

<sup>1</sup>Katedra Roślin Ozdobnych, Dendrologii i Architektury Krajobrazu  
Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie  
ul. Głęboka 28, 20-612 Lublin

<sup>2</sup>Katedra Botaniki, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Wydział Ogrodnictwa  
i Architektury Krajobrazu  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka, 20-950 Lublin  
e-mail: wdurlak@autograf.pl

WOJCIECH DURLAK<sup>1</sup>, MARGOT DUDKIEWICZ<sup>1</sup>,  
MARIUSZ SZMAGARA<sup>1</sup>, BEATA ŻURAW<sup>2</sup>

**Zastosowanie PiCUS<sup>®</sup> Sonic Tomograph 3  
w badaniach dendroflory zespołu zamkowo-dworskiego  
w Krupem w gm. Krasnystaw**

---

Application of PiCUS<sup>®</sup> Sonic Tomograph 3 in dendroflora research – a castle  
and court complex in Krupie from Krasnystaw commune

**Streszczenie.** Celem badań było sprawdzenie przydatności tomografu dźwiękowego PiCUS Sonic 3 do oceny kondycji zdrowotnej drzew o wymiarach pomnikowych z gatunku *Fraxinus excelsior* rosnących na terenie zespołu zamkowo-dworskiego w miejscowości Krupie w gm. Krasnystaw. Ruiny zamku w Krupem usytuowane są nad malowniczymi rozlewiskami dopływów rzeki Wieprz, 6 km na północ od Krasnegostawu. Łącznie na terenie o powierzchni 2,3 ha znajduje się ok. 150 drzew w różnym stanie zdrowotnym. Są to przede wszystkim jesiony, kasztanowce, robinie i wierzyby, a także pojedyncze egzemplarze jabłoni i gruszy. Stan wnętrza pni 5 wybranych drzew zobrazowano w postaci barwnych tomogramów. Wykonane badania pozwoliły na wczesną diagnozę i wybór najlepszych działań w kierunku zwiększenia bezpieczeństwa użytkowników oraz zachowania substancji zabytkowej miejsca.

**Słowa kluczowe:** kondycja drzew, tomograf dźwiękowy PiCUS Sonic 3, *Fraxinus excelsior*, Krupie (gm. Krasnystaw)

WSTĘP

W ostatnich latach opracowano wiele nowych metod wykrywania i lokalizacji defektów wewnątrz pni drzew, różniących się stopniem inwazyjności pomiaru oraz sposobem

obrazowania informacji. W konserwacji zabytkowego drzewostanu najbardziej właściwe są te metody, które do minimum ograniczają destrukcyjny wpływ badania na drzewo, a do takich należy tomografia akustyczna z zastosowaniem narzędzi PiCUS. Tomografia dźwiękowa w porównaniu z innymi metodami jest bardzo skuteczna nawet na wczesnych etapach rozkładu drewna i w przeciwieństwie do innych instrumentów służących do wykrywania anomalii pnia – tomograf dźwiękowy nie wymaga nawiercania drzewa i naruszenia bariery, jaką ono tworzy, aby ograniczyć i spowolnić rozprzestrzenianie się próchnicy [Wilcox 1988, Nicolotti i in. 2003, Kersten i Schwarze 2005, Göcke i in. 2007, Chomicz 2010, Brazee i in. 2011].

Celem badań była ocena kondycji drzew o wymiarach pomnikowych z gatunku *Fraxinus excelsior* rosnących na terenie zespołu zamkowo-dworskiego w miejscowości Krupce w gm. Krasnystaw. Obiekt jest jednym z cenniejszych zespołów architektury rezydencjonalnej Lubelszczyzny. W czasach swojej świetności w XVI i XVII w. zamek był rozległą i doskonale umocnioną twierdzą obronną. Obecnie pozostały z niego tylko malownicze ruiny – popularne i warte polecenia miejsce na mapie turystycznej regionu. Wiosną 2017 r. przeprowadzono wizję terenową na terenie obiektu. Drzewostan parkowy stanowią drzewa z rodzajów: *Fraxinus*, *Robinia*, *Aesculus* oraz *Salix*. Spotyka się tu również nieliczne egzemplarze z rodziny różowatych, takie jak: *Malus* sp. i *Pyrus* sp. W trakcie badań terenowych wytypowano także okazałe egzemplarze *Fraxinus excelsior* do oceny tomograficznej ich wnętrza, rozlokowane w różnych częściach założenia.

#### MATERIAŁ I METODY

Celem badań była ocena kondycji i stanu zdrowotnego pięciu jesionów wyniosłych (*Fraxinus excelsior* L.) o wymiarach pomnikowych rosnących na terenie zespołu zamkowego w Krupcu w gm. Krasnystaw. Obiekt znajduje się na działce nr 769 o pow. 2,3 ha i jest wpisany do rejestru zabytków nieruchomości województwa lubelskiego i oznaczony sygnaturą A/309. Zamek zlokalizowany jest przy DW nr 812 Krasnystaw–Chełm.

Po określeniu za pomocą systemu GPS lokalizacji wybranych drzew wykonano pomiary dendrometryczne oraz opisano szczegółowo stan zdrowotny drzew. Określenia gatunku dokonano na podstawie literatury dendrologicznej [Seneta i Dolatowski 2009]. Prace związane z pomiarami obiektów wykonano za pomocą taśmy mierniczej, dalmierzy laserowych i tomografu sonicznego PiCUS Sonic 3 (fot. 1). Przed przystąpieniem do badania tomografem ostukiwano pień drzewa gumowym młotkiem w celu wychwycenia nietypowych odgłosów pochodzących z wnętrza pnia. Dopiero po takim zabiegu określano właściwą wysokość przeprowadzenia pomiaru.

Tomograf soniczny dzięki wykorzystaniu fal dźwiękowych pozwala na bezinwazyjne badanie wewnętrznych struktur pnia drzewa. Dzięki temu możliwe jest wykrycie zgnilizn, pustek lub wypróchnień bez konieczności robienia szkodliwych dla drzewa nawierczeń. Tomograf składa się z jednostki centralnej oraz sensorów, które rozmieszcza się wokół pnia drzewa, łączy z wbitymi płytko w korę gwoździami i ze specjalistycznym oprogramowaniem. Sensory mierzą czas rozchodzenia się w drewnie fali dźwiękowej

wywołanej uderzeniem elektronicznego młotka. Odległości między czujnikami mierzono specjalną suwmiarką PiCUS Calliper pracującą w systemie Bluetooth. Efektem badania był barwny tomogram obrazujący zmiany zachodzące wewnątrz pnia drzewa.

Podczas analizy wyników uwzględnia się kolorystykę obrazu określającą tzw. mapę gęstości drewna. Poszczególne barwy oznaczają różne prędkości rozchodzenia się dźwięku wewnątrz pnia w zależności od sprężystości i gęstości drewna. Barwa od jasno-brązowej do czarnej odpowiada zakresowi prędkości dźwięku od 60 do 100%, co oznacza żywą i zdrową tkankę drewna. Różne odcienie barwy zielonej odpowiadają prędkości fali dźwiękowej od 40 do 60%, co jest równoznaczne z nieznacznym pogorszeniem się struktury drewna. Barwa różowa oznacza rozchodzenie się dźwięku w zakresie od 20 do 40%, a barwa od niebieskiej do białej – w zakresie od 20 do 0%. Są to zatem obszary drewna o najsłabszej strukturze, gdzie występują uszkodzenia i postępuje rozkład drewna [Chomicz 2007, 2010].

Obwód pni mierzono na wysokości 130 cm nad powierzchnią gruntu taśmą mierniczą z dokładnością do 1 cm. Średnicę rzutu korony mierzono dalmierzem laserowym Leica DISTO D5, a wysokość drzewa dalmierzem NIKON Forestry Pro. W opisie kondycji drzew zwrócono szczególną uwagę na stan zdrowotny pnia (ewentualne listwy martwicy, ubytki wgłębne, wypróchnienia, ślady żerowania owadów, owocniki grzybów, pochylenie pnia) oraz korony (suszy gałęziowy, połamane konary, asymetria). Symbole drzew naniesiono na mapę sytuacyjno-wysokościową w skali 1 : 500.

Fot. 1. Tomograf dźwiękowy PiCUS Sonic 3 – badanie stanu zdrowotnego jesionu nr 5  
(fot. M. Szmagara, 2017)

Phot. 1. PiCUS Sonic 3 tomograph – examination of the health status of ash no. 5  
(photo M. Szmagara, 2017)

## WYNIKI

### Zarys historyczny i obecny stan zabytku

Po lewej stronie od wjazdu na posesję znajduje się porośnięty trzciną niewielki zbiornik wodny, po prawej stronie jest zlokalizowany parking. Do ruin zamku prowadzą dwie gruntowe ścieżki. Za zamkiem znajduje się staw o powierzchni 6 ha. Dawna siedziba szlachecka składała się z zamku właściwego, wzniesionego najwcześniej, i przedzamcza z budynkami gospodarczymi otoczonych wspólnym murem z 4 bastcjami przeznaczonymi na artylerię oraz fosą i mokradłami. Była to bardzo dobrze ufortyfikowana warownia, choć bastcje służyły zwykle do mieszkania, bowiem na każdym ich piętrze znajdowała się izba mieszkalna. Za budulec posłużyły kamienie i cegły. Zamek właściwy miał kształt czworoboku z dwoma skrzydłami mieszkalnymi ustawionymi prostopadle, będącymi jednocześnie częścią murów obwodowych, pomiędzy którymi znajdował się

dziedziniec. Do zamku właściwego przylegała w narożu pięcioboczna, trzykondygnacyjna basteja (zachowana w części do chwili obecnej). Od przedzamcza oddzielała go sucha fosa. Wjazd prowadził od najbardziej reprezentacyjnej strony północno-wschodniej przez most zwodzony. Do dzisiaj przetrwały wysokie mury z otworami okiennymi wsparte szkarpami od wewnątrz, ozdobione *sgraffito* i zwieńczone attyką, świadczące o dawnej świetności obiektu, który był podobno urządzone z przepychem, co potwierdzają znaleziska archeologiczne, m.in. piękne kafle i fragmenty kominków.

Zamek w Krupem wznoszono od początku XVI w. do pierwszej połowy XVII w. Pierwotny niewielki zamek wznosił tu Jerzy Krupski (Krupa) herbu Korczak w końcu XV w. W 1577 r. miejscowość stała się własnością Pawła Orzechowskiego, który zaczął ją rozbudowywać w stylu renesansowym. Po 1644 r. obiekt często zmieniał właścicieli. Około 1656 r. został zniszczony przez Szwedów. Kolejne zniszczenia poczynił pożar z 1665 r. Spłonęły mury oraz cała zabudowa gospodarcza. Zamek odbudowali dopiero w 1670 r. kolejni właściciele – Reyowie. Następnie obiekt znowu zmienił właścicieli, aby w ostateczności ponownie przejść na własność Reyów. Około 1780 r. wybudowano zachowany do dziś dwór. W roku 1794 na zamku wybuchł pożar i po tym wydarzeniu już go nie odbudowano. Zniszczenia pogłębiły się podczas wojen w XX w. W 1962 r. zamek został zakonserwowany i częściowo odnowiony [Jurasz 1972, Rogiński 1990, Rolska-Boruch 2003, 2008, Grochecki i Piotrowski 2015].

Na chwilę obecną obiekt jest zaawansowaną ruiną (fot. 2) z zagruzowanymi piwnicami. Najlepiej zachowała się zachodnia i północna część zamku od strony stawu. Przy granicy posesji od strony wschodniej znajdują się ruiny bastei. Teren ma urozmaiconą rzeźbę – widoczne są nasypy (pozostałości po dawnych murach) i fosy. Nie są zachowane żadne regularne ścieżki czy aleje, a osoby zwiedzające poruszają się w sposób swobodny po całym terenie, który oświetla tylko jedna latarnia usytuowana przy parkingu. W ciekawszych punktach widokowych stoją ławki, stół piknikowy, a przy parkingu – tablice informacyjne. Nawierzchnia jest trawiasta i nieregularnie koszona, a teren oczyszczono z krzewów. Od 2016 r. trwają przygotowania do rewitalizacji zamku, polegającej m.in. na budowie dziedzińca głównego z platformą widokową, do której będzie prowadził most z odtworzoną bramą wjazdową (rys. 1). Odtworzone zostaną także dwie komnaty w piwnicach zamku z przeznaczeniem na pomieszczenia wystawienniczo-ekspozycyjne z zapleczem sanitarnym, toaletą i pomieszczeniem gospodarczym. Wokół zamku powstaną alejki, ławki i oświetlenie.

Fot. 2. Ruiny zamku w Krupem  
(fot. W. Durlak, 2017)  
Phot. 2. Ruins of the castle in Krupem  
(photo W. Durlak, 2017)

Rys. 1. Rekonstrukcja założenia zamkowo-  
-dworskiego w Krupem  
(oprac. M. Dudkiewicz za K. Czyż,  
<https://zamki.res.pl/krupe.php>,  
dostęp: 21.08.2017 r.)

Fig. 1. Reconstruction of the castle-court complex  
in Krupem  
(prepared by M. Dudkiewicz for K. Czyż,

<https://zamki.res.pl/krupe.php>,  
access: 21.08.2017 r.)

### Pomiary drzew tomografem dźwiękowym

Poddane badaniom jesiony wyniosłe rosną na terenie ruin zamku w Krupem w gm. Krasnystaw, w południowej i północnej części terenu opracowania. Wykorzystując pozycjonowanie GPS, określono dokładną lokalizację poszczególnych drzew. Współrzędne badanych obiektów przedstawiają się następująco:

- nr inw. 1 – 51°1'41.023" N i 23°13'20.776" E,
- nr inw. 2 – 51°1'41.023" N i 23°13'19.354" E,
- nr inw. 3 – 51°1'41.725" N i 23°13'17.011" E,
- nr inw. 4 – 51°1'41.095" N i 23°13'15.859" E,
- nr inw. 5 – 51°1'44.321" N i 23°13'19.091" E.

Drzewo o nr inw. 1 rośnie nad brzegiem rowu melioracyjnego pomiędzy DW nr 812 a parkingiem na terenie opracowania, drzewo nr 2 – na lekkim wzniesieniu po stronie pn.-zach. od drogi wjazdowej na parking. Drzewa nr 3 i 4 rosną na skarpie dawnej fosy, w kierunku zachodnim od drzewa nr 2. Ostatni jesion, o nr inw. 5, rośnie na skarpie w pn.-wsch. części założenia, w pobliżu ruin bastei (ryc. 2).

Rys. 2. Lokalizacja zinwentaryzowanych drzew na terenie zespołu zamkowo-dworskiego w Krupem (oprac. M. Dudkiewicz)

Fig. 2. The location of inventoried trees in the castle-court complex in Krupę (prepared by M. Dudkiewicz)

Jesion wyniosły występuje na obszarze niemal całej Europy i Azji Zach. W Polsce jest drzewem bardzo pospolitym. W zamierzczłych czasach był dla Słowian i innych ludów drzewem magicznym i kultowym, podobnie jak dąb [Pietrzak 2015, Kamiński 2016]. Gatunek ten należy do jednych z najwyższych drzew w Europie i dorasta w sprzyjających warunkach do wysokości przekraczającej nawet 40 m. Drewno jesionowe jest ciężkie, twarde i elastyczne, bardzo cenione przede wszystkim w meblarstwie. Pień często się rozwidła, a system korzeniowy jest palowy w młodości, potem zaś rozrasta się szeroko, tworząc liczne rozgałęzienia z silnymi korzeniami bocznymi. Gatunek preferuje gliniaste i ciężkie gleby, zwykle wapienne. Jest odporny na silne wiatry i zanieczyszczenia powietrza. Jesiony od dawna wykorzystuje się jako drzewa parkowe (solitery) i alejowe w krajobrazie otwartym [Bugala 1995, Dirr 2008, Seneta i Dolatowski 2009].

Wykonane pomiary techniczne zestawiono w formie tabelarycznej (tab. 1).

Tabela 1. Dane metryczne badanych drzew *Fraxinus excelsior* L. wraz z uwagami  
Table 1. Metric data of *Fraxinus excelsior* L. examined trees with comments

Nr inw. No.	Obwód pnia na wysokości 1,3 m (cm) The circumference of the trunk at a height of 1.3 m (cm)	Wysokość (m) Height (m)	Zasięg korony (m) Crown range (m)	Przybliżony wiek (lata)* Approximate age (years)*	Uwagi Comments
1	300	22,7	13,8	150	Pochylenie pnia ok. 40° w kierunku pn.-zach., częściowy posusz, listwy mrozowe na pniu, uszkodzone pojedyncze grube gałęzie Tilt of the trunk about 40° towards the north-west, partial drought, frost strips on the trunk, damaged single thick branches
2	241	27,5	17	120	Częściowy posusz, listwy mrozowe na pniu, widoczne guzowate zgrubienia na pniu (zrakowacenia), ogniska jemioly w koronie, korona rozbudowana w kierunku pn.-zach./ Partial deadwood, frost strips on the trunk, visible nodular bulges on the trunk (carcinoma), foci of mistletoe in the crown, crown expanded towards the north-west
3	300	27,2	17	150	Liczny posusz w koronie, listwa mrozowa z wysiękiem z niezabliźnionej częściowo listwy, ogniska jemioly, korona rozbudowana w kierunku pn./ Numerous deadwood in the crown, frosted slats with exudation from unpolluted partially slats, mistletoe fires, crown extended towards north
4	320	32,9	19,5	160	Drzewo pochylone w kierunku pn.-wsch., nieliczne ogniska jemioly, niepełne zabliźnienia w miejscu cięcia konarów/ Tree inclined towards north-east. Sparse fires of mistletoe, incomplete scarring in the place where the branches are cut
5	300	28,5	20	150	Częściowy posusz w koronie, ogniska jemioly/ Partial deadwood in the crown, mistletoe fires

\* Oprac. na podstawie:/ Based on: <https://www.thelivingurn.com/blogs/news/79236289-how-to-determine-the-age-of-a-tree> (dostęp:/ acces: 12.12.2017).

Jesion o nr inw. 1 jest wizualnie w bardzo dobrym stanie (fot. 3). W koronie widoczne są liczne ślady po usuwaniu konarów i niewielki posusz. Występują ponadto

wyłamania niektórych gałęzi z licznymi odrostami pędowymi. Drzewo jest pochylone w kierunku pn.-zach., a jego niemal jednostronna korona zwiesza się bezpośrednio nad rowem melioracyjnym. Na pniu występują dwie listwy mrozowe o różnej długości. Pierwsza, od strony zachodniej, ciągnie się od podstawy pnia do wysokości 6 m, a druga, od południa, ma długość 4 m. Drzewo jest częściowo osłonięte od wiatru, ale wymaga obserwacji ze względu na mocne pochylenie. Konieczne wydaje się zdjęcie istniejącego posuszu i wyrównanie poszarpanych ran gałęzi i konarów, powstałych w wyniku ich wyłamania.

Podczas wykonywania badania tomograficznego na pniu drzewa rozlokowano 9 punktów pomiarowych usytuowanych na wysokości 130 cm od poziomu gruntu. Stwierdzono, że wnętrze pnia na wysokości pomiaru jest w bardzo dobrej kondycji, o czym świadczy jednolita ciemnobrązowa barwa przekroju pnia i duża prędkość rozchodzenia się dźwięku w drewnie (>1000 m/s). Drewno sprawne technicznie zajmuje 100% całego przekroju pnia. Nie zaobserwowano żadnych ognisk drewna uszkodzonego i początków rozkładu tkanek (rys. 3). Konkludując, drzewo wymaga jedynie kilku zabiegów pielęgnacyjnych i monitorowania w przyszłości stopnia pochylenia, czy nie ulega on zmianie, co mogłoby grozić wykrotem drzewa. Ze względu na rozmiary i dobry stan zachowania drzewo jest cennym okazem, który powinien być szczególnie chroniony na terenie opracowania.

Fot. 3. *Fraxinus excelsior* o nr inw. 1  
(fot. W. Durlak, 2017)

Phot. 3. *Fraxinus excelsior* no. 1  
(photo W. Durlak, 2017)

Ryc. 3. Tomogram *Fraxinus excelsior* o nr inw. 1  
(oprac. W. Durlak)

Fig. 3. *Fraxinus excelsior* no. 1  
(prepared by W. Durlak)

Drugi z jesionów (nr inw. 2) rośnie na niewielkim wzniesieniu bezpośrednio przy drodze gruntowej prowadzącej do ruin zamku (fot. 4). W niewielkiej odległości od pnia rośnie drugi, znacznie mniejszy egzemplarz tego samego gatunku. Korona z licznymi ogniskami jemioty znajduje się wysoko i rozbudowuje się w kierunku północno-zachodnim. Pień jest pokryty licznymi zgrubieniami (guzami) różnej wielkości. Dodatkowo na jego powierzchni występują dwie listwy mrozowe kilkumetrowej długości – jedna od zachodu, a druga od północy.

Fot. 4. *Fraxinus excelsior* o nr inw. 2  
(fot. W. Durlak, 2017)

Phot. 4. *Fraxinus excelsior* no. 2  
(photo W. Durlak, 2017)

Rys. 4. Tomogram *Fraxinus excelsior* o nr inw.  
2

(oprac. W. Durlak)  
Fig. 4. *Fraxinus excelsior* no. 2  
(prepared by W. Durlak)

Badanie tomografem przeprowadzono na wysokości pierśnicy (130 cm). Założono 7 punktów pomiarowych. Stwierdzono, że wnętrze pnia badanego drzewa charakteryzuje się postępującą destrukcją tkanek. Na przekroju poprzecznym bardzo dobrze uwidocznił się rozkład drewna po stronie północno-zachodniej od rdzenia pnia (rys. 4). Obszar uszkodzony zaznaczono kolorem niebieskim. Destrukcja rozwinęła się praktycznie przez całą szerokość pnia. Drewno sprawne technicznie zajmuje powierzchnię 68%, a drewno uszkodzone 27% przekroju pnia. Daje się zauważyć, że część rdzeniowa pnia ulega powolnemu rozkładowi. Część drewna w tym obszarze nie jest już tak wytrzymała jak drewno zdrowe, ale jeszcze nie jest w pełni uszkodzona. Mimo tego procesy rozkładu będą się pogłębiać, czego efektem jest postępująca destrukcja od strony wschodniej [Lectures on tree diagnostics].

W przypadku tego egzemplarza wyliczona średnia grubość ścianki uznanej za bezpieczną granicę wytrzymałości wynosi 11,7 cm. Obliczając zatem współczynnik  $t/R$ , czyli stosunek grubości zdrowego drewna ( $t$ ) do promienia pnia drzewa ( $R$ ), otrzymuje się wartość na poziomie 0,30. Na trzecim punkcie pomiarowym, gdzie ścianka ma grubość tylko 6 cm, parametr  $t/R$  jest jeszcze niższy i wynosi 0,21. Biorąc pod uwagę całkowity przebieg postępującego rozkładu drewna, podatność tego drzewa na rozłamanie jest różna i zależy od kierunku wiejących wiatrów. Inna będzie przy wiatrach W-E, a inna dla N-S. Współczynnik  $t/R$  nie powinien być niższy niż 0,33, a w przypadku drzew z zamkniętymi ubytkami nawet 0,30 [Hayes 2002, Kane i in. 2001, Suchocka 2012, Mattheck i in. 2015]. Ma to istotne znaczenie ze względu na to, że wszystkie wartości poniżej tej granicy zwiększają ryzyko złamania się drzewa w najmniej spodziewanym momencie.

Uzyskany wynik sugeruje monitorowanie co jakiś czas stanu zdrowotnego drzewa w celu stwierdzenia, czy rozkład wewnętrzny pnia nie postępuje zbyt szybko. Na chwilę obecną drzewo jest stabilne i wymaga jedynie zabiegów pielęgnacyjnych w jego koronie.

Jesień wyniosły o nr inw. 3 rośnie w bezpośredniej bliskości ruin zamku, na zboczu fosy (fot. 5). Charakteryzuje się koroną rozbudowaną w kierunku północnym, z ogniskami jemioly usytuowanymi w górnych jej partiach. W obrębie korony widoczny jest znaczny posusz, a także ślady po usuniętych gałęziach. W niektórych miejscach widać odłamane grubsze gałęzie zawieszane na konarach. Na pniu występują liczne zgrubienia i listwy mrozowe, z czego od strony wschodniej na jednej z nich widoczny jest wysięk z niezabliźnionej całkowicie rany.

Fot. 5. *Fraxinus excelsior* o nr inw. 3  
(fot. W. Durlak, 2017)

Phot. 5. *Fraxinus excelsior* no. 3  
(photo W. Durlak, 2017)

Rys. 5. Tomogram *Fraxinus excelsior* o nr inw. 3  
(oprac. W. Durlak)

Fig. 5. *Fraxinus excelsior* no. 3  
(prepared by W. Durlak)

W trakcie badania tomografem na pniu, na wysokości 130 cm od poziomu gruntu, założono 10 sensorów. Otrzymany wynik w postaci tomogramu sugeruje, że drzewo charakteryzuje się dobrą kondycją zdrowotną (ryc. 5). Drewno sprawne technicznie zajmuje powierzchnię 85% przekroju poprzecznego pnia, a drewno uszkodzone tylko 5%. Pozostała powierzchnia, czyli 10%, to drewno o nieco osłabionej strukturze, ale jeszcze



niecałkowicie uszkodzone. Źródło procesów destrukcyjnych umiejscowione jest w części rdzeniowej pnia. Obszar zajęty przez drewno uszkodzone obejmuje w tym miejscu powierzchnię ok. 400 cm<sup>2</sup>. Tomogram pokazuje ponadto możliwość wystąpienia pęknięć wewnętrznych i kierunek ich rozprzestrzeniania (żółte linie). W chwili obecnej nie stanowi to jeszcze dużego ryzyka. Należy jednak pamiętać, że w miarę postępującego rozkładu wewnętrznego pnia takie ryzyko może się zwiększyć. Obliczony współczynnik wytrzymałości mechanicznej pnia  $t/R$  wynosi 0,31 i mieści się w bezpiecznym zakresie. Podsumowując, drzewo nr 3 wymaga prac pielęgnacyjnych polegających na zdjęciu posuszu i usunięciu połamanych gałęzi.

Fot. 6. *Fraxinus excelsior* o nr inw. 4  
(fot. W. Durlak)

Phot. 6. *Fraxinus excelsior* no. 4  
(photo W. Durlak, 2017)

Rys. 6. Tomogram *Fraxinus excelsior* o nr inw. 4  
(oprac. W. Durlak)

Fig. 6. *Fraxinus excelsior* no. 4  
(prepared by W. Durlak)

Jesion wyniosły o nr inw. 4 rośnie, podobnie jak poprzednik, nieopodal ruin zamku na zboczu fosy (fot. 6). Pień drzewa jest mocno pochylony w kierunku północno-wschodnim. Jego obwód na wysokości piersznicy jest największy spośród ocenianych jesionów i wynosi 320 cm. Na pniu widoczne są guzowate narośla powstałe w wyniku zablźnienia się ran po usuniętych konarach. W koronie drzewa znajdują się nieliczne ogniska jemioly.

Badanie tomografem potwierdziło bardzo dobry stan zdrowotny drzewa (rys. 6). Na załączonym tomogramie cały przekrój poprzeczny pnia jest zajęty przez drewno sprawne technicznie (100%). Nie stwierdzono żadnych objawów rozkładu drewna wewnątrz pnia. Świadczy o tym ciemnobrązowa barwa na tomogramie, która sugeruje największe prędkości rozchodzenia się dźwięku w drewnie (ponad 1200 m/s).

Ostatni z jesionów poddanych analizie stanu zdrowotnego rośnie na niewielkim podwyższeniu terenu graniczącym ze skarżą w północno-wschodniej części założenia zamkowego (fot. 7). Drzewo jest w dobrej kondycji zdrowotnej. Charakteryzuje się prostym pnem z licznymi guzowatymi naroślami występującymi na całym jego obwodzie. W koronie jest zauważalny nieliczny posusz gałęziowy, a także częściowo wyłamane pojedyncze gałęzie i pojedyncze ogniska jemioly.

Fot. 7. *Fraxinus excelsior* o nr inw. 5  
(fot. M. Dudkiewicz)

Phot. 7. *Fraxinus excelsior* no. 5  
(photo W. Durlak, 2017)

Rys. 7. Tomogram *Fraxinus excelsior* o nr inw. 5  
(oprac. W. Durlak)

Fig. 7. *Fraxinus excelsior* no. 5  
(prepared by W. Durlak)

Dobrą kondycję zdrowotną potwierdza wykonany tomogram (rys. 7). Na wysokości przeprowadzonego pomiaru przekrój poprzeczny pnia charakteryzuje się obszarem w 100% zajęty przez drewno sprawne technicznie. Nie stwierdza się żadnych oznak rozkładu wewnętrznych struktur pnia.

## PODSUMOWANIE

Zastosowana metoda oceny stanu zdrowotnego drzew – za pomocą tomografii dźwiękowej – należy do innowacyjnych technik badawczych umożliwiających bezinwazyjną analizę wewnętrznych struktur pnia drzewa.

Podsumowując wyniki badań tomografem, można stwierdzić, że drzewa wybrane do oceny, będące jednocześnie najbardziej cennymi okazami na terenie założenia zamkowego, charakteryzują się dobrym stanem zdrowotnym. Wymagają jedynie kosmetycznych prac pielęgnacyjnych polegających przede wszystkim na zdjęciu posuszu gałęziowego, usunięciu połamanych gałęzi i konarów oraz zabezpieczenia ran, które nie zabiły się całkowicie. Jedynie jesion nr 2 wymaga większej uwagi i powtórnej oceny, np. po roku, dodatkowo z uwzględnieniem stanu strefy przykorzeniowej. Oceniane jesiony wyniosłe stanowią cenny element środowiska przyrodniczego na obszarze opracowania i powinny być poddane szczególnej ochronie, co przyczyni się do podniesienia wartości całego otoczenia w obrębie założenia zamkowego w Krupem.

## PIŚMIENNICTWO

- Brazee N.J., Marra R., Göcke L., Van Wassenae P., 2011. Non-destructive assessment of internal decay in three hardwood species of northeastern North America Rusing sonic and electrical impedance tomography. *Forestry* 84(1), 33–39.
- Bugała W. (red.), 1995. Jesion wyniosły – *Fraxinus excelsior* L. Sorus, Poznań; Instytut Dendrologii PAN, Kórnik, 569 ss., Nasze Drzewa Leśne 17.
- Chomicz E., 2007. Bezinwazyjne metody wykrywania defektów wewnątrz pni drzew stojących (Tomograf PiCUS® Sonic i PiCUS® Treetric). *Leśne Pr. Badaw.* 3, 117–121.
- Chomicz E., 2010. Bezinwazyjne diagnozowanie kondycji drzew zabytkowych z zastosowaniem tomografów PiCUS®. *Kur. Konserw.* 8, 29–32.
- Dirr M.A., 1998. *Manual of Woody Landscape Plants. Their Identification, Ornamental Characteristics, Culture, Propagation and Uses.* Stipes Publishing L.L.C. Champaign, Illinois, 396–397.
- Göcke L., Rust S., Weihs U., Günther T., Rücker C., 2007. Combining Sonic and Electrical Impedance Tomography for the Nondestructive Testing of Trees. *Proc. 15th Int. Symp. on Non-destructive Testing of Wood*, September 10–12, Duluth, Minnesota, USA, 31–42.
- Grochecki K., Piotrowski M., 2015. Wokół fundacji Orzechowskich w Krupem i Wojciechowie. W: E. Banasiewicz-Szykuła (red.), *Zamki Lubelszczyzny w źródłach archeologicznych.* Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków, 295–307.
- Hayes E., 2002. Tree Risk Assessment & Tree Mechanics, *Arborist News* 6(11), 33–39.
- Jurasz T., 1972. *Zamki i ich tajemnice.* Warszawa, Iskry.

- Kamiński W., 2016. Rodzime gatunki drzew północno-wschodniej Polski. *Pryzmat*, Suwałki, 31–35.
- Kane B., Ryan D., Bloniarz D.V., 2001. Comparing formula that assess strength loss due to decay in trees. *J. Arboric.* 27(2), 78–87.
- Kersten W., Schwarze W.M.R., 2005. Development of decay in the sapwood of trees wounded by the use of decay-detecting devices. *Arboric. J.* 28, 165–181.
- Mattheck C., Bethge K., Weber K., 2015. The body language of trees. *Encyclopedia of Visual Tree Assessment*. Karlsruhe Institute of Technology – Campus North, Karlsruhe, Germany, 404–405.
- Nicolotti G., Socco L.V., Martinis R., Godio A., Sambuelli L., 2003. Application and comparison of three tomographic techniques for detection of decay in trees. *J. Arboric.* 29, 66–77.
- Pietrzak E., 2015. Historyczne spojrzenie na mistyczne związki ludzi z drzewami. *Maska* 27, 71–82.
- Seneta W., Dolatowski J., 2009. *Dendrologia*. PWN, Warszawa, 439–442.
- Suchocka M., 2012. Zalety i ograniczenia stosowania wizualnej metody oceny drzew (VTA) jako odpowiedź na problemy związane z zagrożeniami powodowanymi przez drzewa miejskie. *Człow. Środ.* 36(1–2), 97–110.
- Rolska-Boruch I., 2003. *Domy pańskie na Lubelszczyźnie od późnego gotyku do wczesnego baroku*. Wyd. KUL, Lublin.
- Rolska-Boruch I., 2008. *Murowane zamki i dwory w ziemi chełmskiej w wiekach XVI i XVII*. <http://www.krasnystaw-rys.info.pl/Pliki/76SztukadawnejZiemiChelmskiej.htm> (dostęp: 21.08.2017)
- Rogiński R., 1990. *Zamki i twierdze w Polsce – historia i legendy*. Instytut Wydawniczy Związków Zawodowych, Warszawa.
- Wilcox W.W., 1988. Detection of early stages of wood decay with ultrasonic pulse velocity. *For. Pro. J.* 38, 5.
- Wykaz zabytków wpisanych do rejestru zabytków nieruchomych województwa lubelskiego i rejestru zabytków archeologicznych województwa lubelskiego. [http://wkz.lublin.pl/images/stories/Rejestr\\_zabytkow\\_stan\\_na\\_31122016.pdf](http://wkz.lublin.pl/images/stories/Rejestr_zabytkow_stan_na_31122016.pdf) (dostęp: 21.08.2017).
- <https://www.thelivingurn.com/blogs/news/79236289-how-to-determine-the-age-of-a-tree> (dostęp: 12.12.2017).
- <https://zamki.res.pl/krupe.php> (dostęp: 21.08.2017).
- [http://download.rinntech.com/Rinn\\_TreeSafety\\_2016.pdf](http://download.rinntech.com/Rinn_TreeSafety_2016.pdf) (dostęp: 9.03.2018).
- [http://download.rinntech.com/RINN\\_TreeDiagnostics\\_2016.pdf](http://download.rinntech.com/RINN_TreeDiagnostics_2016.pdf) (dostęp: 9.03.2018).

[http://download.Rinntech.com/RINN\\_WoodAnatomy\\_2015.pdf](http://download.Rinntech.com/RINN_WoodAnatomy_2015.pdf) (dostęp: 9.03.2018).

[http://download.Rinntech.com/RINN\\_WindLoadAndPruning\\_2015.pdf](http://download.Rinntech.com/RINN_WindLoadAndPruning_2015.pdf) (dostęp: 9.03.2018).

[http://download.Rinntech.com/RINN\\_TreeRingAnalysisInArboriculture\\_2012.pdf](http://download.Rinntech.com/RINN_TreeRingAnalysisInArboriculture_2012.pdf) (dostęp: 9.03.2018).

[http://download.Rinntech.com/RINN\\_InternationalTreeInspection\\_Status\\_2014.pdf](http://download.Rinntech.com/RINN_InternationalTreeInspection_Status_2014.pdf) (dostęp: 9.03.2018).

[http://download.rinntech.com/RINN\\_Freising\\_2017.pdf](http://download.rinntech.com/RINN_Freising_2017.pdf) (dostęp: 9.03.2018).

[http://download.rinntech.com/RINN\\_Oberhof\\_FehlerInDerBaumUntersuchung\\_2016.pdf](http://download.rinntech.com/RINN_Oberhof_FehlerInDerBaumUntersuchung_2016.pdf) (dostęp: 9.03.2018).

[http://download.Rinntech.com/RINN\\_Regelwerke\\_Baumuntersuchung\\_2014.pdf](http://download.Rinntech.com/RINN_Regelwerke_Baumuntersuchung_2014.pdf) (dostęp: 9.03.2018).

**Źródło finansowania:** Badania zostały sfinansowane przez MNiSW w ramach działalności statutowej Katedry Roślin Ozdobnych, Dendrologii i Architektury Krajobrazu UP w Lublinie.

**Summary.** The aim of the research was to check the suitability of the PiCUS Sonic 3 Tomograph to assess the health condition of trees with monumental dimensions from the species *Fraxinus excelsior* growing in the castle-court complex in the town of Krupe, Krasnystaw commune. The ruins of the Krupe castle are situated on the picturesque backwaters of the Wieprz river tributaries, 6 km north of Krasnystaw. In total, there are approximately 150 trees in various health conditions in the area of 2.3 hectares. These are mainly ash, chestnut, robinia and willow trees, as well as individual specimens of apple and pear. The state of the interior of the five selected tree trunks is illustrated in the form of colorful tomograms. The performed research allowed for early diagnosis and selection of the best activities aimed at increasing the safety of users and preserving the substance of the historic site.

**Key words:** tree vigour, PICUS Sonic Tomograph, *Fraxinus excelsior*, Krupe (Krasnystaw commune)

Otrzymano:/ Received: 25.01.2018  
Zaakceptowano:/ Accepted: 20.03.2018