

Temat	:	<b>PROJEKT WYPOSAŻENIA AUDIOWIZUALNEGO I MULTIMEDIALNEGO – ZESTAWIENIE MATERIAŁOWE URZĄDZEŃ</b>
OBIEKT	:	<b>BUDYNEK AKADEMII IM. JANA DŁUGOSZA W CZĘSTOCHOWIE</b>
Branża	:	<b>INSTALACJE AUDIOWIZUALNE I MULTIMEDIALNE PROJEKT TECHNOLOGII</b>
STADIUM	:	<b>AKTUALIZACJA NA ROK 2015 DO PROJEKTU Z 2009</b>
Opracował	:	<b>HENRYK GĘBUŚ</b>

**Kraków 10. 2015**

# SPIS TREŚCI

SPIS TREŚCI .....	2
ZAKRES OPRACOWANIA .....	3
UWAGI .....	3
INSTALACJE MULTIMEDIALNE AULI.....	4
PRZEWIDYWANE FUNKCJE UŻYTKOWE AULI .....	4
INSTALACJA AUDIOWIZUALNA .....	4
URZĄDZENIA PODSTAWOWE .....	4
URZĄDZENIA POMOCNICZE .....	5
Zestaw interaktywny .....	6
Projektor interaktywny P2 z tablicą T2 180x120 cm.....	6
INSTALACJA NAGŁOSNIENIOWA.....	7
AKUSTYKA AULI .....	7
OPIS .....	7
Uzupełnieniem systemu są statywy mikrofonowe i mównica .....	8
System sterowania.....	9
SYSTEM WIDEOKONFERENCYJNY I REJESTRACJI .....	10
WIDEOKONFERENCJA.....	10
SYSTEM REJESTRACJI .....	10
SYSTEM TŁUMACZEŃ BEZPRZEWODOWYCH .....	11
WYTYCZNE DLA INSTALACJI TOWARZYSZĄCYCH .....	12
WYTYCZNE OGÓLNE.....	12
INSTALACJA ELEKTRYCZNA .....	12
SIEĆ LAN/ WLAN.....	12
OŚWIETLENIE.....	12
OCHRONA PRZECIWZAKŁOCENIOWA .....	12
Zagadnienia B.H.P. i p.poż. ....	12

## ZAKRES OPRACOWANIA

1. Instalacje multimedialne wielofunkcyjnej Auli Uniwersytetu im. Długosza w Częstochowie
  - Instalacja audiowizualna
  - Zestaw interaktywny
  - Instalacja nagłośnienia
  - System sterowania
  - System wideokonferencyjny(urządzenie końcowe nie ujęte w tym przetargu) i rejestracji
  - System tłumaczeń
2. Wytyczne dla instalacji towarzyszących

## UWAGI

1. Przyjęty w specyfikacji sprzęt traktować należy traktować jako odniesienie, w stosunku do sprzętu obecnie produkowanego.
2. Dla zapewnienia poprawnej współpracy wszystkich systemów wymagana jest pełna koordynacja pomiędzy projektantami innych instalacji, którzy powinni uwzględnić funkcje i rozmieszczenie sprzętu AV.
3. **Dla przeprowadzenia wideokonferencji pomiędzy obiektem i ośrodkami zewnętrznymi z wykorzystaniem systemu wideokonferencyjnego konieczny jest dostęp do sieci LAN lub WLAN, wykonanej przez dedykowaną firmę**
4. **W związku ze złożonością systemu musi być on kontrolowany przez przeszkolonego operatora z pomieszczenia na antresoli.**

# **INSTALACJE MULTIMEDIALNE AULI**

## **PRZEWIDYWANE FUNKCJE UŻYTKOWE AULI**

### **1. Dydaktyka (wykłady), konferencje**

- Klasyczne, oparte na systemie mikrofonowo – głośnikowym
- Prelekcje i odczyty j/w

### **2. Prezentacje multimedialne**

#### **a) z wykorzystaniem**

- komputerów
- internetu
- nagrań cyfrowych AV

### **3. Retransmisja obrazu i dźwięku pomiędzy salą i ośrodkami uczelni system kamerowy oraz zewnętrznymi – wideokonferencje**

### **4. Tłumaczenia symultaniczne**

Ze względu na koszty systemu proponujemy jedynie przygotować salę do szybkiej instalacji systemu zewnętrznego wypożyczanego na potrzeby konferencji międzynarodowej.

## **INSTALACJA AUDIOWIZUALNA**

### **URZĄDZENIA PODSTAWOWE**

System wizyjny sal oparty jest na instalacyjnym projektorze multimedialnym P1, przystosowanym do pracy ciągłej i ekranie rozwijanym elektrycznie. Projektor zostanie zainstalowany z wykorzystaniem widny podsufitowej. W spoczynku będzie się on znajdował w przestrzeni między stropowej i opuszczany poniżej płaszczyzny stropu podwieszanego na czas prezentacji

Rola ekranu jest przekazywanie widzowi obrazu z urządzenia prezentacyjnego z zachowaniem jak najwyższej jakości. Ekran dobiera się do wielkości pomieszczenia dydaktycznego, opierając się na następujących zasadach:

- wysokość ekranu powinna wynosić około 1/6 odległości od ekranu do ostatniego rzędu krzeseł
- odległość minimalna to 1,5 x wysokość ekranu
- odległość od dolnej krawędzi ekranu do posadzki powinna wynosić minimum 1,25 m
- w zależności od źródła obrazu wyświetlany obraz winien być dostosowany do formatu ekranu (proporcje szerokość/wysokość). Aby uzyskać optymalny rezultat zaleca się użycie ekranu takich samych proporcjach jak wyświetlany obraz.

Maksymalna odległość krzeseł od ściany czołowej Auli to ok. 23 m zatem zalecana wysokość ekranu to ok. 3,7 m jednak ze względów architektonicznych (ograniczona wysokość sceny) efektywna wysokość ekran musi być mniejszy. Dla zakładanej proporcji wyświetlanego obrazu, 16 : 9, szerokość ekranu wyniesie ok. 6 m.

Przy tak dużych obrazach, oprócz wymaganej jasności obrazu ważnym czynnikiem jest wyświetlana rozdzielczość uzyskiwana z projektora, tak aby pojedynczy piksel nie był widoczny. Wybrano zastosowanie urządzenia o rozdzielczości 1920 x 1200 pikseli.

Ekran zostanie zamontowany centralnie w osi sali, na ścianie czołowej sceny bądź sufitowo. W drugim przypadku, w związku z konstrukcją sufitu, konieczne będzie wykonanie specjalnej konstrukcji dla mocowania ekranu.

Projektor P1, będzie przystosowany do obsługi urządzeń AV pracujących w obecnie stosowanych standardach za pośrednictwem cyfrowej matrycy skalującej, w tym :

- komputerów i innych urządzeń rozdzielczości: VGA do WUXGA, 1080p z przyłączami analogowymi VGA jak i cyfrowymi HDMI/DP
- umożliwi prezentację z PC za pośrednictwem sieci LAN
- jasność urządzenia powinna wynosić minimum 10 000 lm ANSI
- dla wsparcia starszych standardów przewidziano możliwość pracy urządzeń wideo z sygnałem Composite video - tylko z reżyserki

Oprócz głównego systemu projekcji dla Auli przewidziano dwa dodatkowe systemy pomocnicze :

- projektor P2 - zestawu interaktywnego
- monitory sceny M1, M2 dla podglądu obrazu dla uczestników konferencji - zwróconych tyłem do ekranu

Projektor zestawu interaktywnego P2 zastosowano dla lepszej percepcji informacji pisanej. Dzięki temu rozwiązaniu informacja z tablicy będzie wyświetlana na dużym ekranie projekcyjnym. Dodatkowo projektor P2 będzie mógł wyświetlać niezależny obraz np. przy wideokonferencji.

Monitory M1 i M2 sceny należy zainstalować na ścianach bocznych sceny , na uchwytach umożliwiających obrót monitora w stronę audytorium jak również ekranu . Wymagany obrót min. 180 stopni. Uchwyt dedykowany do zastosowanego monitora – rodzaj mocowania i waga.

sceny

Lokalne sygnały AV Auli, docierające do projektorów i monitorów będą podzielone na trzy grupy :

- sygnały AV z przyłączy na Auli :  
TR1- urządzenia stałe katedry  
PP1- urządzenia mobilne katedry  
PP2 – urządzenia mobilne sceny/ mównicy
- sygnały AV z pomieszczenia operatora.
- Sygnały przekazywane za pośrednictwem sieci LAN

**Uwaga** : Obok przyłączy PP1/2 powinien znajdować się panel z gniazdami zasilającymi i sieci LAN

Wybór danego urządzenia odtwarzającego będzie realizowany za pomocą cyfrowej matrycy skalującej. Dla dystrybucji sygnałów z przyłączy do reżyserki i odbiorników (projektory , monitory) zostaną wykorzystane transmiery skrętakowe PP1, PP2 , TR1 i odbiorniki RX1 dzięki którym na wyjściu otrzymywany będzie sygnał cyfrowy o rozdzielczości HD/FullHD.

Do transmisji do ośrodków zewnętrznych wykorzystana zostanie lokalna sieć logiczna i wideoterminal VIDEOT..

Urządzenia które przewidziano do współpracy z projektorem :

1. Scena/katedra

- Komputery, laptopy
- wskaźnik prezentacyjny umożliwiający zdalną obsługę prezentacji z PC (bez potrzeby korzystania z myszy lub klawiatury)

2. Pomieszczenie operatora

- komputer
- urządzenia współpracujące z projektorem za pośrednictwem sieci LAN : wideoterminal
- kamery

## URZĄDZENIA POMOCNICZE

W opracowaniu przewidziano następujące urządzenia do tradycyjnych technik prezentacji – tablice.

**W związku z wielkością Auli dla przekazu informacji pisanej zaleca się korzystanie z zestawu interaktywnego, dzięki któremu obraz tablicy będzie odwzorowany na dużym ekranie.**

**Tablice sucho ścieralne dla prowadzenia dydaktyki**

**Wielkość i rodzaj ewentualnych tradycyjnych tablic należy skonsultować z Użytkownikiem mając na uwadze ekran, który rozwinięty zasłoni tablice i duże odległości do ostatnich rzędów.**

**W projekcie przewidziano instalację 3 tablic 150x120 cm mocowane pod ekranem na wysokości ok. 100 cm od poziomu sceny**

### Zestaw interaktywny

#### **Projektor interaktywny P2 z tablicą T2 180x120 cm**

Dla Auli dla lepszego przekazu informacji pisanej zaproponowano zestaw interaktywny składający się z tablicy 180x120 cm umieszczonej po prawej stronie ekranu głównego, za katedrą i zamontowanego nad nią projektora interaktywnego umożliwiającego pracę interaktywną zarówno z dedykowanym pisakiem jak i dowolnym innym wskaźnikiem lub nawet placentem.

Zestaw może pracować w dwóch trybach:

- tryb podstawowy - emulacja białej tablicy
- tryb interaktywny z materiałem prezentowanym z komputera - wymaga podłączenia lokalnego kabla USB pomiędzy komputerem a przystawką projektorową

Tryb interaktywny umożliwia „pracę” na obrazie prezentowanym z komputera. Urządzenia tworzą „środowisko interaktywne” z komputerem i projektorem, które daje możliwość nanoszenia dowolnych adnotacji, komentarzy i kolorowego zakreszania w trakcie prezentacji z dowolnej aplikacji typu Powerpoint, Word itp..

## INSTALACJA NAGŁOSNIENIOWA

### **AKUSTYKA AULI**

**Dla pomieszczeń o dużej objętości dla dobrej zrozumiałości mowy niezbędny jest dobry projekt akustyki wnętrza.**

Na zrozumiałość mowy decydujący wpływ ma tzw. czas pogłosu  $T_p$ , definiowany jako czas „jaki upływa od momentu zaniku źródła dźwięku w pomieszczeniu do chwili kiedy energia pola akustycznego (wywołanego przez źródło) zmniejszy się milion razy.

**System elektroakustyczny tzn. głośniki i układ wzmacniający umożliwia uzyskanie równomiernego natężenia dźwięku w całym obrębie Auli i korektę barwy. Nie zmieni jednak złej akustyki pomieszczenia. Projekt akustyki powinien dodatkowo uwzględnić wpływ instalacji dodatkowych generujących hałas takich jak klimatyzacja, wentylacja itd.**

Poniżej przedstawiono uproszczone zależności fizyczne dotyczące czasu pogłosu w pomieszczeniach zamkniętych.

Czas pogłosu opisują dwa wzory w zależności od wartości współczynnika pochłaniania dźwięku powierzchni pomieszczenia -  $\alpha$

dla  $\alpha < 0,2$   $T_p = 0,161 V / S \alpha$

a dla  $\alpha > 0,2$   $T_p = - 0,161 V / S \ln(1 - \alpha)$

gdzie :  $V$  – wyraża objętość pomieszczenia

$S$  – wyraża pole powierzchni wszystkich ścian

Poniższa tabela zawiera zalecane maksymalne wartości współczynnika pogłosu dla sal o różnej objętości  $V$ .

$V [m^3]$	Czas pogłosu [s]
400	0,5 – 0,6
700	0,5 – 0,7
3000	0,6 – 0,9

**Dla sal dużych, gdzie konieczne jest zastosowanie systemu elektroakustycznego jak w przypadku omawianych sal – czasy te powinny być jeszcze niższe.**

**Akustyka pomieszczenia powinna być tak dobrana aby czasy pogłosu mieszczące się dla  $f > 100$  Hz mieściły się poniżej 0,7 max 0.8.**

### **OPIS**

Zadaniem systemu jest emisja sygnału mowy oraz podkładów muzycznych prezentacji multimedialnych. W skład tego systemu wchodzi 12 mikrofonów (z możliwością rozszerzenia o dodatkowe) , sekcja miksująco-wzmacniająca oraz instalacja głośnikowa.

#### **MIKROFONY**

Zaproponowano następujący zestaw mikrofonów sal :

- 4 mikrofonów bezprzewodowych cyfrowych ze zmianą pasma  
W reżyserce zainstalowane zostaną 4 odbiorniki ODB .  
Dla różnych potrzeb przewidziano zastosowanie 8 nadajników (jednocześnie wykorzystać można 4). Dla potrzeb wykładu czy przedstawień przydatniejsze będą nadajniki paskowe z

mikrofonami typu klips lub na ucho. Dla potrzeb konferencji wykorzystywane będą nadajniki doreczne handheld.

- 4 mikrofonu przewodowe na giętkiej szyi z pulpitem dla instalacji na katedrze bądź stole prezydialnym

Dodatkowo na ścinie boczne sceny od strony mównicy zainstalowany zostanie przyłącz mikrofonowy typu StageBOX

### **Głośniki**

Dla Auli przewidziano dwie sekcje głośnikowe :

- Sekcja nagłośnienia sygnału mowy składająca się z 8 wiszących kolumn kulistych o propagacji dookólnej, pracujących w układzie zasilania bezpośredniego 100V.
- Sekcja stereofoniczna/odsluchu sceny dla nagłośnienia multimediiów, muzyki itp. – dwie kolumny podwieszane obok ekranu sceny

Obie sekcje mogą współdziałać równolegle

**Elementy wykonawcze umieszczone w pomieszczeniu operatora :**

- Mikser łącznie 16 wejść do przyłączenia mikrofonów i sprzętu odtwarzającego AV z, 4 szynami i wyjściami AUX dla retransmisji.
- Wzmacniacz mocy w układzie zasilania bezpośredniego 100 V dwustrefowy
- Wzmacniacz mocy stereo
- Anteny,i dystrybutor antenowy
- Specjalizowany procesor dźwięku

Uzupełnieniem systemu są statywy mikrofonowe i mównica



## System sterowania

System ten zapewnia zdalną kontrolę użytkownika i operatora nad urządzeniami. Rolą systemu jest też uproszczenie obsługi urządzeń. System zrealizowano za pomocą : specjalizowanego sterownika.

**Elementy służące do obsługi systemu to :**

- **pulpit (panel dotykowy- „touch panel” ) dla prowadzącego na Sali ulokowany w katedrze.**
- **PC x 2 dla operatora reżyserki 1.6 i portierni. Na PC wgrany będzie panel wizualizacyjny z przyciskami elementów sterowania salą. Dostarczony system sterowania musi umożliwiać instalację apletów sterowniczych na dowolnej liczbie komputerów bez dodatkowych płatnych licencji.**

Panel dotykowy to wyświetlacz ciekłokrystaliczny z programowalnymi i edytowalnym przyciskami sterującymi. Jest on tak dobrany, aby można było dowolnie zdefiniować przyciski graficzne lub tekstowe, których naciśnięcie będzie oznaczało sterowanie wybranym urządzeniem. Centralny system sterowania eliminuje potrzebę stosowania pilotów pojedynczych urządzeń

W związku ze złożonością całości instalacji, na panelu katedry zaimplementowane zostaną podstawowe funkcje i makra. Szerszą kontrolę będzie posiadał operator reżyserki który oprócz aplety sterowniczego PC będzie miał pełną kontrolę nad poszczególnymi urządzeniami systemu : matryca przełączająca, mikser audio itp. . Umożliwi to pracę systemu nawet w przypadku awarii centralnego sterownika systemu sterowania.

**Oprócz instalacji multimedialnych operator będzie miał kontrolę nad innymi systemami Auli : oświetleniem, roletami. W związku z powyższym obok szafy AV w tablicy elektrycznej należy zainstalować sterowniki oświetlenia oraz innych instalacji sali (rolety).**

**Szczegółowy widok i struktura menu oraz makr panelu dotykowego i apletów na PC należy uzgodnić z Użytkownikiem w trakcie realizacji stosownie do jego potrzeb.**

Elementy systemu modułu sterowania przełącznika to :

- panel dotykowy LCD, aplety sterujące na PC
- sterownik systemowy odbierający polecenia z panela dotykowego i przekazujący rozkazy do modułów wykonawczych przełącznika
- kontrolery(interfejsy) urządzeń : RS 232, RS 485, kontrolery IR, interfejsy przekaźnikowe do sterowania ekranami, oświetleniem (załącz - wyłącz), interfejsy do sterowania oświetleniem 1-10 V

System współpracuje z innymi systemami Auli poprzez :

- RS232
- RS 485
- Podczerwień IR
- Moduł przekaźnikowy (załącz/wyłącz)
- Sterowanie napięciowe 1-10 V oświetlenie

System multimedialny zaprojektowano tak, aby była możliwość wykorzystania podstawowych funkcji takich jak prezentacja multimedialna bądź użycie mikrofonów, bez obecności operatora w trakcie prezentacji.

## SYSTEM WIDEOKONFERENCYJNY I REJESTRACJI

### **WIDEOKONFERENCJA**

Dla realizacji funkcji konferencji z ośrodkami zamiejscowymi dla Auli zaprojektowano system wideokonferencyjny z transmisją obrazu w standardzie IP Full HD (przyłącza i kable)

Dla pracy systemu konieczny jest dostęp do sieci LAN lub WLAN lub ISDN

### **SYSTEM REJESTRACJI**

Zadaniem instalacji jest podgląd Auli przez operatora, tłumaczy oraz innych wybranych użytkowników poprzez sieć LAN. Projekt zakłada podgląd Auli z wszystkich kamer dla portierni Akademii. Obraz z dźwiękiem dołączonym z systemu nagłośnienia będzie nagrywany niezależnie dla każdej z kamer na rejestratorze w formacie cyfrowym.

Sterowanie kamerami może odbywać się zdalnie za pomocą oprogramowania z PC podłączonego do tej samej sieci LAN. Dla operatora przewidziano dodatkową klawiaturę sterującą wspomagającą szybkie i efektywne sterowania kamerami.

Na Auli, przewiduje się zastosowanie 4 szybkich kamer PTZ na głowicach obrotowo uchylnych z wbudowanym obiektywem typu ZOOM min. 35. Kamery transmitować będą sygnał w standardzie TurboHD za pomocą kabli koncentrycznych.

W pomieszczeniu operatora zlokalizowane zostaną urządzenia rejestrator i dodatkowa niezależna nagrywarka (nagrywarka DVD z dyskiem twardym), która umożliwi szybkie odtworzenie materiału konferencji niezależnie od pracy głównego rejestratora,

## SYSTEM TŁUMACZEŃ BEZPRZEWODOWYCH

Dla potrzeb konferencji międzynarodowych na sali będzie wykorzystany mobilny, bezprzewodowy system tłumaczeń.

W związku z dużymi kosztami, dla dużych sal (duża liczba uczestników), zazwyczaj na stałym wyposażeniu takich obiektów stosuje się częściową obsadę ilościową odbiorników ok. 30 %. Aktualnie większość osób na konferencjach włada językiem angielskim. Istnieje również możliwość wypożyczenia, w razie potrzeby, samych odbiorników ze słuchawkami. Dla Auli proponuje się 32 zestawy odbiorników ze słuchawkami

Sposób wykorzystania systemu :

Prelegent wykorzystuje mikrofon/y systemu nagłośnienia. Informacja przekazywana jest do jednostki centralnej tłumaczeń i pulpitów tłumaczy i dalej po konwersji do 3 promienników podczerwieni umieszczonych na sali.

Sygnały emitowane z promienników pokrywają obszar sali dzięki czemu słuchacze wyposażeni w lekkie odbiorniki bezprzewodowe ze słuchawkami odbierają głos prelegenta w wybranym przez siebie języku.

Jednostka centralna współdziała równolegle z pulpitemi tłumaczy dzięki czemu oprócz języka oryginalnego przekazywane są również tłumaczenia prelekcji na innych kanałach

Każdy słuchacz oprócz swobody w wyborze języka ma również swobodę poruszania się po całej sali. Słuchawki zasilane są z baterii która zapewnia ciągłą pracę przez ok. 22 h.

Przyjęta konfiguracja zakłada prawie w każdym miejscu sali bezpośredni dostęp sygnałów do promienników, co minimalizuje prawdopodobieństwo zaników sygnałów.

# WYTYCZNE DLA INSTALACJI TOWARZYSZĄCYCH

## WYTYCZNE OGÓLNE

- Wszystkie instalacje sal powinny spełniać normy przewidziane dla pomieszczeń audytoryjnych w zakresie emisji promieniowania elektromagnetycznego oraz hałasu
- Niedopuszczalne jest aby oświetlenie zasłaniały projektor bądź były na stale (bez możliwości sterowania) skierowane na ekran
- Rejon szafy AV pełni funkcję centrum sterowania instalacjami Auli. Zalecane jest aby sterowniki wszystkich instalacji posiadały interfejsy sterujące w pomieszczeniu technicznym obok szafy AV (mogą być to interfejsy równoległe)

## INSTALACJA ELEKTRYCZNA

**W związku z aktualizacją projektu, skutkującą pojawieniem się dodatkowych odbiorników elektrycznych monitory M1, M2 oraz projektor P2 , konieczne jest wykonanie dodatkowych linii zasilających do tych urządzeń zakończonych gniazdami podwójnymi dla zasilania urządzeń i odbiornika transmisyjnego z obwodu przewidzianego dla katedry.**

**Całkowita moc nowych wymienionych urządzeń to 800 W.**

## SIEĆ LAN/ WLAN

**Dla pracy systemu wideokonferencyjnego i systemu sterowania jak również dla wykorzystania pełnych możliwości projektorów konieczny jest dostęp na Auli i dla projektora do sieci LAN lub WLAN. Wymóg minimalnej gwarantowanej przepustowości 4Mb/s.**

**W projekcie przewidziano instalację w szafie SZO switcha podłączonego do urządzeń AV,. W/w switch może współdziałać z urządzeniami sieci strukturalnej obiektu – poza zakresem tego projektu jak również może być podłączony bezpośrednio do istniejącej infrastruktury LAN Uczelni.**

## OŚWIETLENIE

W celu zoptymalizowania warunków projekcji a tym samym jakości wyświetlanego obrazu system oświetlenia należy podzielić na strefy równoległe do ekranu. Minimum dwie strefy  
Dla strefy pierwszej – obok ekranu - oświetlenie powinno być ściemniane lub częściowo wyłączane.

W związku z powyższym obok szafy AV należy zainstalować sterowniki oświetlenia tak aby były dostępne dla operatora obsługującego równocześnie system AV

## OCHRONA PRZECIWZAKŁOCENIOWA

W celu wyeliminowania zakłóceń elektromagnetycznych wszystkie instalacje towarzyszące instalacji AV a w szczególności instalacja oświetlenia nie może emitować promieniowania elektromagnetycznego w następujących zakresach fal i długości fali : od 169 do 230 MHz i od 700 do 860 MHz

## Zagadnienia B.H.P. i p.poż.

- Urządzenia przewidziane w wyposażeniu nie wnoszą dodatkowego zagrożenia pożarowego.
- Dodatkowa ochrona od porażeń rozwiązana będzie przez zastosowanie przewodu ochronnego PE.
- Montaż urządzeń i eksploatacja winny być wykonane z zachowaniem niezbędnej ostrożności.
- Otwieranie urządzeń winno się odbywać po uprzednim odłączeniu napięcia.
- Obsługa techniczna winna być przeszkolona i posiadać odpowiednie kwalifikacje oraz uprawnienia specjalistyczne z zakresu B.H.P.