

### Tom III OPIS PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA

#### **Electromagnets specification of low energy sections of PoFEL accelerators: dipoles, and quadrupoles as well as dipole correctors for entire linacs**

#### **Dostawa elektromagnesów dipolowych, i kwadropolowych do niskoenergetycznych części akceleratorów elektronowych PoFEL oraz elektromagnesów dipolowych korekcyjnych dla wszystkich odcinków akceleratorów**

##### 1. Introduction

National Centre for Nuclear Studies represents a leading scientific institution performing fundamental and interdisciplinary applicable research. It operates advanced and unique scientific and technological infrastructure. Performed studies are dedicated for:

- Nuclear physic and high energy physics, astrophysics, plasma physics and fusion engineering
- Materials science and engineering oriented for materials interactions with radiation studies dedicated for functional modifications and endurance improvement against highly radioactive environments and other degrading agents
- Biophysics and radio-chemistry, radio-pharmaceutics production
- Computer science, computations, complex system modelling, big data processing

Polfel is an experimental scientific facility included electromagnetic radiation sources: THz FEL and optical laser sources of high harmonic VUV beams, and electron beam source for time resolved ultrafast diffraction of high energy electrons, as well as for high energy electron beams applications in other experiments.

##### 1. Wstęp

Narodowe Centrum Badań Jądrowych jest wiodącą instytucją naukową realizującą badania podstawowe i zastosowań opierających się na interdyscyplinarnym ujęciu. Dysponuje zaawansowaną i unikalną infrastrukturą naukowo-technologiczną. Wykonywane badania dedykowane są dla:

- Fizyka jądrowa i fizyka wysokich energii, astrofizyka, fizyka plazmy i inżynieria termojądrowa
- Nauka o materiałach i inżynieria zorientowana na interakcje materiałów z badaniami radiacyjnymi poświęconymi modyfikacjom funkcjonalnym i poprawie wytrzymałości na środowiska wysoce radioaktywne i inne czynniki degradujące
- Biofizyka i radiochemia, produkcja radiofarmaceutyków
- Informatyka, obliczenia, modelowanie złożonych systemów, przetwarzanie dużych zbiorów danych

Polfel to eksperymentalny obiekt naukowy obejmujący źródła promieniowania elektromagnetycznego: THz FEL i optyczne źródła laserowe wiązek wysokoharmonicznych VUV oraz źródło wiązki elektronów do czasowo rozdzielczej ultraszybkiej dyfrakcji elektronów o wysokiej energii, a także do zastosowań wysokoenergetycznych wiązek elektronów w innych eksperymentach.



## 2. Scope of supply

A delivery subject is the set of dipoles and quadrupole electromagnets for low energy sections of PoFEL linacs as well as corrector dipoles for both, low and high, sections. The set consists of:

### 2. Zakres dostawy

Przedmiotem dostawy jest zestaw dipoli i elektromagnesów kwadropolowych dla sekcji niskoenergetycznych linaków PoFEL oraz dipoli korekcyjnych zarówno dla sekcji niskich, jak i wysokich. Zestaw składa się z:

Tab. 1. List of electromagnets

Magnet type	Required quantity
Elektromagnesy dipolowe Dipole electromagnets	3
Elektromagnesy dipolowe korekcyjne Dipole corrector electromagnets	18
Elektromagnesy kwadropolowe typu 1 Quadrupole electromagnets type 1	2
Elektromagnesy kwadropolowe typu 2 Quadrupole electromagnets type2	5

The magnets are dedicated for beam diagnostics sub system in the injector section of THz linac and for beam optics in achromatic dogleg behind the first cryomodule in UED linac.

The key requirement is a conformity with beam dynamical conditions and compatibility with vacuum-mechanical constrains of linacs designs

Istotnym warunkiem zamówienia jest ich dopasowanie do wymagań wynikających z dynamiki wiązki elektronowej, z próżniowo-mechanicznego projektu akceleratora oraz do pracy z planowanymi do zakupu zasilaczami.

Required parameters and features

## Dipole

### Dipoles

cecha characteristics	wymaganie requirement
kąt ugięcia wiązki beam bend angle	60°
szerokość szczeliny gap width	≥16 mm
indukcja magnetyczna przy prądzie nominalnym flux at nominal current	>0.095 T
Jednorodność pola $\Delta B/B_0$ Field homogeneity $\Delta B/B_0$	$< 10^{-3}$
cewki chłodzone konwekcyjnie powietrzem air convection cooled coils	
prąd nominalny nominal current	< 8.5 A
Uptywność obwodu cewek pod napięciem 1 kV	< 10 $\mu$ A
Temperatura pracy	≤ 60 °C
materiał jarzma yoke material	Armco
rozmiary: szerokość, wysokość, długość overall dimension: width, height, length	240 mm 100 mm 240 mm
Kolor Colour	

## Dipole korekcyjne

### Corrector dipoles

Cecha Characteristics	Wymaganie requirement
kąt ugięcia wiązki przy prądzie nominalnym beam bend angle at nominal current	1 mrad
indukcja magnetyczna przy prądzie nominalnym flux at nominal current	>0.95 T
cewki chłodzone konwekcyjnie powietrzem air cooled coils	
prąd nominalny nominal current	< 8.5 A
Uptywność obwodu cewek pod napięciem 1 kV	< 10 $\mu$ A
Temperatura pracy	≤ 60 °C
materiał jarzma yoke material	Armco
Projekt wykonawczy	Zgodny z rysunkami

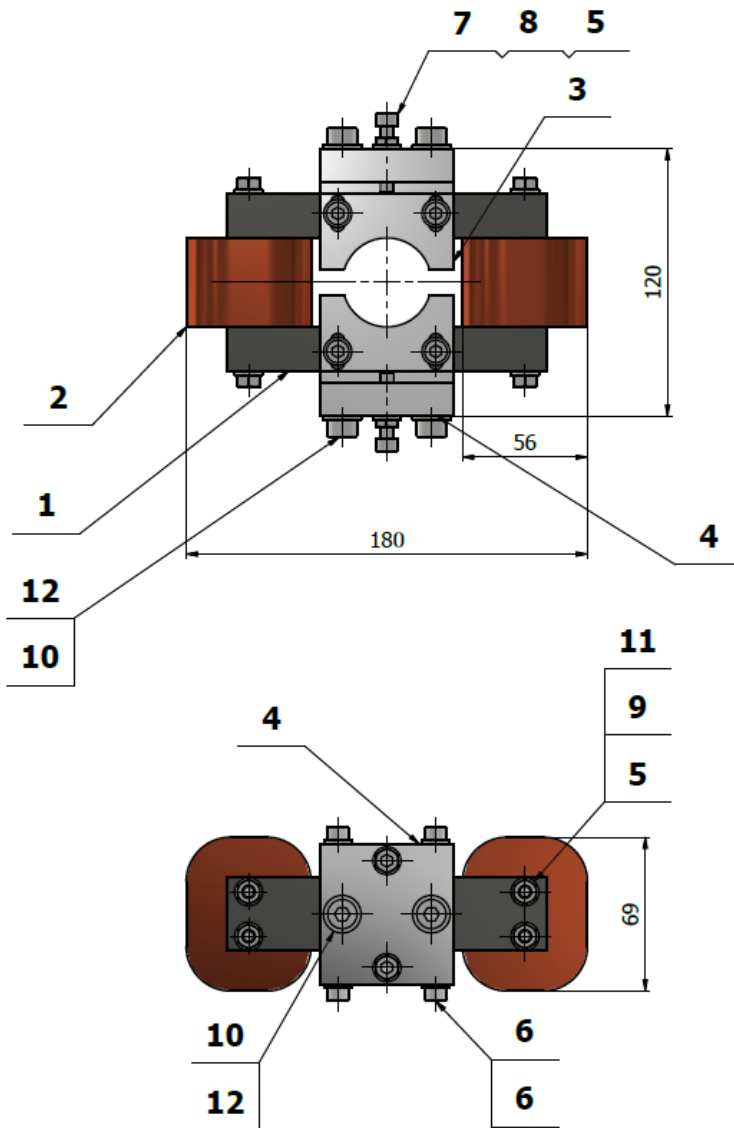


Engineering design	Complinat to the Fig. 1. PFL-Co_A- 00.00.00.00.00.pdf PFL-Co_A- 00.00.00.00.01.pdf PFL-Co_A- 00.00.00.00.02.pdf PFL-Co_A- 00.00.00.00.03.pdf PFL-Co_A- 00.00.00.00.04.pdf
Kolor Colour	



Rysunki dipola korekcyjnego

Corrector drawings



Indukcja

4	Śruba	12		P
8	Nakrętka	11		P
4	Podkładka	10		P
4	Szpilka M6x93,6	9		S
4	Nakrętka	8		P
4	Śruba	7		P
8	Śruba	6		P
20	Podkładka	5		P
2	Korektor2 D	4	Aluminium 6061	P
2	Korektor2 C	3	Aluminium 6061	P
2	Cewka 2 B	2	Miedź	P
2	Korektor2 A	1	ARMCO	P

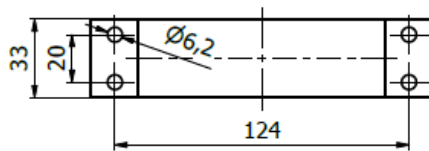
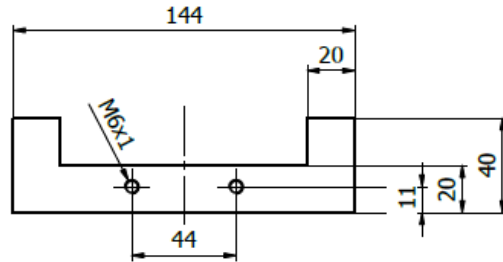
Ilość szt.	Nazwa części	Nr kol.	Materiał

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF POLEFEL AND MAY NOT BE COPIED OR USED FOR ANY PURPOSE OTHER THAN THAT FOR WHICH IT WAS DESIGNED. THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF POLEFEL AND MAY NOT BE COPIED OR USED FOR ANY PURPOSE OTHER THAN THAT FOR WHICH IT WAS DESIGNED. TĘ RYSUNEK JEST WŁASNOŚCIĄ POLEFEL I NIE MOŻE BYĆ KOPLOWANY ANI WYKORZYSTYWANY DO CEŁÓW INNYCH NIŻ TE, DLA KTÓRYCH JEST ZAMIERZONY.


The Polish Free Electron Laser Facility		Tolerance principle ISO 8015 Surface texture EN DIN ISO 1302, 4287 or 4288	All tolerances as specified in the drawing Tolerance class
Modification card No.	Risk identification	Material N/A	
Designed by M.Terka	Date 04.08.2022	Filename PFL-Co_A-00.00.00.00.idw	
Checked by	Date	Title High energy corrector 2	
Approved by	Date	Drawing No. PFL-Co_A-00.00.00.00.00	



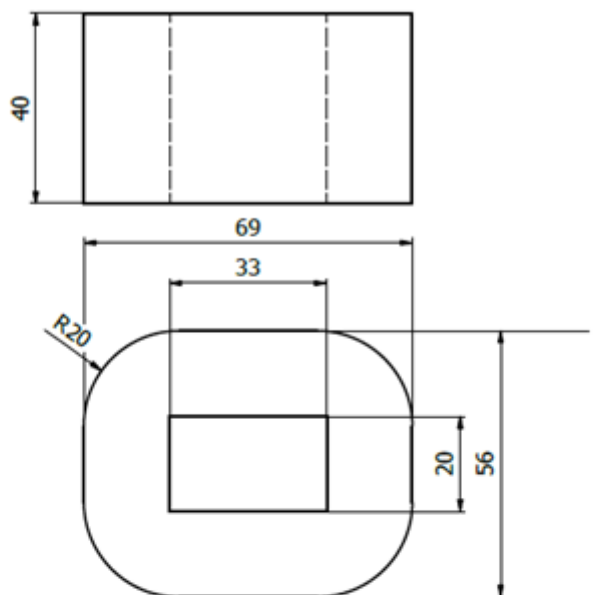
$\sqrt{\text{Ra}3,2}$



THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF NCBJ AND MAY NOT BE COPIED OR USED FOR ANY PURPOSE OTHER THAN THAT FOR WHICH IT IS SUPPLIED WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN AUTHORITY OF NCBJ.  
TEN RYSUNEK JEST WŁASNOŚCIĄ NCBJ I NIE MOŻE BYĆ KOPIOWANY ANI WYKORZYSTYWANY DO CEŁÓW INNYCH NIŻ TE, DLA KTÓRYCH ZOSTAŁ DOSTARCZONY BEZ WYRAŹNEJ PISEMNEJ ZGODY NCBJ.

 The Polish Free Electron Laser Facility		Tolerance principle ISO 8015 Surface texture EN DIN ISO 1302, 4287 or 4288	All tolerances acc. DIN ISO 2768 Tolerance class: mK	ISO 13715	ISO 13715
Modification card No.	Risk identification	Material <b>ARMCO</b>	Weight [kg] 0,3 kg	Scale: 1 : 2	Sheet No. 1
Designed by M.Terka	Date 04.08.2022	Filename PFL-Co_A-00.00.00.00.01.idw			Sheet total 1
Checked by	Date	Title Korektor2 A			Format A4
Approved by	Date	Drawing No. PFL-Co_A-00.00.00.00.01			<b>NCBJ</b>





Wyprowadzenia dł.200mm

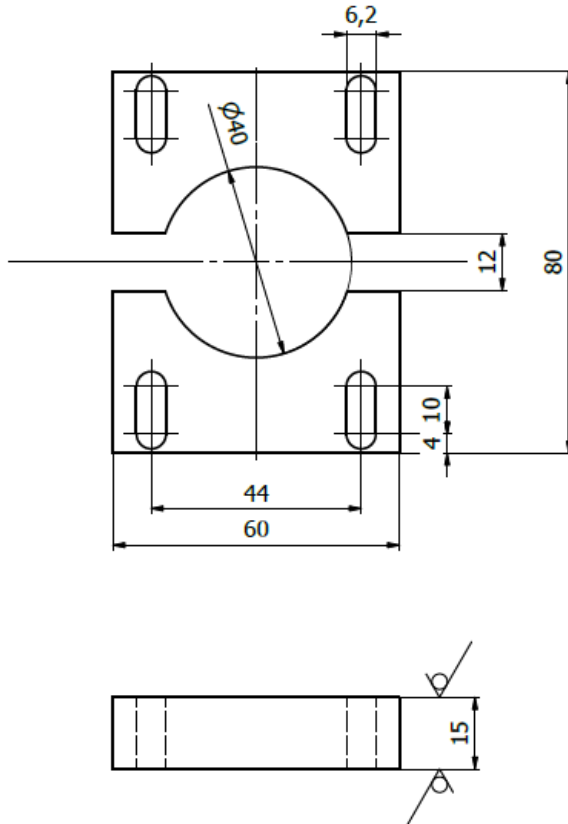
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF NCBJ AND MAY NOT BE COPIED OR USED FOR ANY PURPOSE OTHER THAN THAT FOR WHICH IT IS SUPPLIED WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN AUTHORITY OF NCBJ.  
TEN RYSUNEK JEST WŁASNOŚCIĄ NCBJ I NIE MOŻE BYĆ KOPIONY WYKONYWANY ANI WYKONYWANY DO CELÓW INNYCH NIŻ TE, DLA KTÓRYCH ZOSTAŁ DOSTARCZONY BEZ WYJĄTKU POZWOŁANIE NCBJ.

The Polish Free Electron Laser Facility		Tolerance principle ISO 8015 Surface texture EN DIN ISO 1302, 4287 or 4288	All tolerances acc. DIN ISO 2768 Tolerance class: mK	ISO 13715
Modification card No.	Risk identification	Material	Weight [kg]	Scale:
		Miedź	1,0 kg	1 : 1
Designed by	Date	Filename		Sheet No.
M.Terka	04.08.2022	PFL-Co_A-00.00.00.02.idw		1
Checked by	Date	Title		Sheet total
		Cewka 2 B		1
Approved by	Date	Drawing No.		Format
		PFL-Co_A-00.00.00.02		A4
				<b>NCBJ</b>





Ra6,3 (✓)



Uwaga(note):  
Anodować(Anodize)  
Uszczelniać(Sealing)

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF NCBJ AND MAY NOT BE COPIED OR USED FOR ANY PURPOSE OTHER THAN THAT FOR WHICH IT IS SUPPLIED WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN AUTHORITY OF NCBJ.  
TEN RYSUNEK JEST WŁASNOŚCIĄ NCBJ I NIE MOŻE BYĆ KOPLOWANY ANI WYKORZYSTYWANY DO CEŁÓW INNYCH NIŻ TE, DLA KTÓRYCH ZOSTAŁ DOSTARCZONY BEZ WYRAŹNEJ PISEMNEJ ZGODY NCBJ.

The Polish Free Electron Laser Facility		Tolerance principle ISO 8015 Surface texture EN DIN ISO 1302, 4287 or 4288	All tolerances acc. DIN ISO 2768 Tolerance class: mK	ISO 13715
Modification card No.	Risk identification	Material <b>Aluminium 6061</b>	Weight [kg] 0,1 kg	Scale: 1 : 1
Designed by M.Terka	Date 04.08.2022	Filename PFL-Co_A-00.00.00.00.03.idw		Sheet No. 1
Checked by	Date	Title Korektor2 C		Sheet total 1
Approved by	Date	Drawing No. PFL-Co_A-00.00.00.00.03		Format A4
				NCBJ







Fundusze Europejskie  
Inteligentny Rozwój

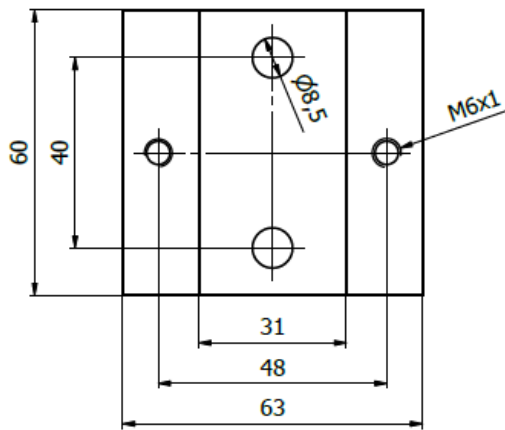
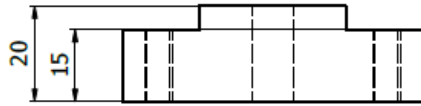


Rzeczpospolita  
Polska

Unia Europejska  
Europejski Fundusz  
Rozwoju Regionalnego



Ra6,3



Uwaga(note):  
Anodować(Anodize)  
Uszczelniać(Sealing)

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF NCBJ AND MAY NOT BE COPIED OR USED FOR ANY PURPOSE OTHER THAN THAT FOR WHICH IT IS SUPPLIED WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN AUTHORITY OF NCBJ.  
TEN RYSUNEK JEST WŁASNOŚCIĄ NCBJ I NIE MOŻE BYĆ KOPIOWANY ANI WYKORZYSTYWANY DO CELÓW INNYCH NIŻ TE, DLA KTÓRYCH ZOSTAŁ DOSTARCZONY BEZ WYRAŹNEJ PISEMNEJ ZGODY NCBJ.

		The Polish Free Electron Laser Facility		Tolerance principle ISO 8015 Surface texture EN DIN ISO 1302, 4287 or 4288		All tolerances acc. DIN ISO 2768 Tolerance class: mK		ISO 13715	
Modification card No.	Risk identification	Material Aluminium 6061		Weight [kg]	Scale:	Sheet No.			
Designed by M.Terka	Date 04.08.2022	Filename PFL-Co_A-00.00.00.04.idw		0,2 kg	1 : 1	1		Sheet total 1	
Checked by	Date	Title Korektor2 D				Format A4			
Approved by	Date	Drawing No. PFL-Co_A-00.00.00.04				NCBJ			



## Magnesy kwadropolowe typu 1

### Quadrupole magnets type 1

Cecha Characteristics	Wymaganie requirement
Konfiguracja prosta Right configuration	
Gradient strumienia indukcji	$\geq 6 \text{ T/m}$
Pole magnetyczne, $n < 15$	$B_n/B_2 < 5 \cdot 10^{-4}$
Średnica otworu Bore diameter	$\geq 15 \text{ mm}$
Całka indukcji po długości przy prądzie nominalnym Flux integral over length at nominal current	$> 0.21 \text{ T}$
cewki chłodzone konwekcyjnie powietrzem air cooled coils	
prąd nominalny nominal current	$\leq 5 \text{ A}$
Upływność obwodu cewek pod napięciem 1 kV	$< 10 \mu\text{A}$
Temperatura pracy	$\leq 60 \text{ }^\circ\text{C}$
materiał jarzma yoke material	Armco
rozmiary: musi mieścić się w prostopadłościanie o wymiarach szerokość, wysokość, długość overall dimension: should fit to the box of width, height, length	140 mm 180 mm 90 mm
Kolor Colour	

## Magnesy kwadrupolowe typu 2

### Quadrupole magnets type 2

Cecha Characteristics	Wymaganie requirement
Konfiguracja prosta Right configuration	
Gradient strumienia indukcji	$\geq 8.7 \text{ T/m}$
Pole magnetyczne, $n < 15$	$B_n/B_2 < 5 \cdot 10^{-4}$
Średnica otworu Bore diameter	$\geq 15 \text{ mm}$
Całka indukcji po długości przy prądzie nominalnym Flux integral over length at nominal current	$> 0.55 \text{ T}$
cewki chłodzone konwekcyjnie powietrzem air cooled coils	
prąd nominalny nominal current	$\leq 5 \text{ A}$
Upływność obwodu cewek pod napięciem 1 kV	$< 10 \mu\text{A}$
Temperatura pracy	$\leq 60 \text{ }^\circ\text{C}$
materiał jarzma yoke material	Armco
rozmiary: musi mieścić się w prostopadłościanie o wymiarach szerokość, wysokość, długość overall dimension: should fit to the box of width, height, length	140 mm 180 mm 50 mm
Kolor Colour	

### Other requirements, common for all magnets

Gniazdko dla przewodów o polu przekroju około  $12 \text{ mm}^2$

Cable socket for about  $12 \text{ mm}^2$  cable shoe

Dwa znaczniki na górnej poziomej płaszczyźnie jarzma

Two fiducials on the upper horizontal yoke wall

Prowadnice zapewniające powtarzalny montaż

Guiding rods to assure reproducible assembly

## Testy Tests

<b>pomiar measurement</b>		<b>wymagany wynik result required</b>
Krzywa wzbudzenia excitation curve	Przed demontażem i po ponownym złożeniu before disassembly and after repeated assembly	Zgodnie ze specyfikacją powyżej Compliant to the specification above,
Dla kwadrupoli pomiar rozkładu multipolowego pola For quadrupoles: multipoles distribution for $n \leq 16$	Przed demontażem i po ponownym złożeniu Before disassembly and after repeated assembly	Zgodnie ze specyfikacją powyżej Compliant to the specification above,
Dla dipoli pomiar pola w funkcji położenia $B(z)$ wzdłuż drogi wiązki na wprost oraz drogi zagiętej Field map $B(z)$ along strighth and bent paths	Przed demontażem i po ponownym złożeniu Before disassembly and after repeated assembly	Zgodnie ze specyfikacją powyżej, Compliant to the specification above
Prąd upływu połączonych pojedynczych cewek oraz cewek połączonych w magnesie Leakage current for separate coils and connected circuit	Przy napięciu 1 kV pomiędzy cewką a ziemią At 1 kV voltage between coil and ground	Zgodnie ze specyfikacją powyżej Compliant to the specification above
Pomiar temperatury cewki po 2 h pracy z prądem nominalnym Coil temperature during 2 h since operation launch, measured inside the magnet	Mierzone we wnętrzu magnesu Measured inside the magnet	Zgodnie ze specyfikacją powyżej Compliant to the specification above
Opór elektryczny połączonych cewek Magnet Resisatnce		<1.5 $\Omega$
Wymiary Dimensions		Zgodnie ze specyfikacją powyżej Compliant to the specification above