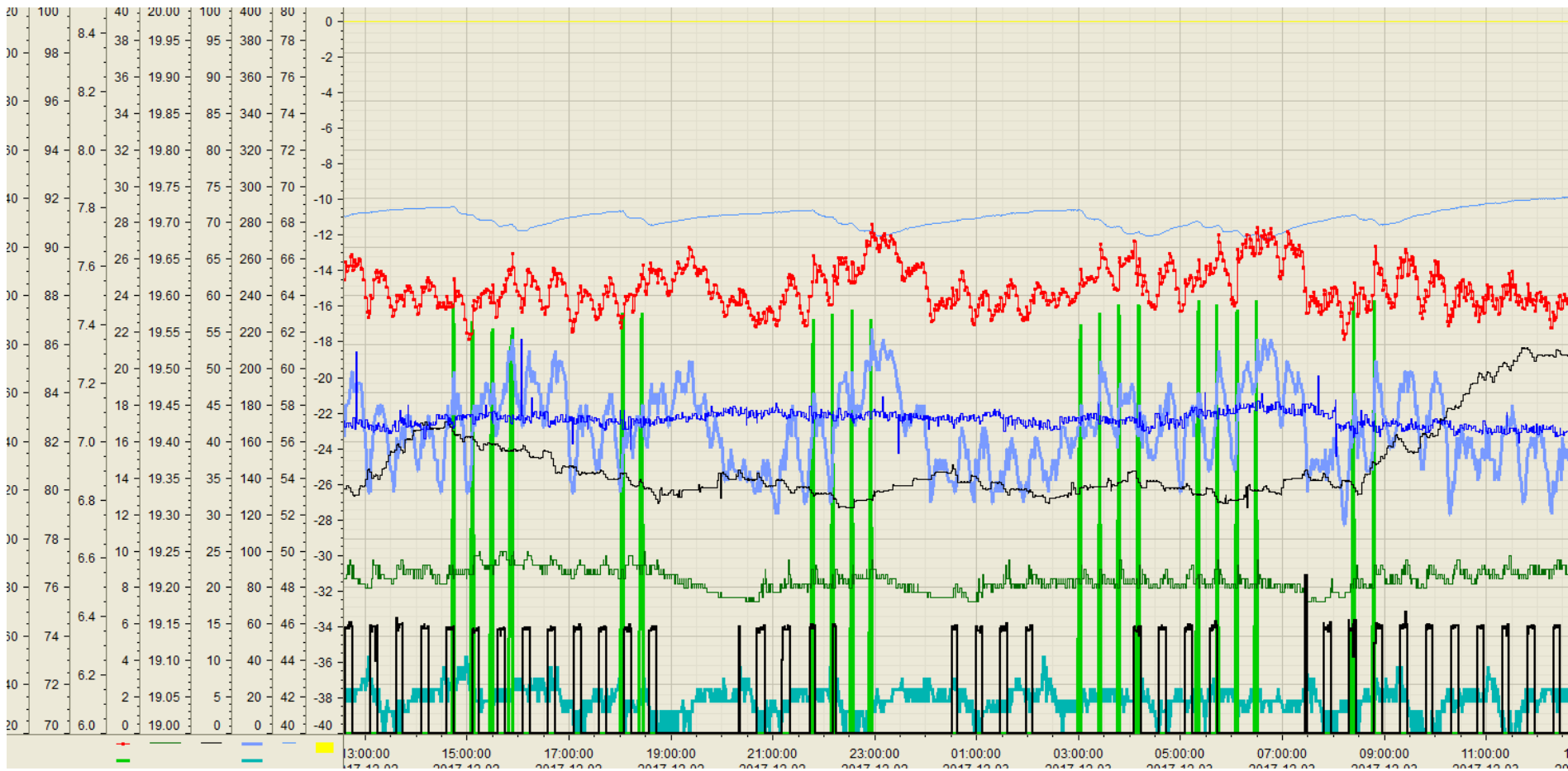
produkcja energii elektrycznej w sierpniu 2016 r

	Zużycie biogazu m3	Wytworzona energia elektryczna MWh	Wyliczona wartość energetyczna (elektryczna) biogazu [kWh/m3]
generator 1	71027	163,9419	2,31
generator 2	79481	184,8872	2,33
SUMA	150508	348,8291	

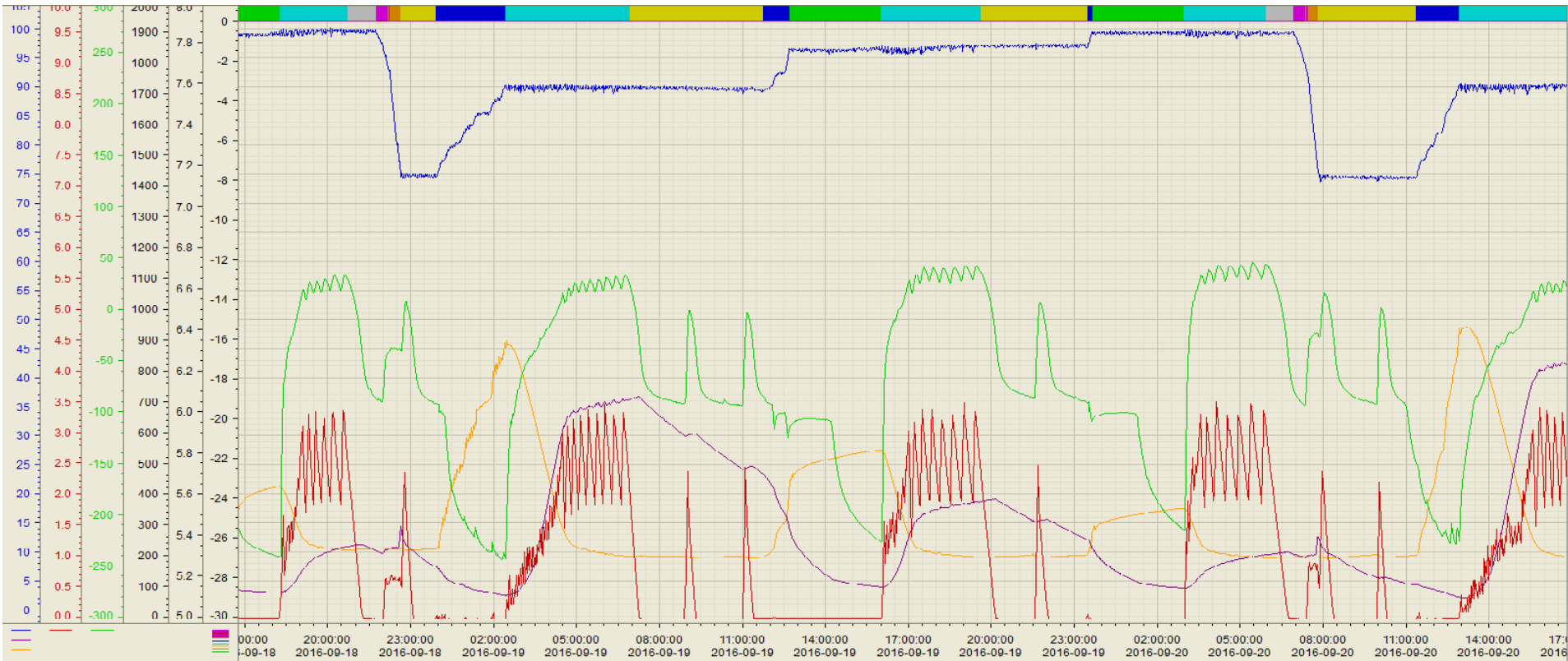
Porównanie zużycia koagulantu żelazowego do strącania fosforu w latach 2015 i 2016



Wykres ze stacji operatorskiej- wzrost ciśnienia biogazu i przepływu gazu po każdym dopływie tłuszczów



Porównanie szybkości reakcji nitryfikacji i denitryfikacji w reaktorze biologicznym



Zawartość lotnych związków siarki przed i po zamontowaniu filtra

data	Zawartosc lotnych zwiazkow krzemu[mgSi/Nm3]
29.11.2016	2,913
23.02.2017	3,558
27.03.2017	3,306
Montaż filtra do usuwania związków siarki	
31.10.2017	n.d.

Wnioski:

- Wykazano wysoką opłacalność fermentacji odpadów szczególnie odpadów tłuszczowych zawierających niską zawartość azotu.
- W warunkach technicznych pomimo dociążenia WKF nie osiągnięto maksymalnej dawki odpadów tłuszczowych powodujących problemy eksploatacyjne. Tłuszcze rybne (45% s.m.) mieszano w proporcji 1:3 (objętościowo) z osadem wstępnym i nadmiernym (5% s.m.) dozując wszystko w ilości 5% objętości komory, nie powodując negatywnych zmian kwasowości osadu. Jedynym ograniczeniem jest bezpiecznik ciśnieniowy wydzielanego biogazu w komorze fermentacyjnej.
- Ilość siloksanów wydzielanych z odpadów kosmetycznych nie zwiększa tła powstających siloksanów z odpadów wrzucanych do ścieków w zlewni oczyszczalni.
- Wykazano przydatność stosowania enzymów do rozkładu celulozy z odpadów celulozowych i z osadu wstępnego w celu wzrostu ilości wydzielanego biogazu.
- Porównanie niezbędnego czasu przetrzymania ścieków w fazie nitryfikacji i denitryfikacji w cyklicznych reaktorach biologicznych wskazuje na konieczność zwiększenia komór denitryfikacji w innych oczyszczalniach o układzie przepływowym
- Oczyszczalnia z kofermentacją i kompostownią może przyczynić się do wzrostu wymaganego przez EU % redukcji odpadów biodegradowalnych. W warunkach zlewni oczyszczalni w Swarzewie odpady kuchenne ulegające biodegradacji osiągają wielkość 15 600 Mg/rok dając potencjalny zysk wartości około 560 tys. zł/r. Warunkiem przyjęcia odpadów jest dokładna segregacja odpadów „u źródła”.

Dziękuję za uwagę