



# CENTRUM BADAWCZE

PROŚRODOWISKOWYCH I ENERGOOSZCZĘDNYCH  
MATERIAŁÓW ORAZ TECHNOLOGII „CeBMaT”



Dofinansowanie projektu z UE: **36 274 981,91 zł**



Fundusze Europejskie  
Inteligentny Rozwój



Rzeczpospolita  
Polska

Unia Europejska  
Europejski Fundusz  
Rozwoju Regionalnego



Zakup sprzętu w ramach projektu: „Centrum badawcze prośrodowiskowych i energooszczędnych materiałów oraz technologii (CeBMaT)” współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020.



## CENTRUM BADAWCZE PROŚRODOWISKOWYCH I ENERGOOSZCZĘDNYCH MATERIAŁÓW ORAZ TECHNOLOGII CEBMAT



Zakresem badawczym obejmuje obszary wiedzy skupione wokół energetyki, inżynierii środowiska, inżynierii materiałowej oraz systemów opto- i mechatronicznych niezbędnych do sterowania procesami technologicznymi. Centrum badawcze prośrodowiskowych i energooszczędnych materiałów oraz technologii wpisane zostało na **Polską Mapę Infrastruktury Badawczej**.

Zakupiony sprzęt dzięki któremu, prowadzone będą badania eksperymentalne i teoretyczne pozwoli na zdobycie nowej wiedzy z zakresu otrzymywania materiałów o ściśle zdefiniowanych parametrach struktury i właściwościach (implanty, kompozyty, laminaty, sorbent) - mówi **kierownik projektu, prof. dr hab. inż. Wojciech FRANUS**.





## **APARATURA BADAWCZA**

**I. System mikroskopowy S/TEM wraz z możliwością przygotowania próbek TEM**

**II. Wysokorozdzielczy nanotomograf RTC**

**III. Uniwersalny symulator termomechaniczny**

**IV. System pomiarowy składu gazów w komorze spalania oraz spalin**

**V. Zestaw do badania wytworzonych inteligentnych czujników i algorytmów z wysokowydajnym systemem do obliczeń równoległych**

**VI. Tandemowy spektrometr mas typu Q-TOF z analizatorem czasu przelotu**

**VII. Stanowisko do badań intensyfikacji produkcji biogazu wykorzystaniem zaawansowanych metod obróbki wstępnej i analizy biomasy**

**VIII. Spektrometr do badań próbek stałych i ciekłych**



## SYSTEM MIKROSKOPOWY

- TRANSMISYJNY MIKROSKOP ELEKTRONOWY TALOS F200X G2 (S)TEM, THERMOFISHER SCIENTIFIC INC.
- SKANINGOWY MIKROSKOP ELEKTRONOWY SCIOS 2 DUALBEAM, THERMOFISHER SCIENTIFIC INC.

Firma **Thermo Fisher Scientific** łączy w jednym systemie dwie znakomite technologie: skaningowy mikroskop elektronowy **Scios 2 Low VacDual Beam** oraz transmisyjny mikroskop elektronowy **Talos F200X G2**.

**Talos F200X G2 (S)TEM** to transmisyjny mikroskop, idealny do precyzyjnej charakterystyki różnych materiałów. Źródło elektronów X-FEG do 200 kV oraz system SmartCam 4K ze stolikiem Piezo gwarantuje doskonałą jakość obrazów i rozdzielczość 0,12nm w trybie TEM. Zaawansowany system Super-X EDS z 4 detektorami SDD pozwala na wysoko czułą analizę składu pierwiastkowego w każdych warunkach pochylenia.







**Scios 2 DualBeam** umożliwia charakterystykę materiałów 2D i 3D w trybach SEM i (S)TEM przy napięciu od 200 V do 30 kV. Niskonapięciowy detektor DBS oraz detektor SE, wraz z trzema detektorami wewnątrz kolumnowymi, zapewniają rozdzielczość 0,8 nm w trybie STEM. Dodatkowo, detektor EDS Ultradry o rozdzielczości 129 eV umożliwia analizę pierwiastkową 3D. Ten mikroskop posiada także możliwość trawienia struktur w materiałach.

**Zastosowanie:** system mikroskopowy umożliwia zaawansowane badania strukturalne i preparatykę próbek z rozległego spektrum dziedzin nauki, takich jak: chemia, fizyka, materiałoznawstwo, elektronika i wielu innych. Pozwala na prowadzenie różnych badań, w tym struktury ogniw słonecznych, mikrostruktury sorbentów, kompozytów, katalizatorów i polimerów, mechanizmów wzrostu kryształów oraz procesów korozji stopów. Dodatkowo, system mikroskopowy umożliwia obserwacje w warunkach in-situ, co pozwala na monitorowanie zmian strukturalnych zachodzących podczas procesów ogrzewania.

**Dowiedz się więcej:**

Laboratorium Zaawansowanych Technik Mikroskopowych  
Nadbystrzycka 36 C, 20-618 Lublin

**prof. dr hab. inż. Wojciech Franus**

tel: +48 81 538 44 16

e-mail: [w.franus@pollub.pl](mailto:w.franus@pollub.pl)

**dr Rafał Panek**

tel: +48 81 538 44 42

e-mail: [r.panek@pollub.pl](mailto:r.panek@pollub.pl)



## **UNIWERSALNY SYMULATOR PROCESÓW TERMOMECHANICZNYCH SYSTEM MIKROSKOPOWY**

**Gleeble 3800** dynamiczna maszyna testująca, zaprojektowana do symulacji fizycznej szerokiej gamy termicznych i mechanicznych etapów procesów kształtowania i metalurgii. Zaczynając od podstawowej obróbki metali, a następnie analizując próbki pobrane z gotowych produktów lub analizując wybrane etapy określonego procesu produkcyjnego.

Zestaw może symulować i zapewniać dokładne i wiarygodne dane testowe dotyczące oddziaływania termicznego /mechanicznego i środowiskowego, jakich materiał doświadcza w czasie jego użytkowania i produkcji.

**Zastosowanie:** zakres badań m.in. w zakresie: obróbki cieplno-plastycznej metali i ich stopów, wpływu obciążeń cieplno-mechanicznych na degradację mikrostruktury, realizacja symulacji fizycznych procesów metalurgicznych realizowanych warunkach huty, odlewni czy zakładu spawalniczego.

**Dowiedz się więcej:**

Laboratorium Obróbki Plastycznej Metali

Nadbystrzycka 36 C, 20-618 Lublin

**dr hab. inż. Jarosław Bartnicki**

tel: +48 81 5384576

e-mail: [j.bartnicki@pollub.pl](mailto:j.bartnicki@pollub.pl)



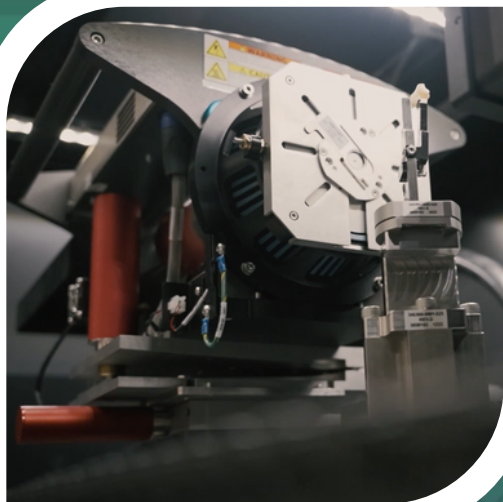


## WYSOKOROZDZIELCZY NANOTOMOGRAF RTG

- XARDIA 510 VERSA, CARL ZEISS X-RAY MICROSCOPY INC.

Nanotomograf rentgenowski, w nomenklaturze obecny jako mikroskop rentgenowski (XRM=X-Ray Microscopy) służy do oceny budowy wewnętrznej materiałów, m.in.:

- obrazowanie w trybie kontrastu absorpcyjnego,
- obrazowanie w trybie kontrastu fazowego,
- powiększenie geometryczne i optyczne,
- zestaw amorficznych filtrów do sterowania energią wiązki,
- stół do badań materiałów pod obciążeniem i przepływem ciepła (Deben),
- oprogramowanie analityczne (Dragonfly).





### **Zastosowanie:**

- badania materiałowe; materiały dla medycyny regeneracyjnej i implantologii, tkanki hybrydowe laminaty kompozytowe oraz laminaty metalowo-włókniste dedykowane do zastosowań w przemyśle lotniczym, transportowym i medycynie, materiały ceramiczne, betony, minerały, materiały wytwarzane technikami przyrostowymi,
- ocena jakości wyrobów i zespołów, w tym ocena montażu i wymiarowo-kształtowa,
- współpraca: przemysł środków transportu, medycyna, weterynaria, budownictwo.

### **Dowiedz się więcej:**

Laboratorium Badań Strukturalnych  
Nadbystrzycka 36 C, 20-618 Lublin

**dr hab. inż. Krzysztof Pałka**

tel: +48 81 538 42 16

e-mail: [k.palka@pollub.pl](mailto:k.palka@pollub.pl)





## ZGAZOWARKA BIOMASY ZWIERZĘCEJ

**Moc zgrzewarki w paliwie zawiera się w zakresie 10-50 kW (dla biomasy o wartości opalowej 14 MJ/kg, jak dla zrębki wędzarniczej jako paliwa referencyjne).**

Linia zgazowania składa się z kilku elementów: układ zasypowy biomasy, linii: suszenia biomasy, dezodoryzacji powietrza z suszarni, rozdrabniania, formowania paliwa, układy podajników ślimakowych, układ zgazowania w reaktorze, układ odbioru popiołu z reaktora z możliwością pobierania próbek w czasie pracy urządzenia, układ spalania gazowego generatorowego w istniejącej komorze spalania, instalacje elektryczne i aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka.

**Dowiedz się więcej:**

Laboratorium Diagnostyki Procesów Spalania  
Nadbystrzycka 38 C, 20-618 Lublin

**dr hab. inż. Andrzej Smolarz**

tel: +48 81 538 43 37

e-mail: [a.smolarz@pollub.pl](mailto:a.smolarz@pollub.pl)



## ZESTAW ANALIZATORÓW GAZÓW

**Pomiar składu gazów powstałych w efekcie procesu zgazowania biomasy oraz pomiar składu spalin wewnątrz komory spalania.**

Zestaw pozwoli uzyskać niezbędne dane do sterowania procesem – do oceny jakości dokonywanej konwersji biomasy, a także efektów spalania. Szeroki zakres pomiarowy umożliwia analizę gazów pochodzących z różnych źródeł biomasy oraz wieloaspektową analizę uzyskanych wyników, co przyczyni się do lepszego poznania prowadzonych procesów oraz wyboru optymalnych źródeł biomasy.

**Dowiedz się więcej:**

**Laboratorium Diagnostyki Procesów Spalania**

**Nadbystrzycka 38 C, 20-618 Lublin**

**dr hab. inż. Paweł Komada**

tel: +48 81 538 43 37

e-mail: [p.komada@pollub.pl](mailto:p.komada@pollub.pl)





## APARATURA DO CHARAKTERYZOWANIA BIOMASY

- Analizator elementarny VarioMacroCubeCHNS+CL
- Kalorymetr 5E-C5808
- Analizator TGA 5E-MAC6710
- Młynek tnący PULVERISETTE 19

Aparatura służy do charakteryzowania materiału wejściowego dla badanych procesów termicznej przeróbki biomasy.

**Aparatura składa się z kilku analizatorów wraz z wyposażeniem i osprzętem niezbędnym do przygotowania próbek do badań.**

**Zastosowanie poszczególnych urządzeń jest następujące:**

- analizator elementarny VarioMacroCubeCHNS+CL służy do analizy zawartości w paliwie węgla, wodoru, azotu, siarki i chloru;
- kalorymetr 5E-C5808 – stosowany jest do automatycznego oznaczania ciepła spalania i wartości opałowych paliw;
- Analizator TGA 5E-MAC6710 – wykorzystywany jest do oznaczania wilgoci, części lotnych, popiołu i utraty masy w substancjach;
- młynek tnący PULVERISETTE 19 – służy do przygotowania próbek do badań.

**Dowiedz się więcej:**

Laboratorium Diagnostyki Procesów Spalania  
Nadbystrzycka 38 A, 20-618 Lublin

**dr hab. inż. Zbigniew Omiotek,**

tel.: +48 81 538 44 62

e-mail: [z.omiotek@pollub.pl](mailto:z.omiotek@pollub.pl)



## ZESTAW DO BADANIA CZUJNIKÓW I ALGORYTMÓW

Głównym elementem zestawu jest wydajny system obliczeniowy, którego konfiguracja jest optymalizowana do zastosowań z zakresu tzw. głębokiego uczenia (ang. deep learning), głównie z wykorzystaniem procesorów graficznych (GPU).

Dodatkowo, właściwą funkcjonalność zestawu zapewniają pozostałe jego elementy, którymi są serwer pamięci masowej oraz przełącznik sieciowy.

Zastosowanie zestawu jest uniwersalne i nie ogranicza się do jednej branży. Daje możliwość elastycznego konfigurowania maszyn wirtualnych, co pozwala na jednoczesną i zdalną pracę wielu użytkowników uczestniczących w danym projekcie.

Może być wykorzystywany wszędzie tam, gdzie wymagana jest bardzo duża moc obliczeniowa, z ukierunkowaniem na obliczenia równoległe, realizowane na GPU, np. modelowanie struktur tzw. inteligentnych czujników, czy też trenowanie sieci neuronowych.





**Dowiedz się więcej:**  
Zakład Diagnostyki i Analizy Pomiarów  
Nadbystrzycka 38 C, 20-618 Lublin

**dr hab. inż. Andrzej Kotyra**  
tel: +48 81 538 43 17  
e-mail: a.kotyra@pollub.pl





## UKŁAD DO WYTWARZANIA ŚWIATŁOWODÓW DO CZUJNIKÓW FOTONICZNYCH

- Coherent Astrella-1K-USP ULTRAFast TI: SAPPHIRE AMPLIFIRE

Komplementarny układ służący do zapisu światłowodowych struktur periodycznych we włóknach specjalnych składający się z lasera femtosekundowego, układów przeniesienia wiązki laserowej na włókno światłowodowe metodą maski fazowej oraz metodą punkt po punkcie i filtracji powietrza.

W skład układu wchodzi również urządzenia przeznaczone do charakteryzacji wytworzonych struktur w postaci źródła światła, analizatora widma optycznego oraz reflektometru wysokiej rozdzielczości.

Układ lasera femtosekundowego pozwala na zapis **struktur Bragga** odpornych na działanie wysokich temperatur i zachowujących swoje właściwości metrologiczne. Zapis struktur Bragga z wykorzystaniem tego lasera tworzy także **możliwość wytwarzania nowych elementów nowoczesnych źródeł światła**.

Zakres badań wykorzystujący układ do wytwarzania czujników fotonicznych obejmował będzie opracowanie technologii wytwarzania struktur Bragga na światłowodach fluorkowych, nietlenkowych oraz fotonicznych z wykorzystaniem lasera femtosekundowego.

Wykorzystanie odpowiednich światłowodów z tego typu szkła pozwoli na opracowanie technologii zapisu oraz wytworzenie na nich zwierciadeł laserowych i czujników w postaci struktur typu Bragga.





Cały system do wytwarzania czujników z wykorzystaniem laserów femtosekundowych pozwoli na budowę całej gamy czujników do pomiarów wielkości fizycznych i chemicznych.

**Dzięki temu możliwe będą:**

- pomiary i analiza stopnia zużycia instalacji ciśnieniowych,
- pomiary stanu konstrukcji mechanicznych (przęseł, mostów, budynków itp.),
- detekcja stężenia substancji chemicznych, np. gazów,
- pomiary naprężeń nieczułych na działanie pola elektromagnetycznego i zmiany temperatury,
- pomiary współczynnika załamania światła (refraktometria światłowodowa),
- pH-metria,
- optyczne tensometry,
- termometry fotoniczne na szeroki zakres temperatur obejmujące zakres średniej podczerwieni.

**Dowiedz się więcej:**

Laboratorium Optoelektroniki i Techniki Laserowej  
Nadbystrzycka 36 C, 20-618 Lublin

**prof. dr hab. inż. Piotr Kisała**

tel: +48 81 538 43 17

e-mail: [p.kisala@pollub.pl](mailto:p.kisala@pollub.pl)



## **DRUKARKA Z WYMIENNYMI GŁOWICAMI DO NANOSZENIA MASEK NA PODŁOŻU**

- ~~DRUKARKA~~ ATRAMENTOWA PIXDRO LP50, MEYER BURGER

Drukarka atramentowa pozwala na drukowanie materiałów kroplami o pojemności pikolitrowej z dokładnością do 20  $\mu\text{m}$ . Umożliwia bezpośrednio osadzanie materiałów o różnorodnych właściwościach dielektrycznych, przewodzących, adhezyjnych, mechanicznych, optycznych i chemicznych.

Urządzenie jest kompaktową alternatywą przy prowadzeniu badań R&D dla zestawu urządzeń, którymi przeprowadzany jest zestaw procesów fotolitografii (w tym rozprowadzenie fotorezystu, centrowanie, naświetlanie, wygrzewanie) i trawienia. Technika drukowania atramentowego jest techniką, która może znacznie obniżyć koszty produkcji prototypowej poprzez znaczne zmniejszenie zużycia materiałów.





Wytwarzanie masek fotolitograficznych bezpośrednio na podłożu, a następnie przeprowadzenie procesu lift-off (litografia i trawienie przez odrywanie). Ze względu na precyzję osadzania o objętości materiału istnieje możliwość zastosowanie jej w aplikacjach drukowania elektroniki na podłożach standardowych (płytki półprzewodnikowe i drukowane) oraz elastycznych, w aplikacjach elektroniki drukowanej.

Drukarka może być wykorzystywana w technologiach fotowoltaicznych, zarówno do drukowania materiałów, z których składa się ogniwo fotowoltaiczne, jak i wytwarzania prototypowych układów elektroniki sterującej na płytkach drukowanych.

**Dowiedz się więcej:**

**Katedra Elektroniki i Technik Informatycznych**

**dr inż. Andrzej Kociubiński**

tel: +48 81 538 43 37

e-mail: [a.kociubinski@pollub.pl](mailto:a.kociubinski@pollub.pl)



## TANDEMOWY SPEKTROMETR MAS TYPU Q-TOF Z ANALIZATOREM CZASU PRZELOTU

Wysokosprawny chromatograf cieczowy sprzężony z tandemowym spektrometrem mas w układzie q-TOF – Agilent 1260 series oraz q-TOF 6546, który rozdziela i analizuje związki organiczne o masach cząsteczkowych do 10 000. System ten posiada pompę pozwalającą na wykorzystanie 4 składnikowego gradientu, termostatowany autosampler umożliwiając zaprogramowanie analizy ponad 100 próbek.

Termostat kolumn HPLC umożliwiając pracę w temperaturze do +80 stopni C, źródło jonów ESI (elektrospray) umożliwiając efektywną jonizację (dodatnią lub ujemną) związków polarnych oraz źródło jonów APCI (chemiczna jonizacja pod ciśnieniem atmosferycznym), która pozwala na jonizację związków słabo jonizujących w trybie ESI.

Za analizę otrzymanych jonów odpowiada tandemowy spektrometr mas q-TOF umożliwiając analizę jonów w zakresie 50- 10 000 m/z. Czulość detektora w trybie MS jest nie gorsza niż S/N 500:1 RMS dla 1 pg rezerpiny, a w trybie MS/MS nie gorsza niż S/N 1500:1 RMS dla 1 pg rezerpiny.





Dokładność analizowanych mas jest nie gorsza niż 0.8 ppm RMS (dla 10 kolejnych dozowań próbki z zakres dynamiczny ponad 5 rzędów wielkości).

Rozdzielność analizowanych mas- deklarowana przez producenta 60 000 FWHM dla jonów o masie 2722 m/z (w trybie co najwyżej pojedynczego odbicia strumienia jonów).

Analiza żywności i prób środowiskowych pod względem zawartości farmaceutyków, i ich metabolitów, środków ochrony roślin, substancji endokrynnie czynnych, toksyn i produktów przemian i/lub degradacji tych związków. Wykorzystywany jest w badaniach migracji oraz kierunków przemian mikrozanieczyszczeń organicznych w różnych elementach środowiska, organizmach żywych, łańcuchach troficznych.

**Dowiedz się więcej:**

**Katedra Inżynierii Ochrony Środowiska**

**dr hab. inż. Jacek Czerwiński**

tel: +48 81 538 47 58

e-mail: [j.czerwinski@pollub.pl](mailto:j.czerwinski@pollub.pl)



## **SPEKTROMETR DO BADAŃ PRÓBEK STAŁYCH I CIEKŁYCH, METODAMI SPEKTROSKOPII FT-IR ORAZ FT-RAMAN**

Spektrometr FTIR-FT-Raman Nicolet iS50, firmy Thermo Scientific sprzężony z analizatorem termogravimetrycznym Discovery TGA 55 firmy TA Instruments (USA). To system umożliwiający charakterystykę ciał stałych, cieczy, past metodami spektrometrii FTIR, Ramana i TGA. Jest to unikalne, kompletne stanowisko pozwalające na wszechstronną analizę próbek środowiskowych metodami spektrometrii molekularnej pod kątem rodzaju i ilości zanieczyszczeń organicznych, jak i nieorganicznych.

System wyposażony jest w bogaty zestaw bibliotek obejmujący ponad 31 tys. widm substancji organicznych, nieorganicznych, substancji niebezpiecznych, leków, substancji wybuchowych, substancji psychoaktywnych oraz ponad 8,6 tys. widm związków w fazie gazowej. Sprzężenie spektrometru FTIR Nicolet iS50 z analizatorem termogravimetrycznym TGA 55 zwiększa możliwości laboratorium w identyfikacji mieszanin, próbek złożonych poprzez ich kontrolowanie i rozkład w analizatorze TGA oraz identyfikację powstających gazów.

Analizator termogravimetryczny może pracować samodzielnie i wówczas jest pomocny w określaniu: stabilności termicznej substancji, odporności na utlenianie, czasu życia produktu, kinetyki rozkładu, zawartości wilgoci, substancji lotnych, popiołów i wiele innych.





Aparatura pozwala na badania strukturalne oraz składu prawie wszystkich typów próbek z zakresu chemii, ochrony i inżynierii środowiska, fizyki, materiałoznawstwa, elektroniki i wielu innych.

Dzięki temu możliwe jest prowadzenie badań nad: degradacją związków organicznych na skutek starzenia się materiałów lub też działania promieni UV, budowa ogniw słonecznych – zwłaszcza barwnikowych, baterii, zastosowaniem praktycznym sorbentów, kompozytów, katalizatorów i polimerów, czy też zmianami strukturalnymi podczas ogrzewania lub pirolizy (badania in-situ).

**Dowiedz się więcej:**

**Katedra Inżynierii Ochrony Środowiska**

**dr hab. inż. Jacek Czerwiński**

tel: +48 81 538 47 58

e-mail: [j.czerwinski@pollub.pl](mailto:j.czerwinski@pollub.pl)



## UKŁAD DO BADAŃ EFEKTYWNOŚCI OBRÓBK WSTĘPNEJ I FERMENTACJI BIOMASY

- SYMULATOR PRACY BIOREAKTORA FERMENTACJI BRS, BPC INSTRUMENTS
- AUTOMATYCZNY ANALIZATOR WŁÓKNA SUROWEGO ANKOM A2000
- MŁYN TNĄCY Z CYKLONEM RETSCH SM3000

Układ składa się z jednostki do badań wydajności produkcji biogazu/ biometanu oraz aparatury służącej do wstępnej obróbki biomasy i oceny jej podatności na biodegradację. Symulator pracy bioreaktora fermentacji pozwala ocenić produktywność biogazową/metanogenną biomasy w procesie fermentacji mokrej w warunkach mezo- lub termofilowych, w układzie porcjowym lub pół-przeptywowym, w reaktorach o obj. 2 dm<sup>3</sup> (6 sztuk).

Urządzenie pozwala na automatyczny pomiar ilości wydzielonego biogazu z rozdzielczością 10 cm<sup>3</sup>, w zakresie szybkości produkcji 10-4000 cm<sup>3</sup>/godz. i śledzenie zmian produkcji w czasie rzeczywistym. Szeroki zakres temperatury pracy łaźni, służącej do ogrzewania wsadu bioreaktorów (od temp. Otoczenia do 95 stopni C) umożliwia prowadzenie badań wstępnej obróbki termicznej.





Wyposażenie układu w młyn tnący z trzema rodzajami ostrzy ze stali nierdzewnej i trzy rodzaje sit separujących pozwala na rozdrabnianie materiałów o różnej charakterystyce (twardość, konsystencja) do różnych wymiarów końcowych.

Będący częścią zestawu cyklon umożliwia mielenie próbek o niskiej gęstości lub wrażliwych na ciepło. Wstępną ocenę składu chemicznego biomasy roślinnej umożliwia analizator włókna surowego, który służy do oznaczania zawartości włókna oraz jego frakcji jednocześnie w 24 próbach. Metoda prowadzenia oznaczeń opiera się na sekwencyjnym rozpuszczaniu składników włókna w określonych rozpuszczalnikach.

W bioenergetyce i gospodarce o obiegu zamkniętym – do oceny przydatności odpadów, ścieków wysokoobciążeniowych i biomasy roślin energetycznych do wykorzystania w produkcji biogazu/biometanu oraz oceny możliwości zwiększenia produkcji biogazu/biometanu w procesach współfermentacji lub obróbki wstępnej metodami fizycznymi (rozdrobnienie, obróbka termiczna niskotemperaturowa).

**Dowiedz się więcej:**

Katedra Konwersji Biomasy i Odpadów w Biopaliwa  
Nadbystrzycka 40B, 20-618 Lublin

**prof. dr hab. Małgorzata Pawłowska**

tel: +48 81 538 44 09

e-mail: [m.pawlowska@pollub.pl](mailto:m.pawlowska@pollub.pl)



**POLITECHNIKA LUBELSKA**

ul. Nadbystrzycka 38 D

20 - 618 Lublin

[www.pollub.pl](http://www.pollub.pl)



**Fundusze Europejskie**  
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita  
Polska**

**Unia Europejska**  
Europejski Fundusz  
Rozwoju Regionalnego

