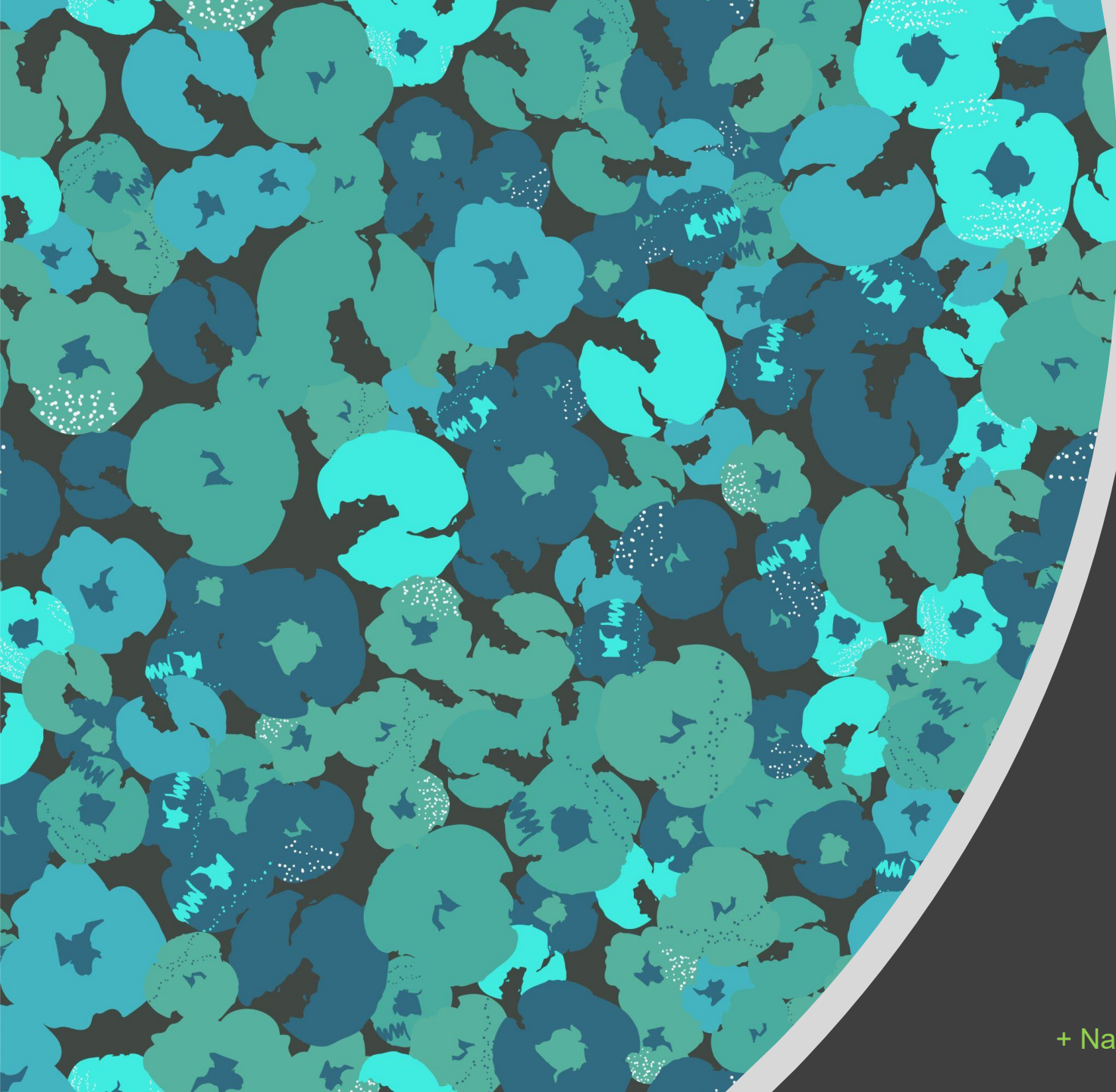




Termomodernizacja wybranych budynków Politechniki Białostockiej

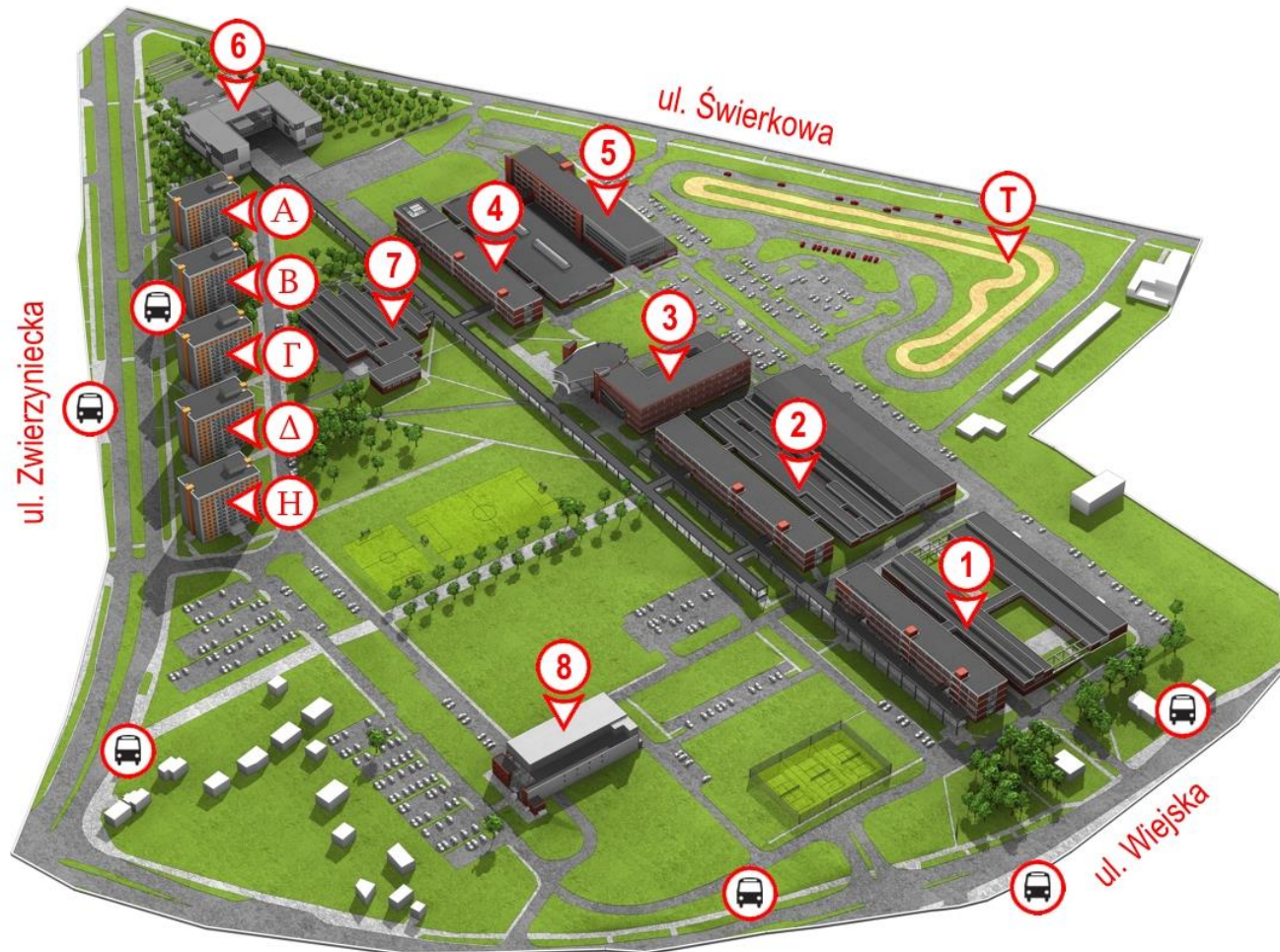
dr inż. Beata Sadowska
adiunkt

Katedra Budownictwa Energooszczędnego i Geodezji

Wydział Budownictwa i Nauk o Środowisku

Politechnika Białostocka

+ Narodowa Agencja Poszanowania Energii, Oddział w Białymstoku

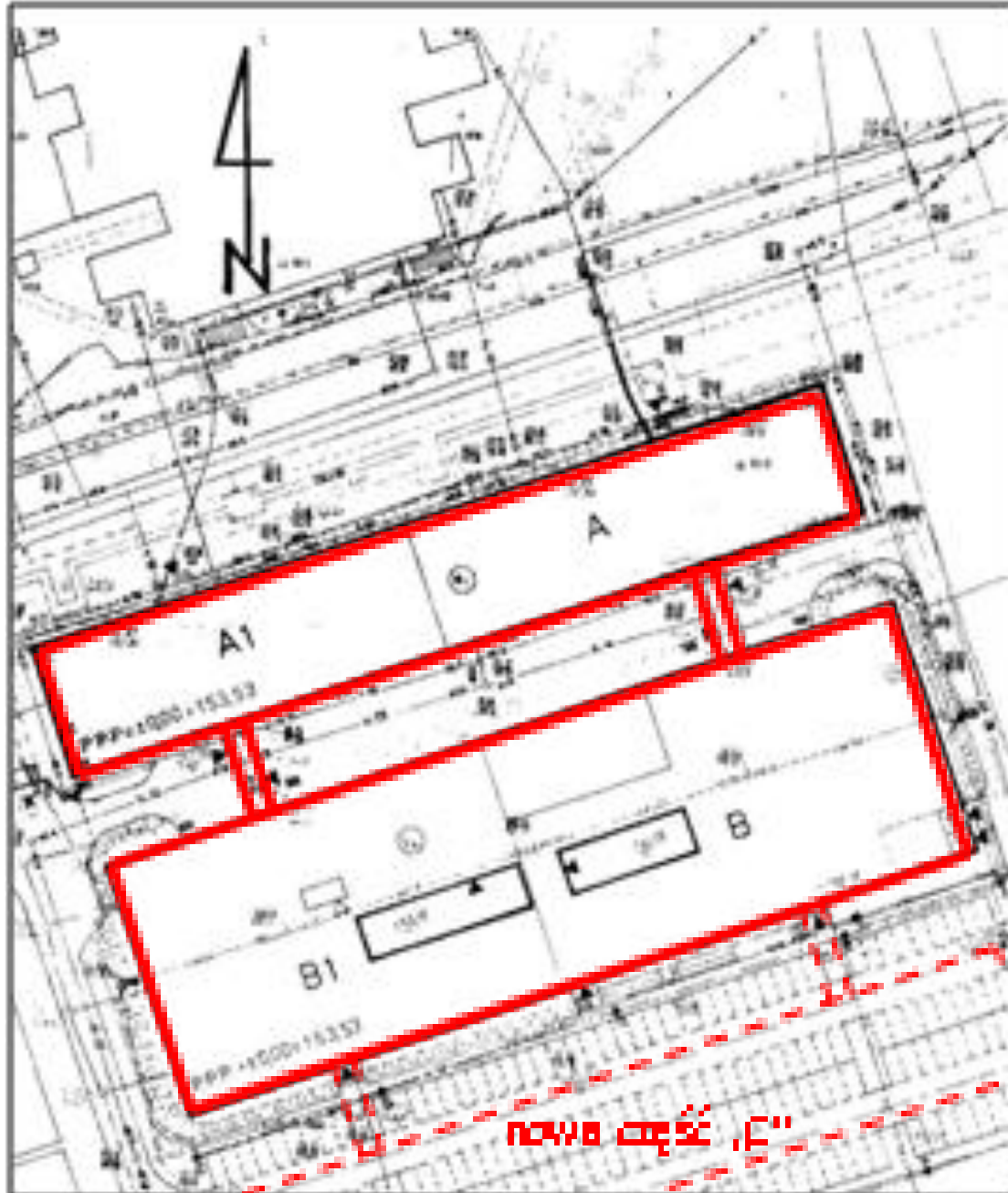


Miasteczko Studenckie PB

- 1 – Rektorat. Wydział Informatyki.
- 2 – Wydział Mechaniczny
- 3 – Wydział Elektryczny. Aula Duża
- 4 – Wydział Budownictwa i Nauk o Środowisku
- 5 – Centrum INNO-EKO-TECH
- 6 – Centrum Nowoczesnego Kształcenia PB:
Studium Języków Obcych (SJO); Biblioteka Główna;
Centrum Rekrutacji
- 7 – Akademicki Inkubator Przedsiębiorczości i Wybranych
Nowych Technologii Politechniki Białostockiej.
Klub Studencki GWINT
- 8 – Akademickie Centrum Sportu
- A – Dom Studenta Alfa
- B – Dom Studenta Beta
- Γ – Dom Studenta Gamma
- Δ – Dom Studenta Delta
- H – Hotel Asystenta
- T – tor testowy



KOMPLEKSOWA TERMOMODERNIZACJA BUDYNKU WBNOŚ (WBIIŚ) PB - PRZEPROWADZONA



Powierzchnia zabudowy: 6 421 m²

Powierzchnia użytkowa 12 278,50 m²

Kubatura ogrzewanej części budynku: 63 024 m³

Rok budowy:

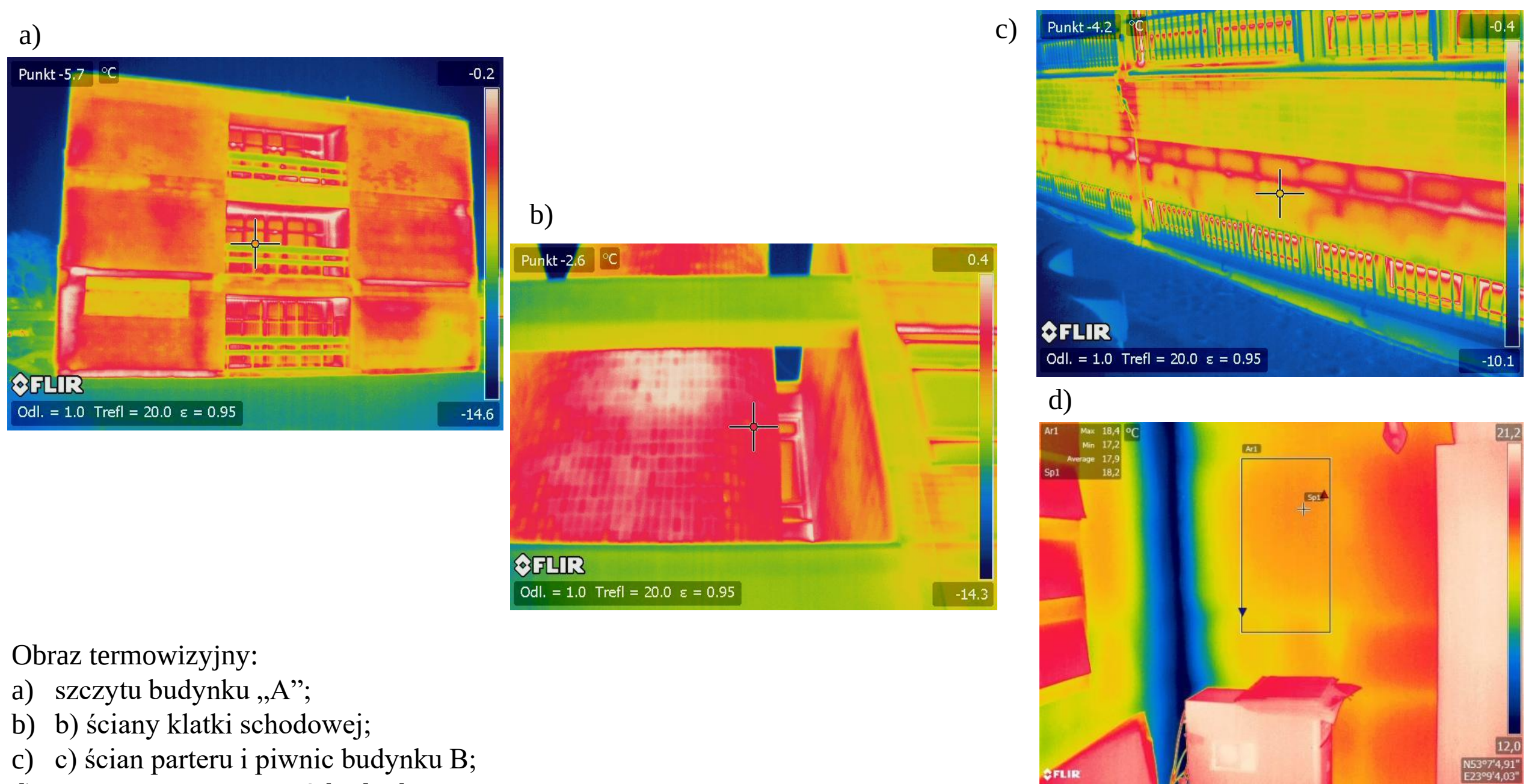
- część „A” („A” i „A1”): 1988 r.
- Część „B” („B” i „B1”): lata 90. ubiegłego wieku

Audyt energetyczny – rok 2011

Charakterystyki cieplne wybranych przegród analizowanego obiektu

lp.	przegroda	$U_{obl.}$ W/m ² ·K	$U_{pom.}$ W/m ² ·K	U_{max} W/m ² ·K	
				budowa	modernizacja
1.	ściany zewnętrzne piwnic części „A”	0,97; 1,43	-	0,75 ('82 r.)	0,30÷0,65 ¹⁾
2.	ściany zewnętrzne piwnic części „B”	0,41	0,48 oraz 1,55	0,55÷0,90 ¹⁾ ('91 r.)	
3.	ściany klatek schodowych części „A”	1,14	1,39	0,75 ('82 r.)	
4.	ściany zewnętrzne nadziemna części „A”	0,76; 0,84	0,55÷0,75	0,75 ('82 r.)	
5.	ściany zewnętrzne parteru części „B”	0,36; 0,37	0,67	0,55÷0,90 ¹⁾ ('91 r.)	
6.	dach nad aulą w części „A”	0,50	-	0,45 ('82 r.)	0,25÷0,50 ¹⁾
7.	stropodach części „A”	0,31	-	0,45 ('82 r.)	
8.	dach części „B”	0,23	-	0,30 ('91 r.)	
9.	okna w części „A”	1,70	-	1,8 ('08 r.)	1,8
10.	okna w części „B”	2,60	2,10 W/m ² ·K dla szkła, co daje wartość współczynnika przenikania ciepłą U dla całego okna o wartości 2,6 Wm ² ·K	2.0 ('91 r.)	

¹⁾ $Q_i \leq 16 \text{ °C}$



Obraz termowizyjny:

- a) szczytu budynku „A”;
- b) ściany klatki schodowej;
- c) ścian parteru i piwnic budynku B;
- d) Pomieszczenie w cz. A budynku.

Zróznicowany rozkład temperatury na powierzchni zewnętrznej i wewnętrznej.

Biorąc powyższe pod uwagę zdecydowano, że przeprowadzone zostaną następujących usprawnienia dotyczące:

struktury (bryły) budynku:

- ocieplenie ścian zewnętrznych piwnic części „A”,
- ocieplenie ścian zewnętrznych kondygnacji nadziemnych części „A”,
- ocieplenie ścian zewnętrznych klatek schodowych w części „A”,
- ocieplenie stropów w loggiach i wnękach (nad piwnicą) w części „A”,
- ocieplenie stropu pod wysuniętą częścią auli i nad wnękami przy wejściach w części „A”,
- ocieplenie dachu nad aulą w części „A”,
- ocieplenie dachu nad klatkami schodowymi w części „A”,
- ocieplenie stropodachu części „A”,
- ocieplenie ścian zewnętrznych części „B”,
- wymiana okien w części „B”.

systemu wentylacji:

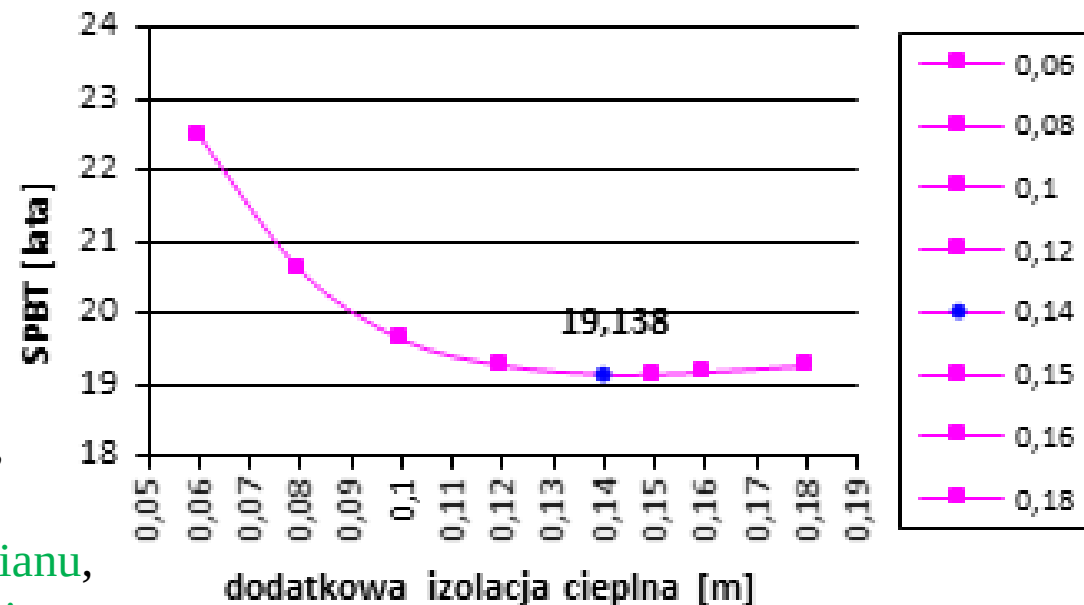
- podwyższenie sprawności wentylacji mechanicznej w części „A+A1” oraz „B+B1”, zastosowanie urządzeń do odzysku ciepła i gruntowych wymienników ciepła (w części budynku „A+A1” wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna współpracująca z pompą ciepła).

instalacji c.o. i źródła ciepła:

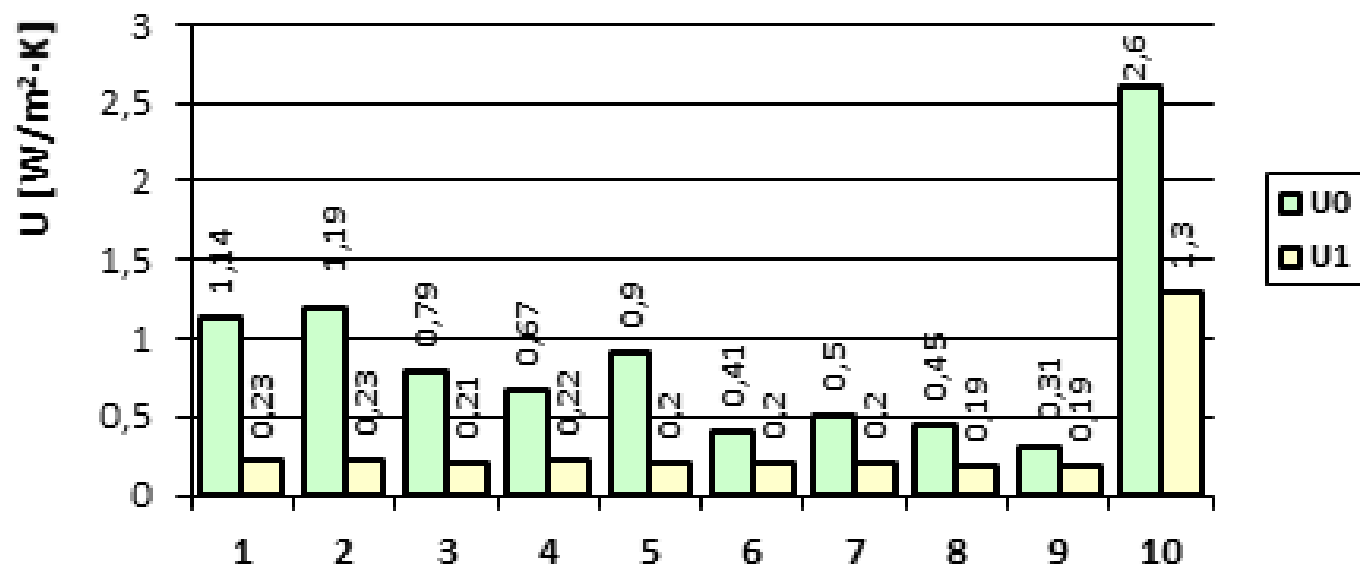
- Wymiana instalacji c.o. w części budynku „A+A1” obejmująca: montaż nowych przewodów (ogrzewanie podłogowe i tradycyjne), izolacja przewodów, montaż grzejników z zaworami termostatycznymi z ustaloną nastawą wstępną, odpowietrzników automatycznych, zaworów regulacyjnych.
- Zamiana istniejącego źródła ciepła - węzła cieplnego na pompy ciepła pracujące w systemie grunt – woda z pionowymi gruntowymi wymiennikami ciepła.

$$SPBT = \frac{N}{\Delta O_r} \quad SPBT = \frac{N_{ok} + N_w}{\Delta O_{rOk} + \Delta O_{rW}} \quad [\text{lata}]$$

N, N_{ok}, N_w – koszt robót związanych z realizacją inwestycji, zł,
 $\Delta O_r, \Delta O_{rOk}, \Delta O_{rW}$ – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z realizacji inwestycji, zł/rok.



- (1) ściany zewnętrzne klatek schodowych w części „A” 14 cm styropianu,
- (2) ściany zewnętrzne piwnic części „A” 14 cm styropianu,
- (3) ściany zewnętrzne kondygnacji nadziemnych części „A” 14 cm styropianu,
- (4) stropy w loggiach i wnękach (nad piwnicą) w części „A” 14 cm styropianu,
- (5) okna w części „B”,
- (6) dach nad klatkami schodowymi w części „A” 10 cm wełny mineralnej,
- (7) strop pod wysuniętą częścią auli i nad wnękami przy wejściach w części „A” 10 cm styropianu,
- (8) ściany zewnętrzne części „B” 8 cm styropianu,
- (9) dach nad aulą w części „A” 10 cm wełny mineralnej,
- (10) stropodach części „A” 6 cm wełny mineralnej
+ remont dachu .



Planowane efekty termomodernizacji budynku WBNOŚ

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane w audycie energetycznym Koszty całkowite	Roczna oszczędność kosztów energii	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię (z uwzględnieniem sprawności całkowitej)
		[zł]	[zł/rok]	[%]
1	2	3	4	5
1.	- stropodach w części A, - strop nad aulą w części A, - wentylacja mechaniczna część A i A1, - ściany części B, - strop pod wysuniętą częścią auli i nad wejściami w części A, - dach nad klatkami schodowymi w części A, - okna części B i B1, - wentylacja mechaniczna część B i B1, - stropy w loggiach i we wnękach w części A, - ściany kondygnacji nadziemnych części A, - ściany piwnic części A, - ściany klatek schodowych w części A, - instalacja c.o. i modernizacja źródła ciepła.	9 459 193 z kosztem audytu	167 789	80,7%

Projekt „Poprawa efektywności energetycznej infrastruktury Politechniki Białostockiej z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii”

w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Podlaskiego na lata 2007–2013 Osi Priorytetowej I. Wzrost innowacyjności i wspierania przedsiębiorczości w regionie; nr projektu WND-RPPD.05.02.00-20-034/12

Projekt „Badanie skuteczności aktywnych i pasywnych metod poprawy efektywności energetycznej infrastruktury z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii”

w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Podlaskiego na lata 2007-2013 Osi Priorytetowej I. Wzrost innowacyjności i wspierania przedsiębiorczości w regionie Działania 1.1 Tworzenie warunków dla rozwoju innowacyjności. B - DO-120.362/40/14.

Okres realizacji – 06.2012 – 06.2015 r. (**36 miesięcy**: 12 m-cy – przygotowanie infrastruktury + zakup aparatury, 24 m-ce – prowadzenie badań i opracowanie raportów).

Planowane koszty projektów budynku WBNOŚ

Lp.	Opis działania	Koszt
1a.	<u>Prace termomodernizacyjne - budowlane</u> (docieplenie ścian zewnętrznych i stropodachów, likwidacja mostków termicznych)	1 860 000
1b	<u>Prace termomodernizacyjne - instalacja co</u> (modernizacja systemu ogrzewania z zastosowaniem odnawialnych źródeł energii)	3 100 000
2.	<u>Modernizacja systemu wentylacyjnego</u> (modernizacja instalacji wentylacyjnej z zastosowaniem odnawialnych źródeł energii)	4 450 000
3.	Planowany koszt aparatury kontrolno pomiarowej	1 010 000
4.	Planowany koszt badań	590 000
	Razem	11 010 000

Oszacowanie wkładu własnego WBilŚ:

15% x 10 420 000 = 1 563 000 zł

35% x 590 000 = 206 500 zł.

Wkład własny w wysokości **1 769 500 zł** - pokryty ze środków własnych Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska (16%).

Beata Sadowska, Adam Świącicki, Wiesław Sarosiek **Kompleksowa termomodernizacja budynku WBiŚ. Cz. 1. Stan istniejący na podstawie dokumentacji archiwalnej i pomiarów.** Rynek Instalacyjny, 2014, nr 10.

Adam Świącicki, Beata Sadowska, Wiesław Sarosiek **Kompleksowa termomodernizacja budynku WBiŚ Cz. 2. Plan inwestycji z analizą potencjału efektów termomodernizacji,** Rynek Instalacyjny, 2014, nr 11.

Dorota Anna Krawczyk, Katarzyna Gładyszewska-Fiedoruk **Kompleksowa termomodernizacja budynku WBiŚ. Stan techniczny instalacji grzewczo-wentylacyjnych przed termomodernizacją i możliwości poprawy ich efektywności.** Rynek Instalacyjny, 2014, nr 12,

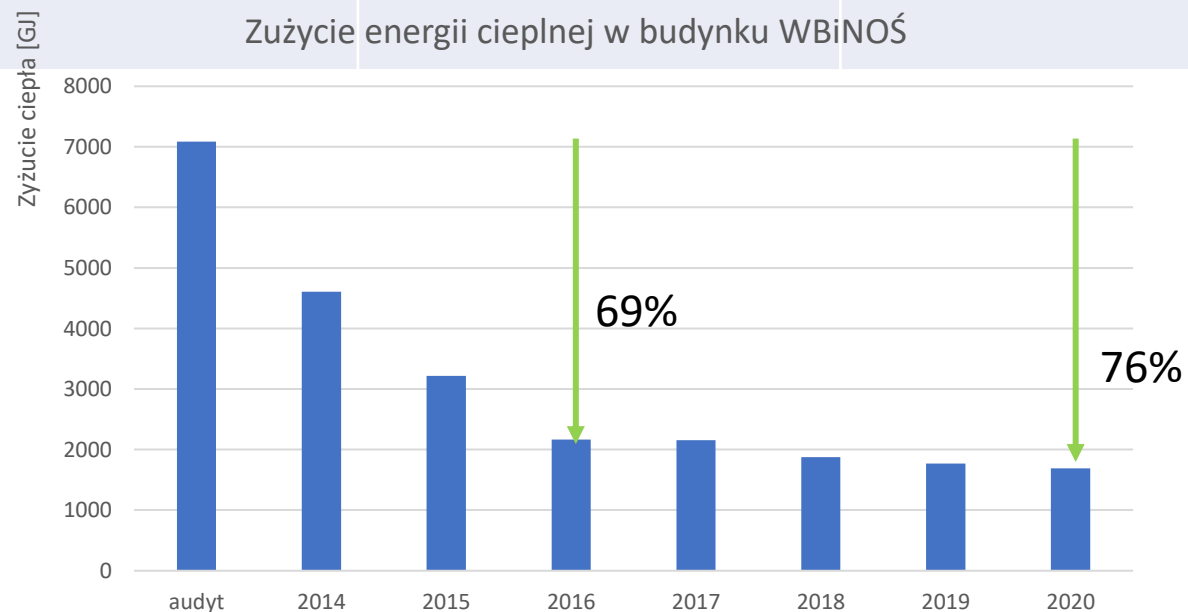
Joanna Piotrowska-Woroniak **Kompleksowa termomodernizacja budynku WBiŚ. Modernizacja źródła ciepła.** Rynek instalacyjny, 2015, nr 1-2.

Katarzyna Gładyszewska-Fiedoruk **Charakterystyka wewnętrznych instalacji wentylacyjnych w budynku Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Białostockiej po termomodernizacji.** Budownictwo i Inżynieria Środowiska, Vol. 6, nr 4 (2015).

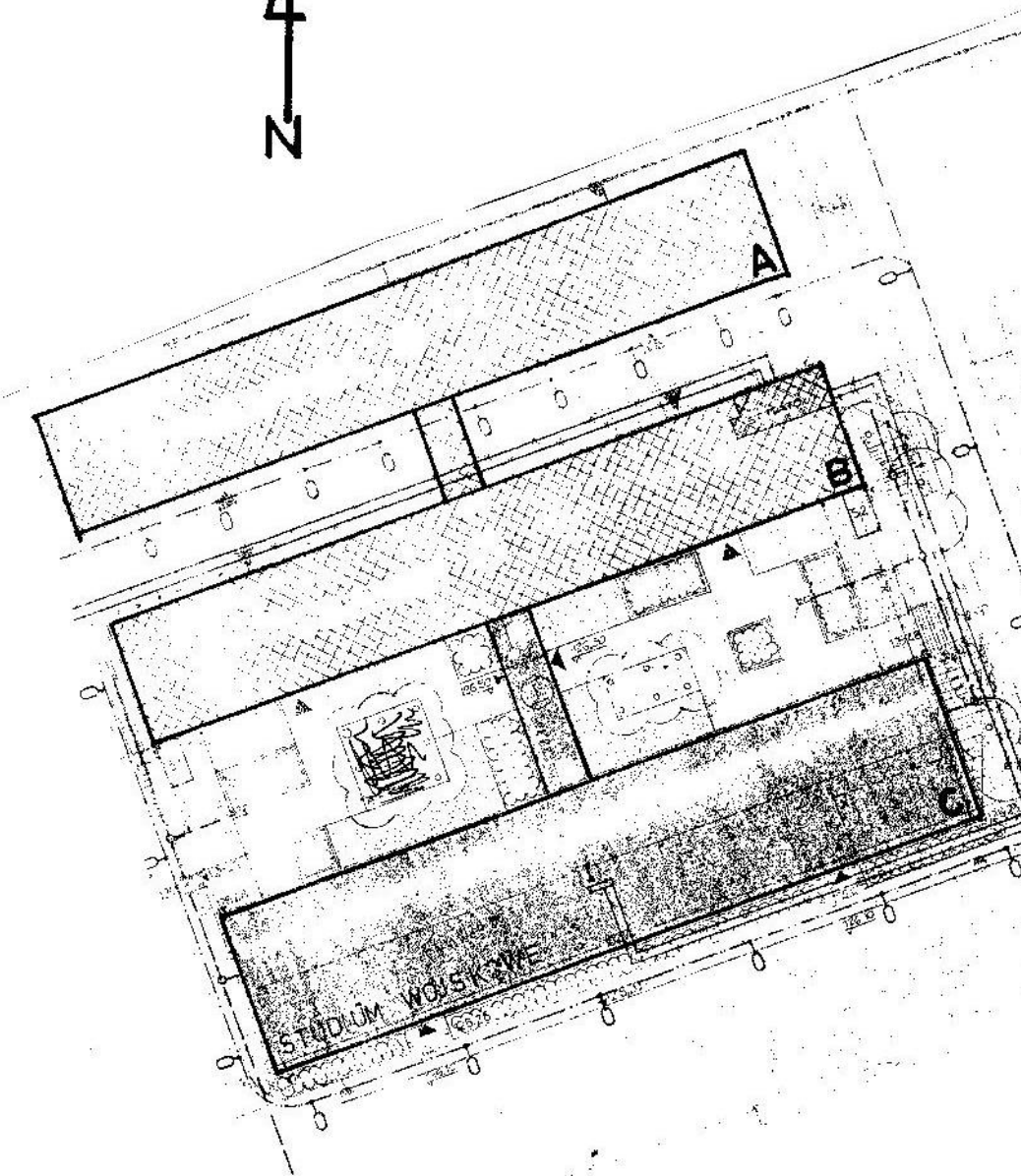
Joanna Piotrowska-Woroniak **Rozwiązanie technologiczne i praca źródła ciepła z pompami ciepła typu solanka-woda na potrzeby budynku użyteczności publicznej.** Instal, 2016, nr 7/8.

Planowane efekty termomodernizacji budynku WBNOŚ

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane Koszty całkowite	Roczna oszczędność kosztów energii	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię (z uwzględnieniem sprawności całkowitej)
		[zł]	[zł/rok]	[%]
1	2	3	4	5
1.	stropodach w części A, strop nad aulą w części A, wentylacja mechaniczna część A i A1, ściany części B, strop pod wysuniętą częścią auli i nad wejściami w części A, dach nad klatkami schodowymi w części A, okna części B i B1, wentylacja mechaniczna część B i B1, stropy w loggiach i we wnękach w części A, ściany kondygnacji nadziemnych części A, ściany piwnic części A, ściany klatek schodowych w części A, instalacja c.o. i modernizacja źródła ciepła. z kosztem audytu	9 459 193	167 789	80,7%



TERMOMODERNIZACJA BUDYNKU REKTORATU / Wydz. Informatyki PB – OBECNIE REALIZOWANA



Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko 2014 – 2020;
Oś Priorytetowa I; Zmniejszenie emisyjności gospodarki;
Działanie 1.3; Wspieranie efektywności energetycznej w
budynkach; Poddziałanie 1.3.1; Wspieranie efektywności
energetycznej w budynkach użyteczności publicznej.

Powierzchnia zabudowy:

- 1 903,85 (część „A”),
- 1 903,85 (część „B”)
- 2 672,79 (część „C”)

Powierzchnia użytkowa: 13 456,50 m²

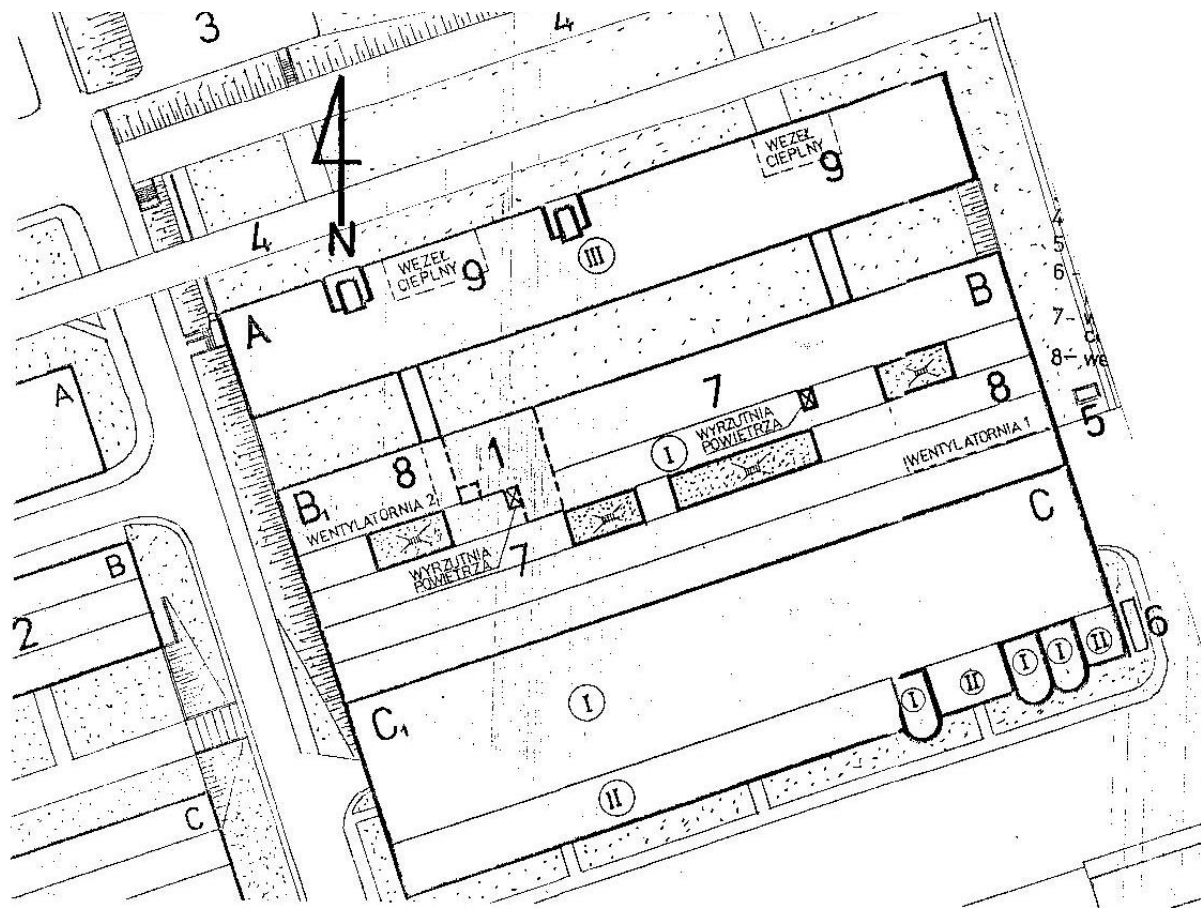
Kubatura ogrzewanej części budynku: 44 152 m³

Rok budowy: 1973/1975

audyt, projekt, nadzory	441 337,50	
Koszt całkowity:	15 507 656,43	zł brutto

Lp.	Wariant przedsięwzięcia Termomodernizacyjnego	Planowane koszty całkowite	Roczna oszczędność kosztów energii	Procentowa oszczędność zapotrzebowani a na energię (z uwzględnieniem sprawności całkowitej)
		[zł]	[zł/rok]	[%]
1	2	3	4	5
1.	– świetliki, – ściany piwnic, – okna, – stropy w loggiach, – stropodach nad cz. „A” „B”, – strop pod łącznikiem, – stropy nad wnękami, – stropodach nad cz. „C”, – ściany kondygnacji nadziemnych (z kosztem audytu energetycznego, projektów i nadzoru)	15 507 656,43	353 844	56,11%

TERMOMODERNIZACJA BUDYNKU Wydziału Mechanicznego PB – OBECNIE REALIZOWANA



Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko 2014 – 2020;
Oś Priorytetowa I; Zmniejszenie emisyjności gospodarki;
Działanie 1.3; Wspieranie efektywności energetycznej w
budynkach; Poddziałanie 1.3.1; Wspieranie efektywności
energetycznej w budynkach użyteczności publicznej.

Powierzchnia zabudowy: ok. 10 760 m²

Powierzchnia użytkowa: 13 147,4 m²

Kubatura ogrzewanej części budynku: 48 975,2 m³

Rok budowy: 1976

nr	przedsięwzięcia	Nakład - termomoderni- zacja zł brutto	roboty towarzyszące zł brutto	Nakład łączny zł brutto
1	stropy nad wnękami przy wejściach	2 286,62	0,00	2 286,62
2	ściany zewnętrzne kondygnacji nadziemnych	1 849 663,96	841 224,82	2 690 888,78
3	stropy w loggiach cz. A (na parterze- nad piwnicą) i we wnękach przy wejściach	10 021,23	62 496,18	96 283,20
			23 765,79	
4	stropodach cz. B	2 186 872,53	1 074 359,39	3 448 942,48
			158 506,97	
			29 203,59	
5	ściany zewnętrzne piwnic	700 718,23	1 369 028,50	2 532 578,79
			462 832,06	
6	okna	4 028 689,00	0	4 028 689,00
7	światliki cz. A	12 744,00	0	12 744,00
8	stropodach nad częścią A i łącznikiem	1 152 265,41	697 310,48	1 849 575,89
		9 943 260,98	4 718 727,78	14 661 988,76

audyt, projekt, nadzory	441 337,50	
koszt montażu liczników ciepła	25 000	
Koszt całkowity:	15 128 326,26	zł brutto

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane koszty całkowite	Roczna oszczędność kosztów energii	Procentowa oszczędność zapotrzebowani a na energię (z uwzględnienie m sprawności całkowitej)
		[zł]	[zł/rok]	[%]
1	2	3	4	5
1.	– stropodach nad cz. „A” i łącznikami, – światliki cz. A, – okna, – ściany piwnic, – stropodach nad częścią „B”, – stropy w loggiach, – ściany kondygnacji nadziemnych, – stropy nad wnękami, (z kosztem audytu energetycznego, projektów i nadzoru oraz robót towarzyszących)	15 128 326,26	201 713	46,23%

Rok budowy: 1979

Lp.	Rodzaj i zakres usprawnienia termomodernizacyjnego	Planowany koszt robót [zł]
1	2	3
1	Docieplenie stropu pod maszynownią (nieogrzewaną).	16 727
2	Docieplenie ścian zewnętrznych piwnic.	66 642
3	Wymiana okien parteru (22 szt.)	142 175
4	Docieplenie stropodachu wentylowanego (nad mieszkaniami).	95 697
5	Docieplenie stropodachu wentylowanego nad klatkami schodowymi.	30 391
6	Docieplenie ścian zewnętrznych szczytowych kondygnacji nadziemnych (bez ścian zaokrąglonych klatek schodowych).	823 451
7	Docieplenie ścian zewnętrznych podłużnych kondygnacji nadziemnych.	1 396 639
8	Wymiana drzwi klatki schodowej (w lewym szczycie).	2 670
9	Wymiana drzwi wejściowych głównych.	17 425
10	Zamiana okna na drzwi p.poż.	1 836

1.	Montaż mieszkaniowych podzielników kosztów ogrzewania. Regulacja instalacji c.o. (po wykonaniu zabiegów termomodernizacyjnych).	44 380
----	---	--------

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane koszty całkowite	Roczne oszczędności kosztów energii	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię (z uwzględnieniem sprawności całkowitej)
		[zł]	[zł/rok]	[%]
1	2	3	4	5
1.	okno na klatce południowej – zamiana na drzwi p.poż., drzwi zewnętrzne główne, drzwi zewnętrzne północnej klatki schodowej, ściany zewnętrznych kondygnacji nadziemnych podłużne, ściany zewnętrzne kondygnacji nadziemnych szczytowe (oprócz ścian klatek chodowych), stropodach wentylowany nad klatkami schodowymi, stropodach wentylowany nad częścią mieszkalną, okna parteru (22 szt.) – wymiana, ściany zewnętrzne piwnic, strop pod maszynownią, podzielniki kosztów ogrzewania (z kosztem audytu energetycznego, dokumentacji i nadzoru robót)	2 668 783,00	87 200,00	26,23 %

PODSUMOWANIE:

- możliwość skorzystania z finansowania procesu termomodernizacji była kluczowa w podjęciu decyzji o wykonaniu inwestycji**
- możliwe są oszczędności energii końcowej rzędu ponad 50%,
a w przypadku termomodernizacji kompleksowej (z modernizacją instalacji c.o. i źródeł ciepła) to ponad 75% - efekt rzeczywisty**