

# Emisja gazów cieplarnianych przez krowy

Zbigniew Podkówa<sup>1</sup>, Witold Podkówa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

<sup>2</sup>Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy i Wyższa Szkoła Środowiska w Bydgoszczy

Wzrost stężenia w atmosferze gazów cieplarnianych (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, pary wodnej) powoduje ocieplenie klimatu. W procesie tym szczególnie niebezpieczny jest wzrost stężenia podtlenku azotu (N<sub>2</sub>O) i metanu (CH<sub>4</sub>), gazy te cechuje bowiem znacznie wyższy niż dla dwutlenku węgla wskaźnik powodujący efekt cieplarniany (tab. 1). Dla metanu globalny efekt cieplarniany (Global Warming Potential – GPW) wynosi 25, co wskazuje, że jest on 25-krotnie wyższy niż dla dwutlenku węgla, czyli w przechwytywaniu ciepła jest 25 razy skuteczniejszy niż CO<sub>2</sub>. Dla N<sub>2</sub>O wskaźnik ten wynosi aż 298. Wskaźniki te służą do obliczania efektu cieplarnianego i wyrażenia jedną wartością (CO<sub>2</sub>-eq) – ekwiwalentów dwutlenku węgla (IPCC 2006, Berenz 2008, Brade i wsp., Lüttich i wsp. 2007).

Stężenie gazów cieplarnianych nie powinno przekroczyć 550 ppm CO<sub>2</sub>-eq. Oznacza to, że stężenie sumaryczne gazów cieplarnianych w powietrzu atmosferycznym nie powinno przekroczyć 0,05% jego składu chemicznego. Im liczba ta jest większa, tym grubszy dach „cieplarni”, co wpływa na podniesienie temperatury. Szczególnie niebezpieczne jest przekroczenie poziomu 750 CO<sub>2</sub>-eq w powietrzu (Gostomczyk 2009, Knapik 2009).

W procesie zakwaszenia powietrza atmosferycznego, oprócz dwutlenku siarki (SO<sub>2</sub>), tlenków azotu (NO<sub>x</sub>), szczególną rolę spełnia amoniak (NH<sub>3</sub>). Dwutlenek siarki, tlenki azotu ulatniają się do atmosfery i w połączeniu z parą wodną powstają kwasy: siarkowy (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), siarkawy (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>), azotowy (HNO<sub>3</sub>).

Tabela 1

Wskaźniki gazów antropogennych emitowanych przez zwierzęta (Reinhardt i Köppen 2008, Scholwin i wsp. 2006)

Oddziaływanie na środowisko	Wskaźnik	Związek	Wzór	Wskaźnik (równoważnik)
Efekt cieplarniany	CO <sub>2</sub> -eq	dwutlenek węgla	CO <sub>2</sub>	1
		podtlenek azotu	N <sub>2</sub> O	298
		metan biogeny*	CH <sub>4</sub>	25
		metan kopalny	CH <sub>4</sub>	27,75
Zakwaszenie	SO <sub>2</sub> -eq	dwutlenek siarki	SO <sub>2</sub>	1
		tlenki azotu	NO <sub>x</sub>	0,7
		amoniak	NH <sub>3</sub>	1,88
		chlorowódor	HCl	0,88
Smog fotochemiczny	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -eq	niemetanowe lotne związki organiczne	NMVOC	1
		metan	CH <sub>4</sub>	0,006
		cząstki stałe (pył)	PM <sub>10</sub> i PM <sub>2,5</sub>	3
Efekt eutroficzny	PO <sub>4</sub> -eq	fosforany	PO <sub>4</sub>	1
		tlenki azotu	NO <sub>x</sub> jako NO <sub>2</sub>	0,13
		amoniak	NH <sub>3</sub>	0,35

\*Metan powstający w procesie fermentacji metanowej

Amoniak w atmosferze reaguje z kwasami, głównie kwasem siarkowym. Powstały związek jest silnym czynnikiem zakwaszającym środowisko. Cząstka amoniaku powoduje większe zakwaszenie niż cząstka dwutlenku siarki i ponad dwa razy większe niż cząstka tlenu azotu (Sapek 1995).

Wymienione związki powodują zakwaszenie atmosfery, przyczyniając się do powstawania kwaśnych opadów. Stanowią one poważne zagrożenie dla naturalnych ekosystemów oraz różnych wytworów cywilizacji technicznej człowieka (Płonak 2006).

Smog fotochemiczny powstaje w wyniku obecności w powietrzu metanu, pyłów (particulate matter – PM), niemetanowych lotnych związków organicznych (non-methane volatile organic compounds – NMVOC), tlenków azotu oraz przy występowaniu charakterystycznych warunków meteorologicznych.

Pyły – cząstki stałe (PM), są emitowane podczas zadawania paszy, ze ściółki, sierści bydła, jak również przez silniki spalino-we. Wyróżnia się dwie wielkości cząstek: PM<sub>10</sub> i PM<sub>2,5</sub>. Wielkość cząstki określa się w mikronach (μ). Szczególnie niebezpieczne są cząstki PM<sub>2,5</sub>, które są wdychane z powietrzem do płuc, powodując ich uszkodzenie (Dämmgen i wsp. 2007, 2009).

Badania przeprowadzone w Instytucie Fizyki Nuklearnej im. Maksa Plancka w Heidelbergu wykazały, że rośliny emitują metan. Odkrycie to radykalnie zmieniło pogląd na temat roślin, postrzeganych dotąd jako „czyściciele” powietrza, które pochłaniają dwutlenek węgla a uwalniają tlen. Do tej pory twierdzono, że większość metanu z biologicznych źródeł powstaje w procesie gnilnym prowadzonym przez bakterie beztlenowe. Keppler (2006) stwierdził, że żywe rośliny emitują od 10 do 100 razy więcej metanu niż powstaje w procesie gnilnego rozkładu roślin martwych. Emitowanie metanu przez rośliny wzrasta wraz ze zwiększającą się temperaturą i ekspozycją na światło słoneczne. Zbiorowiska roślinne są źródłem od 10 do 30% rocznej puli metanu emitowanego do atmosfery.

## Emisja gazów trawiennych i z odchodów

Przeżuwacze emitują do środowiska więcej gazów niż zwierzęta monogastryczne. Przewód pokarmowy przeżuwaczy jest przystosowany do wykorzystywania węglowodanów strukturalnych, na drodze fermentacji. Wynika to z działalności mikroorganizmów celulozowych i metanogennych. W procesie fermentacji zwyczajowej i jelitowej produkowany jest metan i niemetanowe lotne związki organiczne (NMVOC), do których zaliczane są niskocząsteczkowe kwasy tłuszczowe (LKT), alkohole, etylen, wodorowęglan (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) i inne związki. Gazy powstające w przewodzie pokarmowym powszechnie określane są jako „gazy trawienne”, w odróżnieniu od gazów powstających w procesie gnilnym odchodów zwierzęcych (Brade i Lebzien 2008, Brade i wsp. 2008, Brundsch i wsp. 2008).

Oprócz metanu i niemetanowych lotnych związków organicznych powstających w przewodzie pokarmowym, znaczna ilość tych związków i substancji azotowych pochodzi z

**Tabela 2****Emisja gazów przez krowę (Dämmgen i wsp. 2009)**

Wyszczególnienie	Wartość
CH <sub>4</sub> z procesów trawiennych (kg/s/a)	92,5
CH <sub>4</sub> z odchodów (kg/s/a)	19,6
CH <sub>4</sub> razem (kg/s/a)	112,1
CH <sub>4</sub> z odchodów (%)	17
Dzienna emisja CH <sub>4</sub> (kg/s/d)	0,307
NH <sub>3</sub> (kg/s/a)	39,8
N <sub>2</sub> O (kg/s/a)	0,70
NO <sub>x</sub> (kg/s/a)	0,10
NMVOOC (kg/s/a)	19,8

s – stanowisko, a – rok (365 dni), d – dzień

odchodów zwierzęcych, które są każdego dnia wydalane z organizmu. Niestrawiona substancja organiczna i woda, zawarte w kale, a także mocz, stanowią doskonałe podłoże dla bakterii metanogennych. Produkują one duże ilości metanu, niemetalicznych lotnych związków organicznych, amoniaku i innych związków azotowych.

W tabeli 2 przedstawiono ilość gazów emitowanych przez krowę. Podano je w kilogramach w ciągu roku w przeliczeniu na jedno stanowisko. Uznano, że ten sposób określania ilości emitowanych gazów jest właściwy, w ciągu roku następuje bowiem przekwalifikowanie ze względu na stan fizjologiczny krowy. Metan emitowany z odchodów, tj. kału i moczu, stanowi 17% całkowitej ilości tego gazu wydalanego przez krowę. Im wyższa zawartość białka w diecie, tym większa ilość metanu wydziela się z odchodów. Ilość związków azotowych emitowanych z odchodów krów jest zależna od ilości związków azotowych pobranych w diecie i produkcji mleka.

W ciągu roku z jednego stanowiska krowy emitowanych jest 112 kg metanu i 40 kg amoniaku. Dane te wskazują, że gazy produkowane w chowie bydła mogą stanowić zagrożenie dla środowiska, dlatego należy dążyć do ich ograniczenia. Zanieczyszczenie środowiska metabolitami wytwarzanymi przez krowy można ograniczyć przez poprawę wykorzystania paszy. Duże zagęszczenie zwierząt na fermach powoduje trudności w zagospodarowaniu dużej ilości odchodów, głównie w postaci gnojowicy. Stwarza ona problemy związane z jej składowaniem i wykorzystaniem do nawożenia. W tej sytuacji, bieżące jej zagospodarowanie zmniejsza zagrożenie dla środowiska. Utylizacja gnojowicy poprzez wykorzystanie do produkcji biogazu rolniczego stwarza nowe możliwości ekologiczne i ekonomiczne. Tak zagospodarowana gnojowica staje się cennym substratem do produkcji energii i organicznego nawozu ekologicznego.

Poprawiając wykorzystanie paszy w żywieniu krów wysoko produkcyjnych, obniża się ilość emitowanych metabolitów w przeliczeniu na jednostkę produkcji. Istnieje więc zbieżność celów produkcyjnych i ekologicznych. Prowadzona praca hodowlana, zmierzająca do zwiększenia produktywności zwierząt, jest zbieżna z dążeniem do ograniczenia ujemnego oddziaływania zwierząt na środowisko (Flachowsky 2007, Brade i wsp. 2008, Hegraty i wsp. 2007, Johnson i Johnson 1995, Klieve i wsp. 2009, Walter 2009a, 2009b, 2009c, Zhou i wsp. 2009, Zijdeveld i wsp. 2009).

**Tabela 3****Emisja metanu przez krowę w zależności od wydajności (obliczenia własne)**

Roczna wydajność mleka (kg)	Emisja* CH <sub>4</sub> (kg/rok/krowę)	Emisja* CH <sub>4</sub> (g/kg mleka)
4000	93,84	23,46
5000	101,20	22,10
6000	108,12	18,02
7000	116,20	16,10
8000	122,40	15,30
9000	131,60	14,10
10 000	136,00	13,60
11 000	140,06	12,80
12 000	146,88	12,24

\*Metan emitowany tylko z przewodu pokarmowego

W tabeli 3 podano wielkość emisji metanu w zależności od wydajności mleka. Przy rocznej produkcji 4 tys. kg mleka krowa emituje około 94 kg metanu. Dalszy wzrost produkcji mleka przyczynia się do zwiększonej emisji metanu. Podwojenie wydajności mleka – do 8 tys. kg, powoduje wzrost emisji metanu o 30%, zaś przy 12 tys. kg emisja metanu wzrasta już tylko o 20%. Przy trzykrotnym wzroście produkcji mleka (z 4 do 12 tys. kg) emisja metanu od krowy w ciągu roku powiększa się tylko o 56% (z 94 do 147 kg).

W przeliczeniu na 1 kg wyprodukowanego mleka, wraz ze wzrostem wydajności maleje ilość metanu. Im wyższa wydajność mleka, tym mniejsza emisja metanu przypadająca na 1 kg mleka. Wynika to z faktu, że krowa, niezależnie od skali produkcji mleka, emituje pewne ilości metanu, które wynikają z jej potrzeb fizjologicznych. Potrzeby bytowe krowy powodują emisję metanu, która obciąża produkcję mleka.

Krowa o wydajności około 4 tys. kg mleka pobiera głównie pasze objętościowe, które w przewodzie pokarmowym podlegają procesowi fermentacji i powstaje metan oraz inne gazy. Pasze objętościowe są bardziej metanogenne niż pasze treściwe. Wzrost udziału paszy treściwej w dawce pokarmowej powoduje ograniczenie wytwarzania metanu. Krowa o wydajności 8 czy 10 tys. kg mleka pobiera więcej paszy treściwej niż krowa o wydajności 4 tys. kg, dlatego nakład metanu na wyprodukowanie 1 kg białka mleka jest niższy. Z tego powodu krowa o wyższej wydajności mlecznej emituje mniej metanu do atmosfery (tab. 4).

**Tabela 4****Emisja metanu wytworzonego w procesie fermentacji w przewodzie pokarmowym przez krowy rasy holendersko-fryzyjskiej w zależności od wydajności (Brade i wsp. 2008)**

Wydajność roczna mleka (kg)	Roczna produkcja białka mleka (kg)	Dziennie pobranie suchej masy (kg)	Udział pasz w dawce (%)		Nakład CH <sub>4</sub> na białko mleka (kg/kg)
			objętościowe	treściwe	
4000	136	12	90	10	0,69
6000	204	15	80	20	0,53
8000	272	18	70	30	0,45
10 000	340	21	60	40	0,40
12 000	408	24	50	50	0,36

Uwarunkowania: masa ciała krowy 650 kg, tłuszcz mleka 42 g/kg, białko mleka 34 g/kg, całoroczne żywienie w oborze paszami konserwowanymi, bez udziału pastwiska

**Tabela 5**

**Emisja metanu wytworzonego w procesie fermentacji w przewodzie pokarmowym w zależności od wydajności krów, przy stałej rocznej produkcji. Kwota mleczna dla gospodarstwa 800 000 kg/rok (Brade i wsp. 2008)**

Wydajność roczna mleka (kg)	Liczba krów w gospodarstwie (szt.)	Emisja metanu w gospodarstwie (ton/rok)
4000	200,0	18,7
6000	133,3	14,9
8000	100,0	12,3
10 000	80,0	10,8
12 000	66,7	9,8

Mając na uwadze emisję metanu do atmosfery, należy do zakładanej globalnej produkcji mleka w gospodarstwie dostosować liczbę krów i udział paszy treściwej w dawce pokarmowej. Przykładowo, gospodarstwo o rocznej produkcji mleka 800 000 kg, dysponujące krowami o średniej wydajności 4 tys. kg mleka, powinno utrzymywać 200 krów. Roczna emisja metanu będzie wynosiła 18,7 ton. Taką samą ilość mleka można uzyskać od 100 krów o wydajności 8 tys. kg każda, emitując 12,3 tony metanu. Przy wyższej wydajności mleka od krowy, maleje liczba utrzymywanych sztuk, jak również obniża się emisja metanu (tab. 5).

W tabeli 6 przedstawiono dane, z których wynika, że krowy produkujące mleko o wyższej zawartości białka emitują mniej metanu.

**Tabela 6**

**Wymagana liczba krów do wyprodukowania 306 ton białka mleka rocznie oraz emisja metanu i efektywność potencjalna gazów cieplarnianych (Brade i wsp. 2008)**

Wydajność roczna mleka (kg)	Zawartość w mleku (%)		Wymagana liczba krów (szt.)	Ilość metanu* (ton/rok)	Efektywność gazów cieplarnianych (ton CO <sub>2</sub> -eq/rok)
	tłuszcz	białko			
9000	4,2	3,35	1015	129	4522
9000	4,1	3,40	1000	126	4421
9000	3,7	3,60	945	116	4046
9000	3,6	3,65	932	114	3959
9000	3,4	3,75	907	110	3700

\*Metan produkowany w procesie trawienia

Krowy w pierwszej laktacji na każdy wyprodukowany kg mleka emitują więcej metanu niż w 5. lub 6. laktacji. Dotyczy to szczególnie krów o wydajności 4-5 tys. kg mleka rocznie. Przy wyższej wydajności różnice są mniejsze. Krowy żywione paszami wysokiej jakości emitują mniej metanu. W tabeli 7 podano, ile metanu emitują krowy w ciągu roku w niektórych krajach europejskich.

**Tabela 7**

**Emisja metanu przez krowy w kilku krajach europejskich; dane z roku 2008 (Dämmgen i wsp. 2009)**

Kraj	Emisja metanu (kg/krowę/rok)	Dzienna wydajność mleka (kg)	Masa ciała krowy (kg)
Austria	115,04	16,17	700
Belgia	116,92	16,80	600
Czechy	114,95	20,22	585
Dania	126,22	23,29	575
Niemcy	92,45	19,19	594
Polska	94,31	11,86	500
Wlk. Brytania	102,75	18,46	577

W Polsce, przy obecnym pogłowie 2,8 mln sztuk, przy średniej wydajności 4,3 tys. kg mleka, roczna emisja metanu wynosi 263 Gg, co stanowi około 15% całkowitej emisji metanu do atmosfery. W obliczeniach przyjęto tylko emisję metanu z przewodu pokarmowego krowy. Doliczając metan powstający na każdym stanowisku w oborze, podczas składowania obornika/gnojowicy, jak również w procesie rozkładu obornika/gnojowicy w glebie, ilość emitowanego metanu jest większa. Przyjmuje się, że metan emitowany z rolnictwa stanowi około 30% całkowitej jego produkcji. Ilnicki (2004) podaje, że w Polsce udział rolnictwa w emisji gazów cieplarnianych wynosi: CO<sub>2</sub> – 10%, CH<sub>4</sub> – 30%, N<sub>2</sub>O – 80%. W Niemczech udział emisji gazów cieplarnianych z rolnictwa przedstawia się następująco: CO<sub>2</sub> – 6,3%, CH<sub>4</sub> – 44,7%, N<sub>2</sub>O – 81,6 %.

Krowy produkujące 8-10 tys. kg mleka o wyższej zawartości białka w mniejszym stopniu obciążają środowisko metanem. Krowy rasy holsteińsko-fryzyskiej, produkujące mleko o niższej zawartości tłuszczu, są bardziej przyjazne dla środowiska niż krowy innych ras, których mleko cechuje się wysokim poziomem tłuszczu.

W tabeli 8 zawarto informacje dotyczące emitowania amoniaku przez krowy w niektórych krajach.

**Tabela 8**

**Emisja amoniaku przez krowy w ciągu roku w kilku krajach europejskich; dane z 2008 roku (Dämmgen i wsp. 2009)**

Kraj	Liczba krów (mln sztuk)	Emisja NH <sub>3</sub> (Gg/rok)	Emisja NH <sub>3</sub> (kg/stanowisko/rok)
Austria	1,4755	22,5	15,3
Belgia	2,1391	14,8	6,9
Czechy	0,8100	10,9	13,5
Dania	0,9645	4,4	4,4
Francja	15,7683	232,9	14,8
Holandia	2,3254	19,7	8,5
Niemcy	8,6157	129,4	15,0
Polska	2,7820	40,6	14,6
Szwajcaria	0,9487	11,8	12,4
Wlk. Brytania	8,4074	64,4	7,7

### Emisja pyłu

Emisja cząstek stałych jest uzależniona od typu pomieszczenia i systemu utrzymywania zwierząt. Średnio w ciągu roku z jednego stanowiska krowy emisja PM<sub>10</sub> wynosi 0,38 kg, zaś PM<sub>2,5</sub> – 0,24 kg. W tabeli 9 przedstawiono emisję cząstek stałych w oborze, w zależności od systemu utrzymania. Przy tradycyjnym utrzymywaniu krów na stanowiskach ściółkowych i na uwięzi, ilość emitowanych cząstek jest prawie dwukrotnie większa niż w oborach boksowych i przy mechanicznym zgarnianiu odcho-

**Tabela 9**

**Emisja cząstek stałych (pyłu) w oborze w zależności od systemu utrzymania krów (Dämmgen i wsp. 2009)**

System utrzymania krów	Emisja pyłu (kg/stanowisko/rok)	
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>
Na uwięzi, na ściółce	0,70	0,45
Boksowy, mechaniczne zgarnianie odchodów	0,36	0,23

**Tabela 10****Emisja pyłu w pomieszczeniach zajmowanych przez bydło, w niektórych krajach Europy; dane z 2008 roku (Dämmgen i wsp. 2009)**

Kraj	Emisja pyłu (kg/stanowisko/rok)	
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>
Belgia	0,28	0,06
Czechy	0,36	0,00
Dania	0,16	0,10
Francja	0,09	0,03
Niemcy	0,21	0,14
Polska	0,40	0,01
Szwajcaria	0,13	0,02
Wlk. Brytania	0,04	0,01

dów. Wielkość emisji pyłu w pomieszczeniach dla bydła w niektórych krajach europejskich podano w tabeli 10.

Produkcja mleka jest bardzo energochłonna. Według badań przeprowadzonych w FAL (2000), zużycie energii elektrycznej w przeliczeniu na jedną krowę o masie ciała 500 kg wynosi w ciągu roku 263 kWh. Obejmuje to zużycie energii na oświetlenie, sprzątanie, wietrzenie, karmienie, dój, schładzanie mleka i inne. Podczas produkcji 1 MWh energii elektrycznej w klasycznej elektrowni opalanej węglem kamiennym emitowane jest 937 kg CO<sub>2</sub>, 7,8 kg SO<sub>2</sub>, 3,2 kg NO<sub>x</sub> i 0,2 kg CO (Grzybek 2005). Przy spalaniu gazu ziemnego lub ropy naftowej ilość emitowanych gazów jest mniejsza.

W artykule nie opisano problemu emisji metanu i innych gazów związanych z kompleksową produkcją pasz dla bydła. Wymaga to osobnego opracowania, w tym bowiem zakresie wykonano wiele ciekawych badań (Bachmaier i wsp. 2008, Brundsch i wsp. 2008, Butterbach-Bahl i Kiese 2008). Przedstawione w skrócie zagadnienia, związane z produkcją mleka i emisją do

atmosfery metanu i innych gazów, skłaniają do zadania pytania: jak należy prowadzić chów krów, mając na uwadze emisję gazów cieplarnianych. W chwili obecnej odpowiedź nie jest znana. Należy sądzić, że w najbliższych latach opracowane zostaną nowe technologie chowu bydła, których celem będzie ograniczenie emisji gazów mających wpływ na zmiany klimatyczne.

Trzeba pamiętać, że duże ilości gazów cieplarnianych uwalniane są do atmosfery w procesie erupcji wulkanów, podczas pożarów lasów oraz sztormów na oceanach i morzach. Do atmosfery emitowane są inne gazy z przemysłu oraz spaliny z sektora motoryzacyjnego, które są bardziej szkodliwe dla środowiska. Przykładowo perfluorometan (CF<sub>4</sub>) wykazuje 5700 razy wyższy efekt cieplarniany niż dwutlenek węgla, zaś dla sześciofluorku siarki (SF<sub>6</sub>) równoważnik dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>-eq) wynosi 22 200. Podobne działania wykazują ferony (CF<sub>2</sub>Cl, CFCl<sub>3</sub>, CF<sub>3</sub>Cl). Obecność wymienionych związków jest związana z działalnością człowieka.

Ociepleniu klimatu zawsze towarzyszy wzrost zawartości gazów cieplarnianych w atmosferze. Największy udział ma para wodna, w mniejszych ilościach występują: dwutlenek węgla, metan, tlenki azotu i ozon. W ciągu ostatnich 400 tysięcy lat – jeszcze bez udziału człowieka – zawartość CO<sub>2</sub> w powietrzu, jak tego dowodzą rdzenie lodowe z Antarktydy, już czterokrotnie była zbliżona, a nawet wyższa od obecnej (Kopeć 2010). Nie wyklucza się, że wzrost ilości gazów cieplarnianych jest w pewnej części związany z działalnością człowieka. Nieuzasadnione jest jednak podejmowanie radykalnych i ogromnie kosztownych działań gospodarczych zmierzających do redukcji emisji wybranych gazów cieplarnianych. Lobbying, inspirowany przez zainteresowanych, prowadzi do stwierdzenia: „nie ma problemu, należy problem stworzyć”.

## Łańcuchowa reakcja polimerazy (PCR)

Justyna Jarczak<sup>1</sup>, Brygida Ślaska<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN w Jastrzębcu

<sup>2</sup>Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Rok 1983 był przełomowy w naukach biochemicznych i molekularnych. Wtedy to Kary B. Mullis, wraz ze współpracownikami z Cetus Corporation w Emeryville w Kalifornii, stworzył i opisał przebieg łańcuchowej reakcji polimerazy – PCR (ang. *Polimerase Chain Reaction*) [8]. Od tego roku świat nauki dzieli historię na „przed PCR” i „po PCR”. Mullis, urodzony 28 grudnia 1944 r. w niewielkiej miejscowości Lenoir w Północnej Karolinie i wychowany na farmie, po 10 latach od swojego odkrycia zdobył Nagrodę Nobla w dziedzinie chemii.

### Historia powstania PCR

Aby poznać dokładną historię opracowania metody PCR trzeba cofnąć się do lat 50. ubiegłego wieku. Artur Kornberg rozpoczął wtedy badania nad replikacją DNA. Wyniki badań dotyczące sposobu reprodukcji kwasu DNA w komórkach bakteryjnych i odtworzenie tego procesu w warunkach laboratoryjnych sprawiły, że w roku 1959 otrzymał Nagrodę Nobla z dziedziny medycyny. Ważne miejsce, pośrednio związane z powstaniem PCR, to znajdujący się w Stanach Zjednoczonych Park Narodowy Yellowstone – to tutaj w latach 60. ubiegłego wieku Thomas Brock prowadził badania nad bakteriami żyjącymi w gorących źródłach i gejzerach, zdolnymi przetrwać skrajnie trudne warunki środowiska i temperaturę dochodzącą do 80°C. Naukowcom udało się wyizolować Gram-ujemną bakterię, niezdolną do poruszania się i nie wytwarzającą przetrwalników, najczęściej występującą w formie kulistej, której głównym środowiskiem życia są wody termalne, gorące źródła oraz oceaniczne kominy hydrotermalne. Nazwano ją *Thermus aquaticus* [2]. Następnym krokiem było odkrycie enzymu, bez którego niemożliwe byłoby