

---

# **ZAŁĄCZNIK Z-2**

## **RAPORT Z BADAŃ STRUKTURY DREWNA**

## SPIS ZAWARTOŚCI:

1. Program badań - badanie struktury elementów drewnianych .....	3
2. Wyniki z programu badań .....	4
3. Dokumentacja rysunkowa .....	12

## 1. Program badań - badanie struktury elementów drewnianych

Badanie elementów drewnianych decydujących o bezpieczeństwie konstrukcji pozwala na określenie rzeczywistego stanu zachowania struktury materiału. Przeprowadzono badania weryfikacyjne drewna za pomocą rezystografu oporowego IML-RESI.



Technika ta jest wysoce efektywna w badaniu drewnianych konstrukcji zabytkowych. Metoda ta, oparta jest na pomiarze oporu skrawania podczas nawiercania elementu drewnianego. Pozwala to na ujawnienie zmiany gęstości drewna spowodowane destrukcją biologiczną lub wilgotnościową oraz kolejnych przyrostów rocznych. Umożliwia na badanym przekroju drewna wskazać strefy o zmniejszonej wytrzymałości oraz ewentualne ubytki, spękania, szczeliny w materiale. Otrzymane dane pozwalają na ocenę stanu zachowania tkanki drzewnej w przekroju analizowanego drewnianego elementu, skuteczne zdefiniowanie obszaru, który utracił swoją nośność i stateczność lokalną, osłabiając w ten sposób stateczność globalną konstrukcji.

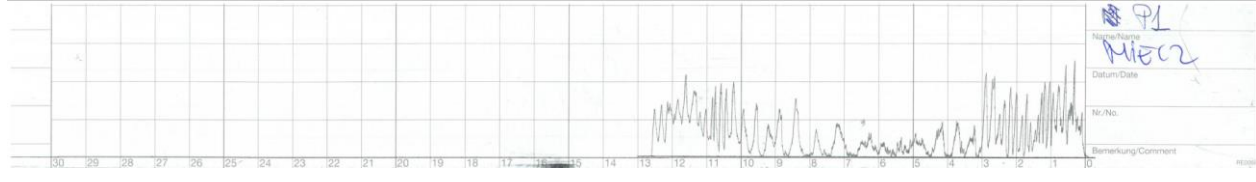
Wiercenia urządzeniem wykonywane jest cienkim elastycznym wiertłem, obracającym się ze stałą prędkością wynoszącą ok. 1500 obrotów na minutę, o średnicy od 1,5 do 3 mm i długości do ok. 300 mm. W przypadku typowych konstrukcji z drewna jest to głębokość wystarczająca. Średnica otworu po wykonanym badaniu jest nie większa niż otwory wylotowe szkodników drewna i z tego względu można metodę tę uznać za quasi-nieniszczącą tj. niemającą wpływu na statykę konstrukcji oraz na estetykę powierzchni. Uzyskane wyniki zostają zapisane (osobno dla każdego punktu pomiarowego) na skalowanym milimetrowo pasku papieru w formie wykresów zależności amplitudy oporu od głębokości odwiertu.

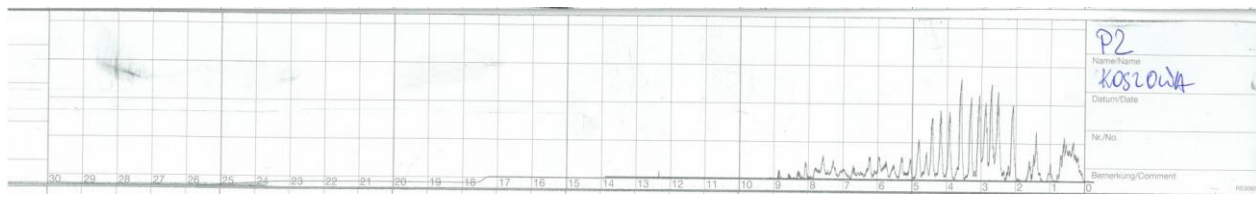
Pomiaru dokonuje się prostopadle do powierzchni badanego drewna lub pod kątem 45°. Wykres otrzymany jest przy prostopadłym pomiarze jest w skali 1:1. Przy pomiarach pod kątem 45° wykres wykonywany jest także w skali 1:1. Jednakże przy konieczności przetransponowania wyniku pomiaru z 45° na 0° należy otrzymany wykres skalować  $1\text{ cm} = 1,41\text{ cm} \sim \sqrt{2}$ .

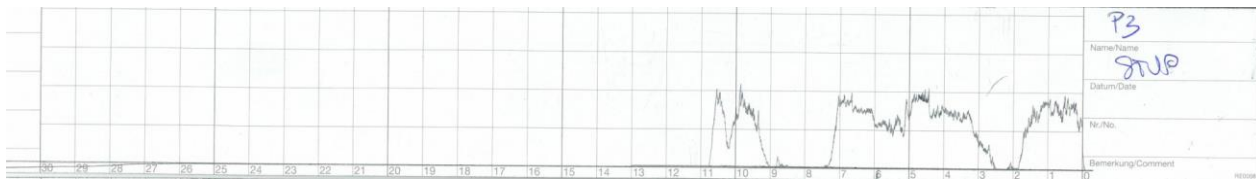
## 2. Wyniki z programu badań

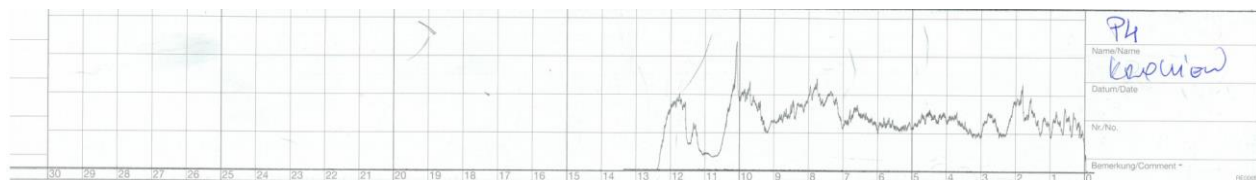
Miejsca wykonywania odwiertów wytypowano w taki sposób, aby zapewnić odwzorowanie rzeczywistego stanu technicznego badanych elementów. Dokładną lokalizację miejsc badań wykonanych rezystografem oporowym zaprezentowano w dołączonej dokumentacji rysunkowej.

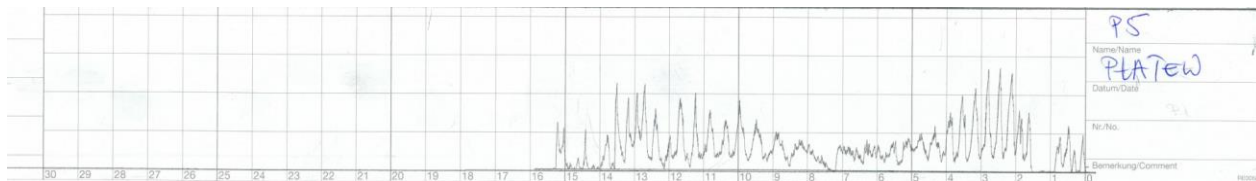
Poniżej zaprezentowano uzyskane wykresy oporu skrawania wraz z opisem dla badanych elementów konstrukcyjnych.

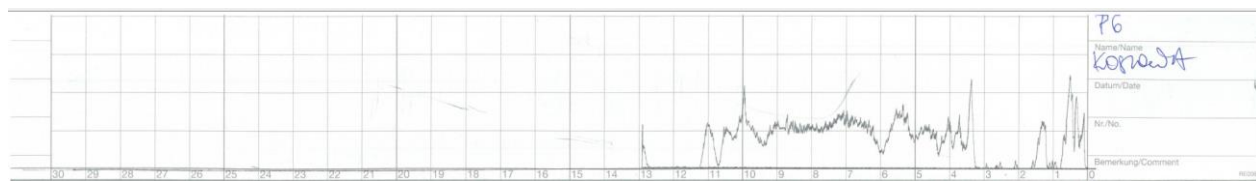
Badanie rezystografem oporowym			
Lokalizacja	Plac Zwycięstwa 13, 32-005 Niepołomice	Data pomiaru	13.04.2023
Nazwa obiektu	Wieżba dachowa Ratusza	Wykonali	mgr inż. Piotr Płoszczański mgr inż. Łukasz Bubula
Nazwa pomiaru	P1	Element	Miecz
<u>Diagram</u>			
			
<u>Opis pomiaru</u>			
<p>Wykres przedstawia zależności amplitudy oporu od głębokości odwiertu. Głębokość odwiertu pokazano na osi poziomej w centymetrach.</p> <p>Diagram wskazuje na niejednorodną strukturę drewna na całej grubości badanego elementu. Na głębokościach 0-1cm oraz 11-12,5cm występują lokalne strefy drewna gdzie nie doszło do nadmiernego obniżenia parametrów wytrzymałościowych. Na głębokości od 3cm do 10cm charakter wykresu wskazuje na występowanie strefy nadmiernie zawilgoconego drewna o bardzo niskich parametrach wytrzymałościowych. Dodatkowo na odcinku tym zlokalizowano lokalne spadki oporów wiercenia do wartości zerowej, co może wskazywać na występowanie wewnętrznych pęknięć lub na ślady bytności szkodników technicznych drewna. W pozostałych strefach wykres charakteryzuje się występowaniem znacznych uskoków wartości oporu skrawania, co wskazuje na daleko posuniętą degradację tkanki drzewnej połączonej z rozwarstwieniem się drewna w obrębie słoików rocznych, co w konsekwencji powoduje znaczne obniżenie parametrów wytrzymałościowych elementu. Stan ten może wynikać z postępującej korozji biologicznej tkanki drzewnej.</p>			

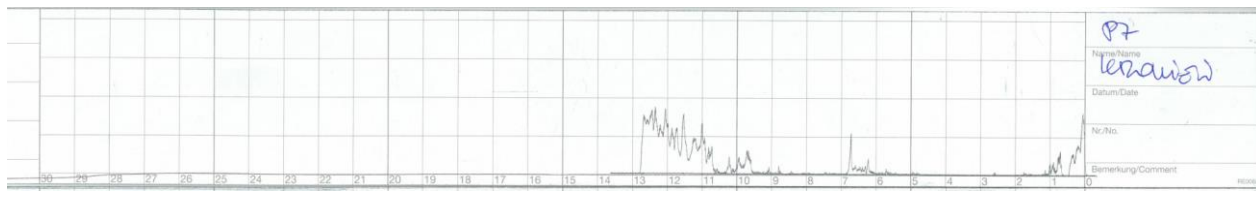
Badanie rezystografem oporowym			
Lokalizacja	Plac Zwycięstwa 13, 32-005 Niepołomice	Data pomiaru	13.04.2023
Nazwa obiektu	Wieżba dachowa Ratusza	Wykonali	mgr inż. Piotr Płoszczański mgr inż. Łukasz Bubula
Nazwa pomiaru	P2	Element	Krokiew koszowa
<u>Diagram</u>			
			
<u>Opis pomiaru</u>			
<p>Wykres przedstawia zależności amplitudy oporu od głębokości odwiertu. Głębokość odwiertu pokazano na osi poziomej w centymetrach.</p> <p>Diagram wskazuje na niejednorodną strukturę drewna na całej grubości badanego elementu. W strefie przypowierzchniowej do głębokości około 2cm oraz na głębokościach od 5 do 9cm występują strefy, których charakter wskazuje na nadmierną wilgotność tkanki drzewnej, dodatkowo posiadającej bardzo słabe parametry wytrzymałościowe. W strefie rozciągającej się od 2 do 5cm wykres charakteryzuje się występowaniem znacznych uskoków wartości oporu skrawania sięgających wartości zerowej co wskazuje na daleko posuniętą degradację tkanki drzewnej połączonej z rozwarstwieniem się drewna w obrębie słojów rocznych, co powoduje znaczne obniżenie parametrów wytrzymałościowych elementu. Stan ten może wynikać z postępującej korozji biologicznej tkanki drzewnej oraz śladów żerowania szkodników technicznych drewna. Od głębokości 9cm charakter diagramu wskazuje na całkowite zniszczenie struktury drewna.</p>			

Badanie rezystografem oporowym			
Lokalizacja	Plac Zwycięstwa 13, 32-005 Niepołomice	Data pomiaru	13.04.2023
Nazwa obiektu	Wieżba dachowa Ratusza	Wykonali	mgr inż. Piotr Płoszczański mgr inż. Łukasz Bubula
Nazwa pomiaru	P3	Element	Słup
<u>Diagram</u>			
			
<u>Opis pomiaru</u>			
<p>Wykres przedstawia zależności amplitudy oporu od głębokości odwiertu. Głębokość odwiertu pokazano na osi poziomej w centymetrach.</p> <p>Diagram wskazuje na niejednorodną strukturę drewna na całej grubości badanego elementu. Na głębokościach 2-3cm, 7-9cm oraz od 11cm do pełnej głębokości badania występują strefy o zerowym oporze wiercenia, co może wskazywać na całkowite zniszczenie struktury drewna. W pozostałych strefach wykres charakteryzuje się występowaniem stref nadmiernie zawilgoconego drewna, skąd może wynikać stosunkowo jednolity przebieg diagramu z oporami wiercenia wskazujący na podwyższone parametry wytrzymałościowe.</p>			

Badanie rezystografem oporowym			
Lokalizacja	Plac Zwycięstwa 13, 32-005 Niepołomice	Data pomiaru	13.04.2023
Nazwa obiektu	Wieżba dachowa Ratusza	Wykonali	mgr inż. Piotr Płoszczański mgr inż. Łukasz Bubula
Nazwa pomiaru	P4	Element	Krokiew
<u>Diagram</u>			
			
<u>Opis pomiaru</u>			
<p>Wykres przedstawia zależności amplitudy oporu od głębokości odwiertu. Głębokość odwiertu pokazano na osi poziomej w centymetrach.</p> <p>Diagram wskazuje na stosunkowo jednolitą strukturę drewna na zbadanym fragmencie elementu. Na głębokości od 10,5cm do 11,5cm lokalnie występuje strefa o słabych parametrach wytrzymałościowych. Charakter pozostałej części wykresu wskazuje na nadmierne zawilgocenie badanego elementu, skąd może wynikać stosunkowo jednolity przebieg diagramu z oporami wiercenia wskazujący na podwyższone parametry wytrzymałościowe.</p>			

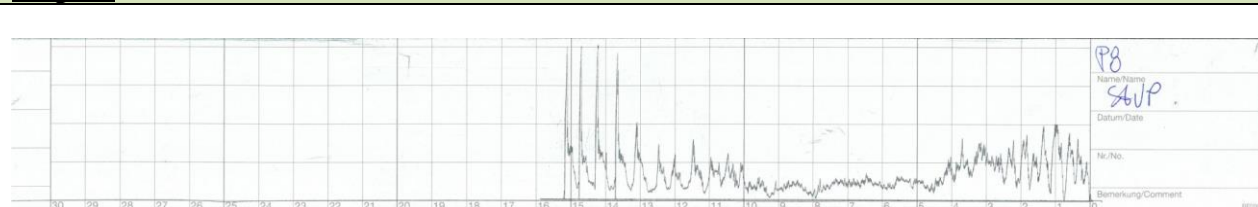
Badanie rezystografem oporowym			
Lokalizacja	Plac Zwycięstwa 13, 32-005 Niepołomice	Data pomiaru	13.04.2023
Nazwa obiektu	Wieżba dachowa Ratusza	Wykonali	mgr inż. Piotr Płoszczański mgr inż. Łukasz Bubula
Nazwa pomiaru	P5	Element	Płatew
<u>Diagram</u>			
			
<u>Opis pomiaru</u>			
<p>Wykres przedstawia zależności amplitudy oporu od głębokości odwiertu. Głębokość odwiertu pokazano na osi poziomej w centymetrach.</p> <p>Diagram wskazuje na niejednorodną strukturę drewna na całej grubości badanego elementu. Na całej głębokości badania wykres charakteryzuje się występowaniem znacznych uskoków wartości oporu skrawania, lokalnie sięgających wartości zerowej, co wskazuje na daleko posuniętą degradację tkanki drzewnej połączonej z rozwarstwieniem się drewna w obrębie słoików rocznych, co powoduje znaczne obniżenie parametrów wytrzymałościowych elementu. Stan ten może wynikać z postępującej korozji biologicznej tkanki drzewnej oraz śladów żerowania szkodników technicznych drewna. Dodatkowo od głębokości od 4 do 12cm charakter wykresu wskazuje na występowanie strefy nadmiernie zawilgoconego drewna.</p>			

Badanie rezystografem oporowym			
Lokalizacja	Plac Zwycięstwa 13, 32-005 Niepołomice	Data pomiaru	13.04.2023
Nazwa obiektu	Wieżba dachowa Ratusza	Wykonali	mgr inż. Piotr Płoszczański mgr inż. Łukasz Bubula
Nazwa pomiaru	P6	Element	Krokiew koszoza
<u>Diagram</u>			
			
<u>Opis pomiaru</u>			
<p>Wykres przedstawia zależności amplitudy oporu od głębokości odwiertu. Głębokość odwiertu pokazano na osi poziomej w centymetrach.</p> <p>Diagram wskazuje na niejednorodną strukturę drewna na zbadanym fragmencie elementu. Do głębokości 1cm występuje strefa o średnich oporach wiercenia, co sugeruje iż tkanka drewniana nie wykazuje wyraźnych oznak korozji. Na odcinku od około 3 do 11cm charakter diagramu wskazuje na nadmierne zawilgocenie badanego elementu, skąd może wynikać stosunkowo jednolity przebieg wykresu z oporami wiercenia, wskazujący na średnie parametry wytrzymałościowe. W pozostałych strefach diagram charakteryzuje się zerowymi oporami wiercenia, co może wskazywać na całkowite zniszczenie struktury drewna.</p>			

Badanie rezystografem oporowym			
Lokalizacja	Plac Zwycięstwa 13, 32-005 Niepołomice	Data pomiaru	13.04.2023
Nazwa obiektu	Wieżba dachowa Ratusza	Wykonali	mgr inż. Piotr Płoszczański mgr inż. Łukasz Bubula
Nazwa pomiaru	P7	Element	Krokiew
<u>Diagram</u>			
			
<u>Opis pomiaru</u>			
<p>Wykres przedstawia zależności amplitudy oporu od głębokości odwiertu. Głębokość odwiertu pokazano na osi poziomej w centymetrach.</p> <p>Diagram wskazuje na niejednorodną strukturę drewna na całej grubości badanego elementu. W strefie przypowierzchniowej, do głębokości około 1,0cm występuje strefa o niskich oporach wiercenia, charakteryzująca się uskokiem do wartości zerowej co może wskazywać na występowanie naturalnego pęknięcia lub na bytność szkodników technicznych drewna. Na odcinku na głębokości od około 1cm do 11cm występuje strefa drewna o zerowych oporach wiercenia co wskazuje na całkowitą destrukcję tkanki drzewnej. Charakter odcinka rozpoczynającego się od 11cm i sięgającego do końca badania wskazuje na występowanie strefy nadmiernie zawilgoconego drewna, skąd może wynikać stosunkowo jednolity przebieg diagramu z oporami wiercenia sugerujący poprawę parametrów wytrzymałościowych elementu.</p>			



Badanie rezystografem oporowym			
Lokalizacja	Plac Zwycięstwa 13, 32-005 Niepołomice	Data pomiaru	13.04.2023
Nazwa obiektu	Wieżba dachowa Ratusza	Wykonali	mgr inż. Piotr Płoszczański mgr inż. Łukasz Bubula
Nazwa pomiaru	P8	Element	Słup

DiagramOpis pomiaru

Wykres przedstawia zależności amplitudy oporu od głębokości odwiertu. Głębokość odwiertu pokazano na osi poziomej w centymetrach.

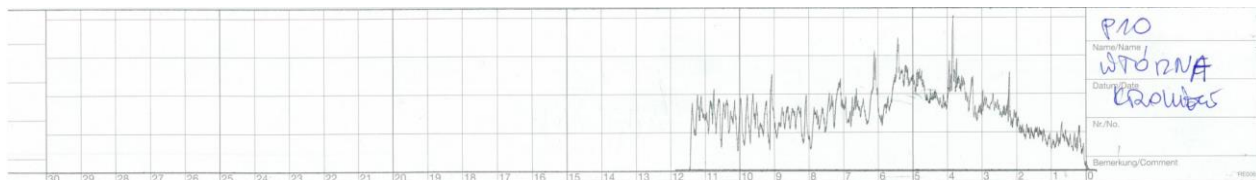
Diagram wskazuje na nadmiernie zawilgoconą, niejednorodną strukturę drewna na całej grubości badanego elementu. W strefie przypowierzchniowej do głębokości około 2cm oraz na głębokości od 11 do 15cm występują strefy drewna charakteryzujące się występowaniem znacznych uskoków wartości oporu skrawania sięgających wartości zerowej co wskazuje na daleko posuniętą degradację tkanki drzewnej połączonej z rozwarstwieniem się drewna w obrębie słoików rocznych, co powoduje znaczne obniżenie parametrów wytrzymałościowych elementu. Stan ten może wynikać z postępującej korozji biologicznej tkanki drzewnej oraz śladów żerowania szkodników technicznych drewna. W pozostałych strefach charakter wykresu wskazuje na bardzo niskie parametry wytrzymałościowe badanego elementu.

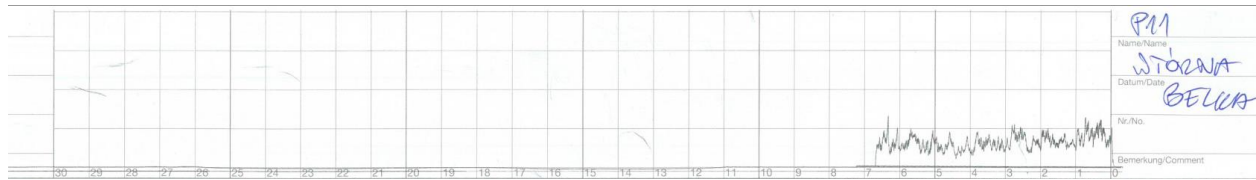
Badanie rezystografem oporowym			
Lokalizacja	Plac Zwycięstwa 13, 32-005 Niepołomice	Data pomiaru	13.04.2023
Nazwa obiektu	Wieżba dachowa Ratusza	Wykonali	mgr inż. Piotr Płoszczański mgr inż. Łukasz Bubula
Nazwa pomiaru	P9	Element	Krokiew

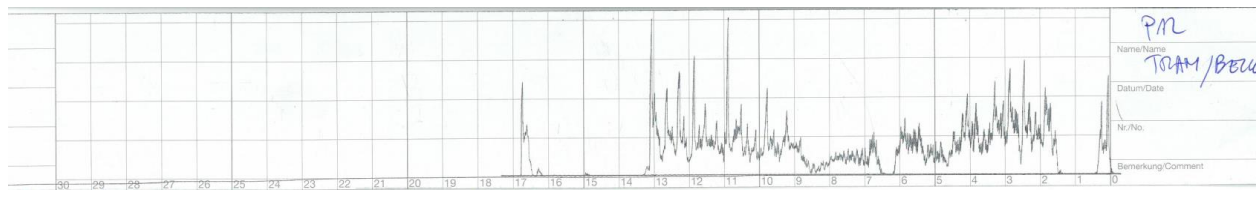
DiagramOpis pomiaru

Wykres przedstawia zależności amplitudy oporu od głębokości odwiertu. Głębokość odwiertu pokazano na osi poziomej w centymetrach.

Diagram wskazuje na nadmiernie zawilgoconą, niejednorodną strukturę drewna na całej grubości badanego elementu. Na głębokości od 2 do 10cm występuje strefa o średnich, lokalnie niskich, parametrach wytrzymałościowych. Na głębokościach 0-2cm oraz 10-14cm występują lokalne spadki oporów wiercenia do wartości zerowej, co wskazuje na całkowitą destrukcję tkanki drzewnej lub na ślady bytności szkodników technicznych drewna.

Badanie rezystografem oporowym			
Lokalizacja	Plac Zwycięstwa 13, 32-005 Niepołomice	Data pomiaru	13.04.2023
Nazwa obiektu	Więźba dachowa Ratusza	Wykonali	mgr inż. Piotr Płoszczański mgr inż. Łukasz Bubula
Nazwa pomiaru	P10	Element	Krokiew wtórna
<u>Diagram</u>			
			
<u>Opis pomiaru</u>			
<p>Wykres przedstawia zależności amplitudy oporu od głębokości odwiertu. Głębokość odwiertu pokazano na osi poziomej w centymetrach.</p> <p>Diagram wskazuje na niejednorodną strukturę drewna na całej grubości badanego elementu. Do głębokości 7,5cm występuje strefa nadmiernie zawilgoconego drewna, skąd mogą wynikać stosunkowo wysokie i jednolite wartości oporów wiercenia. Na pozostałej części wykres charakteryzuje się występowaniem uskoków wartości oporu skrawania co wskazuje na rozpoczynającą się degradację tkanki drzewnej połączonej z rozwarstwieniem się drewna w obrębie słoików rocznych.</p>			

Badanie rezystografem oporowym			
Lokalizacja	Plac Zwycięstwa 13, 32-005 Niepołomice	Data pomiaru	13.04.2023
Nazwa obiektu	Więźba dachowa Ratusza	Wykonali	mgr inż. Piotr Płoszczański mgr inż. Łukasz Bubula
Nazwa pomiaru	P11	Element	Belka wtórna
<u>Diagram</u>			
			
<u>Opis pomiaru</u>			
<p>Wykres przedstawia zależności amplitudy oporu od głębokości odwiertu. Głębokość odwiertu pokazano na osi poziomej w centymetrach.</p> <p>Diagram wskazuje na nadmiernie zawilgoconą, niejednorodną strukturę drewna na całej grubości badanego elementu. Dodatkowo charakter wykresu wskazuje na drewno o niskich parametrach wytrzymałościowych.</p>			

Badanie rezystografem oporowym			
Lokalizacja	Plac Zwycięstwa 13, 32-005 Niepołomice	Data pomiaru	13.04.2023
Nazwa obiektu	Więźba dachowa Ratusza	Wykonali	mgr inż. Piotr Płoszczański mgr inż. Łukasz Bubula
Nazwa pomiaru	P12	Element	Tram
<u>Diagram</u>			
			
<u>Opis pomiaru</u>			
<p>Wykres przedstawia zależności amplitudy oporu od głębokości odwiertu. Głębokość odwiertu pokazano na osi poziomej w centymetrach.</p> <p>Diagram wskazuje na niejednorodną strukturę drewna na całej grubości badanego elementu. W strefie przypowierzchniowej do głębokości 2,5cm oraz na głębokości 13-17cm występują strefy, których charakter wskazuje na całkowite zniszczenie struktury drewna. Na pozostałej części wykres charakteryzuje się występowaniem znacznych uskoków wartości oporu skrawania, lokalnie sięgających wartości zerowej, co wskazuje na daleko posuniętą degradację tkanki drzewnej połączonej z rozwarstwieniem się drewna w obrębie słoików rocznych, co powoduje znaczne obniżenie parametrów wytrzymałościowych elementu. Stan ten może wynikać z postępującej korozji biologicznej tkanki drzewnej oraz śladów żerowania szkodników technicznych drewna. Dodatkowo charakter tego odcinka wskazuje na nadmiernie zawilgocenie tkanki drzewnej.</p>			

### **3. Dokumentacja rysunkowa**

Z-2-01      LOKALIZACJA BADAŃ