

**POLITECHNIKA KRAKOWSKA**

**im. Tadeusza Kościuszki**

**WYDZIAŁ ARCHITEKTURY**

**INSTYTUT ARCHITEKTURY KRAJOBRAZU**

**mgr inż. Wojciech Bobek,  
architekt krajobrazu**

**Wyniki badań statyki drzew w mieście  
jako podstawa wyznaczania stref ryzyka**

(rozprawa doktorska)

**Promotor:**

**Prof. dr hab. inż. Marek Siewniak**

**Kraków 2013**



Z serca płynące podziękowania kieruję do:

Pana Profesora Marka Siewniaka, mojego promotora i mistrza,  
za wsparcie, wszelką pomoc, cierpliwość, przykład, bezcenne rady i uwagi.

Pani Profesor Anny Mitkowskiej,  
za rady, napomnienia i uwagi.

Koleżanek i Kolegów za okazaną mi pomoc i wskazówki.

Żony za zaufanie, wsparcie, troskę i zrozumienie.

Mikołaja, Zosi i Basi za wyrozumiałość.

## SPIS TREŚCI

1.	Wstęp – przedstawienie problemu badawczego.....	4
2.	Cel i zakres pracy.....	6
2.1.	Cele pracy.....	6
2.2.	Zakres pracy.....	8
3.	Metodyka pracy.....	9
4.	Stan badań nad oceną ryzyka zawodności drzew i elementami go kształtującymi.....	12
5.	Ocena Ryzyka Zawodności Drzew.....	39
6.	Składowe ryzyka.....	42
6.1.	Statyka drzewa.....	42
6.1.1.	Obciążenie drzewa.....	43
6.1.2.	Metody oceny statyki.....	49
6.1.3.	Składowa statyka drzewa.....	68
6.2.	Witalność drzewa.....	77
6.3.	Wrażliwość otoczenia.....	82
7.	Wyznaczanie stref ryzyka ze strony drzew.....	93
7.1.	Wyznaczanie stref ryzyka – studium przypadku.....	95
7.1.1.	Aleja Królewska w Puławach.....	95
7.1.2.	Aleja Jana Pawła II w Podkowie Leśnej.....	107
7.1.3.	Wzgórze Wawelskie w Krakowie.....	115
7.1.4.	Dworek Chopina w Żelazowej Woli.....	121
7.1.5.	Żłobek przy ul. Nowolipie w Warszawie.....	126
7.1.6.	Plac Zamkowy w Warszawie.....	131
7.2.	Mapa Ryzyka Zawodności Drzew.....	136
8.	Dyskusja wyników.....	138
8.1.	Standardy zarządzania drzewostanem.....	143
8.2.	Standardy urbanistyczne.....	145
8.3.	Standardy dla regulacji prawnych.....	147
9.	Wnioski.....	150
9.1.	Wnioski dotyczące drzewostanów miejskich.....	151
9.2.	Wnioski dotyczące standardów urbanistycznych.....	153
9.3.	Wnioski dotyczące regulacji prawnych.....	154
10.	Bibliografia.....	155
11.	Spis ilustracji.....	165

## 1. WSTĘP – PRZEDSTAWIENIE PROBLEMU BADAWCZEGO.

Coraz mniejszy kontakt z przyrodą, ograniczony z nią związek, skutkuje tym, iż słabo rozumiemy naturę, jej procesy i zjawiska, pomimo wielu badań prowadzonych w tym zakresie. Wielu z nas nie czuje się pewnie w miejscach, w których przyroda dominuje nad człowiekiem. Obecnie potrzeba bezpieczeństwa staje na czele oczekiwań, jakie mamy w stosunku do otoczenia i zarządzających nim. Domagamy się lub dyskutujemy, jako społeczeństwo, obywatele, ludzie, o prawie do bezpieczeństwa socjalnego, zapewniającego minimalne warunki egzystencji, o poziomie bezpieczeństwa osobistego, uwzględniającego ograniczanie liczby i skali przestępstw kryminalnych. Chcemy żyć w bezpiecznej przestrzeni, dobrze urządzonej.

Szeroka wiedza i coraz doskonalsze poznanie praw przyrody nie zawsze przekłada się poprawę relacji człowiek-przyroda. Egocentryzm w myśleniu przeszkadza nam w zrozumieniu zasad współistnienia w tej samej przestrzeni. Jednocześnie dostrzegamy fakt, iż nie jesteśmy w stanie żyć w oderwaniu od natury i poszukujemy kompromisowego rozwiązania. Wymaga to wypracowania zasad rozsądnej koegzystencji. Chcemy żyć w przyjaźni z przyrodą pod warunkiem, że będzie ona bardziej przewidywalna i bezpieczna dla nas, jako użytkowników przestrzeni.

Dlatego problematyka bezpieczeństwa ze strony drzew, czyli największych elementów przyrodniczej tkanki terenów zurbanizowanych, stała się jednym z głównych punktów problemu badawczego. Ocena ryzyka zawodności<sup>1</sup> drzew oparta na badaniach ich stanu statycznego i fizjologicznego, daje możliwość kwantyfikowania, stopniowania, a w

---

<sup>1</sup> Pojęcie zawodności należy rozumieć w kontekście, szeroko rozwijanej i rozbudowanej w Polsce, teorii niezawodności materiałów, maszyn, procesów. W literaturze anglojęzycznej bardzo popularnym pojęciem jest analiza zawodności (*failure analysis*), która dotyczy również drzew przy ocenie zagrożeń i ryzyka, a wynika to z faktu, iż drzewa ze swej natury są organizmami zawodnymi, gdyż rosną w warunkach trudnych.



połączeniu z oceną otoczenia do strefowania i mapowania trudnych do oszacowania wartości. Pozwala sprowadzić domysły i przypuszczenia na temat stanu drzew do wskaźników, możliwych do interpretacji i porównań. Zatem frapujące autora pytania o sposoby podniesienia jakości przestrzeni zurbanizowanych oraz o ocenę ryzyka zawodności drzew i działania pozwalające na sprowadzanie go akceptowalnego poziomu, powinny znaleźć rozwiązanie.

Badania nad statyką drzew oraz ryzykiem z ich strony, prowadzone od kilku lat przez autora, pokazują złożoność problemu. Różne elementy wpływają i kształtują wynik. Stąd też analiza takich zależności jest niezbędnym składnikiem prezentowanej pracy badawczej.

## 2. CEL I ZAKRES PRACY.

---

### 2.1. CELE PRACY

---

Podstawowym celem prowadzonych badań jest rozwinięcie i uzupełnienie współczesnych zasad gospodarki drzewostanem miejskim o ocenę ryzyka zawodności drzew, na podstawie analizy ich stanu statycznego i fizjologicznego oraz ich otoczenia pod kątem możliwych szkód. Jak pisze Borowski, inwestowanie w drzewa się opłaca, zarówno na poziomie badań, oceny jak i wdrażania konkretnych rozwiązań, celem poprawy warunków życia w miastach.<sup>2</sup> Przyjmując ten punkt widzenia, autor widzi potrzebę rozwiązania problemów związanych z zarządzaniem drzewostanem.

Ocena ryzyka zawodności drzew i wyznaczanie stref ryzyka z nim związanych, w układach urbanistycznych, ma na celu dążenie do rozwiązania problemu identyfikacji, eliminacji lub ograniczenia zagrożeń, i doprowadzenia do momentu w którym poziom ryzyka będzie sprowadzony do akceptowalnych wartości. Ryzyko, o którym tutaj mowa jest tym większe, im mniej wiemy o drzewie oraz jego otoczeniu. Bezspornym zatem staje się fakt konieczności oceny stanu poszczególnych drzew oraz zbadaniu ich relacji do otoczenia. Właściwe zarządzanie drzewami, musi być celem jaki należy postawić przed racjonalną gospodarką drzewostanem, jako metodą trwałego i długofalowego planowania działań. Wspomniane strefy ryzyka, mogą wskazywać kierunek, zasięg, a nade wszystko pilność działań, a przy podejmowaniu decyzji wspomóc proces informacyjny dla społeczności lokalnej. Wiedza i otwartość problemu pozwala łatwiej zaakceptować plany rozwoju drzewostanu miejskiego. Wskazują na to również Pokorny i

---

<sup>2</sup> J. Borowski, *Wzrost rodzimych gatunków drzew przy ulicach Warszawy*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2008, s.9

Albers<sup>3</sup>, tworząc miejski program gospodarki drzewostanem, co obrazują prostym diagramem [Ryc. 1].



RYC. 1. MIEJSKI PROGRAM GOSPODARKI DRZEWOSTANEM. WSKAZUJE ON NA KONIECZNOŚĆ WŁĄCZENIA PROGRAMU ZARZĄDZANIA RYZYKIEM ZE STRONY DRZEW DO POZOSTAŁYCH FILARÓW TEGO SYSTEMU. [ZA:] D. POKORNY, J. S. ALBERS, *COMMUNITY TREE RISK MANAGEMENT PROGRAM PLANNING AND DESIGN*, [W:] "URBAN TREE RISK MANAGEMENT: A COMMUNITY GUIDE TO PROGRAM DESIGN AND IMPLEMENTATION", (RED. J.D. POKORNY), USDA FOREST SERVICE, ST. PAUL, 2003, S.11.(OPR. WERSJI POLSKIEJ, W. BOBEK)

Celem szczegółowym pracy jest opracowanie praktycznej metody oceny ryzyka zawodności drzew, która może znaleźć wielokierunkowe zastosowania. Oprócz wspomnianej wcześniej gospodarki drzewostanem, wyniki prac można wykorzystać w planowaniu, urbanistyce, regulacjach prawnych, umowach, ocenie odpowiedzialności, rękojmi czy ubezpieczeniach.

---

<sup>3</sup> J. D. Pokorny, J. S. Albers, *Community Tree Risk Management Program Planning and Design*, [w:] "Urban Tree Risk Management: A Community Guide to Program Design and Implementation", (red. J.D. Pokorny), USDA Forest Service, St. Paul 2003, s.11

## 2.2. ZAKRES PRACY

---

Niniejsza praca obejmuje swym zakresem analizę różnych sytuacji miejskich, przestrzeni użytkowanych przez ludzi, społeczności lokalne. Badania i pomiary terenowe zostały ograniczone do wybranych miast (Kraków, Warszawa, Wrocław, Puławy, Podkowa Leśna, Bielsko Biała, Kielce) i miejscowości na terytorium Polski, aczkolwiek autor odbył kilka wyjazdów badawczo-studialnych, do Szwajcarii, Niemiec, Belgii, Austrii, celem prowadzenia analiz porównawczych oraz udoskonalania metod badawczych.

Zasadnicze badania prowadzone były w latach 2004-2012, z czego w latach 2004-2010 głównie koncentrowano się na pomiarach i ocenie statyki różnymi metodami, które później kontynuowano. W tym czasie, zostało przeanalizowane różnymi metodami kilka tysięcy drzew, z czego ponad tysiąc dodatkowo, szczegółowo opisanych, a kilkaset objętych dokładnymi pomiarami statyki. W latach 2007 do 2012 główny nacisk położony był na opracowywanie metody oceny ryzyka zawodności drzew, na bieżąco weryfikując w terenie wyniki ustaleń i rozważań teoretycznych.

### 3. METODYKA PRACY.

---

Badania autora mają charakter kilkuetapowy i interdyscyplinarny, a przez to wymagały różnych zabiegów warsztatowo-metodycznych. Poniżej zostały omówione te, które mają istotny wpływ na wyniki badań i sposób opracowania metody. A zatem przeprowadzono:

- badania kameralne źródeł bezpośrednich, w tym:
  - badania kartograficzne, które sprowadzały się do analiz map sytuacyjno - wysokościowych i planów dotyczących konkretnych uwarunkowań, otoczenia badanych drzew. Analizie poddano także zdjęcia lotnicze, w wielu przypadkach bardzo pomocnych w ocenie sytuacji wokół drzew. Ten rodzaj badań był niezbędny dla właściwego określenia składnika ryzyka jakim jest wrażliwość otoczenia. Zostało to wykorzystane także w studium przypadków prezentowanych w dalszej części pracy. Analiza map i zdjęć ułatwiła także, prezentację stref ryzyka dla omawianych sytuacji.
  - badania ikonograficzne, poprzez które analizowano fotografie własne dotyczące analizowanych miejsc i drzew oraz rysunki i diagramy z prac różnych autorów w celach porównawczych, a także studialnych. Posłużyły one również do weryfikacji własnych ustaleń dokonanych innymi metodami, w tym w szczególności składnika jakim jest witalność otoczenia. Analiza fotografii była także niezbędna podczas oceny podstawowego składnika czyli statyki drzewa. Dokumentacja fotograficzna wykorzystana została bezpośrednio na etapie analizy wybranych przypadków.
- Badania kameralne źródeł pośrednich, a zwłaszcza studiowanie literatury, w tym: książek i artykułów różnych autorów, w szczególności piśmiennictwa obcojęzycznego, głównie anglo- i niemieckojęzycznego, związanego z tematem pracy. Miało to ogromne znaczenie dla autora, ze względu na fakt, iż temat

rozprawy dotyczy zagadnień w niewielkim stopniu podejmowanych wśród polskich badaczy.

- Badania terenowe, które miały zupełnie podstawowe znaczenie dla zebrania danych, analizy wybranych własności w terenie oraz weryfikacji zaproponowanych rozwiązań. Skupiły się one na:
  - inwentaryzacjach i pomiarach dendrometrycznych drzew, pozwalających na zebranie danych. Zostały one wykorzystane w rozdziale prezentującym różne sytuacje przestrzenne i związane z nim ryzyko przedstawione w studiach przypadków.
  - obserwacjach połączonych z sporządzaniem dokumentacji rysunkowej, fotograficznej i opisowej warunków w jakich rosną drzewa. Badania te umożliwiły wyznaczenie parametrów dla składników ryzyka, w szczególności dla wrażliwości otoczenia i witalności drzewa oraz wykorzystane zostały w opisach poszczególnych studiów przypadku.
- Badania specjalistyczne, związane przede wszystkim z pomiarami i obliczeniami dotyczącymi statyki drzew. Badania te umożliwiły doprecyzowanie parametru dla składowej statyki drzewa oraz zostały wykorzystane w opisach poszczególnych studiów przypadku.
- Badania i analizę na zasadach studium przypadku (*case study*). Wybór tego narzędzia wynikał z kilku powodów. Przede wszystkim z racji charakteru tematyki oraz niejednorodności warunków i otoczenia, a zwłaszcza różnorodności samych drzew. W podobny sposób prezentowali zastosowanie swoich metod Clark i Matheny<sup>4</sup> oraz Ellison<sup>5</sup>, a także wielu innych. Wyniki tych badań stanowią

---

<sup>4</sup> N.P. Matheny, J.R. Clark, *A photographic guide to the evaluation of hazard trees in urban areas.*, wyd.2, ISA, Champaign 1994, *passim*.

<sup>5</sup> M.J. Ellison, *Quantified tree risk management used in the management of amenity trees*, [w:] "Journal of Arboriculture", nr 31/2, ISA, Champaign 2005, *passim*.

osoby podrozdział pracy i umożliwiają prezentację funkcjonowania samej metody badawczej.

#### 4. STAN BADAŃ NAD OCENĄ RYZYKA ZAWODNOŚCI DRZEW I ELEMENTAMI GO KSZTAŁTUJĄCYMI.

---

Badania na ryzykiem ze strony drzew mają około półwieczną historię. W większości rozważań w tym temacie pojawiają się dwa istotne, acz różne pojęcia: ryzyko i zagrożenie.<sup>6</sup> Różnica między tymi słowami jest istotna i należy zdefiniować znaczenia. Ryzyko należy rozumieć jako stopień niebezpieczeństwa<sup>7</sup> względnego ze strony drzew dla ludzi i mienia.<sup>8</sup> Zatem jest to prawdopodobieństwo zajścia niekorzystnego zdarzenia w konkretnej sytuacji, przy określonych warunkach. Zagrożenie natomiast jest, jak pisze Ellison<sup>9</sup>, cechą, stanem obiektu, rzeczy lub sytuacją mogącą spowodować szkodę, wypadek. Zagrożenie „awarii”, zawodnością, wypadkiem z udziałem drzewa jest obecne wtedy gdy występuje realna przyczyna i możliwość spowodowania obrażeń wśród ludzi lub szkody na mieniu. Jednakowoż wiele z czynników wpływających na powstawanie ryzyka analizowano i badano od wielu lat, a nawet od wieków. Wynikało to z samego rozwoju cywilizacyjnego, zmian kulturowych, czy chęci zrozumienia zjawisk zachodzących w otoczeniu i jego zmian.

Wiatr jako jeden z głównych czynników środowiskowych, dla ludzi, był od wieków i jest nadal siłą, której nie potrafimy ujarzmić. Często przypisywano mu przymioty boskie lub też utożsamiano z działaniem bogów. Powszechnie znane są konotacje antyczne starożytnej Grecji i Rzymu, a nawet wcześniejsze z Babilonii i Assyrii, gdzie bogowie wprost

---

<sup>6</sup> M. Siewniak, W. Bobek, *Zagrożenie ludzi i mienia w parkach, metody określania stanu statycznego drzew*, [w:] „Kurier Konserwatorski”, nr 8/2010, KOBIDZ, Warszawa 2010, s. 13-14.

<sup>7</sup> Niebezpieczeństwo – cecha przynależna rzeczy, zależna od kondycji lub stanu rzeczy, pozwalająca na powstanie szkody.

<sup>8</sup> W. Bobek, *Metody oceny ryzyka w oparciu o badania statyki drzew w mieście*, [w:] „Czasopismo Międzynarodowego Towarzystwa Uprawy i Ochrony Drzew”, nr 18, Kluczbork 2008, s. 30-34.

<sup>9</sup> M.J. Ellison, *Quantified ...*, *op.cit.*, s.57.



łączeni byli z wiatrami, ich siłą, kierunkiem<sup>10</sup> i oddziaływaniem. Jak pisze Melaragno<sup>11</sup>, w monografii *Wiatr w projektowaniu architektonicznym i środowiskowym*, w języku arabskim słowo *ruh* oznacza oddech, ducha, jak i wiatr, a w hebrajskim słowo *ruach* ma podobne znaczenia. Jak łatwo zauważyć brzmi to podobnie do polskiego słowa *ruch*, z którym nierozzerwalnie łączy się wiatr.<sup>12</sup> Przywołanie mitologii nie jest bezpodstawne, gdyż pokazuje, co było podstawą wyobrażeń ludzi o wiatrach do początków XVII wieku.<sup>13</sup> Pomimo tego już w starożytności prowadzono pierwsze badania i obserwacje w tym zakresie. Tales w VII w. p.n.e. zauważył zależność pomiędzy wylewami Nilu, a wiatrami wiejącymi w tym okresie. W monumentalnym dziele *Meteorologica* Arystotelesa z IV w. p.n.e. opisane zostały podstawowe przyczyny powstawania wiatrów takie jak: cyrkulacja powietrza czy cykl hydrologiczny. Witruwiusz w swym dziele *O architekturze ksiąg dziesięć*<sup>14</sup>, skończonym w I wieku p.n.e., podaje definicję wiatru jako płynącej fali powietrza o pewnym nasileniu ruchu i podaje 24 nazwy wiatrów z podziałem na osiem kierunków.

W tym czasie drzewa traktowano raczej instrumentalnie, a do uprawy wybierano drzewa przez obserwację, zwłaszcza takie, które swymi rozmiarami nie zagrażały człowiekowi. Te zaś, które mogłyby osiągnąć zbyt duże rozmiary, cięto. Wiedzę dotyczącą uprawy, zdobywano metodą prób, i nie istniały dokładniejsze opisy budowy i funkcjonowania drzew. Słabo znana i niezrozumiała budowa roślin, nie

---

<sup>10</sup> W Mitologii Greckiej bogowie wiatru nosili imiona wskazujące na kierunek i siłę: Boreas (silny wiatr północny), Zefir (wiatr zachodny – pierwotnie gwałtowny, później raczej łagodny), Eurus (wiatr wschodni) i Notus (wiatr południowy).

<sup>11</sup> G. M. Melaragno, *Wind in Architectural and Environmental Design*, Van Nostrand Reinhold Company Inc., New York 1982, 687 s.

<sup>12</sup> Etymologiczne skojarzenie własne autora, nie prezentowane dotychczas w literaturze.

<sup>13</sup> G. M. Melaragno, *Wind...*, *op.cit.*, s.19.

<sup>14</sup> Witruwiusz [tł. K. Kumaniecki], *O Architekturze ksiąg dziesięć*, Prószyński i S-ka, Warszawa 1999, *passim*; Vitruvius (Marcus Vitruvius Pollio) *De architectura libri decem*.

przeszkadzała jednak w ich uprawie, ale też nie powodowała postępu wiedzy. Dopiero za sprawą rozwoju biologii komórkowej i tkankowej<sup>15</sup>, powstały podstawy do opisu morfologii drzewa, a co za tym idzie analizy budowy, mechanizmów funkcjonowania.

W XIX w. na terenie obecnych Niemiec, zarówno leśnicy jak i botanicy pracowali na analizą przyczyn powstawania uszkodzeń w drewnie, reakcją drzew oraz mechanizmami tym rządzącymi. Przykładem takiej pracy jest książka Roberta Hartiga<sup>16</sup>, niemieckiego botanika leśnego, pt.: *Objawy rozkładu drewna drzew iglastych i dębu w pod względem leśnym, botanicznym i chemicznym*<sup>17</sup>. Hartig zauważył mechanizmy, które powstają i działają w drzewach na skutek infekcji, głównie grzybowych, co można uznać za teorię, będącą prapoczątkiem, opisanego 100 lat później przez Alexa Shigo modelu CODIT<sup>18</sup>, kluczowego dla rozwoju badań nad statyką drzew, możliwościami jej poprawy oraz reakcji drzewa na czynniki zewnętrzne.

Dowodem tego była inna praca Metzgera, który w artykule: *Wiatr jako czynnik decydujący o wzroście drzew*<sup>19</sup>, jako pierwszy opisał zależność pomiędzy budową drzewa, a naporem wiatru. Pokazał jak bardzo determinuje on tempo i sposób wzrostu oraz rozwoju poszczególnych

---

<sup>15</sup> Pierwsze odkrycia w tym zakresie zawdzięczamy Robertowi Hooke'owi (1635-1703), angielskiemu przyrodnikowi, fizykowi, chemikowi, badaczowi, konstruktorowi, eksperymentatorowi, członkowi Towarzystwa Królewskiego, nazywanemu przez niektórych „Angielskim Leonardem”, który opisał schemat budowy korka.

<sup>16</sup> Robert Hartig (1839-1901), botanik leśny, profesor Królewskiej Pruskiej Akademii Leśnej w Eberswaldzie oraz na Uniwersytecie Ludwika Maksymiliana w Monachium. Autor wielu opracowań z zakresu botaniki leśnej oraz fitopatologii i mykologii, m. in. Podręcznika chorób drzew.

<sup>17</sup> R. Hartig, *Die Zersetzungserscheinungen des Holzes der Nadelholzbäume und der Eiche in forstlicher, botanischer und chemischer Richtung*, J Springer Verlag, Berlin 1878, *passim*.

<sup>18</sup> CODIT - Compartmentalization of decay in trees, model stworzony przez dr Alexa Shigo, amerykańskiego fitopatologa i ogłoszonego w 1977.

<sup>19</sup> K. Metzger, *Der Wind als maßgebender Faktor für das Wachstum der Bäume*, [w:] „Mündener Forstliche Hefte”, wyd. 5, Springer Verlag, Berlin 1893, s. 35–86.

drzew, wpływając na ich odporność, a raczej dostosowanie do konkretnych warunków aerodynamicznych.

Niewiele później w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej pielęgnowanie drzew zaczęło się jawić jako odrębna profesja. W 1901, John Davey<sup>20</sup> napisał książkę pt.: *Doktor drzew*, w której już na wstępie czytamy: *Nadszedł czas, w którym sadzenie i uprawa drzew musi być nauczana w połączeniu z wiedzą o fizjologii rośliny i jej życia. Jeśli nie zostanie to zrobione, nieszczęście spadnie na mieszkańców tych owocnych regionów do takiego stopnia, że żaden ludzki umysł nie zdoła pojąć*<sup>21</sup>. Davey z urodzenia Anglik dostrzegał problemy z jakimi borykają się drzewa w jego nowej ojczyźnie, co spowodowało wydaniem ww. książki z 166 fotografiami co wówczas należało do rzadkości. Wznowienie tej książki miało miejsce już 1907, z powodu dużej popularności pierwszego wydania<sup>22</sup>. Najnowsze wydanie tej książki pochodzi z 2010 roku, co potwierdza potrzebę rozwoju tej gałęzi wiedzy.

Na fali rozwoju metod i sposobów postępowania z drzewami pojawił się i w Polsce w tym samym roku poradnik, autorstwa książka Witolda Czartoryskiego z Pełkiń<sup>23</sup>. Trudno dostępna obecnie, a napisana jako owoc przemyśleń i obserwacji oraz wyjazdów badawczych do m.in. do Wielkiej Brytanii i Stanów Zjednoczonych, książka była jednym z pierwszych w Europie i pierwszym tego rodzaju w Polsce, pionierskim poradnikiem traktującym o problemach związanych z pielęgnowaniem drzew. Wydana została staraniem autora w Jarosławiu, pod wiele mówiącym tytułem: *Kilka słów o przycinaniu, leczeniu chirurgicznym*

---

<sup>20</sup> Uznawany za ojca chirurgii drzew, założyciel firmy zajmującej się profesjonalną pielęgnacją drzew - Davey Tree Expert Company, w Kent w Ohio w 1880.

<sup>21</sup> J. Davey, *The Tree Doctor*, The Commercial Printing Co., Akron 1902, s.1

<sup>22</sup> Davey umożliwił łatwy dostęp do tej publikacji proponując wysyłkę jej za jednego dolara, co znacząco wpłynęło na jej rozpowszechnienie.

<sup>23</sup> Witold Leon Czartoryski, (1864-1945) książę, poseł, senator, popularyzator wiedzy rolniczej, ogrodniczej.

drzew leśnych, parkowych i alejowych. Pomimo nieznaczonej objętości, było to jednak ważne opracowanie, gdyż w całości poświęcone, nie drzewom owocowym, a właśnie ozdobnym, czy takim, które teraz uznalibyśmy za ozdobne. Tam też znajdujemy uwagi o sposobach zabezpieczania drzew przez wiązania, co prawda stałe, przelotowe, obecnie uznane za szkodliwe, ale wówczas dość nowatorskie. Dopiero w okresie powojennym wybitny polski dendrolog Stefan Białobok opublikował esej: *O konserwacji starych drzew*<sup>24</sup>, który później, w 1969 roku, ukazał się w serii *Nauka dla wszystkich* wydawanej przez PWN<sup>25</sup>.

W okresie II Wojny Światowej i po jej zakończeniu rozwój badań na ruchem mas powietrza, ich strukturą i wpływem na elementy pokrycia zaczął przybierać na dynamice. Wiązał się on z coraz bardziej precyzyjnym opisem różnych zjawisk, łączenia praw oraz rozważań teoretycznych z faktami, zdarzeniami i obserwacjami. Teoretyczne opisy oraz badania prowadzone przez różnych naukowców, coraz silniej łączyły zachowanie wiatru z reakcją drzew. Jak piszą Sinn i Wessolly<sup>26</sup>, siła wiatru napierająca na drzewo zależy od: położenia geograficznego, topografii, zmian pogodowych, układów wietrznych, porywistości (podmuchów i zawirowań), położenia innych dużych obiektów. Szczególnie doniosłe, dla późniejszych analiz statyki drzew, okazały się badania Davenporta<sup>27</sup>, na wpływem szorstkości terenu na prędkość wiatru, gdzie proponuje ocenę wpływu poszczególnych przeszkód zamienić na ocenę pokrycia terenu pod względem stopnia szorstkości. W swej wcześniejszej publikacji wskazuje wartości

---

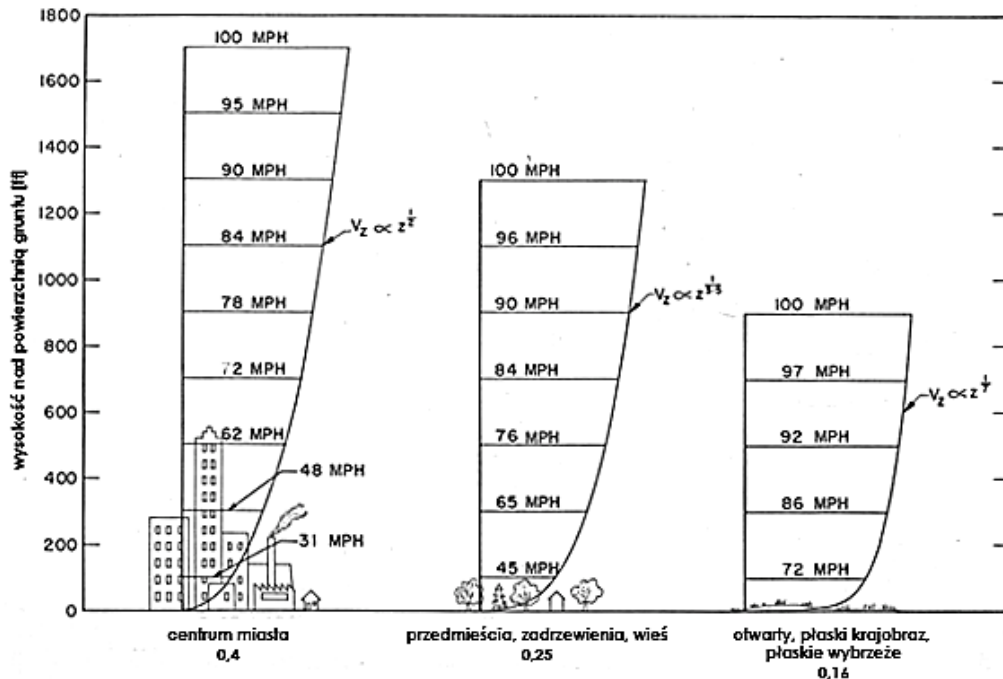
<sup>24</sup> S. Białobok, *O konserwacji starych drzew*, Komitet Ochrony Przyrody PAU, Kraków 1951, 27 s.

<sup>25</sup> S. Białobok, *Konserwacja starych drzew*, [w:] „*Nauka dla wszystkich*”, nr 92, PWN, Kraków 1969, 27 s.

<sup>26</sup> G. Sinn, L. Wessolly, *A contribution to the proper assessment of the strength and stability of trees*, [w:] „*Arboricultural Journal*”, nr 13/1, Bicester 1989, s. 47-48.

<sup>27</sup> A.G. Davenport, *Rationale for determining design wind velocities*, [w:] „*ASCE Journal of the Structural Division*”, nr 86/5, Ottawa 1960, s. 39-68.

współczynnika dla różnych rodzajów pokrycia w tym dla otwartego krajobrazu, terenów podmiejskich, zadrzewień oraz dla centów miast.<sup>28</sup> Całość została zobrazowana w często przywoływanym rysunku [Ryc. 2].



RYC. 2. PROFILE PRĘDKOŚCI WIATRU NAD TERENEM DLA 3 RÓŻNYCH RODZAJÓW SZORSTKOŚCI PRZY TYM SAMYM GRADIENTE PRĘDKOŚCI WIATRU 100 MIL NA GODZINĘ. [ZA:] A.G. DAVENPORT, WIND LOADS ON STRUCTURES, [W:] "TECHNICAL PAPER DIVISION OF BUILDING RESEARCH", NATIONAL RESEARCH COUNCIL CANADA, DBR-TP-88, OTTAWA, 1960, S. 9. (OPR. WERSJI POLSKIEJ, W. BOBEK)

Dodatkowym elementem do uwzględnienia w obliczeniach jest współczynnik oporu powietrza  $C_x$ <sup>29</sup>. Nie jest zależny od wielkości obiektu, jak podpowiadałaby nam intuicja, a od jego kształtu i opływowości. Dzięki temu można przeprowadzać badania, w stosunkowo niewielkich tunelach aerodynamicznych, różnych elementów oraz ich odpowiedników w zadanej skali. Laboratorium z tunelem wiatrowym do

<sup>28</sup> A.G. Davenport, *Wind Loads on Structures*, [w:] "Technical Paper Division of Building Research", National Research Council Canada, DBR-TP-88, Ottawa 1960, s. 9.

<sup>29</sup> w literaturze obcojęzycznej oznaczany również  $C_w$  (niemiecki) lub  $C_d$  (angielski).

badania warstw przyściennych<sup>30</sup>, w 1965 roku, jako jedno z pierwszych na świecie, wprowadził Davenport, na Uniwersytecie Zachodniego Ontario w Kanadzie. Wyznaczaniem współczynników dla drzew taką metodą zajmował się Mayhead<sup>31</sup>, który badał głównie drzewa leśne. W tym czasie podobne prace prowadzili: Fraser<sup>32</sup>, Papesch<sup>33</sup>, Raymer<sup>34</sup>, Walshe i Fraser<sup>35</sup>, którzy próbowali ustalić zależność pomiędzy współczynnikiem  $C_x$ , a stabilnością drzewa. Miały one charakter zarówno modelowo-teoretyczny jak i doświadczalny.

Koncepcja oceny i zarządzania ryzykiem ze strony drzew zrodziła się w Stanach Zjednoczonych w latach 60-tych XX wieku, jak pisze, we wstępie do *Zarządzania ryzykiem ze strony drzew miejskich*<sup>36</sup>, O'Brien. Pierwsze badania i publikacje pojawiły się na skutek działań lokalnych społeczności. Zauważono problem z bezpieczeństwem miejsc namiotowych pod koronami drzew.<sup>37</sup> W 1963 roku amerykański patolog roślin Wagener napisał pierwszy przewodnik do oceny zagrożenia ze

---

<sup>30</sup> Boundary Layer Wind Tunnel Laboratory, University of Western Ontario.

<sup>31</sup> G. J. Mayhead, *Some drag coefficients for British forest trees derived from wind tunnel studies*, [w:] "Agricultural Meteorology", nr 12, Oxford 1973, s. 123-130.

<sup>32</sup> A. I. Fraser, *Wind tunnel and other related studies on coniferous trees and tree crops*, [w:] "Scottish Forestry", nr 18, Aberdeen 1964, s. 84-92.

<sup>33</sup> A. J. G. Papesch, *A simplified theoretical analysis of the factors that influence windthrow of trees*, [w:] "Conference Proceedings of Fifth Australasian Conference on Hydraulic and Fluid Mechanics", University of Canterbury, Christchurch 1974, s. 235-242.

<sup>34</sup> W. G. Raymer, *Wind resistance of conifers*. [w:] "National Physical Laboratory Aeronautical Report", nr 1008, Aerodynamics Division, London 1962, *passim*.

<sup>35</sup> D. E. Walshe, A. I. Fraser, *Wind tunnel tests on a model forest*. [w:] "National Physical Laboratory Aeronautical Report", nr 1078, Aerodynamics Division, London 1963, *passim*.

<sup>36</sup> J.G. O'Brien *Introduction* [w:] "Urban Tree Risk Management: A Community Guide to Program Design and Implementation", (red. J.D. Pokorny), USDA Forest Service, St. Paul 2003, *passim*.

<sup>37</sup>J.G. O'Brien *Introduction ...*, *op.cit.*, s.1.



strony drzew.<sup>38</sup> Była to w pewnym sensie przełomowa praca, gdyż autor, pomimo niewielkiej ilości dedykowanych badań, zebrał i połączył wiedzę z zakresu kilku dziedzin: meteorologii, fitopatologii, mechaniki drewna oraz arborystyki. Dodatkowo, szczegółowo dla kilkudziesięciu gatunków drzew, opisał możliwe do wystąpienia przyczyny zagrożeń, sposoby ich oceny i narzędzia temu celowi dedykowane. Przedstawił analizę zależności wytrzymałości pnia do wielkości wypróchnienia, dużo wcześniej przed Mattheck'iem<sup>39</sup>. Co więcej jako pierwszy podał zasadę 0,3 pozostałej ścianki, dziś na skutek nowych i dokładniejszych badań, kwestionowaną, przy czym opisał ją dla drzew iglastych. Tu należy zauważyć, iż Mattheck, zapewne znając te badania, dokonał nadinterpretacji, rozszerzając zasadę 30% pozostałej ścianki do wszystkich drzew. Wagener, jako człowiek z wieloletnim doświadczeniem, wskazał wiele z czynników decydujących o powstawaniu zagrożenia oraz to, iż nie zawsze ta sama wada, cecha, defekt może mieć te same niekorzystne skutki. Jak pisze w wstępie: *Wady, które towarzyszą rozkładowi i zamieraniu drzew stanowią część naturalnego procesu odnowy w puszczy. Jako takie, w warunkach pierwotnych, są one korzystne. Ale wady, które poważnie osłabiają drzewa w takich przestrzeniach, nabierają innego znaczenia, gdy w lesie pojawia się człowiek, gromadzi się w stałych miejscach, na kempingach i w ośrodkach wypoczynkowych. Stają się zagrożeniem, które może zamienić wizytę lub wakacje w tragedię.*<sup>40</sup> W kilku zdaniach prezentuje istotę oceny ryzyka i zagrożeń, przestrzegając: *Usunięcie wadliwego drzewa, na przykład, może tworzyć otwarcie w drzewostanie, które umożliwi większe oddziaływanie wiatru oraz zwiększoną możliwość*

---

<sup>38</sup> W. Wagener, *Judging hazard from native trees in California recreation areas: A guide for professional foresters.*, [w:] "USDA Forest Service Research Paper", PSW-P1, Berkeley 1963, *passim*.

<sup>39</sup> Poglądy Matthecka na problem wypróchnienia zostaną przedstawione w dalszej części pracy.

<sup>40</sup> W. Wagener, *Judging hazard...*, *op.cit.* s. 1.

uszkodzenia przezeń drzew pozostałych. Nadmierne usuwanie drzew może zmniejszyć atrakcyjność miejsca kempingowego do ludzi, co niekorzystnie wpływa na ich przydatność. Ważne jest zatem, aby osoba przeprowadzająca ocenę zagrożenia, była świadoma wszystkich konsekwencji jakiegokolwiek planowanych działań. Jej wyrok dla konkretnych drzew powinien opierać się na jak najszerszej i najpełniejszej wiedzy, jak to możliwe.<sup>41</sup> Pokazuje to świadomość, która towarzyszyła tworzeniu tego poradnika, a której często brakuje wśród obecnych decydentów i grup nacisku, a nawet specjalistów. Ta publikacja zapoczątkowała i przyspieszyła badania w zakresie oceny ryzyka i zagrożenia.

Kolejnym ważnym krokiem była, wydana 8 lat później, publikacja, innego, amerykańskiego fitopatologa Paine'a, o zagrożeniu wypadkowym w leśnych terenach wypoczynkowych.<sup>42</sup> Już na wstępie proponuje on słownik pojęć. Według niego zagrożenie to oczekiwane zajście zdarzenia (strata, wypadek) w wyniku mechanicznej zawodności drzewa, stwierdzone podczas prowadzonej inspekcji, jeżeli nie były podejmowane działania kontrolne. Według Paine'a, działania kontrolne<sup>43</sup> powinny redukować zagrożenie do akceptowanego poziomu poprzez usunięcie bądź pielęgnację drzewa lub usunięcie narażonych elementów otoczenia. W swych rozważaniach zmierzał do określenia standardu bezpieczeństwa czyli regulacji określającej dopuszczalne wskaźniki wypadkowości związanej z zawodnością drzew na danym terenie (w konkretnym obszarze administracyjnym).<sup>44</sup> Paine

---

<sup>41</sup> W. Wagener, *Judging hazard...*, op.cit. s. 1.

<sup>42</sup> L. A. Paine, *Accident hazard: Evaluation and control decisions on forested recreation sites*, [w:] "USDA Forest Service Research Paper", PSW-68, Berkeley 1971, 10 s.

<sup>43</sup> *Control* - [z ang.] słowo dające się tłumaczyć jako kontrola, w tym wypadku należy rozumieć jako działania kontrolne, czyli zbiór czynności związanych z pielęgnacją, a nawet usunięciem drzewa. Słowo to bywa opacznie rozumiane przez niektórych badaczy europejskich jako sama inspekcja, powodując jego zawężenie.

<sup>44</sup> L. A. Paine, *Accident hazard...*, op.cit., s.1.



definiując problem i cele jakie sobie postawił pisze: *Celem oceny i kontroli zagrożenia jest zapewnienie akceptowalnego poziomu bezpieczeństwa publicznego przy minimalnym koszcie i jak najmniejszych stratach czy zniszczeniach w środowisku.*<sup>45</sup> Trafne i krótkie stwierdzenie pokazuje dobitnie czym należy się kierować w ewaluacji zagrożenia i ryzyka ze strony drzew. Zgodnie z wynikami jego analiz oraz zdrowym rozsądkiem, sytuacja związana z całkowitą eliminacją ryzyka w miejscach wykorzystywanych przez ludzi musiałaby się wiązać z usunięciem niemalże wszystkich drzew, a to spowodowałoby utratę atrakcyjności, a co za tym idzie powodu użytkowania danego miejsca. Jak pisze: *Bezpieczeństwo zawsze będzie kompromisem pomiędzy kosztem kontroli drzew, ich atrakcyjnością, a zdarzającymi się wypadkami, tak jak ma to miejsce w projektowaniu samochodów i autostrad.*<sup>46</sup> Przyjmując ten punkt widzenia można dopasować koszty (jakość, częstotliwość, kompleksowość) kontroli do oczekiwanego poziomu bezpieczeństwa. Paine podkreśla że określenie standardów bezpieczeństwa jest podstawą do trwałej i sukcesywnej poprawy sytuacji, racjonalizacji kosztów, obiektywnych decyzji o losie drzew oraz właściwej organizacji przestrzeni poprzez standardy planistyczne. Na podstawie tych i dalszych badań w 1973 w kolejnej publikacji<sup>47</sup>, sformułował *Raport Zawodności Drzewa*<sup>48</sup>, dwustronny dokument, w którym określone i wymienione zostały elementy potrzebne do oceny ryzyka. Stał się on wzorcem do wielu podobnych, późniejszych formularzy. Według Paine'a tylko gromadzenie danych, z określeniem stanu, przyczyn uszkodzeń i wypadku, zakresu strat, może pomóc w szukaniu prawidłowości, formułowaniu właściwych wytycznych i standardów. Jak

---

<sup>45</sup> L. A. Paine, *Accident hazard...*, *op.cit.*, s.1.

<sup>46</sup> *ibidem*.

<sup>47</sup> L. A. Paine, *Administrative goals and safety standards for hazard control on forested recreation sites*, [w:] "USDA Forest Service Research Paper", PSW-88, Berkeley 1973, 13 s.

<sup>48</sup> L. A. Paine, *Administrative...*, *op.cit.*, s. 3.

stwierdza w załączniku koszty i straty powodowane przez drzewa są funkcją (zależą od) niekontrolowanych (niezidentyfikowanych i niewyeliminowanych) przypadków zawodności drzewa posiadającego defekty.<sup>49</sup>

Badania Paine'a okazały się stymulujące dla innych. W 1798 roku Johnson i James stworzyli kolejne przybliżenie metody oceny zagrożeń zawodności drzew. Zostały one ostatecznie sprawdzone i poprawione w 1981 przez Johnsona.<sup>50</sup> Praca ta ma o tyle istotny wkład w rozwój metod, gdyż prezentuje ona, co prawda bardzo uproszczone, ale strefowanie i mapowanie ryzyka [Ryc. 3]. Metody identyfikacji defektów były wciąż bardzo uproszczone (głównie świder przyrostowy). Johnson zauważa, że zagrożenie występuje bądź nie, jest większe bądź mniejsze, ale dla prewencji skutków lepiej jest operować „ryzykiem zagrożenia” ze strony drzew i sugeruje by tak pojęte ryzyko strefować i mapować, co pozwoli w łatwy sposób zwiększyć świadomość zarówno użytkowników jak i administratorów terenu.<sup>51</sup> O wypadku (skutku) można mówić dopiero wtedy gdy zaistnieje koniunkcja dwóch czynników: zawodności drzewa (wykrot – utrata stabilności w gruncie, złamanie pnia, konarów, gałęzi – utrata wytrzymałości) oraz ofierze (mienie – uszkodzenie, zniszczenie - strata materialna, człowiek – zranienie, śmierć). Jest to niezwykle istotne, gdyż wskazuje cele oceny i zarządzania ryzykiem ze strony drzew. Dla każdej z 3 stref: wysokiego, średniego i małego ryzyka, według Johnsona powinny funkcjonować inne standardy i priorytety w zakresie bezpieczeństwa i inspekcji. Ma to istotne znaczenie zwłaszcza przy określonych środkach przeznaczonych na inspekcje i kontrolę. W tym samym czasie badania w podobnym zakresie rozwijali również Mills i

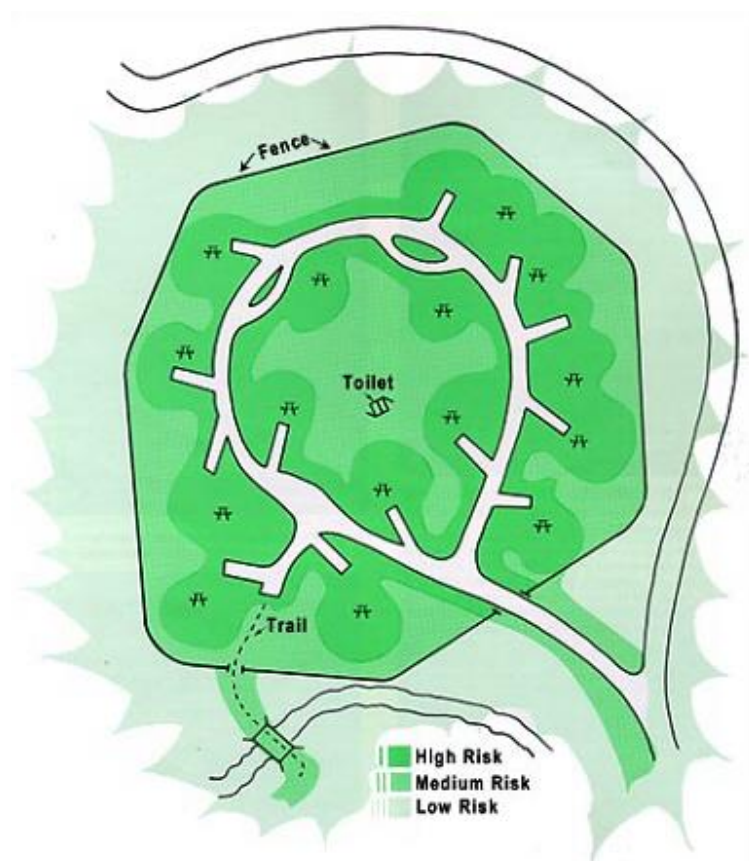
---

<sup>49</sup> L. A. Paine, *Administrative...*, *op.cit.*, s. 12.

<sup>50</sup> D. Johnson, *Tree hazards: Recognition and reduction in recreation sites.*, [w:] „Technical Report”, nr R2-1, USDA Forest Service, Lakewood 1981, *passim*.

<sup>51</sup> D. Johnson, *Tree ...*, *op.cit.*, s. 14-15

Russel, chcąc wspomóc osoby zarządzające przestrzenią w identyfikacji i ocenie niebezpiecznych i zagrażających drzew.<sup>52</sup>



RYC. 3. SCHEMAT STRELOWANIA I MAPOWANIA RYZYKA DLA MIEJSC REREACJI. JOHNSON PROONUJE TRZY STREFY: WYSOKIEGO, ŚREDNIEGO I MAŁEGO RYZYKA. [ZA:] D. JOHNSON, *TREE HAZARDS: RECOGNITION AND REDUCTION IN RECREATION SITES*, [W:] "TECHNICAL REPORT", NR R2-1, USDA FOREST SERVICE, LAKEWOOD 1981, RYS.19, S.12

W 1975 roku Shigo w artykule: *Nowe idee w pielęgnowaniu drzew*<sup>53</sup>, zaprezentował pierwsze wyniki badań nad kompartmentalizacją<sup>54</sup> u

<sup>52</sup> L. Mills, K. Russell, *Detection and correction of hazard trees in Washington's recreation areas: A how-to guide for recreation site managers*, [w:] "Department of Natural Resources Report", nr 42, Washington Department of Natural Resources, , Olympia 1981, 37 s.

<sup>53</sup> A.L. Shigo, *Some new ideas in tree care*, [w:] "Journal of Arboriculture", nr 1/12, ISA, Champaign 1975, s. 234-237.

<sup>54</sup> Compartmentalization – kompartmentalizacja, gradziowanie, odgradzanie, barierowanie. Mechanizm modelu CODIT, występujący w zranionych drzewach, polegający na tworzeniu ścian chroniących zdrowe drewno przed infekcją, wytwarzany przez drzewo w reakcji obronnej.

drzew, która stała się podstawą, wcześniej wspomnianego modelu CODIT. Już rok później w Polsce ukazała się książka: *Pielęgnowanie drzew ozdobnych*<sup>55</sup> autorstwa Bartosiewicza i Siewniaka, zawierająca dużo praktycznej wiedzy i porad z zakresu pielęgnacji drzew. Książka ta była pierwszą znaczącą publikacją od czasów wojny. Jednakże przełomowym wydarzeniem, w 1977 roku, była prezentacja przez Shigo modelu CODIT, który stał się podstawą nowoczesnej arborystyki.<sup>56</sup> Doniosłość tego opisu, wciąż rzuca na podejście do drzew i sposób postępowania nimi. Wielokrotnie i na różne sposoby model ten był opisywany, podkreślane były jego zalety, oceniane korzyści z jego istnienia oraz wyznaczane zakresy zmian w pielęgnacji drzew. Sam autor rozszerzył wyjaśnienie modelu w artykule: *Rozkład drewna – rozszerzona koncepcja*<sup>57</sup> oraz w *Defekty Drzewa, Ilustrowany Przewodnik*<sup>58</sup>, część A, B i C z 1983 roku. Można cytować wiele kolejnych przybliżeń takich jak artykuł Waltera C. Shortle z 1979<sup>59</sup> czy też jego autorstwa hasło CODIT w Encyklopedii Patologii Roślin<sup>60</sup>.

Przełomowym momentem dla tak pojmowanej nowej pielęgnacji drzew w Europie, była konferencja w Heidelbergu 1984, na której prof. Shigo przedstawił swoją koncepcję CODIT. Jego książki stały się inspiracją na badania i znaczącymi publikacjami, takimi jak choćby bardzo

---

<sup>55</sup> A. Bartosiewicz, M. Siewniak, *Pielęgnowanie drzew ozdobnych*, PWRiL, Warszawa 1976, 173 s.

<sup>56</sup> A.L. Shigo, H. Marx, *CODIT: Compartmentalization Of Decay In Trees*, [w:] "Agriculture Information Bulletin", nr 405, USDA Forest Service, Washington 1977, 73 s.

<sup>57</sup> A.L. Shigo, *Tree Decay - An Expanded Concept*, "Agriculture Information Bulletin", nr 419, USDA Forest Service, Washington 1979, 73 s.

<sup>58</sup> A.L. Shigo, *Tree Defects: A Photo Guide, Part A, B, C*, [w:] "General Technical Report", NE 82, USDA Forest Service, Washington 1983, 168 s.

<sup>59</sup> W.C. Shortle, *Tree care: A new look, 1979*, [w:] "Journal of Arboriculture", nr 5/12, ISA, Champaign 1979, s. 281-284.

<sup>60</sup> *Encyclopaedia of Plant Pathology*, (red. O.C. Maloy i T.D. Murray), t. 2, John Wiley & Sons, New Jersey 2000, s.233-234.

popularna książka *Pielęgnowanie drzew dzisiaj*<sup>61</sup>, mająca już pięć wydań, skupiała się nad rozwijaniem i sprawdzaniem założeń nowoczesnej arborystyki. Kilka lat później Dujesifken, Peylo i Liese<sup>62</sup> wskazali różnice w sposobie wytwarzania bariery CODIT, dzieląc drzewa na słabo i dobrze kompartmentujące. Te wyniki wpływają pośrednio na ocenę ryzyka ze strony drzew, w sytuacji gdy mamy okazy osłabione, zaatakowane infekcjami lub uszkodzone. Zdolność do obrony ma niebagatelne znaczenie w ocenie perspektyw dla konkretnego drzewa. Oprócz wspomnianych wcześniej książek, można przywołać pozycje Matthecka: *Zaprojektowane w naturze, drzewo jako nauczyciel*<sup>63</sup>, czy *Język ciała drzew, Przewodnik do analizy zawodności*<sup>64</sup>. Na podstawie m. in. takich publikacji powstała teoria aksjomatu równych naprężeń. Jest to istotna zmiana w ocenie drzew, ich wzrostu proporcji, zwłaszcza pod kątem analizy zagrożeń.

Innym przykładem jest pozycja Richarda Harrisa: *Arborystyka: Zintegrowanie zarządzanie drzewami, krzewami i pnączami w krajobrazie*<sup>65</sup>. Książka będąca kompendium wiedzy na temat zasad: uprawy, analizy miejsca, doboru i oceny wspomnianych roślin, obecnie doczekała się już czterech wydań<sup>66</sup>. Te założenia ostatecznie

---

<sup>61</sup> M. Siewniak, D. Kusche, *Baumpflege Heute*, Patzer Verlag, wyd.1, Berlin-Hannover 1984.

<sup>62</sup> D. Dujesifken, A. Peylo, W. Liese, *Einfluß der Verletzungszeit auf die Wundreaktionen verschiedener Laubbäume und der Fichte*, [w:] „Forstwissenschaftliches Centralblatt“, nr 110/6, Springer Verlag, Hamburg – Berlin 1991, s. 371-380.

<sup>63</sup> C. Mattheck, *Design in der Natur, der Baum als Lehrmeister*, Rombach Verlag, Freiburg 1992, 242 s.

<sup>64</sup> C. Mattheck, H. Breloer, *The Body Language of Trees: A handbook for failure analysis*, HMSO, London 1995.

<sup>65</sup> R. W. Harris, *Arboriculture: Integrated management of landscape trees, shrubs, and vines*, Prentice-Hall, New Jersey 1992, 673 s.

<sup>66</sup> Późniejszy od drugiego wydania, współautorami są James Clark i Nelda Matheny, dzięki którym książka została zmieniona, poprawiona i uzupełniona. R.W. Harris, J.R. Clark, N.P. Matheny, *Arboriculture: Integrated management of landscape trees, shrubs, and vines*, Prentice-Hall, wyd. 4, New Jersey 2003, 592 s.

podsumował również Shigo<sup>67</sup>, wprowadzając wcześniej istotne zmiany do zasad cięcia<sup>68</sup>, zabezpieczania koron, oceny stanu drzew, uzupełniając wiedzę o ich fizjologii i budowy.<sup>69</sup>

W tym okresie rozpoczęły się nowe badania nad oceną statyki drzew. Przez wiele lat drzewa uchodziły za tak niejednorodne i skomplikowane organizmy, że parametry ich statyczne uchodziły za niemierzalne. Jednocześnie rosła potrzeba określania stanu statycznego drzew. W 1982 roku Sinn rozpoczął badania nad stabilnością drzew.<sup>70</sup> Określił on w jakich warunkach drzewa pozostają bezpieczne poprzez wyznaczenie współczynnika bezpieczeństwa, opartego o porównywanie momentów sił.<sup>71</sup> W 1984 przeprowadził pierwsze na świecie badania metodą pociągową<sup>72</sup> dębu w Kaiserslautern celem określenia czy zachował on stabilność. Metoda ta opiera się na symulowaniu obciążenia wiatrem przy pomocy naciągu linowego oraz badaniu reakcji drzewa. Po tych ustaleniach, Sinn rozpoczął współpracę z Uniwersytetem w Stuttgarcie w celu wykonywania większej ilości prób. Współpracą zainteresował się niemiecki konstruktor i specjalista od aerodynamiki, Wessolly. Wspólnie przeprowadzili ponad 100 prób niszczących drzewa, w celu ustalenia maksymalnych wartości obciążeń jakim mogą podołać drzewa. Na podstawie ponad 100 przypadków, określili, że nieuszkodzone i zdrowe drzewa posiadają szereg zabezpieczeń przed huraganową siłą wiatru.

---

<sup>67</sup> A.L. Shigo, *Modern Arboriculture*, Shigo and Trees Associates, Durham 1991, 424 s.

<sup>68</sup> A.L. Shigo, *Tree Pruning: A Worldwide Photo Guide*, Shigo and Trees Associates, Durham 1988, 186 s.

<sup>69</sup> A.L. Shigo, *A New Tree Biology*, Shigo and Trees Associates, Durham 1986, 592 s.

<sup>70</sup> G. Sinn, *Standicherheit von Bäumen*, [w:] „Das Gartenamt“, nr 31/1982, Patzer Verlag, Berlin-Hannover 1982.

<sup>71</sup> G. Sinn, *Standicherheit von Bäumen und Möglichkeiten der statischen Berechnung*, [w:] „Das Gartenamt“, nr 32/1983, Patzer Verlag, Berlin-Hannover 1983.

<sup>72</sup> [z niem:] Arbeitsstelle für Baumstatik Methode (AfB-Methode)



W Polsce od 1987 roku ukazała się seria 18-stu Komunikatów Dendrologicznych pod redakcją Siewniaka, z których przynajmniej kilka dotyczyło bezpośrednio arborystyki.<sup>73</sup>Prezentowały one zarówno wyniki analiz, jak i rozwiązania, które można by wdrożyć w celu poprawy stanu drzewostanów, czy konkretnych obiektów. Bardzo dobrą, obszernie i dokładnie komentującą i wyjaśniającą zasady cięcia drzew okazała się książka Pfisterer'a: *Cięcie drzew zgodnie z prawami natury*<sup>74</sup>, w której autor prezentuje zasady cięcia zgodne z modelami budowy drzew stworzonymi przez Halle<sup>75</sup> i wypływające z nich sposoby postępowania z konkretnymi gatunkami, w tworzeniu planów pielęgnacyjnych, w taki sposób by możliwe w najmniejszym stopniu zaburzać naturalne procesy przebiegające w drzewach. Autor obszernie komentuje również sprawy związane ze statyką i zagrożeniem omawiając działanie drewna kompresyjnego i tensyjnego oraz mechanizmy wzrostu kompensacyjnego, niezmiernie ważnego dla drzew w momencie oceny ryzyka. Możliwość regeneracji jest zależna od witalności drzewa. Duże znaczenie dla zrozumienia jej istoty, która jest czynnikiem wpływającym na powstawanie, a co ważniejsze możliwe ograniczanie poziomu ryzyka, miały serie artykułów oraz późniejszych książek A. Roloffa: *Korony drzew*<sup>76</sup>, *Pielęgnowanie drzew*<sup>77</sup>. Stały się one źródłem wiedzy, a co ważniejsze przyczyniły się do propagowania i poprawy metod oceny witalności, w sposób bardziej obiektywny.

---

<sup>73</sup> *Komunikaty Dendrologiczne*, (red. M. Siewniak), numery 4,5,6,7,9,13, ZOIKZPO, Warszawa 1987-91.

<sup>74</sup> J. A. Pfisterer, *Gehölzschnitt nach den Gesetzen der Natur*, Ulmer Verlag, Stuttgart 1999, 300 s.

<sup>75</sup> F. Halle, *Architectural variation at the specific level in tropical trees*, [w:] "Tropical trees as living systems", (red. P. T. Tomlinson, M. H. Zimmermann), Cambridge University Press, London 1978, s. 209-221

<sup>76</sup> A. Roloff, *Baumkronen*, Ulmer Verlag, Stuttgart 2001, 181 s.

<sup>77</sup> A. Roloff, *Baumpflege*, Ulmer Verlag, Stuttgart 2008, 176 s.

W latach 90-tych XX wieku badania nad oceną ryzyka i zagrożenia ze strony drzew rozwijały się już w wielu miejscach na terenie Stanów Zjednoczonych, w tym na: Wydziałach Rolnictwa, na Stanowych Wydziałach Zasobów Naturalnych. Przykładem może być publikacja Albers i Hayesa<sup>78</sup> z Minnesoty dotycząca oceny i postępowania z niebezpiecznymi drzewami. Wszystkie te publikacje skupiały się zasadniczo na terenach rekreacyjnych, a wynikało to z faktu, iż w takich terenach, było najwięcej dotychczas nie kontrolowanych drzew. Kolejnym krokiem milowym był wydany w 1991 roku, *Fotograficzny przewodnik do oceny drzew powodujących zagrożenie w przestrzeniach zurbanizowanych*.<sup>79</sup> Autorami byli Nelda Matheny i James Clark, studenci i współpracownicy wspomnianego wcześniej Richarda Harrisa. Dość szybko, bo 3 lata później ukazało się drugie, poprawione i uzupełnione wydanie<sup>80</sup>, które stało się podstawą do profesjonalnej oceny ryzyka ze strony drzew, uwzględniającej metody obliczeniowe i opartej na dużej wiedzy arborystycznej. Znacznym postępem były: rozbudowany słownik pojęć przydatnych w ocenie defektów, ilustracje i fotografie przykładów, indeks wybranych, częściej spotykanych gatunków z krótkim opisem tego, na co trzeba zwrócić uwagę, przykłady kalkulacji ryzyka w różnych sytuacjach czy wreszcie nowy formularz oceny. Dzięki takim opracowaniom powstało bardzo wiele lokalnych programów oceny i zarządzania ryzykiem, zgodnie z intencją autorów oraz wydano kilkanaście poradników i przewodników służących do tych celów.

---

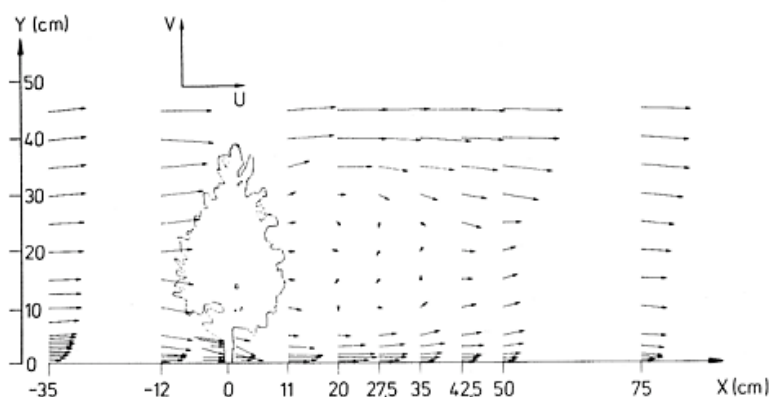
<sup>78</sup> J. Albers, E. Hayes, *How to assess and correct hazard trees in recreational areas*, Minnesota Department of Natural Resources, St. Paul 1993, 63 s.

<sup>79</sup> N.P. Matheny, J.R. Clark, *A photographic guide to the evaluation of hazard trees in urban areas*, ISA, Champaign 1991, 72 s.

<sup>80</sup> N.P. Matheny, J.R. Clark, *A photographic guide to the evaluation of hazard trees in urban areas.*, wyd.2, ..., 85 s.



Istotnym problemem, na jaki zwracał uwagę Davenport, jest interakcja wiatru z obiektami oraz powodowane tym turbulencje. Problemem tym, w kontekście pomiarowym, zajmował się Ruck. W swej książce: *Laserowo-Dopplerowska Anemometria, bezkontaktowy optyczny pomiar prędkości przepływu*<sup>81</sup>, wskazuje możliwości i metody - LDA<sup>82</sup>, jakimi można badać problemy z przepływem powietrza w obrębie różnych struktur o zmiennej porowatości. Odnosił się w tym kontekście, także do drzew<sup>83</sup>. Wraz z Adamsem<sup>84</sup> badali rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń w obrębie drzewostanów, prezentując na modelach sposób w jaki wiatr/powietrze zachowuje się wokół drzewa [Ryc. 4]. Prezentują oni klasyczny przepływ w widoku z boku oraz dodatkowo model obserwowany z różnych kierunków w ujęciu perspektywicznym [Ryc. 5].



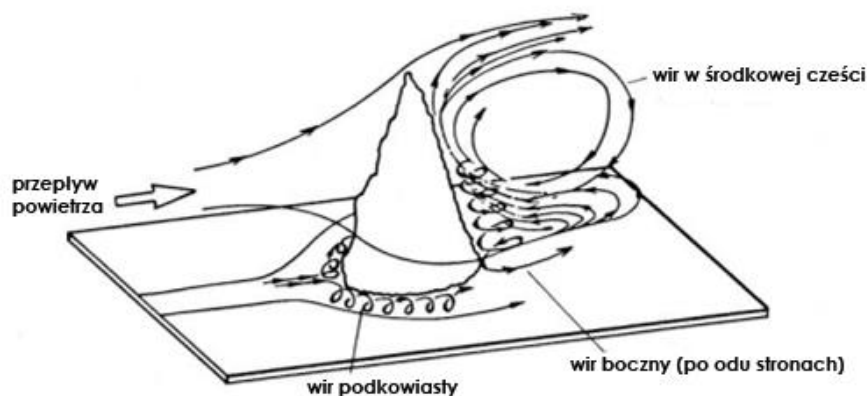
RYC. 4. PROFIL PRĘDKOŚCI DLA ŚWIERKA BIAŁEGO W ODM. CONICA (*PICEA GLAUCA* 'CONICA') O WYSOKOŚCI 39 CM, BADANEGO W TUNELU AERODYNAMICZNYM. [ZA:] B. RUCK, E.W. ADAMS, *FLUID MECHANICAL ASPECTS IN THE POLLUTANTS TRANSPORT TO CONIFEROUS TREES*, [W:] "BOUNDARY LAYER METEOROLOGY", NR 56, DORDRECHT 1991, S.182

<sup>81</sup> B. Ruck, *Laser – Doppler - Anemometrie: eine berührungslose optische Strömungsgeschwindigkeit Messtechnik*, AT-Fachverlag, Stuttgart 1987, 142 s.

<sup>82</sup> *Laserowo-Dopplerowska Anemometria*

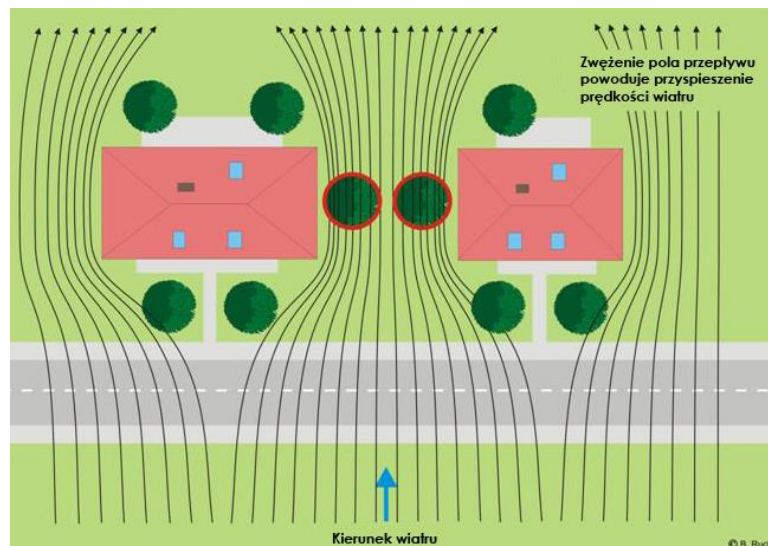
<sup>83</sup> B. Ruck, *Flow Characteristics Around Coniferous Trees*, [w:] "Proceedings of the Second International Conference on Laser Anemometry", Glasgow 1987, s. 131-139

<sup>84</sup> B. Ruck, E.W. Adams, *Fluid Mechanical Aspects in the Pollutants Transport to Coniferous Trees*, [w:] "Boundary Layer Meteorology", nr 56, Dordrecht 1991, s.163-195



RYC. 5. SZKIC LINII PRZEPŁYWU WOKÓŁ POJEDYNCZEGO ŚWIERKA BIAŁEGO W ODM. CONICA (*PICEA GLAUCA* 'CONICA'), BADANEGO METODĄ LDA W RÓŻNYCH UJĘCIACH (PLANACH) [ZA:] B. RUCK, E.W. ADAMS, *FLUID MECHANICAL ASPECTS IN THE POLLUTANTS TRANSPORT TO CONIFEROUS TREES*, [W:] "BOUNDARY LAYER METEOROLOGY", NR 56, DORDRECHT 1991, S.183 (OPR. WERSJI POLSKIEJ, W. BOBEK)

Badania prowadzone przez Rucka dotyczyły również sytuacji w których rosną drzewa. W artykule *Obciążenie drzew przez wiatr*<sup>85</sup>, prezentuje on zachowanie się drzew na styku z zabudową czy też w „wąwozie ulicy”, powodowane przez układ zabudowy dysze i „wilcze gardła” [Ryc. 6].



RYC. 6. ZWĘŻENIE POLA PRZEPŁYWU POWIETRZA POWODUJE ZWIĘKSZONĄ PRĘDKOŚĆ POWIETRZA ORAZ POWSTAWANIE NIEBEZPIECZNYCH MIEJSC, SILNIEJ NARAŻONYCH NA DZIAŁANIE WIATRU. [ZA:] B. RUCK, *BELASTUNG DES BAUMES DURCH WIND*, [W:] „PROCEEDINGS DER BAUMTAGE SÜD“, BÖBLINGEN 2009, S. 28 (OPR. WERSJI POLSKIEJ, W. BOBEK)

<sup>85</sup> B. Ruck, *Belastung des Baumes durch Wind*, [w:] „Proceedings der Baumtage Süd“, Böblingen 2009, s. 1-45

Analiza zachowania się powietrza w układach miejskich, prowadzona przez Rucka, wskazuje na pewne zróżnicowane, ze względu na kierunek, „szczelność” i wysokość zabudowy, które to decydują o podmuchach i turbulencjach.

Bazując na ustaleniach Davenporta, Mayheada, Freisera i Rucka, Sinn wraz z Wessolym prowadzili badania nad dalszym udoskonaleniem metod. Doprowadziło do stworzenia przez Wessollego metody SIA i SIM<sup>86</sup>, które to wraz dokładnym omówieniem problemów statyki drzewa, zostały zaprezentowane w *Podręczniku do statyki i kontroli drzew*<sup>87</sup>, autorstwa Wessollego i Erba.

Ważną pozycją w rozwoju metod oceny zagrożeń i ryzyka ze strony drzew jest publikacja Lonsdale'a: *Zasady oceny i zarządzania zagrożeniem ze strony drzew*<sup>88</sup> Jak pisze we wstępie: *Ryzyko ze strony drzew, generalnie jest bardzo małe, ale właściciele i zarządcy terenu muszą mieć możliwość rozpoznania indywidualnych przypadków, w których może dojść do zdarzenia, na skutek którego ucierpią ludzie lub ich mienie.*<sup>89</sup> Lonsdale prezentuje różne metody oceny drzew pod kątem zagrożeń, bazując głównie na mowie ciała, ale także na metodach innych badaczy takich jak Wagener. Istotnym wkładem rozwojowych jest dość szczegółowe omówienie działań zmniejszających ryzyko. Podnosi on kwestie, o tym że cięcie, niszczenie drzew przez ich ogławianie, czy wreszcie ich usuwanie, nie jest jedyną możliwością, aczkolwiek często stosowaną.<sup>90</sup> Zwraca uwagę na rozsądek w

---

<sup>86</sup> Zostaną one omówione w podrozdziale temu zagadnieniu dedykowanemu.

<sup>87</sup> L. Wessolly, M. Erb, *Handbuch der Baumstatik und Baumkontrolle*, Patzer Verlag, Berlin-Hannover - 1998, 271s.

<sup>88</sup> D. Lonsdale, *Principles of tree hazard assessment and management*, HMSO, London 1999, 388 s.

<sup>89</sup> D. Lonsdale, *Principles....op.cit.*, s.5.

<sup>90</sup> D. Lonsdale, *Principles....*, s.186.

podejmowaniu decyzji opartej na analizie otoczenia oraz ocenie możliwości „usunięcia” ofiary z zasięgu rażenia i kosztów z tym związanych, które czasami mogą być niższe niż prace związane z drzewem. Sugeruje że mogą i powinny temu służyć, choćby znaki i tablice informacyjne, podobnie z resztą jak proponują Matheny i Clark.



RYC. 7. ZNAKI INFORMUJĄCE O KONIECZNOŚCI OMINIĘCIA (USUNIĘCIE OFIARY Z POLA RAŻENIA) KORONY DRZEWA W ZAMIAN JEJ SKRACANIA. [ZA:] D. LONSDALE, *PRINCIPLES OF TREE HAZARD ASSESSMENT AND MANAGEMENT*, HMSO, LONDON 1999, S. 191

W działaniach mających na celu zmniejszanie poziomu ryzyka wskazuje na możliwości działań w obrębie drzewa, które mogą przynosić wymierne efekty. Zalicza do nich cięcia prześwietlające oraz odciążające, dopuszcza cięcia redukcyjne, przy założeniu że nie będą one przekraczały 30% jej objętości. Wskazuje na znaczenie wiązań, różnego typu, w celu eliminacji lub ograniczenia zagrożeń, aczkolwiek dopuszcza stosowanie wiązań przelotowych<sup>91</sup>. Lonsdale prezentuje też algorytm akcji prewencyjnych w obrębie drzewa w celu ograniczenia ryzyka.<sup>92</sup> Daje też przykłady jak działania w otoczeniu drzewa takie jak: prace budowlane, niewłaściwe parkowanie, brak lub zła pielęgnacja, począwszy od błędów w sadzeniu, wpływają na powstawanie ryzyka.

---

<sup>91</sup> W opinii autora, opartej na analizie wyników badań innych autorów oraz na własnym doświadczeniu, wiązania przelotowe należy uznać za szkodliwe i nie sprawdzające się w dłuższym okresie czasu, a nawet mogące generować kolejne problemy.

<sup>92</sup> D. Lonsdale, *Principles...*, s.227.

W kontekście rozwoju metod oceny i pomiaru statyki należy zwrócić uwagę na badania i metodę stworzoną przez Verhagena we współpracy z Technicznym Uniwersytetem w Eindhoven oraz z Uniwersytetem w Wageningen, o nazwie: *Symulator wykrotów Cobra*<sup>93</sup>.– Nowa metoda pomiarów statyki opiera się na tych samych założeniach teoretycznych, co metody AfB i SIM, z tą różnicą że pomiar nie ma charakteru statycznego, a dynamiczny. Naciąganiem liny symulowane jest 40% maksymalnej siły wiatru wymaganej, by przewrócić drzewo. Następnie drzewo jest „uwalnianie” z naciągu, a elektroniczny detektor u podstawy pnia, zapisuje dane w systemie ciągłym podczas ruchów drzewa. Rejestrowane są: wytrzymałość włókien oraz nachylenie pnia i korzeni w czterech kierunkach. Tak skonstruowany system pomiarowy może być przydatny dla oceny ryzyka.

W 2003 roku ukazał się, pod redakcją Pokorny'ego, wspomniany wcześniej, *Przewodnik do zarządzania ryzykiem ze strony drzew miejskich*.<sup>94</sup> Publikacja ta, zgodnie z zamierzeniem autorów, w sposób całościowy miała objąć proces gospodarki drzewostanem, ze szczególnym uwzględnieniem zarządzania ryzykiem. Stała się bardzo dobrym uzupełnieniem wspomnianego wcześniej *Fotograficznego przewodnika...* autorstwa Matheny i Clarka. Opracowanie silnie rozwija strefowanie ryzyka i tworzenie map ryzyka. Ze stopniowaniem ryzyka skorelowany jest sposób i turnus inspekcji oraz kontroli. W opinii autorów *Przewodnika...* tak prowadzone działania mogą być skutecznym środkiem do osiągnięcia jak najwyższego standardu zarządzania ryzykiem, przy racjonalnie wydawanych środkach na ten cel, co w perspektywie długofalowej daje szansę wyraźną poprawę.

---

<sup>93</sup> informacje uzyskane bezpośrednio od J. Verhagena – autora i dysponenta metody, maj 2007.

<sup>94</sup> *Urban Tree Risk Management: A Community Guide to Program Design and Implementation*, (red. J.D. Pokorny), USDA Forest Service, St. Paul 2003, 194 s.



W Polsce badania nad oceną ryzyka rozwijały i rozwijają się wolno. Większość prowadzonych badań dotyczyła ryzyka głównie w sensie technicznym, zawodowym czy wypadkowym. Prace takie prowadził Studenski<sup>95</sup> czy też Romanowska-Słomka i Słomka<sup>96</sup>, analizując czynniki skutecznego zarządzania ryzykiem zawodowym. W doraźnych opiniach i opracowaniach, których zamierzeniem było opisanie zagrożeń ze strony drzew opierano się głównie na ocenie wizualnej stanu drzewa, na metodach leśnych w zakresie oceny, kontroli i pielęgnacji drzew. Takie podejście ogranicza ocenę ryzyka do oceny vitalności i zdrowotności drzewa, i może być słuszne dla drzewostanów leśnych, ale jak pokazują choćby wyniki ww. badań amerykańskich, nie ma i nie musi mieć bezpośredniego związku z zawodnością drzewa w sensie statycznym, prowadzącym do powstania zagrożenia, a nawet wypadku. To powoduje, że tak prowadzone badania nie przekładały się na rozwój metodologii w ocenie ryzyka zawodności drzew.

Pierwszą pracą w tym zakresie była publikacja Kosmali i Roston-Szeryńskiej w 2003 roku, dotycząca analizy metod wizualnych dla oceny zagrożenia ze strony drzew o niskiej stabilności.<sup>97</sup> Ta i inne prace tych autorów zaowocowały powstaniem metody oceny zagrożenia powodowanego przez drzewa o osłabionej statyce w 2006 roku<sup>98</sup>. Praca ta ma istotne znaczenie dla zmiany w podejściu do problemu oceny ryzyka w ujęciu metodycznym. Autorka opracowując metodę, oparła ją

---

<sup>95</sup> R. Studenski, *Szacownie i ograniczanie ryzyka* [w:] „ATEST – Ochrona pracy”, nr 6, Wydawnictwo Czasopism i Książek Technicznych, Kraków-Warszawa 1994, s.4-7.

<sup>96</sup> I. Romanowska-Słomka, A. Słomka, *Zarządzanie ryzykiem zawodowym*, Tarbonus, wyd.1, Tarnobrzeg 2001.

<sup>97</sup> M. Kosmala, E. Roston-Szeryńska, *The analysis of visual methods of low stability tree hazard assessment*, [w:] “Annals of Warsaw Agricultural University Horticulture and Landscape Architecture”, Nr 24, SGGW, Warszawa 2003.

<sup>98</sup> E. Roston-Szeryńska, *Opracowanie metody oceny zagrożenia powodowanego przez drzewa o osłabionej statyce*, Praca doktorska (promotor M. Kosmala), WOIAK, SGGW, Warszawa 2006.

głównie na wizualnej ocenie stanu drzewa (VTA) opisanej w kilku publikacjach przez Matthecka<sup>99</sup>, przyjmując ją za wystarczającą<sup>100</sup> oraz na amerykańskich metodach autorów takich jak: Paine<sup>101</sup>, Smiley i Fraedrich<sup>102</sup>, Matheny i Clark<sup>103</sup>, Pokorny. Metody te mają dobrze ugruntowane podłoże statystyczne, co jednak w przypadku różnorodności drzew nie musi gwarantować sukcesu. Zachowuje dużą rezerwę i ostrożność w stosowaniu do cytowanych, nowatorskich rozwiązań biomechanicznych i statycznych proponowanych przez innych badaczy takich jak: Wessolly, Erb, Sinn, Sterken, czy Coder, które umożliwiają dokładniejszą diagnozę stanu statycznego drzew. Autorka, bazując na niektórych wizualnych metodach: Matthecka i Broeler, czy Reinartza i Schlaga, jako podstawę własnej metody, przyjęła wspomniane już, opracowanie Ellisona<sup>104</sup>, uważając je za wyznacznik podejścia do oceny ryzyka. Metoda Roston-Szeryńskiej uzupełniona została o ważny parametr możliwej minimalizacji ryzyka<sup>105</sup>. W opinii autorki stanowi to wyjątkowy element, nie podejmowany wcześniej, w żadnej z opisanych i cytowanych przez nią metod badawczych

---

<sup>99</sup> C. Mattheck, *Updated field guide for Visual Tree Assessment*, Verlag Forschungszentrum, Karlsruhe 2007, *passim*.

<sup>100</sup> W ocenie autora, opartej między innymi na analizie badań niemieckich i amerykańskich, metoda VTA, dla osiągnięcia zadawalających efektów, wymaga, wbrew obiegowej opinii, dużej wiedzy ze strony oceniającego z zakresu: arborystyki, fitopatologii i biomechaniki. Zatem nie jest w pełni wystarczająca dla właściwej oceny ryzyka. Szczególnie silnie krytykowana jest zasada 0,3 pozostałej ścianki. Zasada ta zostanie szerzej omówiona w dalszej części pracy.

<sup>101</sup> L. A. Paine, *Accident hazard...*, *passim*.

<sup>102</sup> E.T. Smiley, B.R. Fraedrich, *Determining strength loss from decay*, [w:] "Journal of Arboriculture", nr 18/4, ISA, Champaign 1992, s.201-104

<sup>103</sup> N.P. Matheny, J.R. Clark, *A photographic guide...*, *passim*.

<sup>104</sup> M.J. Ellison, *Quantified .....*, *passim*.

<sup>105</sup> E. Roston-Szeryńska, *Ocena zagrożenia bezpieczeństwa ludzi i mienia powodowanego przez drzewa o osłabionej statyce.*, Czasopismo Międzynarodowego Towarzystwa Uprawy i Ochrony Drzew, nr 27, Łódź 2012, s. 66-67

związanych z oceną ryzyka.<sup>106</sup> Metoda ta, stawia przed odbiorcą spore wymagania poprzez dużą liczbę, innych niż dendrometryczne, parametrów do określenia. Istnieje konieczność oceny 27 parametrów w 5 grupach, które stanowią materiał wyjściowy do oceny ryzyka, osobno dla złamań, osobno dla wykrotów. Jakkolwiek praca ta ma istotny wkład w popularyzację metod oceny ryzyka zawodności drzew.

Najnowsze ustalenia w zakresie oceny ryzyka pochodzą od Narodowej Grupy Bezpieczeństwa ze strony Drzew<sup>107</sup>. Stworzyła ona kilka opracowań dot. różnych aspektów związanych z ryzykiem. Głównym opracowaniem jest: *Zdrowo-rozważkowy system zarządzania ryzykiem, Przewodnik na temat drzew i bezpieczeństwa publicznego w Wielkiej Brytanii dla właścicieli, zarządców i doradców.*<sup>108</sup> Jako motto zaprezentowano wypowiedź Davida Balla, specjalisty od oceny ryzyka: *Bezpieczeństwo jest jednym z wielu celów, do których aspirujemy, błędem, który często popełniamy, jest skoncentrowanie się na bezpieczeństwie, jak gdyby to był jedyny cel.*<sup>109</sup> Motto to wskazuje jak bardzo zmieniły się poglądy na temat podejścia do ryzyka ze strony drzew. Publikacja prezentuje *Proces zarządzania ryzykiem*<sup>110</sup> zawierający następujące etapy:

- ocena zasobu i wartości jakie przedstawia drzewo dla otoczenia.

---

<sup>106</sup> Ellison wskazuje, że koniecznością jest, sprowadzenie ryzyka do akceptowanych wartości. [por:] M.J. Ellison, *Quantified* .... s.62-64. Większość metod wymienianych wcześniej, m.in.: Wagenera, Paine'a, Johnsona, Pokorny'ego jako jeden z głównych celów wyznacza sobie minimalizację strat, a zatem pośrednio minimalizację ryzyka także.

<sup>107</sup> [z ang:]The National Tree Safety Group (NTSG) – organizacja brytyjska zrzeszająca specjalistów z zakresu oceny i zarządzania ryzykiem i bezpieczeństwem ze strony drzew.

<sup>108</sup> *Common sense risk management of trees, Guidance on trees and public safety in the UK for owners, managers and advisers*, (red. N. Fay), NTSG, Forestry Commission, Edinburgh 2011, 104 s.

<sup>109</sup> *Common sense...*, op.cit., s.3

<sup>110</sup> *Common sense...*, op.cit., s.13



- identyfikację ryzyka, czy występuje?
- ocenę czy słusznym jest wprowadzenie strefowania ryzyka.
- analizę obecnego poziomu ryzyka
- ocenę akceptowalności ryzyka
- działania jakie należy podjąć aby ograniczyć ryzyko.

Autorzy wskazują, na konieczność porównywania ryzyka zawodności drzew, z innymi typami ryzyka i prezentują dane o rocznym poziomie ryzyka śmierci z różnych przyczyn, które dla przykładu w Wielkiej Brytanii wynosi dla wypadków samochodowych 1 do 17000, a dla drzew 1 do 10000000, czyli blisko 150 razy mniejsze.<sup>111</sup> Wskazują również fakt odpowiedzialności na płaszczyźnie prawa cywilnego, za zdarzenia ze strony drzew. Jak piszą: *Od właściciela drzewa nie należy oczekiwać gwarancji, że drzewo jest bezpieczne. Od właściciela wymaga się podjęcia właściwej opieki.*<sup>112</sup> Pokazuje to pole działania dla specjalistów, aby pomóc zachować drzewo. Jednakże najistotniejszym stwierdzeniem jest fakt, że nie powinno się podejmować żadnych działań w stosunku do drzew jeśli nie zostały przeprowadzone badania i ocena poziomu ryzyka. Działania „na zapas” są błędem.<sup>113</sup> Proponują strefowanie ryzyka, w nawiązaniu poziomu użytkowania terenu, na dwie zasadnicze grupy: o wysokim poziomie, takie w których ludzie przebywają codziennie, jak np.: ruchliwe drogi, parkingi, place zabaw lub tereny z cennym wyposażeniem oraz te o niskim poziomie użytkowania. Sugerują rozwój bardziej szczegółowych metod.<sup>114</sup> Wraz z podziałem terenu na strefy proponowane jest dostosowanie poziomu inspekcji, co z resztą sugerują

---

<sup>111</sup> *Common sense...*, *op.cit.*, s.23

<sup>112</sup> *Common sense...*, *op.cit.*, s.32

<sup>113</sup> *Common sense...*, *op.cit.*, s.42

<sup>114</sup> *Common sense...*, *op.cit.*, s.47

również inni badacze, na 3 typy: doraźne obserwacje, zwykłą inspekcję oraz oceną dokładną.<sup>115</sup> Wskazują też na podział kompetencji w prowadzeniu inspekcji i związany z tym poziom wiedzy i doświadczenia wyróżniając 6 poziomów od pojedynczej posesji do ścisłego centrum wielkomiejskiego.<sup>116</sup>

Sprawa standardów bezpieczeństwa i standardów planistycznych, była przedmiotem badań wielu autorów i agencji. Problem podejmowali wspomniani wcześniej Wagener, Paine, Johnson, czy Pokorny. Wśród organizacji należy wspomnieć przede wszystkim Amerykańskie Stowarzyszenie Planistyczne (APA)<sup>117</sup>, które jest autorem podręcznika: *Standardy planowania i projektowania urbanistycznego*<sup>118</sup>. Oprócz zasad i wskazówek dla projektantów, autorzy określają jakim standardom powinny podlegać poszczególne elementy tworzonego planu. Wskazują na parametr, określany jako: poziom usług, który powinien wyznaczać wymogi i sposoby dla organizacji przestrzeni.<sup>119</sup> Wskazują na konieczność tworzenia: Planów ograniczania zagrożeń, opartego na ocenie ryzyka, co do którego można stosować różne skale oraz na integrację takich planów z innymi tworzonymi dla danego terenu.<sup>120</sup>

Badania nad oceną ryzyka zawodności są wciąż żywym i aktualnym tematem badań i dociekań naukowców oraz praktyków.

---

<sup>115</sup> *Common sense...*, *op.cit.*, s.49

<sup>116</sup> *Common sense...*, *op.cit.*, s.60

<sup>117</sup> [z ang:] American Planning Association

<sup>118</sup> *Planning and Urban Design Standards*, APA, John Wiley & Sons, New Jersey 2006, 720s.

<sup>119</sup> *Planning...*, *op.cit.*, s. 38

<sup>120</sup> *Planning...*, *op.cit.*, s. 42-43

## 5. OCENA RYZYKA ZAWODNOŚCI DRZEW.

---

W ocenie ryzyka zawodności drzew sprawą najważniejszą jest diagnozowanie zagrożeń, przyczyn i sposobów ich powstawania. Autor poszukując najlepszej, czyli możliwie precyzyjnej i jednocześnie prostej w użyciu metody, prowadził wielokierunkowe badania, zarówno dotyczące zagadnień związanych z drzewami, ich statyką i witalnością, jak i te dotyczące elementów warsztatu urbanisty, podczas oceny otoczenia drzew i jego wrażliwości na ryzyko. Podstawowym zadaniem było rozeznanie oraz ocena wagi i wpływu składowych mogących powodować ryzyko zawodności drzew. Z przedstawionych wcześniej badań różnych autorów oraz z analizy wyników badań własnych, wynika bezsporny fakt, iż aby zaistniał problem ryzyka, muszą wystąpić przynajmniej dwa elementy, tj. drzewo oraz ofiara. By przeprowadzić kalkulację ryzyka, trzeba określić wagę jego składowych. Koniecznością jest zatem, ocena statyki i witalności drzewa oraz ewaluacja warunków środowiskowych oddziałujących bezpośrednio na drzewo, takich jak wiatr, gleba, czy opady. Ocena drugiej składowej ryzyka, czyli ofiary, którą są elementy otoczenia lub ich zespół, związana jest z określeniem warunków i wartości tychże, ich charakteru, waloru, czy też częstotliwości występowania. Składnik ten można opisywać na wiele sposobów. Istotnym jest uzyskanie klarownego opisu, tak aby proces oceny mógł opierać się o przejrzyste kryteria. Jego waga i znaczenie w całym procesie kalkulacji określana jest przez wrażliwość, którą należy rozumieć jako poziom podatności na zniszczenie czy też uszkodzenie w wyniku zajścia niekorzystnego zdarzenia. Aby uprościć analizę, często złożonych i niejednorodnych przypadków wyznaczono poziomy dla tej składowej, ujmując je w Katalog Wrażliwości Otoczenia, o pięciostopniowej skali, dostosowanej do metody. Z konieczności wymusza to pewne uproszczenia, których dokonano świadomie, w celu usprawnienia metody. Katalog został szczegółowo zaprezentowany w dalszej części

pracy, ma on charakter otwarty, może i powinien być stale poprawiany, aby ocena ryzyka była coraz to dokładniejsza.

Oceniając składowe, wpływające na powstawanie ryzyka, zbliżamy się do sumarycznego efektu, jakim jest jego kwantyfikacja wyrażona w stopniach ryzyka. Stopnie w przystępny sposób przybliżają jego poziom ewentualnemu odbiorcy, niezależnie czy jest nim specjalista, zarządca terenu czy też potencjalna ofiara.

Aby określić stopień ryzyka **SR**, czyli wartość liczbową, kwantyfikującą prawdopodobieństwo zajścia jakiego zdarzenia, musimy wyznaczyć jej zależność od kilku składowych, których wagę określono na podstawie badań własnych, analizy wyników oraz doświadczeń innych badaczy, głównie amerykańskich. Wielu z nich, m.in. Matheny i Clark<sup>121</sup>, czy też Ellison<sup>122</sup> stosuje w swych metodach średnią ważoną, jako formułę najlepiej oddającą istotę takiej ewaluacji. Zaproponowano zatem wzór, który ma podstawowe znaczenie dla metody:

$$\mathbf{SR} = \frac{\mathbf{ST} \times 5 + \mathbf{WO} \times 3 + \mathbf{WD} \times 2}{10} \quad [1]$$

gdzie:

**ST** - składowa statyki drzewa

**WO** - składowa wrażliwości otoczenia

**WD** – składowa witalności drzewa

Ze wzoru wynika, że największy wpływ na stopień ryzyka ma statyka, a najmniejszy witalność. Przyczyny takiego zaszeregowania zostały ujęte w kolejnych punktach rozdziału. Aby obliczenia nie stanowiły przeszkody w zastosowaniu metody wszystkie czynniki oceniane są w skali od 1 do 5. Wagowa postać wzoru powoduje że

---

<sup>121</sup> N.P. Matheny, J.R. Clark, *A photographic .....*, op.cit., s. 40-41

<sup>122</sup> M.J. Ellison, *Quantified ....*, op.cit., s.62

wartości **SR** mogą się wahać od 1 do 5, ze skokiem o 0,1. W wyniku tego możemy uzyskać wartość dla przykładu równą 2,7. W takim przypadku, należy użyć matematycznych reguł zaokrąglania wartości dziesiętnych, w celu uproszczenia stopniowania. Działanie takie w praktyce zaprezentowane zostało w rozdziale omawiającym konkretne przypadki.

Autor wybierając sposób obliczania wartości, wzorował się na amerykańskich badaczach i ich metodach, z racji najdłuższych doświadczeń w tym zakresie. Pięciostopniową skalę stosują także Hickman, Caprile i Perry w swojej metodzie oceniając 11 elementów w tej skali.<sup>123</sup> Jednakże każdy ze składników jest oceniany z tą samą wagą. Jak piszą: *Jest to pierwsza próba użycia takich współczynników wagowych, opartych na małej bazie danych. Po zebraniu dalszych danych o przypadkach zawodności drzew, będziemy w stanie lepiej określić zdolność tego wzoru do przewidywania kolejnych zdarzeń z udziałem drzew.*<sup>124</sup> W pracy bazowano na dużej liczbie analizowanych przypadków, doświadczeniach innych badaczy, i dlatego zdecydowano się, właśnie w taki sposób, zróżnicować wagę dla poszczególnych składowych ryzyka. Szczegółowo wyjaśnia to opis składowych zaprezentowany poniżej, w osobnych podrozdziałach dla każdej składowej.

---

<sup>123</sup> G. W. Hickman, J. Caprile, E. Perry, *Oak tree hazard evaluation*, [w:] "Journal of Arboriculture", nr 15/8, ISA, Champaign 1989, s.178

<sup>124</sup> G. W. Hickman, J. Caprile, E. Perry, *Oak ...*, *op.cit.*, s.183

## 6. SKŁADOWE RYZYKA.

---

W rozdziale omówiono powody, dla których poszczególnym składowym przypisano, konkretną wagę, decydując siłę wpływu na wynik oceny ryzyka. Decyzje takie podjęto na podstawie wnikliwej analizy wniosków płynących z omówienia metod różnych autorów oraz na własnych spostrzeżeniach opartych na wynikach badań.

### 6.1. STATYKA DRZEWA.

---

Statyka drzewa jest najistotniejszym składnikiem w procesie kalkulacji ryzyka ze strony drzew, przy założeniu, że potrafimy ją ocenić możliwie wnikliwie i dokładnie. W tym celu konieczne jest jej zrozumienie, a przez to prawidłowa, możliwie jak najbardziej obiektywna ocena.

Jest wiele metod oceny statyki, a niektóre z nich już omówiono. Dla dokładności obliczeń ma znaczenie, głównie to jak bardzo precyzyjna i obiektywna jest metoda. Nie bez znaczenia pozostaje także fakt nieinwazyjności pomiarów i oceny w stosunku do drzew, z racji szkodliwości metod inwazyjnych takich jak chociażby: świder przyrostowy czy rezystograf. Zostało już wielokrotnie opisane przez różnych autorów.<sup>125</sup>

Ocena statyki, w przypadku drzew, koncentruje się na badaniu ich reakcji na obciążenie, powodowane zasadniczo przez czynniki takie jak: wiatr i/lub opady. Określenie wytrzymałości drzewa na działanie sił zewnętrznych może być przeprowadzone różnymi metodami, a wybór metody, decyduje o precyzji i obiektywności wyniku. W ocenie, badaniu statyki drzew podobnie jak przy innych obiektach inżynierskich mamy do czynienia z klasycznymi pojęciami, wielkościami i własnościami mechaniki, takimi jak: masa, ciężar własny, prędkość, siła, ramię siły (dźwignia), powierzchnia działania, moment siły, energia, praca,

---

<sup>125</sup> M. Siewniak, Ma. Siewniak, W. Bobek, *Bezinwazyjny pomiar wytrzymałości pnia i stabilności drzewa*, [w:] „Aura”, nr 1/09, SIGMA-NOT, Warszawa 2009, s. 23

naprężenie, wytrzymałość, ściskanie, rozciąganie, zginanie, sprężystość, odkształcenie, rezonans. Dzięki nim mamy możliwość opisanie żywego elementu jakim jest drzewo metodami fizycznymi zazwyczaj stosowanymi do obiektów nieożywionych mających konkretną, stałą charakterystykę.

---

### 6.1.1. OBCIĄŻENIE DRZEWA.

---

Wiatr jest głównym czynnikiem oddziaływującym na drzewo w sensie analizy obciążeń. Jedną z podstawowych własności wiatru jest jego prędkość, która jako zmienna wielkość wektorowa, posiada kierunek i wartość. Szybkość rozumiana jako wartość prędkości może być określana jako: maksymalna stała wartość, średnia wartość przepływu masy powietrza o długości 1 mili (km), czy też maksymalna wartość przepływu masy powietrza o długości 1 mili (km) w określonym przedziale czasowym (1-100 lat).<sup>126</sup> Dla tej ostatniej wartości często dostępne są wyniki wieloletnich obserwacji, łącznie z mapami. Bardzo ważnym pojęciem dla inżynierii jest gradient szybkości wiatru, czyli wartość mierzona na pewnej wysokości czy miejscu, gdzie nie występuje tarcie o powierzchnię i pokrycie terenu. Jak pisze Melaragno, jest to: dla krajobrazu otwartego powyżej 250 metrów, w rejonach podmiejskich 350 m, a w centrach miast powyżej 450 m.<sup>127</sup> Poniżej tych wartości wiatr nie ma stałej prędkości i jego szybkość ze względu na tarcie o powierzchnię ziemi wyraża się wzorem:

$$V_z = V_G \times \left(\frac{z}{z_G}\right)^{\frac{1}{\alpha}} \quad [2]$$

gdzie:

$V_z$  –szybkość wiatru [m/s]

$V_G$  – gradient szybkości wiatru [m/s]

---

<sup>126</sup> M.G. Melaragno, *Wind...*, op.cit., s. 44.

<sup>127</sup> M.G. Melaragno, *Wind...*, op.cit., s.45.



**Z** - wysokość ponad powierzchnię terenu [m]

**Z<sub>G</sub>** – gradient wysokości [m]

$\frac{1}{\alpha}$  – wykładnik, zależny od terenu.

Wyznaczaniem tego wykładnika zajmowało się wielu, zwłaszcza wspomniany wcześniej Davenport. Przyjmuje on wartości, dla 3 podstawowych sposobów pokrycia: 0,14 dla otwartego krajobrazu, 0,22 dla terenów podmiejskich i 0,33 dla miast. Oprócz możliwości obliczeniowych i badań anemometrycznych, często stosuje się przybliżone lub wrażeniowe opisy szybkości wiatru. Może temu służyć flaga czy skala Beauforta, której 12 stopień stanowi graniczą wartość dla wielu obliczeń, jako huraganowa prędkość wiatru, ponad 120 km/h. Zwrócić należy uwagę, że istnieje różnica pomiędzy często mylonymi, nagłymi zjawiskami z udziałem wiatru, takimi jak: tornado, cyklon i huragan.<sup>128</sup>

---

<sup>128</sup> Cyklon to system kręcących się wiatrów, na półkuli północnej, przeciwnie do ruchu wskazówek zegara, o średnicy od 80 do 1600 km, którego ciśnienie zmniejsza się w kierunku centrum. Może, ale nie musi mieć niszczycielskiego oddziaływania na powierzchnię ziemi. Huragan jest odmianą tropikalnego cyklonu o dużej intensywności i sile, który tworzy się najczęściej w rejonie Karaibów i przesuwa się z szybkością 20 km/h w kierunku lądu. Jego żywotność to 9-12 dni, a pojawia się zasadniczo w okresie lata. Huraganową siłę, wiatr osiąga na granicy „oka cyklonu”. Tornado natomiast, w języku hiszpańskim to jedno ze słów oznaczających gwałtowną burzę. Może powstawać przy okazji huraganu i może mieć równie, a nawet bardziej niszczącą siłę. Pojawia się w postaci leja kondensacyjnego, ale jego średnica nie przekracza 1 km. Zasadniczo tworzy się podczas gorącego i parnego dnia, gdy nad masy gorącego powietrza przy powierzchni ziemi, nasuną się masy zimnego powietrza (np. chmury burzowe) i zaczną opadać w momencie, gdy ciepłe powietrze się podnosi. Powstaje wir, który zwęża się od macierzystej chmury burzowej, dotykając powierzchni ziemi. Dla określenia siły tornada stosuje się w większości przypadków skalę Fujity (od F0 do F5), która podobnie jak skala Beauforta, opisana jest wrażeniowo. Istnieją też porównywalne i zmodyfikowane skale m.in.: TORRO, Dames i Moore, EF. Określenia trąba powietrzna, chętnie używanego w Polsce w zastępstwie tornada, użył po raz pierwszy w 1749 roku, Boscović, a słowem *tromba*, opisał chmurę i powstałe z niej tornado, w sprawozdaniu o zniszczeniach w Rzymie w nocy z 11 na 12 lipca tegoż roku. Słowo to przyjęło się także w innych językach, np.: *tromben* w niemieckim czy *trombe* w francuskim. Międzynarodowa Organizacja Meteorologiczna, której Polska jest członkiem stworzyła słownik nazw, które powinny być używane do opisu zjawisk pogodowych. [za:] M.G. Melaragno, *Wind...*

Podmuchy wiatru wytwarzają konkretne parcie na struktury, na które napotykają, a zadaniem jest sprawdzanie czy dany obiekt wytrzyma ten napór. Analizując wpływ wiatru na budowle, drzewa, czy inne elementy przestrzenne należy rozważyć kilka zjawisk towarzyszących interakcji między wiatrem, a obiektem. Przy przepływie powietrza powstaje ciśnienie dynamiczne -  $q$ , zależne od prędkości i gęstości powietrza. Teoretycznie jest to zjawisko przekazania całej energii kinetycznej przez powietrze obiektowi. W rzeczywistości powietrze nigdy nie traci całej prędkości, a ciśnienie jest mniejsze niż to teoretyczne. Wynika to z prawa Bernoulli'ego, sformułowanego dla płynów i gazów, przy założeniu, że przy obiekcie wiatr hamuje do zera, co oczywiście jest możliwe tylko w teorii. Kolejnym przybliżeniem jest parcie wiatru -  $p$ . Dla konkretnego punktu na powierzchni obiektu, można wyznaczyć współczynnik parcia  $C_p$ . Jest on różny dla strony dla strony nawietrznej i zawietrznej. Dla całej struktury parcie wiatru w konkretnym miejscu, zamienić trzeba na siłę wiatru dla całej powierzchni  $A$ , która narażona na jego działanie. Jest to bliższe rzeczywistości, zwłaszcza przy założeniu  $q$  efektywnego, czyli takiego, które uwzględnia porywistość wiatru oraz rezonans własny drzewa. Należy zauważyć, że ani prędkość ani gęstość nie są wartościami stałymi. Gęstość powietrza zależy od położenia geograficznego, wysokości nad poziom morza, pory roku, czy warunków pogodowych. Zmienia się wraz ze zmianą temperatury i ciśnienia atmosferycznego. Zasadnicze znaczenie ma prędkość, gdyż siła wiatru zależna jest od jej kwadratu. Ostatecznie zgodnie z Polską Normą Eurokod 1<sup>129</sup>, obciążenie wiatrem [Ryc. 8] dla drzew, można wyznaczyć przy pomocy następującego równania:

$$F_W = \frac{1}{2} \rho \times (v_z)^2 \times A \times c_x \quad [3]$$

gdzie:

---

<sup>129</sup> PN-EN 1991-1-4, 2008, Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje, Część 1-4: Oddziaływania ogólne - Oddziaływania wiatru.

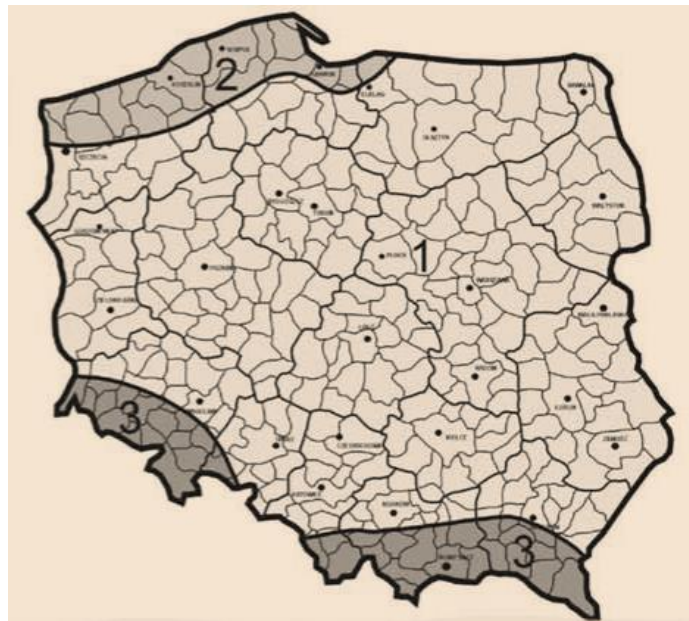
$F_W$  – siła wiatru [N]

$\rho$  – gęstość powietrza [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ], w konkretnym położeniu geograficznym

$v_z$  – prędkość wiatru [ $\text{m}/\text{s}$ ] na konkretnej wysokości z.

$A$  – pole powierzchni korony wystawionej na wiatr w płaszczyźnie normalnej do kierunku wiatru [ $\text{m}^2$ ]

$c_x$  – współczynnik oporu powietrza dla danego gatunku drzewa.



RYC. 8. OBCIĄŻENIE WIATREM JEST RÓŻNE W ZALEŻNOŚCI OD POŁOŻENIA GEOGRAFICZNEGO, WARTOŚCI BAZOWE DLA KAŻDEJ ZE STREF TO: 22 M/S DLA 1 I 3 ORAZ 26 M/S DLA 2, [ZA:] RYSUNEK NA.1 – PODZIAŁ POLSKI NA STREFY OBCIĄŻENIA WIATREM, PN-EN 1991-1-4, 2008, EUROKOD 1: ODDZIAŁYWANIA NA KONSTRUKCJE, CZĘŚĆ 1-4: ODDZIAŁYWANIA OGÓLNE - ODDZIAŁYWANIA WIATRU.

Sterken badając wpływ obciążeń na drzewa, oraz analizując stabilność, wytrzymałości poszczególnych elementów, stwierdził, że jeśli znamy ww. graniczne wartości, to możemy wyznaczyć graniczną prędkość wiatru, przy której dochodzi do przekroczenia wytrzymałości czy stabilności drzewa, zwaną też przez niektórych prędkością Sterkena.<sup>130</sup> Opierał się na własnych badaniach oraz wynikach prac

---

<sup>130</sup> P. Sterken, *A Guide for Tree-stability Analysis*, wyd 2, University and Research-centre of Wageningen, Blankenberge Sterken, Wageningen 2005, s.24.

wcześniej przywoływanych autorów m. in. Mattecka, Wessollego i Erba czy też Niklasa<sup>131</sup>, lub Peltoli i in.<sup>132</sup>.

Problemy wpływu opadów na powstawanie ryzyka ze strony drzew mogą mieć dwoisty charakter. Pierwszą sprawą jest wpływ na samo drzewo, w postaci: ciężkiego, lepkiego śniegu, szadzi czy marznięcych opadów. Elementami zagrożonymi są głównie gałęzie i konary, rzadziej całe drzewa. Niekorzystny wpływ osadzających się na nich opadów, zależy w dużej części od profilu i optywowości korony, jej kompletności, co zostanie szerzej skomentowane, przy opisie witalności. Szczególnie groźne są dla gałęzi długich o układzie horyzontalnym. Wynika to z faktu nakładających się na siebie wartości związanych z ciężarem własnym konaru, zwłaszcza ulistnionego w końcowej części oraz ciężarem osadzających się opadów. Cała siła działa wprost pionowo w dół, co przy długich konarach generuje duże wartości momentów gnących. Wtedy najczęściej dochodzi do złamań lub odłamań całych konarów lub ich części.

Do zniszczenia całego drzewa, na skutek obciążenia zalegającymi opadami dochodzi zazwyczaj w dwóch przypadkach: kiedy mamy do czynienia z młodymi okazami rosnącymi w zwarciu lub w kiedy na pochylone i obciążone opadem drzewo, zacznie napierać wiatr. Wtedy, pod ciężarem śniegu drzewo traci swoją pierwotną elastyczność, a w chwili naporu wiatru śnieg zwiększa znacząco moment masy własnej, który bez obciążenia kompensowany jest niesymetrycznym przyrostem pnia na grubość. W wyniku zsumowania się momentów dochodzi do przekroczenia wytrzymałości pnia lub korzeni i drzewo ulega zniszczeniu.

---

<sup>131</sup> K. J. Niklas, *Computing factors of safety against wind-included tree stem damage*, [w:] "Journal of Experimental Botany", nr 51/345, Oxford University Press, Lancaster 2000, s. 797-806.

<sup>132</sup> H. Peltola, B. Gardiner, S. Kellomäki, *Comparison of two models for predicting the critical windspeeds required to damage coniferous trees*, [w:] "Ecological Modelling", nr 129/1, Elsevier Science B.V., Amsterdam 2000, *passim*.

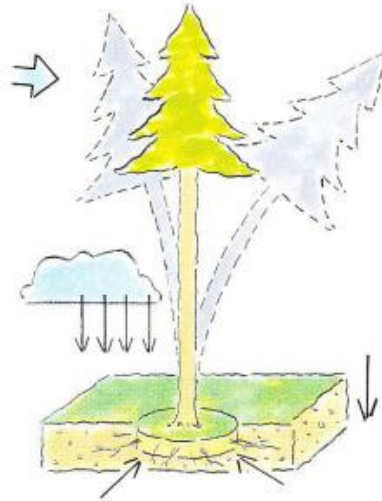
Takie sytuacje miały miejsce w Szczecinie i okolicach, w styczniu 2008, gdzie łamiące się drzewa lub ich części spowodowały awarie sieci energetycznej w całym rejonie. Silnie ucierpiały też duże drzewa, głównie dęby, w liczbie blisko 300 sztuk w październiku 2009 roku w Warszawie, na skutek nagłych i intensywnych opadów mokrego śniegu, w okresie w którym większość drzew posiadała jeszcze liście [Ryc. 9]. W tym kontekście szczególnie dokładnie powinny być sprawdzane drzewa, na których dokonano, nieprofesjonalnych zabiegów, powodując otwarcia do wnętrza korony, odstaniając gałęzie i konary i narażając je na nowe obciążenia, w sytuacji, gdy nie były do nich przystosowane przez stopniowe wykształcanie drewna reakcyjnego.



RYC. 9. USZKODZENIE POMNIKOWEGO DĘBU W WARSZAWIE, NA TERENIE AKADEMII OBRONY NARODOWEJ, W PAŹDZIERNIKU 2009 R. NA SKUTEK INTENSYWNYCH OPADÓW MOKREGO ŚNIEGU. ZNISZCZENIU ULEGŁY GŁÓWNIEMU NAJDŁUŻSZEMU KONAROWI, FOT. W. BOBEK

Drugim przypadkiem jest wpływ opadów na grunt, oraz jego ewentualne uwodnienie. Chodzi tu o tzw. efekt paradontozy, kiedy to na skutek zmniejszenia przez wodę tarcia wewnętrznego i zwięzłości gruntu, okresowo maleje siła kotwiąca drzewo, co w połączeniu z napierającym wiatrem, powoduje utratę stabilności i wykrót [Ryc. 10].





RYC. 10. OPADY POWODUJĄCE ROZMIĘKCZENIE GRUNTU, W POŁĄCZENIU Z WIATREM MOGĄ SPOWODOWAĆ EFEKT PARADONTOZY. DOCHODZI DO UTRATY STABILNOŚCI NA SKUTEK OKRESOWEGO SPADKU SIŁ KOTWIĄCYCH BAZUJĄCYCH NA TARCIE WEWNĘTRZNYM I ZWIĘŻŁOŚCI GRUNTU. [ZA:] L. WESSOLLY, M. ERB, *HANDBUCH DER BAUMSTATIK UND BAUMKONTROLLE*, PATZER VERLAG, BERLIN-HANNOVER 1998, S. 64

Do wspomnianego wyżej efektu dochodzi dużo częściej w gruntach gliniastych niż piaszczystych, stąd też ważnym jest określenie tej podstawowej różnicy w strukturze gleby.

---

#### 6.1.2. METODY OCENY STATYKI

---

Ocenę statyki drzew można prowadzić wieloma metodami, z różną dokładnością i różnym poziomem obiektywizmu, na co zwracają uwagę Siewniak i Bobek, w różnych publikacjach.<sup>133</sup> Jak piszą: *W obecnej chwili diagnostyka dendrologiczna bardzo burzliwie ewoluuje i ciągle rozwijane są nowe metody oceny stanu drzew ... Dominującą pozycję przejmują różne metody szacunkowe, które charakteryzuje duży stopień subiektywizmu, a co za tym idzie pewnych różnic w sposobie interpretacji objawów i wyników. Do nich należy cała grupa metod wizualnych VTA (Visual Tree Assessment), opartych na „czytaniu mowy ciała” przez bardziej lub mniej wprawne oko kontrolera – eksperta, który poprzez analizę spostrzeżonych symptomów, określa stan i rokowania w*

---

<sup>133</sup> M. Siewniak, W. Bobek, *Zagrożenie ..., passim.*

stosunku do konkretnego drzewa. Jest to metoda o niskim stopniu czasochłonności i dużym marginesie błędu. Inną metodą szacunkową jest zintegrowana ocena statyki SIA (Static Integrated Assessment). Jest to sposób bezinstrumentalnego określania statyki, która przy pomocy empirycznych krzywych pozwala wyznaczyć wytrzymałość podstawową ( $S_g$ ), dysponując podstawowymi danymi dendrometrycznymi i kształtem korony. Jest to tania i szybka metoda, pozwalająca przeszkolonej osobie sprawnie kontrolować statykę około 95% drzewostanu, co w przypadku dużych parków i skromnych funduszy może mieć podstawowe znaczenie dla podjęcia i prowadzenia takich badań w ogóle. Daje ona możliwość poprawienia wartości statycznych konkretnych drzew przez redukcję ich koron. Zarówno SIA jak i VTA nie odnoszą się do stabilności drzewa w gruncie, co ewidentnie obniża wszechstronność ich stosowania.<sup>134</sup> Sterken dodaje, że świadome połączenie metod SIA z VTA daje bardzo dobre efekty w większości przypadków i dobrze się sprawdza podczas rutynowych i okresowych przeglądów drzew, zwłaszcza w warunkach polowych.<sup>135</sup>

Dla większości drzew można posłużyć się metodami szacunkowymi, jednakże dla szczególnie ważnych, cennych drzew wskazanym jest zastosowanie metod pomiarowych takich jak np. SIM (Static Integrated Measurement) czyli Zintegrowany Pomiar Statyki zwany często metodą Elasto-Inklino<sup>136</sup>, umożliwiający ocenę wytrzymałości pnia na złamanie oraz stabilności drzewa w gruncie. Z obecnie dostępnych metod diagnozowania statyki, tylko ta metoda pozwala na skuteczny pomiar obu elementów.

---

<sup>134</sup> M. Siewniak, W. Bobek, *Zagrożenie ...*, op.cit., s. 14-15.

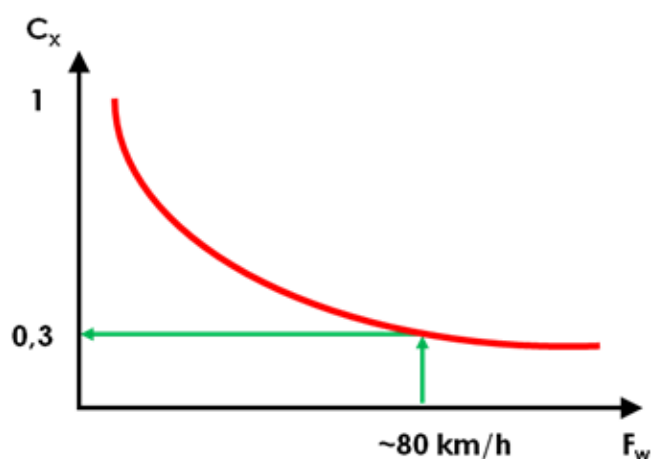
<sup>135</sup> P. Sterken, *A Guide ...*, op.cit., s.9.

<sup>136</sup> M. Siewniak, Ma. Siewniak, W. Bobek, *Bezinwazyjny ...*, op.cit., s. 23.



Występujące w drzewach tkanki odpowiadające za przenoszenie obciążeń, kształtują się od samego początku. Ich rozmieszczenie, udział w budowie i strukturze, w obrębie organizmu drzewa jest opisywane przez dział biologii, morfologię. Dla dalszych rozważań nie jest koniecznym, analizowanie różnic w budowie poszczególnych gatunków, poza tymi, które mają bezpośredni wpływ na biomechanikę drzewa. Z punktu widzenia statyki, wszystkie jego części: korona, pień i korzenie, są ważne.

Korona jest elementem najsilniej narażonym na działanie czynników zewnętrznych. Ważne są: kształt, wielkość i ażurowość, które rzutują na powierzchnię żagla oraz decydują o opływowości korony i współczynniku oporu powietrza  $C_x$ .



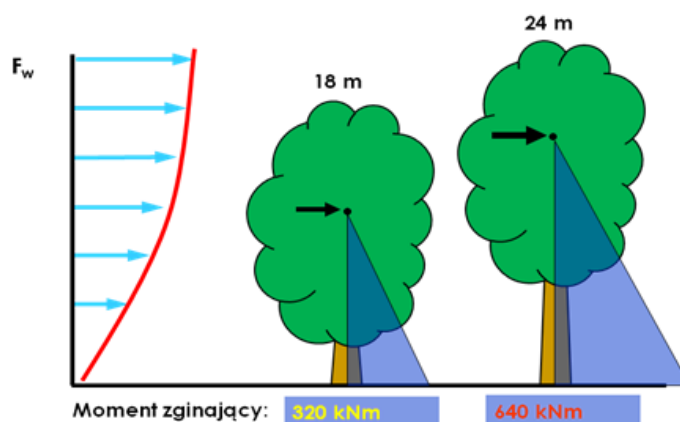
RYC. 11. WSPÓŁCZYNNIK OPORU POWIETRZA  $C_x$  DLA KORONY DRZEWA MALEJE WRAZ ZE WZROSTEM SIŁY WIATRU. DRZEWA „PODDAJĄ SIĘ” POD NAPONEM WIATRU I DZIĘKI TEMU MOGĄ PRZETRWAĆ. [ZA:] L. WESSOLLY, M. ERB, *HANDBUCH DER BAUMSTATIK UND BAUMKONTROLLE*, PATZER VERLAG, BERLIN-HANNOVER 1998, S. 60 (OPR. WERSJI POLSKIEJ, W. BOBEK)

Ważną sprawą jest fakt, iż zmniejsza się on wraz z siłą wiatru [Ryc. 11], powodując większą opływowość<sup>137</sup>. W przypadku gdy pojawiają się uszkodzenia i/lub luki wywołane nieprawidłową pielęgnacją, a niekiedy

---

<sup>137</sup> Współczynnik oporu powietrza dla brzozy pospolitej wynosi 0,12, a dla najlepszych samochodów około 0,2.

naturalnym uszkodzeniem, współczynnik  $C_x$  rośnie.<sup>138</sup> Często występującym wśród drzew miejskich problemem, szczególnie tych rosnących w trudnych warunkach przestrzennych i/lub zdeformowanych, jest opływowość boczna, a raczej jej zaburzenie. Może to nastąpić wskutek wystawiania pojedynczych gałęzi lub części korony poza zasadniczy jej obrys w płaszczyźnie działania wiatru. Powierzchnia ta powoduje powstawanie sił skręcających, na które drzewa nie są zazwyczaj przygotowane i dochodzi do odłamania tej partii korony lub co gorsza do powstania szczelin podłużnych pnia, na skutek stycznego rozwarstwienia włókien<sup>139</sup>, prowadzącego do zasadniczego i nagłego spadku parametrów statycznych. To może prowadzić do złamania się pnia pod wpływem dalszego działania wiatru.



RYC. 12. DWA DRZEWA O TAKIEJ SAMEJ POWIERZCHNI KORONY, ALE RÓŻNEJ (WIĘKSZEJ) O 33% WYSOKOŚCI ŚRODKA NAPORU WIATRU, A ZATEM INNEJ DŁUGOŚCI RAMIENIA DŹWIGNI (SIŁY) PRZY ROSNĄCEJ WRAZ Z WYSOKOŚCIĄ SIŁĄ WIATRU, POWODUJE DWUKROTNIE WIĘKSZY MOMENT ZGINAJĄCY. [ZA:] L. WESSOLLY, M. ERB, *HANDBUCH DER BAUMSTATIK UND BAUMKONTROLLE*, PATZER VERLAG, BERLIN-HANNOVER 1998, S. 148 (OPR. WERSJI POLSKIEJ, W. BOBEK)

<sup>138</sup> Można to nazwać efektem parasola, gdyż da się to łatwo zobrazować, a zarazem samodzielnie przetestować przy pomocy parasola trzymanego na wietrze. Dopóki kierujemy go czaszą na wiatr, wraz ze wzrostem siły wiatru, konstrukcja zmienia swoją geometrię, aby łatwiej pokonywać jego napór. W momencie gdy odwrócimy parasol w stronę zgodną z kierunkiem wiatru, dochodzi do odwrotnej sytuacji, stelaż jest rozchylany, powiększa się żagiel, rośnie współczynnik oporu i często następuje uszkodzenie lub/i wyłamanie konstrukcji i wygięcie czaszy parasola w drugą stronę.

<sup>139</sup> Jak wynika z badań porównawczych m.in. Wessolly'ego wytrzymałość styczna drewna jest od 2 do nawet 6 razy niższa niż wytrzymałość osiowa (wzdłużna). Niehomogeniczność drewna jest ogólnie znana, potwierdzona wynikami badań technologów drewna.

Istotnym jest położenie korony ponad terenem, innymi słowy, ma znaczenie to czy korona jest nisko czy wysoko osadzona. Obliczeniowo, stosując zasady mechaniki, można sprowadzić to do wyznaczenia geometrycznego środka naporu wiatru. Decyduje on o długości ramienia dźwigni dla siły wiatru działającej na drzewo, a przez to o wartości momentu zginającego [Ryc. 12]. Zmienność tak nie ma charakteru liniowego, co oznacza, że zmiana wysokości o np. 10% nie skutkuje zmianą wartości momentu również o 10%. Ta nieliniowa zależność potęgowana jest różnicami w budowie koron drzew, np.: ich smukłości. Kluczową pochodną kształtu dla wartości momentów, jest rozkład powierzchni wystawionej na wiatr, wraz z wysokością. Czym większy procent powierzchni bliżej wierzchołka tym wartość momentu rośnie.

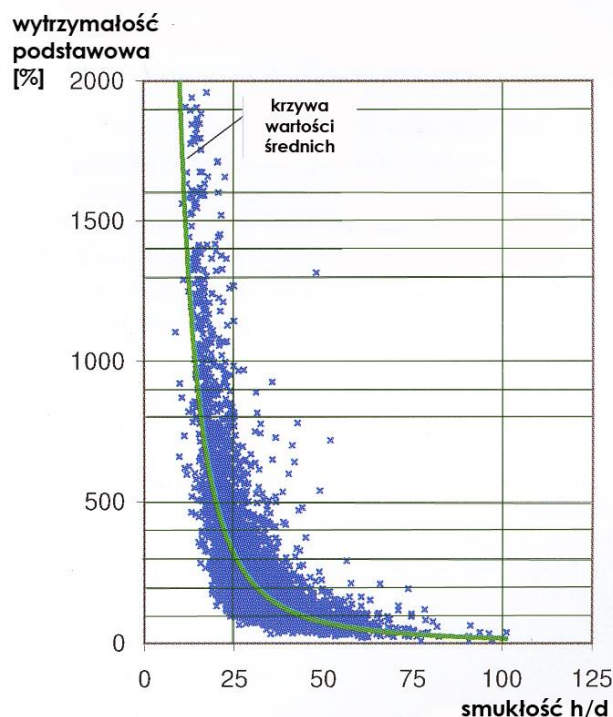
Elementem drzewa odpowiedzialnym za przenoszenie większości sił jest pień. Nie dziwi zatem fakt, iż większość badań, ocen i analiz, a nawet rutynowych inspekcji jest skupiona na stanie pnia. Dla oceny statyki istotne są jego parametry takie jak: średnica mierzona na wysokości 1 m na kierunku dominującego wiatru oraz na kierunku do niego prostopadłym, układ włókien wzdłuż pnia, jego defekty, rany i ubytki czy ewentualne wewnętrzne wypróchnienie.

W przypadku analizy parametrów pnia bardzo często wskazuje się na popularny zwłaszcza wśród leśników współczynnik smukłości  $h/d$ , czyli wysokości drzewa do jego średnicy. U drzew leśnych jest on często bardzo wysoki, a przez to nie są w stanie stać swobodnie poza drzewostanem. Jak pisze Wessolly<sup>140</sup>, wynika to z faktu bezpośredniej zależności pomiędzy wytrzymałością drzewa a jego smukłością [Ryc. 13]. Dla drzew optymalnym współczynnikiem smukłości jest wartość z przedziału od 20 do 45, gdzie wytrzymałość podstawowa waha się

---

<sup>140</sup> L. Wessolly, *Baumdiagnose – Eingehende Untersuchung mittels Zegersuch – Ergebnisse*, [w:] „Pro BAUM“, nr 1, Patzer Verlag, Berlin-Hannover 2004, s.2-3.

między 500%, a 100%. Przy wartości 100% drzewo jest w stanie przetrwać, natomiast powszechnie przyjmowanym zapasem bezpieczeństwa dla konstrukcji, dla przykładu mostowych jest pięciokrotna wartość wytrzymałości podstawowej.



RYC. 13. ZALEŻNOŚĆ POMIĘDZY WYTRZYMAŁOŚCIĄ PODSTAWOWĄ W STOSUNKU DO WSPÓŁCZYNNIKA SMUKŁOŚCI. WYKRES OBRAZUJE WYNIKI BADAŃ NA PRÓBIE PONAD 4500 ŻYWYCH DRZEW. ZIELONYM KOLOREM OZNACZONA ZOSTAŁA KRZYWA WARTOŚCI ŚREDNICH. [ZA:] L. WESSOLLY, BAUMDIAGNOSE – EINGEHENDE UNTERSUCHUNG MITTELS ZUGERSUCH – ERGEBNISSE, [W:] „PRO BAUM“, NR 1, PATZER VERLAG, BERLIN-HANNOVER 2004, S.2, (OPR. WERSJI POLSKIEJ, W. BOBEK)

Podobne badania prowadził Mattheck z zespołem<sup>141</sup>, dowodząc, że współczynnik h/d przekraczający 50 jest parametrem granicznym powyżej, którego ilość zniszczonych drzew znacząco rośnie<sup>142</sup>. Za przedział optymalny proponuje on przyjąć wartości pomiędzy 25 a 35, powołując się na statystykę tego współczynnika dla

<sup>141</sup> C. Mattheck, K. Bethge, I. Tesari, R. Kappel, *Ein neues Versagenskriterium für nicht fäulegeschädigte solitäre Bäume*, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe 2001, *passim*.

<sup>142</sup> C. Mattheck, K. Bethge, I. Tesari, R. Kappel ..., *op.cit.*, s.6

północnoamerykańskich drzew soliterowych zaprezentowaną przez Altmana i Dittmer<sup>143</sup> w latach 60-tych XX wieku, gdzie większość wartości mieściła się w bardzo bezpiecznym przedziale 20-30. Wynika to głównie z faktu, że samotniki rosną wolniej i silniej przyrastają na grubość. Poza tym należy zwrócić uwagę na różnice klimatyczne między Europą i Ameryką, które powodują inną selekcję przez wiatr. Krytyczne stanowisko dla tak przyjętych parametrów zajmuje Gruber<sup>144</sup>, uważając je za zbyt rygorystyczne i przesadzone, wskazując za przykład badania na drzewach soliterowych w Getyndze, gdzie przy próbie 645 okazów, 76% posiadało współczynnik h/d powyżej 30.<sup>145</sup> Stwierdza, że przyjmowanie wartości 30 jako punktu wyjścia do optymalizacji pokrojów drzew, naraża je na nieuzasadnione ogławianie, mogące pociągać za sobą znaczące konsekwencje dla ich stanu. W 2011 roku Rust, Roloff i Sommer po raz kolejny analizowali czy współczynnik h/d może i powinien być kryterium zawodności dla drzew.<sup>146</sup>

W tym kontekście dość istotnym, aczkolwiek niewykorzystywanym parametrem jest współczynnik powierzchni żagla korony [m<sup>2</sup>] do średnicy pnia [Ryc. 14]. Jest to o tyle ważne, że współczynnik smukłości h/d nie uwidacznia rozmiaru wystawionej na wiatr części korony, która dla dwóch drzew o tej samej średnicy może różnić się nawet 4-krotnie. Taka różnica może zadecydować o przetrwaniu drzewa w otoczeniu. Tą wartość można powiązać z wartością momentów jakie powstają podczas działania wiatru.

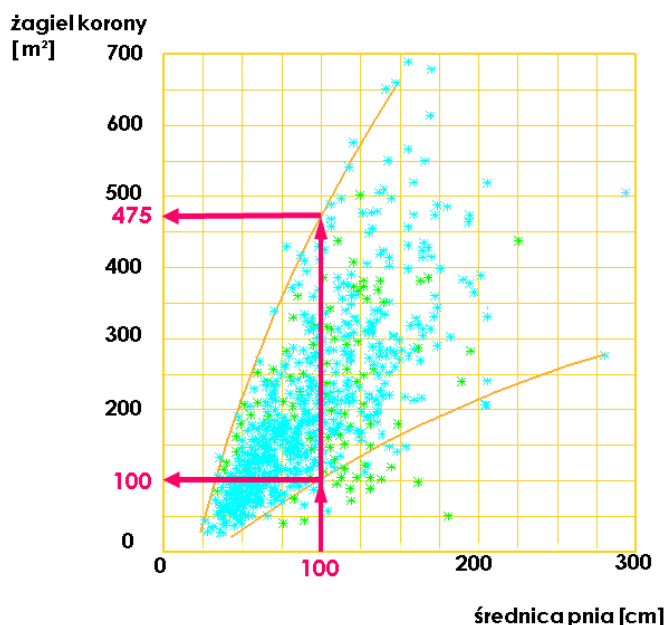
---

<sup>143</sup> P. L. Altman, D. S. Dittmer, *Growth including reproduction and morphological development*, Federation of American Societies for Experimental Biology, Washington 1962, 608 s.

<sup>144</sup> F. Gruber, *VTA-Schlankheitskonstanten sind wissenschaftlich unhaltbar*, „Pro BAUM”, nr 4, Patzer Verlag, Berlin Hannover 2007, s.16-20

<sup>145</sup> F. Gruber, *VTA-Schlankheitskonstanten ...*,op.cit., s.17

<sup>146</sup> S. Rust, A. Roloff, U. Sommer, *Zur Eignung des Schlankheitsgrades als Versagenskriterium* [w:] „Jahrbuch der Baumpflege“ (red. D. Dujesiefken), Braunschweig 2011, s. 91-97

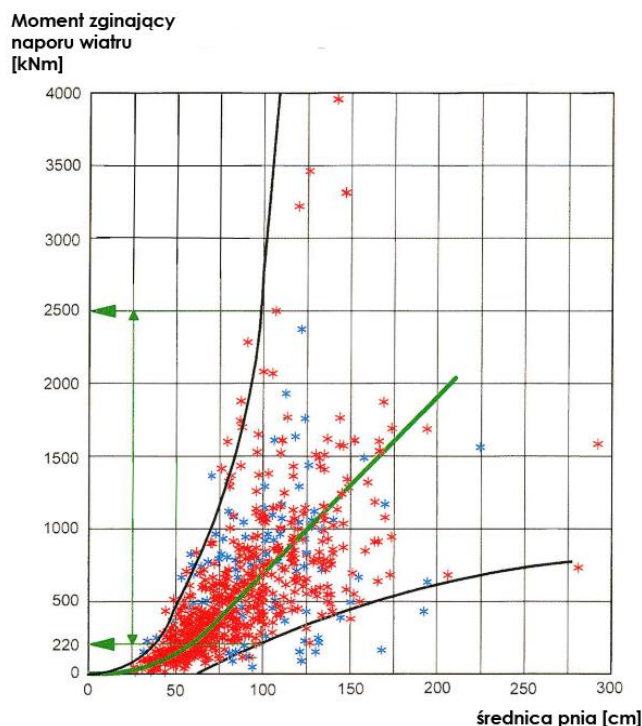


RYC. 14. ZALEŻNOŚĆ POMIĘDZY WIELKOŚCIĄ ŻAGLA (POWIERZCHNI WYSTAWIONEJ NA WIATR) KORONY W STOSUNKU DO ŚREDNICY PNIA. WYKRES OBRAZUJE WYNIKI BADAŃ OKOŁO 2300 ŻYWYCH DRZEW. KRZYWE WARTOŚCI MINIMALNYCH I MAKSYMALNYCH POKAZUJĄ, ŻE PRZY TEJ SAMEJ GRUBOŚCI PNIA (100 CM), WIELKOŚĆ POWIERZCHNI KORONY MOŻE RÓŻNIĆ SIĘ PONAD 4-KROTNIE. [ZA:] L. WESSOLLY, M. ERB, *HANDBUCH DER BAUMSTATIK UND BAUMKONTROLLE*, PATZER VERLAG, BERLIN-HANNOVER 1998, S. 78 (OPR. WERSJI POLSKIEJ, W. BOBEK)

Wessolly i Erb wskazują również na zależność pomiędzy naporem wiatru, a średnicą pnia drzewa.<sup>147</sup> Okazuje się bowiem, że dla tej samej średnicy 100 cm, wartość momentu zginającego może wahać się od 220 do 2500 kNm [Ryc. 15].<sup>148</sup> Rozbieżność ta wynika z faktu różnic drzew o tej samej średnicy pnia co do: wysokości, wielkości żagla korony, co pokazuje [Ryc. 14], właściwości mechanicznych drewna w zależności od gatunku [Ryc. 16] czy ewentualnych deformacji i defektów. Stąd należy uznać za niewłaściwe wyciąganie wniosków na temat całego drzewa, zwłaszcza w kontekście statyki, na podstawie oceny pnia, nawet bardzo dokładnej i pogłębionej.

<sup>147</sup> L. Wessolly, M. Erb, *Handbuch ...*, s. 79

<sup>148</sup> L. Wessolly, M. Erb, *Handbuch ...*, s. 77

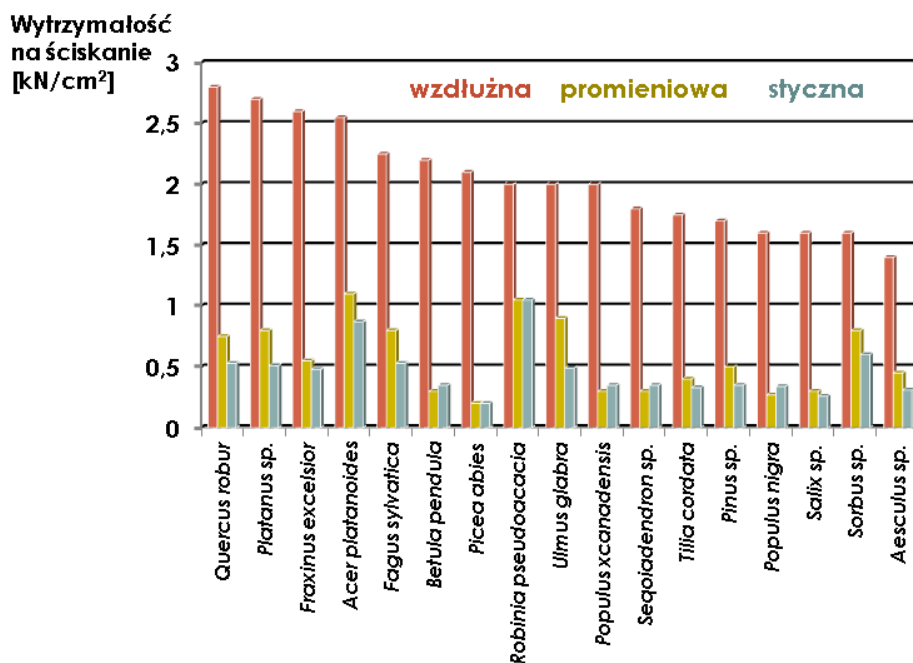


RYC. 15. ZALEŻNOŚĆ POMIĘDZY MOMENTEM ZGINAJĄCYM WYWOŁANYM NAPIEDEM WIATRU, A ŚREDNICĄ PNIA. WYKRES OBRAZUJE WYNIKI BADAŃ PONAD 1600 ŻYWYCH DRZEW. KRZYWE WARTOŚCI MINIMALNYCH I MAKSYMALNYCH POKAZUJĄ, ŻE PRZY TEJ SAMEJ GRUBOŚCI PNIA (100 CM), WARTOŚĆ MOMENTU MOŻE RÓŻNIĆ SIĘ PONAD 11-KROTNIE. [ZA:] L. WESSOLLY, M. ERB, *HANDBUCH DER BAUMSTATIK UND BAUMKONTROLLE*, PATZER VERLAG, BERLIN-HANNOVER 1998, S. 79 (OPR. WERSJI POLSKIEJ, W. BOBEK)

Bardzo istotną sprawą są parametry technologiczne drewna „zielonego” m.in.: moduł elastyczności, wytrzymałość wzdłuża, styczna i osiowa [Ryc. 16], ciężar. Wyniki badań różnych autorów są rozproszone, często podawane okazyjnie na okoliczność badań różnych właściwości drewna technicznego. Z tego względu cennym osiągnięciem Wessolly’ego było wdrożenie do obliczeń Stuttgarckiego Katalogu Wytrzymałości<sup>149</sup>. Dotyczy on podstawowych parametrów potrzebnych w takiej ocenie, a zatem: moduł elastyczności, średnia wytrzymałość, granica sprężystości oraz wspomniany współczynnik oporu powietrza.

<sup>149</sup> L. Wessolly, *Materialkennwerte Grüner Hölzer (Stuttgarter Festigkeitskatalog)*, Stuttgart 1989.

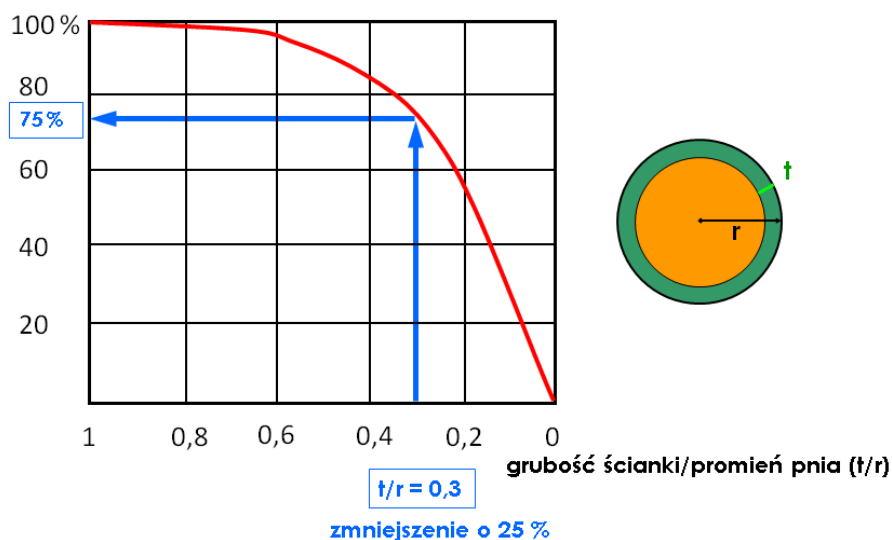




RYC. 16. WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCISKANIE DRZEW ŻYWYCH. WYKRES POKAZUJE RÓŻNICE POMIĘDZY WARTOŚCIAMI WYTRZYMAŁOŚCI WZGLĘDEM UKŁADU WŁÓKIEN. [ZA:] L. WESSOLLY, MATERIALKENNWERTE GRÜNER HÖLZER (STUTTGARTER FESTIGKEITSKATALOG), STUTTGART 1989, (OPR. WERSJI POLSKIEJ, W. BOBEK)

Zestawienie to ma charakter otwarty i obejmuje obecnie blisko 50 gatunków drzew dla których doświadczalnie wyznaczono wspomniane wartości. Badaniom podlegają różne drzewa, a szczególnie ciekawe są przypadki w których stwierdzono ubytki. Ma to znaczenie, dla określenia warunków brzegowych dla dalszych rozważań, zwłaszcza często wymienianej „pozostałej zdrowej ścianki”<sup>150</sup>, czyli grubości warstwy zdrowego drewna jakie musi pozostać, aby drzewo mogło bezpiecznie stać. Spory w tym temacie wśród badaczy głównie niemieckich, ale też angielskich i amerykańskich trwają cały czas, za sprawą granicznej wartości 0,3 wyznaczonej przez Mattecka, dotyczącej wartości proporcji promienia pnia do grubości zdrowej ścianki  $t/r$ , przy której według tych badań, dochodzi do utraty wytrzymałości, a w skutek tego do złamania.

<sup>150</sup> L. Wessolly, M. Erb, *Handbuch ...*, s. 68



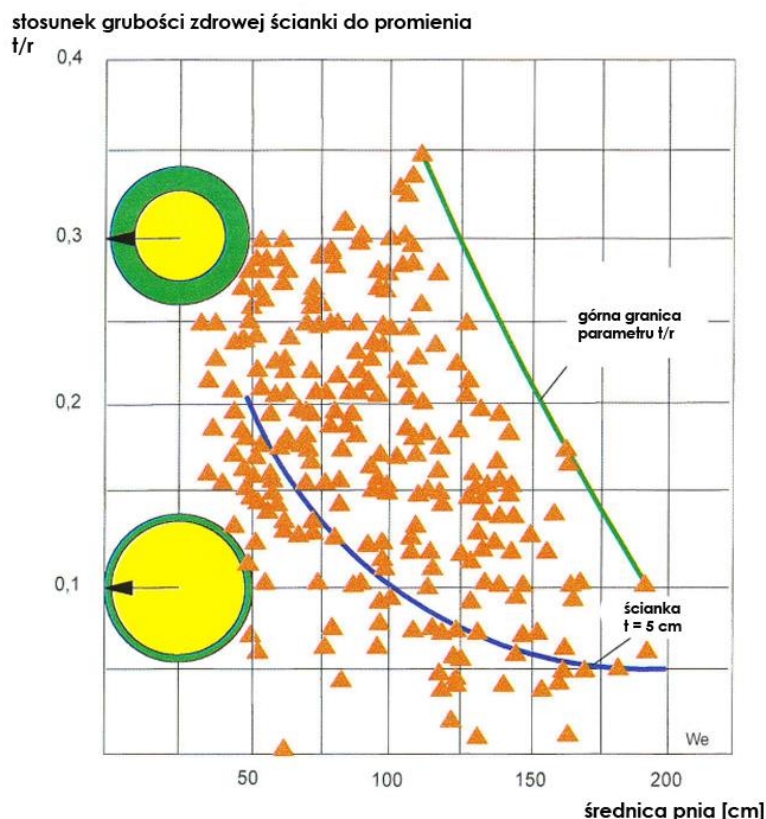
RYC.17. PROCENTOWA ZMIANA WYTRZYMAŁOŚCI PNIA NA ZŁAMANIE Z ZAMKNIĘTYM UBYTKIEM, W ZALEŻNOŚCI OD WARTOŚCI ZALEŻNOŚCI PROMIENIA [R] DO POZOSTAŁEJ ZDROWEJ ŚCIANKI [T]. [ZA:] L. WESSOLLY, M. ERB, *HANDBUCH DER BAUMSTATIK UND BAUMKONTROLLE*, PATZER VERLAG, BERLIN-HANNOVER 1998, S. 68 (OPR. WERSJI POLSKIEJ, W. BOBEK)

W opozycji do tego staje Wessolly, który pokazuje zależność wytrzymałości od wartości t/r na wykresie [Ryc.17] i wskazuje, że przy wartości 0,3 drzewa mają ciągle około ¾ wyjściowej wartości wytrzymałości podstawowej. Co więcej nie jest logicznym ustalanie takiego samego parametru dla wszystkich drzew, gdyż w zależności od gatunki zmieniają się parametry wytrzymałości drewna, co pokazuje choćby Stuttgarcki Katalog Wytrzymałości.<sup>151</sup> Stanowisko Wessolly'ego wspiera też Gruber<sup>152</sup>, wskazując że nie można granicy 0,3 traktować jako stałej przyrodniczej, gdyż wiele drzew nie ulega zniszczeniu pomimo „przekroczenia” tej granicy. Wessolly pokazuje [RYC.18], że stałość parametru t/r na poziomie 0,3 nie ma większego sensu, gdyż wraz ze

<sup>151</sup> Wagener, który jako pierwszy, w latach 60-tych badał tą zależność, ustalił wartość 0,3 dla drzew iglastych, które różnią się w budowie o drzew iglastych, co przekłada się na parametry statyczne. [patrz:] W. Wagener, *Judging hazard...*, *passim*.

<sup>152</sup> F. Gruber, *Die VTA-R W /R-Grenzregel zum Baumwürf, ein weiteres wissenschaftlich nicht nachvollziehbares und praktisch inadäquates Versagenskriterium der Standsicherheit*, [w:] „Agrar- und Umweltrecht“, nr 3, Verlag Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster 2007, s. 74-79

wzrostem średnicy pnia maleje wymagana grubość zdrowej ścianki. Zostało to wykazane na podstawie badań ponad 260 drzew pozostających w przestrzeni, co do których nie zaistniała konieczność usunięcia ze względu na stan statyczny.<sup>153</sup>



RYC.18. WYKRES POKAZUJE, ŻE WRAZ ZE WZROSTEM ŚREDNICY PNIA DRZEWA MALEJE MINIMALNA WARTOŚĆ GRUBOŚCI POZOSTAŁEJ ZDROWEJ ŚCIANKI [T]. [ZA:] L. WESSOLLY, M. ERB, *HANDBUCH DER BAUMSTATIK UND BAUMKONTROLLE*, PATZER VERLAG, BERLIN-HANNOVER 1998, S.116 (OPR. WERSJI POLSKIEJ, W.BOBEK)

W swych badaniach Kane i Ryan<sup>154</sup> porównują podejście znanych metod Wagenera, Codera, Smiley'a i Fraedricha oraz Mattecka i Breloer do wspomnianego problemu wypróchnień, wskazując podobieństwa i różnice oraz sugerując stosowanie poszczególnych metod do konkretnych przypadków. Zgodnie z powyższym należy uznać, iż w wielu

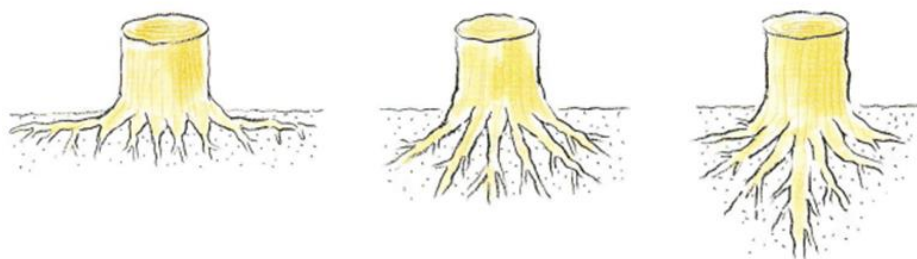
<sup>153</sup> L. Wessolly, M. Erb, *Handbuch ...*, op.cit., s. 116.

<sup>154</sup> B. Kane, D. Ryan: *Accuracy of formulas to assess strength loss due to decay*, [w:] "Journal of Arboriculture", nr 30/6, ISA, Champaign, 2004, s.349.

przypadkach niezbędne jest indywidualne podejście pomimo użycia przyjętych metod.

Podsumowując problem wpływu stanu i właściwości pnia na statykę całego drzewa należy rozważyć wpływ analizowanych wyżej aspektów. Jak zauważa Wessolly, nie możemy analizować pnia tylko pod kątem jakości materiału i przekroju poprzecznego w oderwaniu od obciążenia, gdyż to ono generuje największą amplitudę zmian.<sup>155</sup>

W ocenie statyki nie można pominąć systemu korzeniowego, jako elementu drzewa, bezpośrednio odpowiedzialnego za stabilność drzewa w gruncie. Pierwszą cechą systemu korzeniowego, zależną od gatunku oraz warunków w jakich drzewo rośnie, jest jego typ rozwojowy.[Ryc. 19]



RYC. 19. SYSTEM KORZENIOWY W NORMALNYCH WARUNKACH SIEDLISKOWYCH WYKSZTAŁCA TYPOWY DLA DANEGO GATUNKU UKŁAD. WYRÓŻNIA SIĘ 3 PODSTAWOWE: PŁASKI, SERCOWATY I PALOWY. Z PUNKTU WIDZENIA POWSTAWANIA RYZYKA, UKŁAD KORZENI WPŁYWA NA KOTWIENIE DRZEWA W GRUNCIE, CO DECYDUJE O STABILNOŚCI I POZIOMIE RYZYKA. [ZA:] L. WESSOLLY, M. ERB, *HANDBUCH DER BAUMSTATIK UND BAUMKONTROLLE*, PATZER VERLAG, BERLIN-HANNOVER 1998, S. 43

Bardzo często, przy braku ograniczeń technicznych, system korzeniowy może sięgać poza zasięg rzutu korony. Niezależnie od tego istotne jest też kierunkowe rozmieszczenie, związane z przestrzennymi uwarunkowaniami rozwoju, np.: w pasie pomiędzy dwoma pasami ruchu, rodzajami nawierzchni. Istotna jest gęstość i stopień wykształcenia systemu korzeniowego. Dla drzew miejskich często kształtowana jeszcze w szkółce poprzez zabiegi hodowlane. Ważne jest podłoże w jakim drzewo się rozwija. Jakkolwiek gleboznawstwo definiuje i wyróżnia wiele rodzajów

---

<sup>155</sup> L. Wessolly, M. Erb, *Handbuch ...*, op.cit., s. 80

gleb, które za sprawą geotechniki mają przypisane wartości (tarcia wewnętrznego, spoistości, uwodnienia), dla potrzeb oceny statyki, a w przypadku drzew stabilności w gruncie, wystarczający jest podział na gleby piaszczyste i gliniaste. Autor widzi możliwości uszczegółowienia analizy stabilności w oparciu o badania geotechniczne, lecz świadomie, na tym poziomie badań, z nich rezygnuje, w celu nie tworzenia kolejnych stopni skomplikowania metody.

Główną różnicę pomiędzy tymi dwoma typami gleb stanowi reakcja na zmianę warunków wodnych, gdyż wpływa to na wspomnianą zwięźłość i tarcie wewnętrzne. Dla oceny stabilności, a zwłaszcza ryzyka, duże znaczenie w tym zakresie ma ewentualna zmiana warunków glebowych. Jeśli drzewo od początku rośnie w tych samych warunkach, to adaptuje się do nich, wykształcając system korzeniowy w dostosowaniu do możliwości. Dlatego zwłaszcza w układach miejskich znaczenie mają kolizje na jakie narażone są korzenie w trakcie rozwoju oraz to czy system korzeniowy wchodzi z nimi w interakcję.

Przykładem mogą być drzewa na terenie żłobka w Warszawie przy ul. Nowolipie 15a, badane pod kątem statyki i stabilności w 2006 roku<sup>156</sup>. Pomiar statyki zostały wykonane po tym jak jedno z drzew przewróciło się na teren ogrodu żłobka, podczas prac remontowych ogrodzenia. Okazało się, że drzewa wykształciły system korzeniowy wykorzystując fundament starego ogrodzenia, jako dodatkowy element stabilizujący je w gruncie, a gdy podczas prac został on usunięty, doszło do wykrotu jednego z drzew. Był nim klon jesionolistny (*Acer negundo*), którego system korzeniowy utracił kotwienie w podłożu [Ryc. 20]. Na fotografii widoczna jest również inna ważna cecha systemów korzeniowych, a mianowicie efektywna dźwignia kotwienia, zaznaczona czerwonymi

---

<sup>156</sup> Badania drzew prowadzone były przez autora wraz z prof. Siewniakiem, w celu oceny stanu drzew pozostałych i ryzyka ich przewrócenia się na teren żłobka. Przypadek ten został szczegółowo opisany w dalszej części pracy wraz z szczegółową analizą i określeniem stopni i stref ryzyka.



strzałkami, o długości równej średnicy pnia przy podstawie. Jest to obszar wokół pnia, którego zasięg wyznaczył Wessolly, o średnicy równej trzykrotności wspomnianej średnicy pnia mierzonych przy podstawie.



RYC. 20. SYSTEM KORZENIOWY KLONU JESIONOLISTNEGO (*ACER NEGUNDO*), NA GRANICY Z ROZEBRANYM FUNDAMENTEM OGRODZENIA, SILNE ZABURZENIE STABILNOŚCI DRZEWA W GRUNCIE DOPROWADZIŁO DO WYKROTU, TEREN ŻŁOBKA NR 10 PRZY UL. NOWOLIPIE 15A, 2006, FOT. M. SIEWNIAK

Ma ona podstawowe znaczenie mechaniczne dla stabilności drzewa<sup>157</sup>. Znaczenie tej części systemu korzeniowego tłumaczy wzór określający moment wykrotu (wywracający drzewo), który musi być zrównoważony momentem oporu bryły przed wykrotem, zależnego od iloczynu wektorowego siły tarcia korzeni o podłoże i długości dźwigni systemu korzeniowego. Moment wykrotu wyraża się wzorem:

$$M_W = \frac{1}{2} \rho \times c_x \times \sum_0^z h_z \times A_z \times (v_z)^2 \quad [4]$$

gdzie:

$M_W$  – moment wykrotu [Nm]

$\rho$  – gęstość powietrza w konkretnym położeniu geograficznym [kg/m<sup>3</sup>],

$c_x$  – współczynnik oporu powietrza dla danego gatunku drzewa.

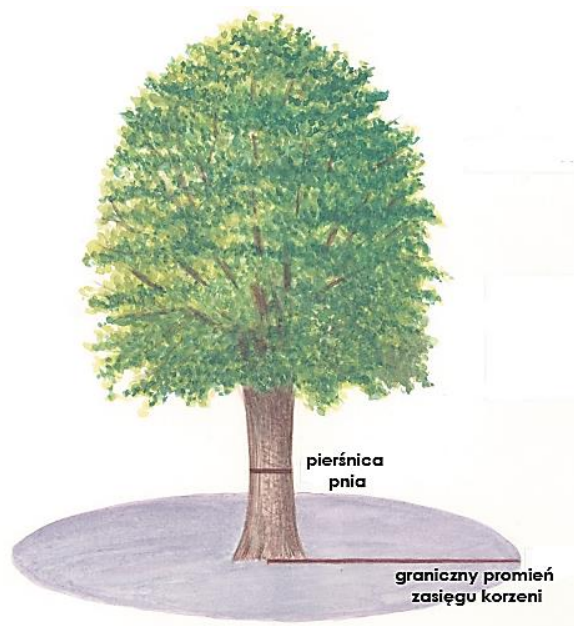
<sup>157</sup>L. Wessolly, M. Erb, *Handbuch ...*, op.cit., s. 160

$h_z$  – długość ramienia dźwigni na danej wysokości z. [m]

$A_z$  – pole powierzchni korony wystawionej na wiatr w płaszczyźnie normalnej do kierunku wiatru na danej wysokości z [m<sup>2</sup>]

$v_z$  – prędkość wiatru na danej wysokości z. [m/s]

Innym sposobem podejścia do problemu zasięgu systemu korzeniowego jest graniczny promień zasięgu korzeni, opisany przez Albers i in.<sup>158</sup>, który równy jest osiemnastu pierśnicom pnia. Obszar zdaje się być dużym, ale zazwyczaj odpowiada to zasięgowi korzeni. Zgodnie z tym co podają autorzy, po uszkodzeniu ponad 40% tego obszaru, drzewo może utracić kotwienie w gruncie.



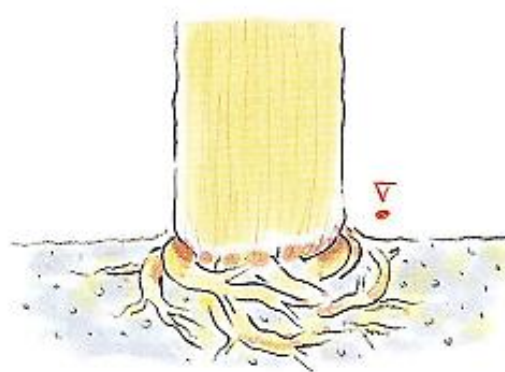
RYC. 21. ZALEŻNOŚĆ POMIĘDZY GRANICZNYM PROMIENIEM ZASIĘGU KORZENI A PIERŚNICĄ PNIA. SŁUŻY ON DO OCENY JAK BARDZO STABILNOŚĆ ZOSTAŁA NARUSZONA. JEŚLI ZAKRES USZKODZEŃ SYSTEMU KORZENIOWEGO PRZEKROCZY 40% WYZNACZONEGO OBSZARU, DRZEWO MOŻE UTRACIĆ KOTWIENIE W GRUNCIE. JEST TO SZCZEGÓLNICIE WAŻNE W PRZYPADKU PRAC WYKONYWANYCH W ZASIĘGU DRZEW. [ZA:] J. S. ALBERS, J. D. POKORNY, G. R. JOHNSON, *HOW TO DETECT AND ASSESS HAZARDOUS DEFECTS IN TREES*, [W:] *URBAN TREE RISK MANAGEMENT: A COMMUNITY GUIDE TO PROGRAM DESIGN AND IMPLEMENTATION*, (RED. J.D. POKORNY), USDA FOREST SERVICE, ST. PAUL 2003, S. 67 (OPR. WERSJI POLSKIEJ, W. BOBEK)

---

<sup>158</sup> [z ang:] Critical Root Radius (CRR) [za:] J. S. Albers, J. D. Pokorny, G. R. Johnson, *How to ...*, op.cit., s. 67



Pośrednim wyznacznikiem obszaru, w którym nie powinno się naruszać systemu korzeniowego jest wielkość określająca w jakiej odległości od pnia powinien być wykonany ekran korzeniowy, chroniący drzewo przed negatywnym wpływem inwestycji, czy robót budowlanych. Prezentuje go wielu fachowców i badaczy, m.in.: Siewniak i Kusche<sup>159</sup> czy Siewniak i Bobek<sup>160</sup>. Jest to koło o promieniu równym pięciu średnicom pnia u podstawy liczonemu od podstawy pnia.



RYC. 22. KORZENIE STRANGULACYJNE (DUSZĄCE) WOKÓŁ PNIA, DUŻE RYZYKO ZŁAMANIA PNIA. [ZA:] J. S. ALBERS, J. D. POKORNY, G. R. JOHNSON, *HOW TO DETECT AND ASSESS HAZARDOUS DEFECTS IN TREES*, [W:] *URBAN TREE RISK MANAGEMENT: A COMMUNITY GUIDE TO PROGRAM DESIGN AND IMPLEMENTATION*, (RED. J.D. POKORNY), USDA FOREST SERVICE, ST. PAUL 2003, S. 67

RYC. 23. DUSZENIE PNIA PRZEZ KORZENIE STRANGULACYJNE, DUŻE RYZYKO ZŁAMANIA PNIA. [ZA:] L. WESSOLLY, M. ERB, *HANDBUCH DER BAUMSTATIK UND BAUMKONTROLLE*, PATZER VERLAG, BERLIN-HANNOVER 1998, S. 46

Wpływ na stabilność, ma także ubicie gruntu czy jego zapłytywanie. [Tabela 1] Z jednej strony skutkuje on negatywnie na możliwość prawidłowego rozwoju systemu korzeniowego, na jego zaopatrzenie w tlen i wodę. Zwracało na to uwagę wielu m.in. Siewniak i Bobek.<sup>161</sup> Może to powodować nieprawidłowości w kierunkowym

---

<sup>159</sup> M. Siewniak, D. Kusche, *Baumpflege Heute*, Patzer Verlag, wyd.5, Berlin-Hannover, 2010, s. 166

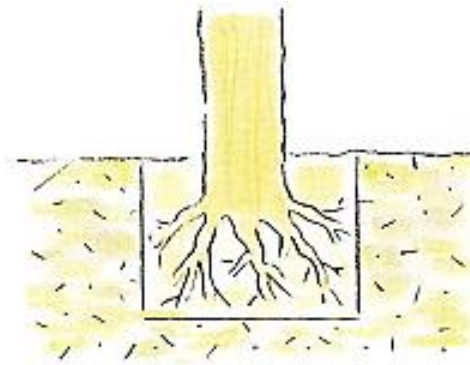
<sup>160</sup> M. Siewniak, W. Bobek, *Zabezpieczenie drzew na placach budów*, [w:] „Czasopismo Techniczne, Architektura”, 6-A/2005, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2005, s.75

<sup>161</sup> M. Siewniak, W. Bobek, *Zabezpieczenie .....*, *op.cit.*, s.73

rozwoju, stymulując rozwój korzeni strangulacyjnych (duszących) [Ryc. 22]. Może to doprowadzić zarówno do złamania pnia przy podstawie, jak i zamierania całego drzewa [Ryc. 23]. Z drugiej strony może zwiększać kotwienie w gruncie w niektórych przypadkach.

TABELA 1. CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH (WYSTĘPUJĄCYCH W POLSCE) GATUNKÓW DRZEW POD WZGLĘDEM CECH SYSTEMU KORZENIOWEGO [ZA:] J. S. ALBERS, J. D. POKORNY, G. R. JOHNSON, *HOW TO DETECT AND ASSESS HAZARDOUS DEFECTS IN TREES*, [W:] *URBAN TREE RISK MANAGEMENT: A COMMUNITY GUIDE TO PROGRAM DESIGN AND IMPLEMENTATION*, (RED. J.D. POKORNY), USDA FOREST SERVICE, ST. PAUL 2003, S. 67-68 (WYBÓR I OPR. WERSJI POLSKIEJ, W. BOBEK)

Gatunek	Wrażliwość na odcięcie korzeni	Wrażliwość ubicie i nawodnienie gleby	Zasięg korony dojrzałego drzewa [m]
Brzoza papierowa	średnio-wrażliwa	wrażliwa	9-15
Czeremcha amerykańska	średnio-wrażliwa	wrażliwa	12-15
Dąb czerwony	tolerancyjny	średnio-wrażliwy	12-15
Głóg	średnio-wrażliwy	średnio-wrażliwy	6-9
Iglicznia trójcierniowa	tolerancyjna	średnio-wrażliwy	15-25
Jarząb pospolity	tolerancyjny	średnio-wrażliwy	5-8
Jesion amerykański	tolerancyjny	średnio-wrażliwy	15+
Jesion pensylwański	tolerancyjny	tolerancyjny	9-15
Jodła balsamiczna	tolerancyjna	tolerancyjna	6-11
Jodła biała	tolerancyjna	wrażliwa	3-6
Kasztanowiec gładki	średnio-wrażliwy	średnio-wrażliwy	9-12
Klon jesionolistny	tolerancyjny	tolerancyjny	10-15
Klon srebrzysty	tolerancyjny	tolerancyjny	10-15
Kłęk amerykański	wrażliwy	wrażliwy	12-15
Lipa	średnio-wrażliwy	wrażliwa	15-25
Orzech czarny	wrażliwy	średnio-wrażliwy	18-30+
Orzech szary	wrażliwy	średnio-wrażliwy	15-18
Orzesznik gorzki	średnio-wrażliwy	średnio-wrażliwy	9+
Robinia biała	tolerancyjna	wrażliwa	6-15
Sosna zwyczajna	tolerancyjna	wrażliwa	9-15
Surmia	średnio-wrażliwa	tolerancyjna	9-15
Świerk biały	tolerancyjny	tolerancyjny	6-9
Świerk kłujący	średnio-wrażliwy	tolerancyjny	6-9
Wiązowiec zachodni	odporny	średnio-wrażliwy	15+



RYC. 24. EFEKT DONICZKOWY WYNIKAJĄCY Z KILKU PRZYCZYN. DRZEWO PRZESTAJE SIĘ ROZWIJAĆ PO KILKU LATACH OD POSADZENIA, CZĘSTO DOCHODZI DO ZAMIERANIA, A W SKRAJNYCH PRZYPADKACH DO ZŁAMANIA LUB WYKROTU. EFEKT POTĘGOWANY JEST CZĘSTO ZBYT GŁĘBOKIM SADZENIEM, [ZA:] L. WESSOLLY, M. ERB, *HANDBUCH DER BAUMSTATIK UND BAUMKONTROLLE*, PATZER VERLAG, BERLIN-HANNOVER 1998, S. 46

Coraz większym problemem jest także niewłaściwe sadzenie. Z jednej strony wiele publikacji zawiera reguły poprawnego sadzenia, jak choćby Europejski przewodnik do sadzenia drzew i palm<sup>162</sup>, wydany przez EAC<sup>163</sup>. Z drugiej zaś strony nagminnie powielane są podobne lub te same błędy, takie jak: zbyt głęboki poziom sadzenia<sup>164</sup>, czy złe przygotowanie dołu sadzeniowego<sup>165</sup>, powodujące zahamowanie rozwoju drzewa lub/i utratę właściwej stabilizacji w gruncie [Ryc. 24]. Podobne skutki może pociągać za sobą zmiana poziomu gruntu, a głównie przysypanie pnia. O ile obniżenie poziomu gruntu jest łatwo zauważalne oraz wszelkie zmiany w obrębie korzeni są zwykle widoczne, to w przypadku przysypania pnia, negatywnych zmian, większość

---

<sup>162</sup> *European Tree and Palm Planting Guide*, EAC, Bad Honnef 2009.

<sup>163</sup> European Arboricultural Council [z ang.]: Europejska Rada ds. Drzew.

<sup>164</sup> Szczególnie często powielany błąd przy sadzeniu drzew z pojemników. Drzewa w pojemnikach często przysypane są warstwą świeżej ziemi nawet 15 cm powyżej nasady pnia. Jeśli drzewo zostanie posadzone zgodnie z niewłaściwym poziomem sadzenia, korzenie pierwotnie wytworzone zaczynają zamierać, a zastępowane są przez nowe, przybyszowe, które nie są w stanie zapewnić stabilizacji w gruncie. Taka sytuacja może też zdarzyć się przy sadzeniu drzew z bryłą, jeśli balot ją obejmujący zostanie źle wykonany.

<sup>165</sup> Wielkość dołów dla sadzonych drzew jest zwykle za mała, choć ich wielkość można z góry przewidzieć, stosując zasadę, że średnica dołu jest 3-krotnością średnicy bryły. Co więcej doły sadzeniowe nie mają spulchnionych ścian, powodując tworzenie się granicy trudnej do pokonania dla korzeni i wywołując efekt doniczkowy.

obserwatorów nie zauważa. Skutki są jednakowoż długofalowe. Choć drzewo może zachować przynajmniej częściową żywotność, na skutek rozwoju korzeni przybyszowych z pąków śpiących pnia, korzenie te nie są w stanie utrzymać drzewa w gruncie, a podstawowe korzenie, w wyniku przysypania i silnego ograniczenia dostępu do tlenu, zamierają. Wtedy, na skutek utraty kotwienia, dochodzi to wykrotu.

---

### 6.1.3. SKŁADOWA STATYKI DRZEWA

---

W pracy do oceny składowej statyki drzewa wykorzystano metodę SIA uzupełnioną o VTA dla wszystkich analizowanych drzew oraz metodę SIM dla drzew, co do których wyniki poprzedniej metody nie były wystarczająco jednoznaczne. Celem obu metod jest wyznaczenie podstawowych parametrów statyki drzewa, a więc:

- wytrzymałości podstawowej  $S_g$ <sup>166</sup>, wyjściowej i bazowej wartości, obliczanej dla geometrycznych parametrów pnia (przekrój poprzeczny) oraz żagla korony (powierzchni wystawionej na działanie wiatru), konkretnego gatunku drzewa.
- aktualnej wytrzymałości na złamanie pnia  $S_b$ <sup>167</sup>, wartości uwzględniającej defekty i ubytki pnia, dla SIA przy pomocy analizy VTA i diagramów wypróchnień, dla SIM bezpośrednio podczas pomiaru, badając elastyczność włókien drewna w zadanych punktach przy pomocy elastometru.
- stabilności w gruncie  $S_k$ <sup>168</sup>, stateczności, wartości określającej poziom kotwienia w podłożu, możliwa do oceny przy pomocy metody SIM bezpośrednio podczas pomiaru, badając nasady pnia przy pomocy inklinometru. Można ją wyznaczyć również przy

---

<sup>166</sup>  $S_g$  - Grundsicherhiet [z niem:] wytrzymałość podstawowa, wyjściowa.

<sup>167</sup>  $S_b$  - Bruchsicherhiet [z niem:] wytrzymałość na złamanie.

<sup>168</sup>  $S_b$  - Standsicherhiet [z niem:] stabilność w gruncie, stateczność, kotwienie.

pomocy bliźniaczej metody AfB stworzonej przez Sinna, czy też metody Verhagena.

Wyżej wymienione wartości prezentowane są jako wskaźniki, w procentach, podobnie jak określamy zapas bezpieczeństwa w przypadku mostów czy innych obiektów. Wyznaczenie tych wartości pozwala sparametryzować składową statyki **ST** dla oceny ryzyka.

Działanie metod SIA (wraz z VTA) oraz SIM zostanie zaprezentowane na przykładach. Zabieg ten zastosowano, aby wyeliminować wątpliwości co do klarowności wyводу oraz ograniczyć objętość analizy poszczególnych przypadków w dalszej części pracy. Drzewo, które posłużyło za przykład, to badany w 2008 roku w Alei Królewskiej w Puławach<sup>169</sup>, jesion wyniosły (*Fraxinus excelsior*) nr 16 [Ryc. 25].




RYC. 25. JESION WYNIOSŁY (*FRAXINUS EXCELSIOR*) NR 16, ALEJA KRÓLEWSKA W PUŁAWACH, 2008, FOT. W. BOBEK

---

<sup>169</sup> M. Siewniak, W. Bobek, *Ocena stanu drzew w Alei Królewskiej w Puławach*, Puławy-Warszawa, 2008, (maszynopis)



Dla obu metod musimy określić podstawowe parametry dendrometryczne. Dla metody SIA dodatkowo trzeba określić położenie/pokrycie terenu, w nawiązaniu do współczynników szorstkości terenu Davenporta oraz jeden z czterech kształtów korony: kolumnowy, eliptyczny, kulisty i sercowaty, co prezentuje [Ryc. 26]. Pozostałe informacje odczytujemy z diagramów A i B, oraz z diagramu wypróchnień<sup>170</sup>, dedykowanych dla tej metody, a opracowanych przez Wessollego, na podstawie empirycznych danych.<sup>171</sup>

Formularz Zintegrowanej Oceny Statyki Drzewa (SIA)	
Gatunek:	<b>Fraxinus excelsior nr 16</b>
Wysokość drzewa:	<b>15,5 m</b>
Średnica 1:	<b>61 cm</b>
Średnica 2:	<b>60 cm</b>
Grubość korowiny:	<b>2 cm</b>
Położenie (pokrycie terenu):	<b>miasto/aleja</b>
Kształt korony:	

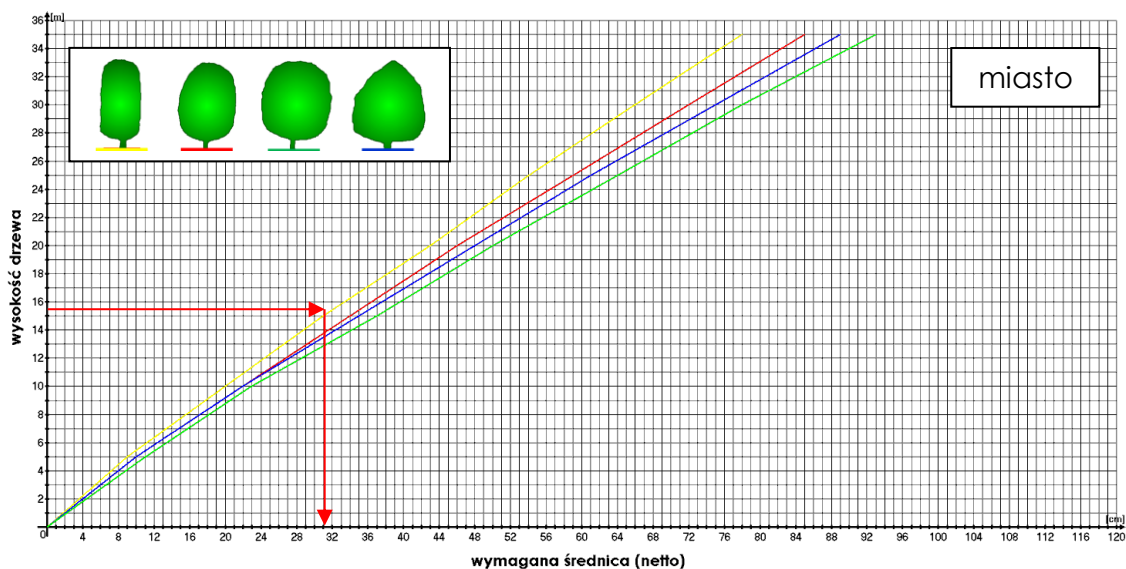
RYC. 26. FORMULARZ METODY SIA, DLA JESIONU WYNIOSŁEGO NR 16, Z ALEI KRÓLEWSKIEJ W PUŁAWACH. [ZA:] M. SIEWNIAK, W. BOBEK, OCENA STANU DRZEW W ALEI KRÓLEWSKIEJ W PUŁAWACH, PUŁAWY-WARSZAWA, 2008, (OPR. W. BOBEK)

Przy określonym gatunku i wysokości (15,5 m) z diagramu A [Ryc. 27], odczytujemy wymaganą średnicę netto<sup>172</sup>, która wynosi 31 cm. Zgodnie z metodą, dysponując wymaganą średnicą netto, możemy obliczyć współczynnik bezpieczeństwa, niezbędny do obliczenia wytrzymałości podstawowej, który jest stosunkiem mierzonej do wymaganej średnicy netto. Mierzona średnica netto w omawianym przypadku wynosi  $(61 \text{ cm} + 60 \text{ cm})/2 - 2 \times 2 \text{ cm} = 56,5 \text{ cm}$ .

<sup>170</sup> M. Siewniak, Ma. Siewniak, W. Bobek, *Szacunkowa Metoda Oceny Statyki Drzew - materiały szkoleniowe*, Centrum Dendrologiczne, Warszawa, 2012 (maszynopis)

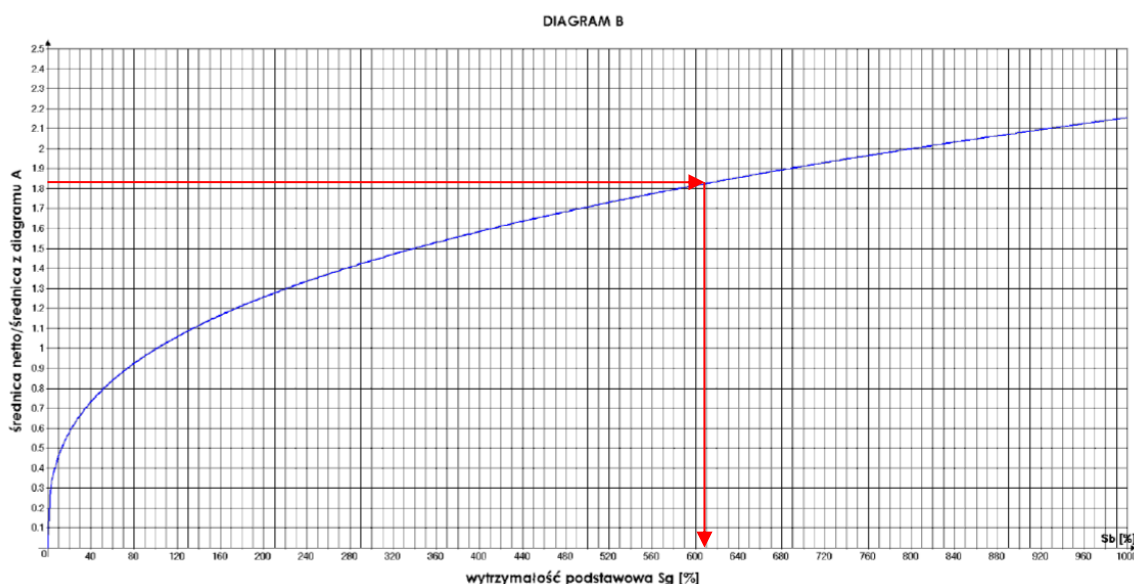
<sup>171</sup> L. Wessolly, M. Erb, *Handbuch...*, op.cit., s. 149-157

<sup>172</sup> Średnica netto to średnica zmierzona na wysokości 1 m pomniejszona o grubość korowiny.



RYC. 27. DIAGRAM A DLA JESIONU WYNIOSŁEGO W WARUNKACH MIEJSKICH, LINIA ŻÓŁTA DLA KOLUMNOWEGO KSZTAŁTU KORONY [ZA:] M. SIEWNIAK, MA. SIEWNIAK, W. BOBEK, SZACUNKOWA METODA OCENY STATYKI DRZEW - MATERIAŁY SZKOLENIOWE, CENTRUM DENDROLOGICZNE, WARSZAWA, 2012 (OPR. W. BOBEK)

Zatem współczynnik bezpieczeństwa równa się  $56,5 \text{ cm} / 31 \text{ cm} = 1,82$ . Kolejnym krokiem jest odczytanie wartości wytrzymałości podstawowej  $S_g$  z diagramu B [Ryc. 28], która wynosi 610%.

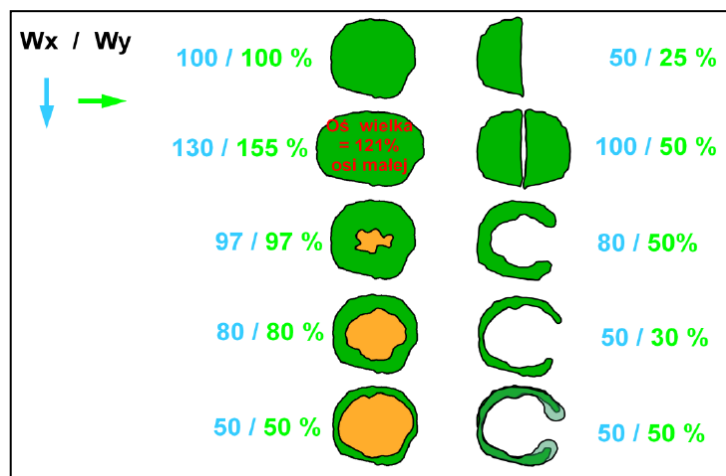


RYC. 28. DIAGRAM B, ODCZYTUJEMY WARTOŚĆ WYTRZYMAŁOŚCI PODSTAWOWEJ NA PODSTAWIE WSPÓŁCZYNNIKA BEZPIECZEŃSTWA [ZA:] M. SIEWNIAK, MA. SIEWNIAK, W. BOBEK, SZACUNKOWA METODA OCENY STATYKI DRZEW - MATERIAŁY SZKOLENIOWE, CENTRUM DENDROLOGICZNE, WARSZAWA, 2012, (OPR. W. BOBEK)

Aby zakończyć obliczenia potrzebujemy określić wytrzymałość aktualną na złamanie  $S_b$ . Służy temu diagram wypróchnień [Ryc. 29], który



pozwala zmienić wartość  $S_g$ , o współczynnik odpowiadający wypróchnieniu. Z racji na obecność owocników żółciaka siarkowego (*Laetiporus sulphureus*), należy przyjąć współczynnik 50% (0,5). Ostatecznie uzyskujemy wartość  $S_b = 610\% \times 0,5 = 305\%$ .



RYC. 29 DIAGRAM WYPRÓCHNIENI, NA KTÓRYM ODCZYTUJEMY WARTOŚĆ WYTRZYMAŁOŚCI AKTUALNEJ, UWZGLĘDNIAJĄCEJ WYPRÓCHNIENIE PNIA [ZA:] M. SIEWNIAK, MA. SIEWNIAK, W. BOBEK, SZACUNKOWA METODA OCENY STATYKI DRZEW - MATERIAŁY SZKOLENIOWE, CENTRUM DENDROLOGICZNE, WARSZAWA, 2012, (OPR. W. BOBEK)

Ze względu na obecność owocników huby, oraz szczątkowy pokrój [Ryc. 25], statyka może być bardziej niejednorodnie zaburzona. W takich przypadkach wskazany jest dokonanie pomiaru statyki metodą SIM.

Metoda SIM, polega na pomiarze reakcji drzewa, za pomocą dwóch przyrządów: elastometru i inklinometru, na symulowane, przy pomocy liny stalowej i wciągarki, obciążenie wiatrem, którego siłę mierzy się dynamometrem<sup>173</sup>. Elastometr bada rozciągliwość włókien drewna w pniu, a inklinometr wychylenie nasady pnia, podczas zadanego obciążenia. Aby możliwe były obliczenia, dla każdego drzewa należy zebrać podstawowe dane dendrometryczne, informacje geograficzne i klimatyczne, warunki pomiaru takie jak: układ i kierunek liny oraz położenie instrumentów. Wartości pomiarowe zapisywane są w tabeli.

<sup>173</sup> Dokładny opis metody był już kilkakrotnie omawiany w publikacjach. [patrz:] M. Siewniak, Ma. Siewniak, W. Bobek, *Bezinwazyjny ...*

Dane zebrane są w protokole pomiarowych SIM [Ryc. 30]. Niezbędna jest też fotografia z kierunku obciążenia, w celu obliczenia powierzchni żagla korony oraz wyznaczenia środka naporu wiatru [Ryc. 31].

#### Zintegrowany Pomiar Statyki Drzewa (SIM)

Tabela 1.: Parametry podstawowe dla Jesionu wyniosłego nr 16

Protokół pomiarowy	
Gatunek:	<i>Fraxinus excelsior</i>
Nr:	16
Adres:	Aleja Królewska w Puławach
Stanowisko:	ulica/park
Opis korony:	reszkowa
Wysokość drzewa:	15,5 m
Pierśnica równolegle do obciążenia:	61 cm
Pierśnica prostopadle do obciążenia:	60 cm
Obwód pnia <small>na wysz. 1,3:</small>	193 cm
Grubość korowiny:	2,0 cm
Wysokość zaczepienia liny:	6,43 m
Odległość:	12,7 m
Temperatura:	5°C
Wysokość n.p.m.:	115 m
Kierunek obciążenia:	N

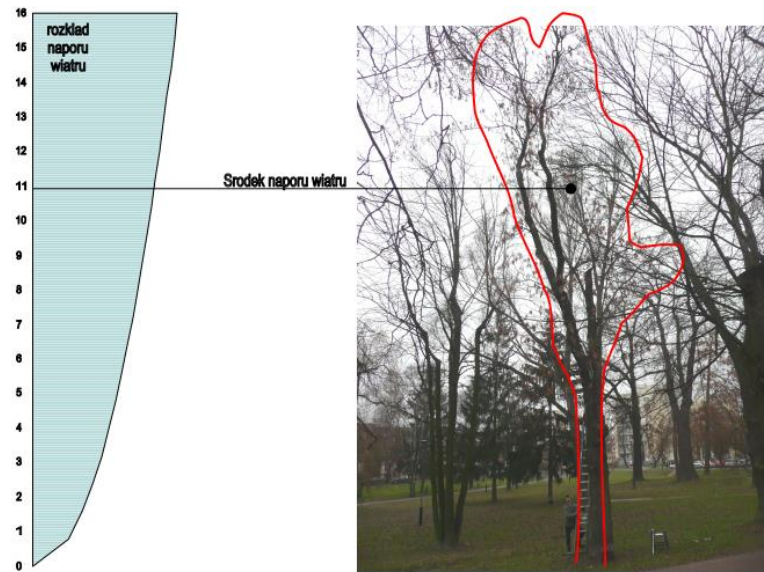
Tabela 2.: Wyniki pomiarów dla Jesiona nr 16

Nr i wysokość pp.	Dynamometr kN	Elastometr	Inklinometr	Uwagi
1. 0,4 m	14	14	3	
	65	114	9	
	84	158	12	
	106	203	16	
2. 1,36 m	88	53	11	
	110	81	14	
	130	108	18	
	145	127	20	
3. 2,40 m	97	258	12	

RYC. 30. PROTOKÓŁ POMIAROWY METODY SIM, DLA WYBRANEGO DRZEWA: JESION WYNIOSŁY NR 16 Z ALEI KRÓLEWSKIEJ W PUŁAWACH, [ZA:] M. SIEWNIAK, W. BOBEK, OCENA STANU DRZEW W ALEI KRÓLEWSKIEJ W PUŁAWACH, PUŁAWY-WARSZAWA, 2008.

Na podstawie zebranych danych można wykonać obliczenia parametrów statycznych drzew:  $S_g$ ,  $S_b$ ,  $S_k$ . Pierwszym elementem jest wyznaczenie naporu wiatru, co dla omawianego drzewa zostało zaprezentowane na [Ryc. 31]. Kolejnym etapem jest wyliczenie wytrzymałości podstawowej  $S_g$ , która wynosi 972%. Oznacza to, że drzewo, w tych warunkach, przy określonych wymiarach, posiada

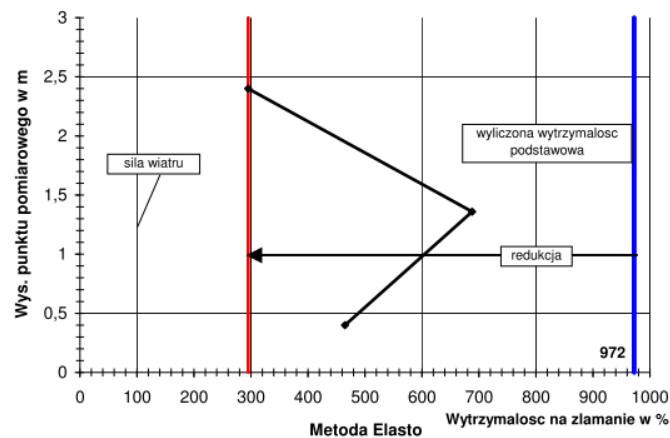
teoretycznie ponad 9-krotny zapas wytrzymałości. Widoczna różnica pomiędzy wynikami SIA i SIM dla  $S_g$  wynika z silnie zdeformowanego kształtu korony, który nie jest typowym dla gatunku i nie dokładnie wpisuje się w zadane dla SIA pokroje.



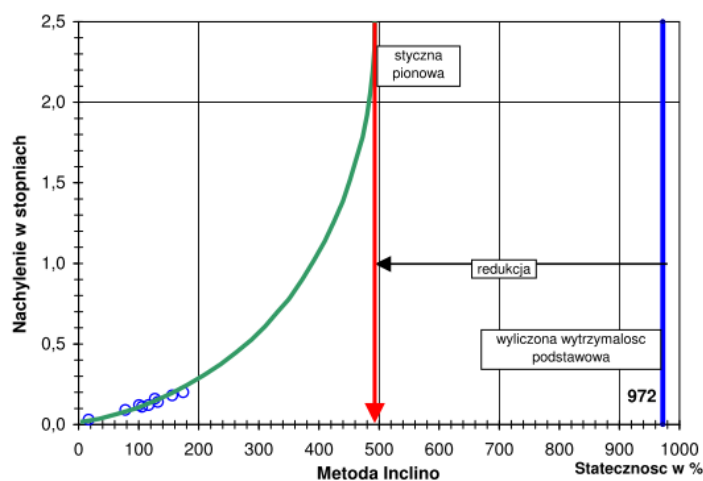
Analiza obciążenia wg DIN 1056 + Dynamika

RYC. 31 WYKRES ROZKŁADU NAPORU WIATRU [METODA SIM], DLA WYBRANEGO DRZEWA – JESIONU WYNIOSŁEGO Z ALEI KRÓLEWSKIEJ W PUŁAWACH, [ZA:] M. SIEWNIAK, W. BOBEK, OCENA STANU DRZEW W ALEI KRÓLEWSKIEJ W PUŁAWACH, PUŁAWY-WARSZAWA, 2008

Wykorzystując wyniki pomiaru instrumentalnego, obliczane są wartości  $S_b$ ,  $S_k$ . Wykresy [Ryc. 32] oraz [Ryc. 33] prezentują aktualne wartości zmian wskaźników wytrzymałości jesionu wyniosłego.



RYC. 32. ZMIANY WYTRZYMAŁOŚCI AKTUALNEJ  $S_b$  W ZALEŻNOŚCI OD PUNKTÓW POMIAROWYCH DLA WYBRANEGO DRZEWA – JESIONU WYNIOSŁEGO Z ALEI KRÓLEWSKIEJ W PUŁAWACH, [ZA:] M. SIEWNIAK, W. BOBEK, OCENA STANU DRZEW W ALEI KRÓLEWSKIEJ W PUŁAWACH, PUŁAWY-WARSZAWA, 2008



RYC. 33. ZMIANY STABILNOŚCI  $S_k$ , DLA WYBRANEGO DRZEWA – JESIONU WYNIOSŁEGO Z ALEI KRÓLEWSKIEJ W PUŁAWACH, [ZA:] M. SIEWNIAK, W. BOBEK, OCENA STANU DRZEW W ALEI KRÓLEWSKIEJ W PUŁAWACH, PUŁAWY-WARSZAWA, 2008

Wyniki pomiarów i obliczeń zostały zbiorczo przedstawione i zestawione w Tabeli 2. Umożliwia to porównanie wartości, które można też wyrazić za pomocą proporcji:  $S_g : S_b : S_k = 972 : 295 : 490 = 1 : 0,3 : 0,5$ . Oznacza to, że aktualna wytrzymałość pnia na złamanie zmalała o ponad 2/3, co jest znaczącym faktem silnie wskazującym na niekorzystne zmiany.

TABELA 2. WSKAŹNIKI WYTRZYMAŁOŚCI AKTUALNEJ PNIA NA ZŁAMANIE I STABILNOŚCI DRZEWA W GRUNCIE DLA JESIONU WYNIOSŁEGO NR 16 Z ALEI KRÓLEWSKIEJ W PUŁAWACH, [ZA:] M. SIEWNIAK, W. BOBEK, OCENA STANU DRZEW W ALEI KRÓLEWSKIEJ W PUŁAWACH, PUŁAWY-WARSZAWA, 2008, (OPR.W. BOBEK)

Nr i wysokość punktów pomiarowych [m]	Wskaźnik wytrzymałości podstawowej $S_g$ [%]	Wskaźnik wytrzymałości aktualnej $S_b$ [%]	Wskaźnik stabilności $S_k$ [%]	Uwagi
1. 0,4	<b>972</b>	465	<b>490</b>	
2. 1,36		688		
3. 2,4		<b>295</b>		

W obliczeniach metodą SIA,  $S_b$  spadła o połowę. Rozbieżność pomiędzy wynikami wynika z trudności w ocenie rozległości i wpływu na statykę rozkładu drewna powodowanego przez żółciaka siarkowego. Drzewo takie jest okazem problemowym i w takim wypadku należy użyć metody SIM jako bardziej niezależnej o oceny wypróchnienia. Dzieje się tak dlatego, że jak już wspomniano, badana jest bezpośrednio reakcja włókien drewna. Stabilność drzewa w podłożu  $S_k$  zmalała o połowę, co jest wyraźną zmianą i powinna być dokładnie przeanalizowana.

Zbiorczo wyniki oceny statyki powinny być ujęte w postaci warunków, które ułatwią przyjęcie właściwej wartości dla składowej statyki drzewa **ST** w kontekście jej wpływu na ryzyko. Dla uproszczenia i unifikacji metody dla wszystkich przypadków, przyjęto indukcyjny układ koniunkcji następujących warunków, których spełnienie określi wartość **ST**:

$$\text{Jeśli } \mathbf{S_g} \geq 300\% \wedge \mathbf{S_b / S_g} \geq 1 \wedge \mathbf{S_k / S_g} \geq 1 \Rightarrow \text{ST}=1$$

Przy założeniu, że każdy z trzech warunków został spełniony, to wartość ST wynosi 1. Jeżeli nie są, to przechodzimy do kolejnej koniunkcji.  $\mathbf{S_g} = 300\%$  jest dwukrotnym zapasem wartości granicznej wytrzymałości (150%), określonej przez Sinna<sup>174</sup> dla terenów zurbanizowanych.

$$\text{Jeśli } \mathbf{S_g} \geq 250\% \wedge \mathbf{S_b / S_g} \geq 0,75 \wedge \mathbf{S_k / S_g} \geq 0,75 \Rightarrow \text{ST}=2$$

$$\text{Jeśli } \mathbf{S_g} \geq 200\% \wedge \mathbf{S_b / S_g} \geq 0,5 \wedge \mathbf{S_k / S_g} \geq 0,5 \Rightarrow \text{ST}=3$$

$$\text{Jeśli } \mathbf{S_g} \geq 150\% \wedge \mathbf{S_b / S_g} \geq 0,25 \wedge \mathbf{S_k / S_g} \geq 0,25 \Rightarrow \text{ST}=4$$

$$\text{Jeśli } \mathbf{S_g} < 150\% \wedge \mathbf{S_b / S_g} < 0,25 \wedge \mathbf{S_k / S_g} < 0,25 \Rightarrow \text{ST}=5$$

Sprawdzanie układu po kolei powoduje, że ostatecznie uzyskujemy wartość składowej ST dla danego drzewa. W przypadku omawianego Jesiona wyniosłego nr 16, układ jest spełniony w przypadku ST=4, gdyż:  $\mathbf{S_g}=972\%$  jest większe od 150% i stosunek  $\mathbf{S_b}=295\%$  do  $\mathbf{S_g}=972\%$  równy 0,3 jest **większy** 0,25, i stosunek  $\mathbf{S_k}=490\%$  do  $\mathbf{S_g}=972\%$ , który wynosi 0,5 jest większy 0,25. Wszystkie 3 warunki są spełnione, stąd **ST=4**.

---

<sup>174</sup> G. Sinn, *Standssicherheit von Bäumen und Möglichkeiten....*

## 6.2. WITALNOŚĆ DRZEWA

---

Witalność drzewa lub inaczej żywotność, należy rozumieć podobnie jak u zwierząt czy ludzi, jako siłę życiową, potencjał energetyczny odpowiadający za zdolność do regeneracji oraz o sposobie zachowania się rośliny w sytuacji stresowej. Czasami bywa mylona ze zdrowotnością, czy stanem zdrowia lub choroby. Wynika to z faktu wyraźnego związku pomiędzy poziomem witalności, a podatnością na choroby. Dzieje się tak, gdyż to głównie witalność, poza cechami gatunkowymi, decyduje o odporności na choroby bakteryjne, wirusowe, a zwłaszcza. Gdy organizm rośliny jest witalny, posiada energię do wytworzenia reakcji obronnych i możliwości aktywnego, dla przykładu choćby przez mechanizm CODIT, przeciwdziałania na pojawiające się infekcje.

Witalność w pewnych warunkach wpływa na stan statyczny drzewa oraz na poziom ryzyka ze jego strony. Stąd sprawą bardzo istotną jest rozeznanie stanu drzewa pod kątem witalności, szczególnie w warunkach stresu miejskiego, gdzie jest narażone na infekcje grzybowe oraz pojawiające się szkodniki. Witalność decyduje czy dany osobnik potrafi odeprzeć atak. Problemem jest wyraziste i możliwie obiektywne określenie witalności. Na ogół stosowane metody opisu oparte są na waloryzacji intuicyjnej, dotyczącej stanu w jakim drzewo się znajduje. Często zatem spotykamy opisy witalności w skali od bardzo dobrej przez dobrą, średnią, niską i bardzo niską. Jest to, co prawda, skala zrozumiała, ale trudna do jednoznacznej interpretacji przez osoby inne niż autora konkretnej oceny. Borowski wskazuje, że istnieje wiele czynników wpływających na witalność drzew<sup>175</sup>, przez wiele parametrów może być branych pod uwagę. Wskazuje on dla przykładu wartość średniego poziomu fotosyntezy jako dobrego wyznacznika określania witalności. Sam proponuje metodę opartą na fotografii i fotogrametrii. Jak pisze:

---

<sup>175</sup> J. Borowski, *Wzrost ...*, op.cit., s.20-22

Wypada zgodzić się z Dobbertinem, który stwierdza, że najpełniejszy obraz kondycji drzewa daje połączenie wyników, badań stanu ulistnienia koron i przyrostów pni drzew.<sup>176</sup> Powołuje się tu także na badania Koopa<sup>177</sup> z jego cyfrowym modelem oraz na Bruchwalda i Dmyterko<sup>178</sup>, którzy prezentują podobne wnioski.

Innym podejściem jest procentowe określanie witalności, ale raczej w kontekście stanu korony, utraty liści, posuszu, które raczej odnosi się do oceny poziomu wystąpienia danych objawów niż bezpośrednio samej witalności. Próbą rozwiązania tego problemu była publikacja Brauna<sup>179</sup>, waloryzująca witalność na podstawie stanu kompletności korony w pięciostopniowej skali. Proponuje on tradycyjne opisy łączyć z procentowymi wartościami w następujący sposób:

- 1 = bardzo dobra witalność korony, 0-10% utraty liści;
- 2 = dobra witalność korony, 11-20% utraty z liści;
- 3 = średnia witalność korony, 21-40% utraty liści (częściowe odbarwienie lub żółknięcie liści);
- 4 = słaba witalność korony, 41-80% utraty liści (drzewo zaczyna umierać, tylko kilka żywych gałęzi z liśćmi);
- 5 = bardzo zła witalność korony, 81-100% utraty liści. (drzewo martwe);

Taki opis zilustrował rysunkowym przykładem [Ryc. 34].

---

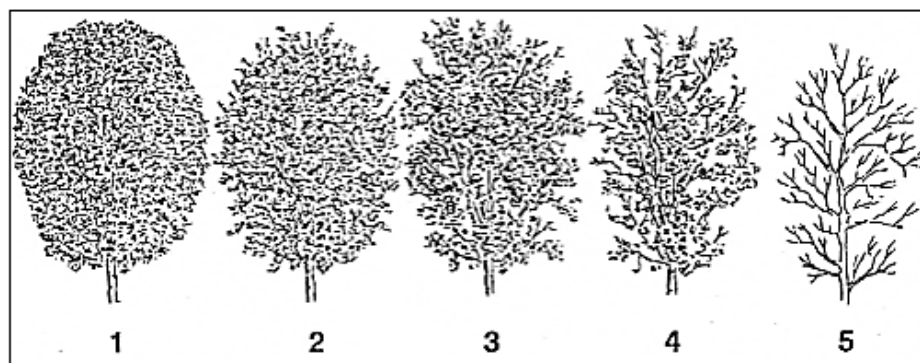
<sup>176</sup> J. Borowski, *Wzrost ...*, *op.cit.*, s.23

<sup>177</sup> H. Koop, *Forest Dynamics. SILVI-STAR: A Comprehensive Monitoring System*, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg 1989, 229 s, [za:] J. Borowski, *Wzrost ...*, *passim*.

<sup>178</sup> A. Bruchwald, E. Dmyterko, *Reakcja przyrostowa dębu szypułkowego w powiązaniu ze stopniem uszkodzenia korony*, [w:] „Sylwan”, nr 143 (2), Warszawa 1999, s. 47–59, [za:] J. Borowski, *Wzrost ...*, *passim*.

<sup>179</sup> C. Braun, *Der Zustand der Wiener Stadtbäume*, Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen, Wien 1990, *passim*.





RYC. 34. STOPNIE WITALNOŚCI KORONY WEDŁUG BRAUNA [ZA:] C. BRAUN, *DER ZUSTAND DER WIENER STADTBÄUME*, ÖSTERREICHISCHES BUNDESINSTITUT FÜR GESUNDHEITSWESEN, WIEN 1990

W podobnym okresie prace nad oceną witalności rozwinął Roloff<sup>180</sup>, który stworzył nowy, spójny system oceny. Całość swych badań zaprezentował we wspomnianej wcześniej publikacji<sup>181</sup>. Roloff chcąc rozwiązać ten problem, oparł się m. in. na modelach architektonicznych drzew, zaproponowanych przez Halle<sup>182</sup>, zauważając istotne różnice w zachowaniu się poszczególnych gatunków. Badania własne wspierał analizą prac innych badaczy dotyczących sposobu wzrostu i rozwoju poszczególnych gatunków drzew. Metoda Roloffa opiera się na wydzieleniu czterech faz (poziomów, stopni)<sup>183</sup> witalności:

- FW0 – faza eksploracji, w której to drzewo rozwija się prawidłowo, wykształcając pełną i typową dla gatunku koronę, w szczególności zauważalne jest wykształcanie pędów w sposób prawidłowy, właściwa dynamika przyrostu. Powoduje to, że płaszcz korony jest szczelny, opływowy dla wiatru, a przez ryzyko uszkodzeń, złamań jest niskie. Ma to także znaczenie dla reakcji na opady, w szczególności mokrego śniegu,

<sup>180</sup> A. Roloff, *Kronenentwicklung und Vitalitätsbeurteilung ausgewählter Baumarten der gemässigten Breiten*. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Frankfurt am Main 1989, *passim*.

<sup>181</sup> A. Roloff, *Baumkronen*, ..., *passim*.

<sup>182</sup> F. Halle, *Architectural* ....., *passim*.

<sup>183</sup> Tłumaczenie przyjęte za Siewniakiem, jako najlepiej oddające ideę, w oryginalne Vitalitätsstufe [por:] A. Roloff, *Baumkronen*..., *op.cit.*, s.44

czy szadzi, albowiem gęsta korona powoduje równy rozkład obciążeń, co zmniejsza ryzyko uszkodzeń.

- FW1 – faza degeneracji<sup>184</sup>, w której zauważalne są symptomy zaburzenia wzrostu, w szczególności wytwarzania pełnej korony, bez luk i otwarć. Wspominane zaburzenia, skutkują to zwiększoną podatnością na zawirowania powietrza. Na skutek mniejszej opływowości płaszczka, rośnie współczynnik  $C_x$ . To powoduje wzrost ryzyka uszkodzeń i złamań.

- FW2 – faza stagnacji, to moment w którym zminimalizowany lub zahamowany zostaje rozwój przestrzenny korony oraz zwiększa się ilość luk w jej płaszczu, na skutek silniej zdeformowanego i niepełnego rozwoju pędów. Drzewo staje się bardziej podatne na czynniki zewnętrzne, rośnie wyraźnie ryzyko utraty wytrzymałości zarówno w obrębie korony jak i całego drzewa.

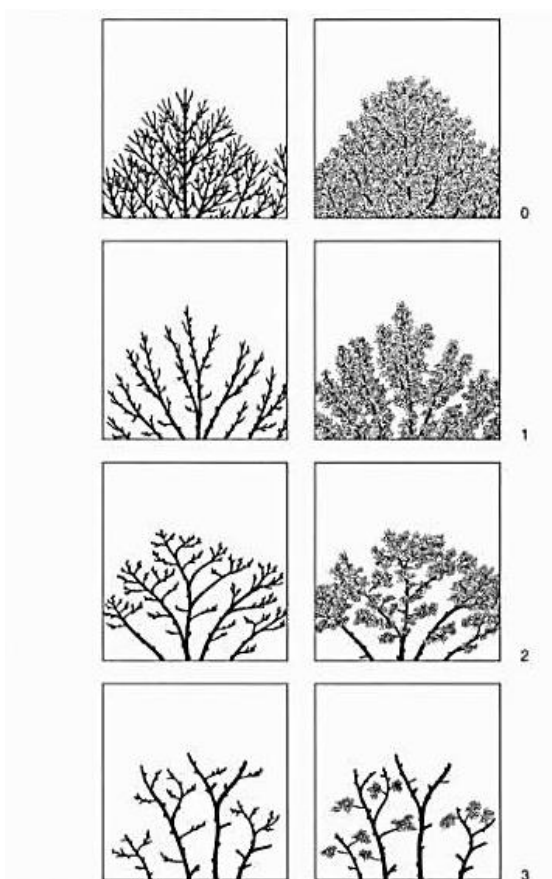
- FW3 – faza rezygnacji, jak wskazuje nazwa oznacza stan, w którym drzewo traci siły witalne na tyle, że korona, a za nią całe drzewo przechodzi w stan zamierania. Dla gatunków, o słabszych parametrach drewna, oznaczać to może wysokie ryzyko uszkodzeń, złamań, a nawet całkowitej utraty wytrzymałości.

Różnice pomiędzy fazami można ocenić wizualnie, co pokazuje przykład kasztanowca białego (*Aesculus hippocastanum*), [Ryc. 35]. Jak widać na przykładzie, oceniać witalność można przez cały rok, w stanie ulistnionym i bezlistnym. Roloff pokazuje również jak rozpoznać zmiany witalności w widoku z góry. Obecnie ma to ogromne znaczenie przy dostępie do niemal każdego drzewa za pomocą zdjęć orto-foto i zdjęć satelitarnych. Przy rosnącej rozdzielczości i dokładności takich zobrazowań, można dość szybko wyszukiwać drzewa na zadanym

---

<sup>184</sup> Roloff ocenia, że pod pewnymi warunkami istnieje możliwość powrotu do fazy wcześniejszej, czyli FW0. [por:] A. Roloff, *Baumkronen*, ..., *passim*.

obszarze, które charakteryzują się obniżoną witalnością. To zaś może być pierwszą wytyczną do dokładniejszej oceny statyki i ewaluacji ryzyka.



RYC. 35. FAZY WITALNOŚCI DLA KASZTANOWCA BIAŁEGO (*AESCULUS HIPPOCASTANUM*) [ZA:] A. ROLOFF, *BAUMKRONEN*, ULMER VERLAG, STUTTGART 2001, S.66

Składowa witalności drzewa **WD**, dzięki metodzie faz witalności, może zostać sparametryzowana w skali od 1 do 5, przyjmując następujące wartości:

- 1 ⇔ w sytuacji pełnej witalności, co odpowiada fazie eksploracji (FW0)
- 2 ⇔ gdy drzewo znajduje się w fazie degeneracji (FW1). przy założeniu że istnieje jeszcze potencjał do powrotu do fazy eksploracji.
- 3 ⇔ w warunkach, w których drzewo znajduje się w fazie degeneracji (FW1), bez możliwości do poprawy stanu.
- 4 ⇔ w sytuacji, gdy witalność drzewa wskazuje na fazę stagnacji (FW2). Zgodnie z obserwacjami Roloffa, nie ma możliwości powrotu do fazy wcześniejszej.

- 5 ⇔ w warunkach bardzo niskiej witalności, gdy wyraźnie zauważalna jest faza rezygnacji (FW3). Jest to sytuacja, w której nie występuje możliwość poprawy. Wartość ta dotyczy również drzew martwych.

Taka ocena witalności pozwala na możliwie obiektywne określenie stanu w jakim znajduje się drzewo, a przez to ocena ryzyka staje się bardziej adekwatna do rzeczywistości.

### 6.3. WRAŻLIWOŚĆ OTOCZENIA

---

Jak wspomniano na początku, aby zaistniał problem ryzyka, muszą pojawić się przynajmniej dwa elementy: sprawca i ofiara. Miarą wskazującą na stan, występowanie i rodzaj ofiary w sąsiedztwie drzewa jest wrażliwość otoczenia **WO**, która jest immamentną składową w ocenie ryzyka. Bazuje ona na analizie i ocenie intensywności i rodzaju użytkowania przestrzeni oraz wartości elementów znajdujących się otoczeniu drzewa. Ideą oceny wrażliwości otoczenia jest wskazanie czy i jakie ofiary znajdują się lub mogą się znaleźć w zasięgu rażenia. Parametrem wskaźnikowym, może być także wyznaczany przez amerykańskich planistów, wspomniany wcześniej, poziom usług, który przykładowo dla ciągów pieszych posiada 6 poziomów od A do F, określanych przez ilość powierzchni dla pieszego oraz przestrzeń pomiędzy osobami.<sup>185</sup> Taka parametryzacja musi być połączona z konkretnymi rodzajami zieleni. Wynika to z faktu, że rozpatrywanie wrażliwości otoczenia ma znaczenie i sens dla terenów, w których występuje lub może występować zieleń, a w szczególności drzewa. Historię rozwoju terenów zieleni w mieście, analizowało wielu badaczy. W Polsce w okresie po II Wojnie Światowej m.in. Totwiński<sup>186</sup>, wskazywał na rolę, funkcję i obecność zieleni w strukturze miasta. Siewniak i Mitkowska

---

<sup>185</sup> Dla poziomu A przestrzeń dla pieszego to 1,2 m<sup>2</sup> i co najmniej 1,2 m odstępu, a dla F to już tylko 0,2 m<sup>2</sup> i brak przestrzeni pomiędzy. [za:] *Planning...*, s. 492.

<sup>186</sup> T. Totwiński, *Urbanistyka*, t.3, *Zieleń w urbanistyce*, Warszawa 1963, *passim*.

w *Tezaurusie Sztuki Ogrodowej*<sup>187</sup> analizują wiele kategorii i rodzajów zieleni w różnych układach. W haśle *zielenie miejska* wskazują zarówno historyczne aspekty rozwoju oraz co ważne wskazują istniejące na podziały i klasyfikacje, prezentując najważniejsze kategorie.<sup>188</sup> Znane jest wiele różnych klasyfikacji dla terenów zieleni. Jak pisze Zachariasz: *W Polsce po r. 1946 opublikowano 24 klasyfikacje zieleni*<sup>189</sup>. Klasyfikacje tego rodzaju mają dla autora duże znaczenie zwłaszcza w porządkowaniu informacji i łączenia ich z oceną wpływu drzew na otoczenie. Wrażliwość otoczenia może stanowić punkt bazowy dla ograniczania ryzyka, jeśli mamy do czynienia z sytuacją, w której zmiana otoczenia jest niemożliwa, np.: dla obiektów zabytkowych lub też innych o wysokiej wartości materialnej i niematerialnej. Wtedy powinniśmy stawiać większe wymagania w stosunku do drzew. Problem elementów w otoczeniu drzewa, które w różnym stopniu wpływają na ryzyko, analizowało wielu badaczy, m. in.: Wagener<sup>190</sup>, Paine<sup>191</sup>, Johnson<sup>192</sup>, Hickman i in.<sup>193</sup>, Matheny i Clark<sup>194</sup> czy Albers i in.<sup>195</sup>. Większość z nich zdecydowanie wskazuje na konieczności podziału terenu na różne strefy, obszary, przestrzenie, o różnej podatności na ryzyko. Wychodząc naprzeciw takim postulatam, uporządkowano tereny, na których rosną drzewa, w postaci Katalogu Wrażliwości Otoczenia **KWO**, w którym

---

<sup>187</sup> M. Siewniak, A. Mitkowska, *Tezaurus Sztuki Ogrodowej*, Oficyna Wydawnicza Rytm, 1998, Warszawa, 1998, *passim*.

<sup>188</sup> M. Siewniak, A. Mitkowska, *Tezaurus ...*, *op.cit.*, s. 295

<sup>189</sup> A. Zachariasz, *Zieleń jako współczesny czynnik miastotwórczy ze szczególnym uwzględnieniem roli parków publicznych*, Wydawnictwo PK, Kraków 2006, s.87.

<sup>190</sup> W. Wagener, *Judging hazard ...*, *passim*.

<sup>191</sup> L. A. Paine, *Accident ...*, *passim*.

<sup>192</sup> D. Johnson, *Tree hazards...*, *passim*.

<sup>193</sup> G. W. Hickman, J. Caprile, E. Perry, *Oak .....*, *passim*.

<sup>194</sup> N.P. Matheny, J.R. Clark, *A photographic guide...*, *passim*.

<sup>195</sup> J. S. Albers, J. D. Pokorny, G. R. Johnson, *How to ...*, *passim*.

rodzaje użytkowania przestrzeni mają przypisane wartości od 1 do 5. Mitkowska pisząc o określaniu wartości obiektów ogrodowych, wskazuje: *...choć osadzone w interdyscyplinarnych, specjalistycznych rozważaniach, powinny być podawane w sposób prosty, klarowny prosty, klarowny, łatwy do zrozumienia przez nie specjalistów*<sup>196</sup>. Stąd duży nacisk położono w pracy na uporządkowanie terenów i wartości im przypisanych, by mogły stanowić skuteczne narzędzie. Poszczególne rodzaje użytkowania przestrzeni wyszczególnione zostały na podstawie badań porównawczych ww. autorów, oraz znacząco doprecyzowane. Pomocne były m.in. wspomniane klasyfikacje, zwłaszcza ta stworzona przez Zielonkę, a uwspółcześiona przez Zachariasz, prezentująca szczegółowy i obiektywnie pełny podział terenów zieleni.<sup>197</sup> Autor wykorzystał takie klasyfikacje w zestawieniu z parametrami wykorzystywanymi w analizach planistycznych jak intensywność i rodzaj użytkowania danej przestrzeni. Niektóre z kategorii nie są jednorodne w odbiorze i mają specyficzny charakter. Zostały one ukształtowane i określone na podstawie literatury wprost traktującej o danym temacie. Takim przykładem jest aleja, ścieżka kalwaryjska, istniejąca często w mieście lub na styku miasta i krajobrazu otwartego, która to w kontynentalnej Europie, jest ważnym składnikiem krajobrazu kulturowego. Jak pisze Mitkowska: *Wyłaniają się one z bujnej zieleni lokalnych krajobrazów ... przemieniające się w momentach uroczystości religijnych w miejsca rozbrzmiewające pieśnią i modlitwą pielgrzymów*.<sup>198</sup> Pokazuje to istotny aspekt wrażliwości jakim są ludzie, nie zawsze świadomi ryzyka w otoczeniu, z racji skupienia i zaangażowania w innej płaszczyźnie. Dodatkowym aspektem, który podkreśla Mitkowska jest sposób

---

<sup>196</sup> A. Mitkowska, *Rozważania o wartościowaniu ogrodów zabytkowych dla ich ochrony i konserwacji*, [w:] „Wartościowanie w ochronie i konserwacji zabytków”, (red. A. Szmygin), PKN ICOMOS, Warszawa-Lublin 2012, s.132.

<sup>197</sup> A. Zachariasz, *Zieleń ...*, op.cit. s.88-89

<sup>198</sup> A. Mitkowska, *Polskie Kalwarie*, Ossolineum, Wrocław 2003, s.7



kompozycji ścieżek i związanej z nimi zieleni w obrębie fundacji kalwaryjskich, który na skutek, często zamierzonych działań projektantów, miały charakter swobodny, korzystający z lokalnych uwarunkowań.<sup>199</sup> Ma to dodatkowy wpływ na niejednorodność układu, który wymaga odrębnego traktowania. Kategorie w katalogu tworzone i opisywane były w taki sposób, by mogły być stosowane wprost.

Katalog Wrażliwości Otoczenia **KWO**, w poszczególnych grupach, obejmuje kategorie wewnętrznie spójne, co do sposobu pokrycia terenu. Rozważanie każdej kategorii ma sens wtedy, jeśli występują tam drzewa, stąd należy przyjąć, że wszystkie te przestrzenie znajdują się w odległości nie większej niż wysokość drzew tam rosnących. Użyty parametr wysokości drzew, ma na celu ograniczenie zakresu analiz do miejsc w rzeczywistym sąsiedztwie drzew. Wynika to z faktu zasięgu **Z** rażenia, opisywanego wcześniej, a dla którego strefowanie ma zastosowanie. Postulat ograniczenia badań do terenów faktycznie narażonych na zdarzenia wynikające z zawodności drzew, ma wskazywane zwłaszcza przez Brytyjczyków, zdroworozsądkowe podejście. Chodzi także o to by metoda była stosowana ściśle, a nie rozszerzająco, nakładając restrykcje na tereny, których to nie dotyczy.

Katalog został podzielony na 3 grupy przestrzeni miejskich. Każda z grup oraz poszczególnych pozycji w katalogu nie jest zbiorem, ani hasłem zamkniętym, może i powinna ulegać weryfikacji w miarę zmieniającego się otoczenia i sposobów użytkowania przestrzeni. Poszczególne pozycje zostały wydzielone, ze względu na odmienną, choć pozornie podobną charakterystykę. Autor dążył do zrównoważenia pomiędzy stopniem ogólności, wpływającym na przystępność, a precyzją rozgraniczenia na poszczególne kategorie.

---

<sup>199</sup> A. Miłkowska, ..., *op.cit.* s.46



Pierwszą grupę stanowią przestrzenie komunikacyjne. Poszczególne kategorie zostały uszeregowane według malejącej wartości wrażliwości otoczenia.

<b>I. Przestrzenie komunikacyjne</b>		
<b>nr</b>	<b>Rodzaj użytkowania przestrzeni</b>	<b>WO</b>
I/1	aleja/ulica piesza, lub pieszo-jezdna z ruchem nasilonym (wymuszonym stałym użytkowaniem, niezależnie od warunków pogodowych)	<b>5</b>
I/2	droga/ulica główna	<b>5</b>
I/3	droga/ulica boczna z możliwością parkowania	<b>5</b>
I/4	ścieżka parkowa główna	<b>5</b>
I/5	parking	<b>5</b>
I/6	przystanek/zatoka autobusowa	<b>5</b>
I/7	aleja/ulica piesza, lub pieszo-jezdna, z ruchem okresowym (przygodnym użytkowaniem, ograniczonym w czasie nagłych zjawisk pogodowych)	<b>4</b>
I/8	droga/ulica dojazdowa z możliwością parkowania	<b>4</b>
I/9	aleja kalwaryjska, ścieżka (dróżka) pątnicza	<b>4</b>
I/10	ścieżka parkowa boczna	<b>3</b>
I/11	aleja/ulica tylko z ruchem kołowym z ruchem okresowym (przygodnym użytkowaniem, ograniczonym w czasie nagłych zjawisk pogodowych)	<b>3</b>
I/12	ścieżka parkowa peryferyjna	<b>3</b>
I/13	droga/ścieżka leśna	<b>3</b>
I/14	droga o ograniczonym dostępie np.: techniczna	<b>2</b>
I/15	lotnisko	<b>1</b>
I/16	...	

Poszczególne pozycje obejmują większość podstawowych przypadków związanych z ruchem występującym w sąsiedztwie drzew. Istotą podziału jest intensywność użytkowania połączona ze specyfiką sposobu korzystania z danej przestrzeni.

Kolejną grupą są tereny wiązane z zabudową. Generują one stały ruch ludzi, o różnej zmienności i natężeniu. Szczególną uwagę zwrócono na rodzaj użytkowników, ich mobilność i sposób korzystania z przestrzeni. Wiąże się to również z dostępnością poszczególnych miejsc, ilości osób z niej korzystających, odpowiedzialnością użytkowników i zarządzających danym terenem. Wrażliwość otoczenia musi także uwzględniać wartość obiektów i elementów wyposażenia, by stanowić faktyczny opis wrażliwości takich miejsc na ryzyko zawodności drzew.

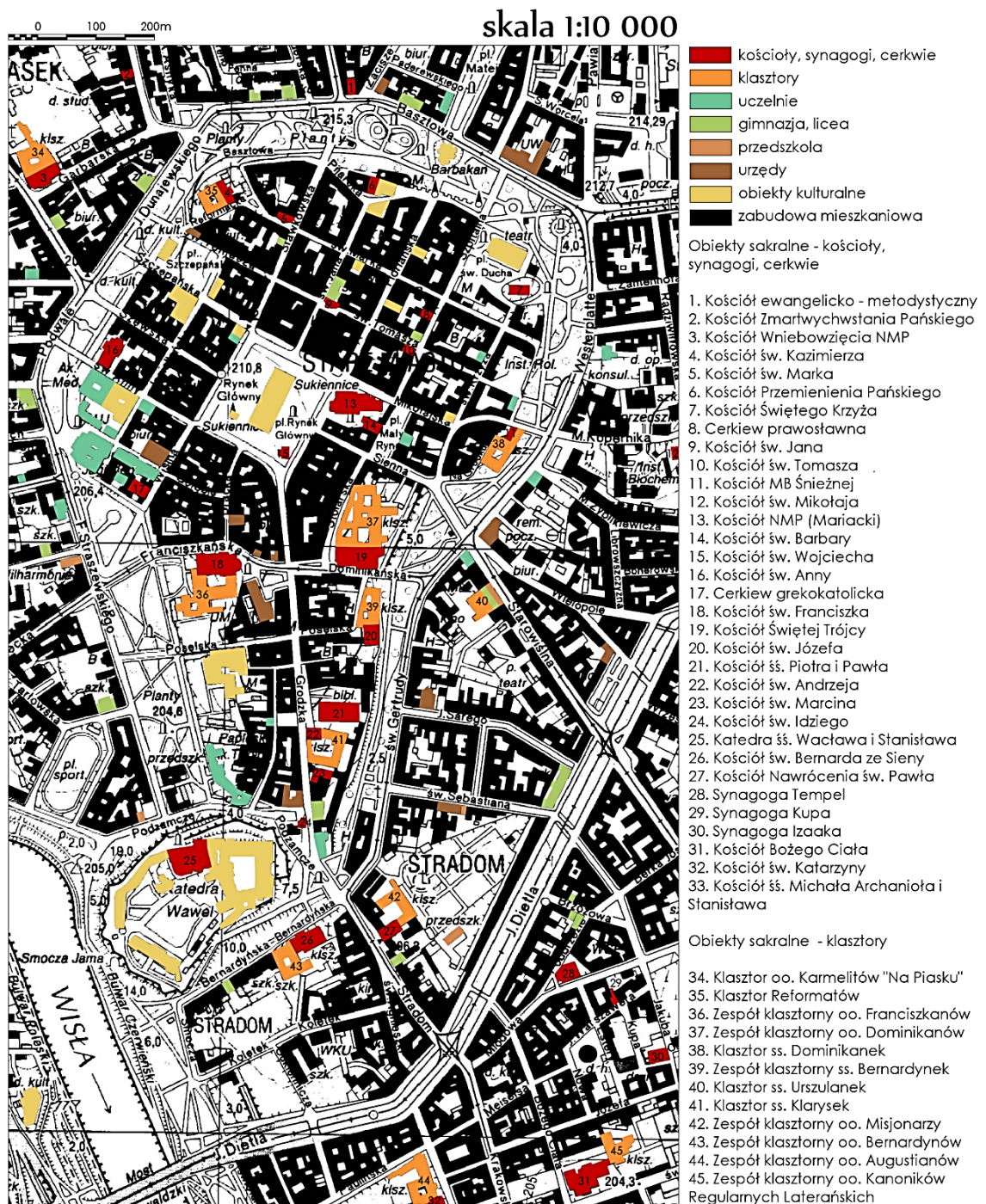
<b>II. Przestrzenie z zabudową</b>		
<b>nr</b>	<b>Rodzaj użytkowania przestrzeni</b>	<b>WO</b>
II/1	zabudowa mieszkaniowa zwarta	5
II/2	żłobek, przedszkole, szkoła, dom opieki	5
II/3	uczelnia, instytut	5
II/4	szpital, przychodnia	5
II/5	świątynia, miejsce kultu	5
II/6	urząd i inna użyteczność publiczna	5
II/7	obiekty handlowe i usługowe	5
II/8	elementy i obiekty zabytkowe	5
II/9	infrastruktura napowietrzna	5
II/10	zabudowa mieszkaniowa luźna	4
II/11	infrastruktura naziemna	4
II/12	zabudowa mieszkaniowa rozproszona	3
II/13	zakłady przemysłowe (o ograniczonym ruchu wewnętrznym)	2
II/14	tereny wydzielone, zamknięte	1
II/15	...	

Ostatnią grupę stanowią tereny bezpośrednio związane z zielenią lub takie w których zieleni, a zwłaszcza drzewa stanowi dominującą rolę. Grupa ta skupia w sobie bardzo ważne i trudne miejsca dla oceny a szczególnie dla zarządzania ryzykiem. Z jednej strony koniecznym jest zapewnienie bezpieczeństwa, bez eliminacji drzew, które stanowią główny szkielet i tworzywo. Wrażliwość otoczenia, szczególnie w tej grupie wspomaga sprowadzenie ryzyka do akceptowalnego poziomu.

<b>III. Tereny otwarte i zieleni</b>		
	<b>Rodzaj użytkowania przestrzeni</b>	<b>WO</b>
III/1	plac zabaw, teren sportowy	5
III/2	cmentarz użytkowany	5
III/3	polana parkowa lub leśna	4
III/4	ogród zamknięty, klasztorny	4
III/5	cmentarz nieużytkowany	3
III/6	bulwar, nabrzeże, wał, ścieżka	3
III/7	park lub las miejski bez wyposażenia	3
III/8	łąka miejska, nieużytek	2
III/9	teren rolny	1
III/10	...	

Kolejnym krokiem jest zobrazowanie wrażliwości otoczenia przez przełożenie wartości dla kategorii z Katalogu Wrażliwości Otoczenia, na plan analizowanego fragmentu przestrzeni. Stanowi to podstawę do

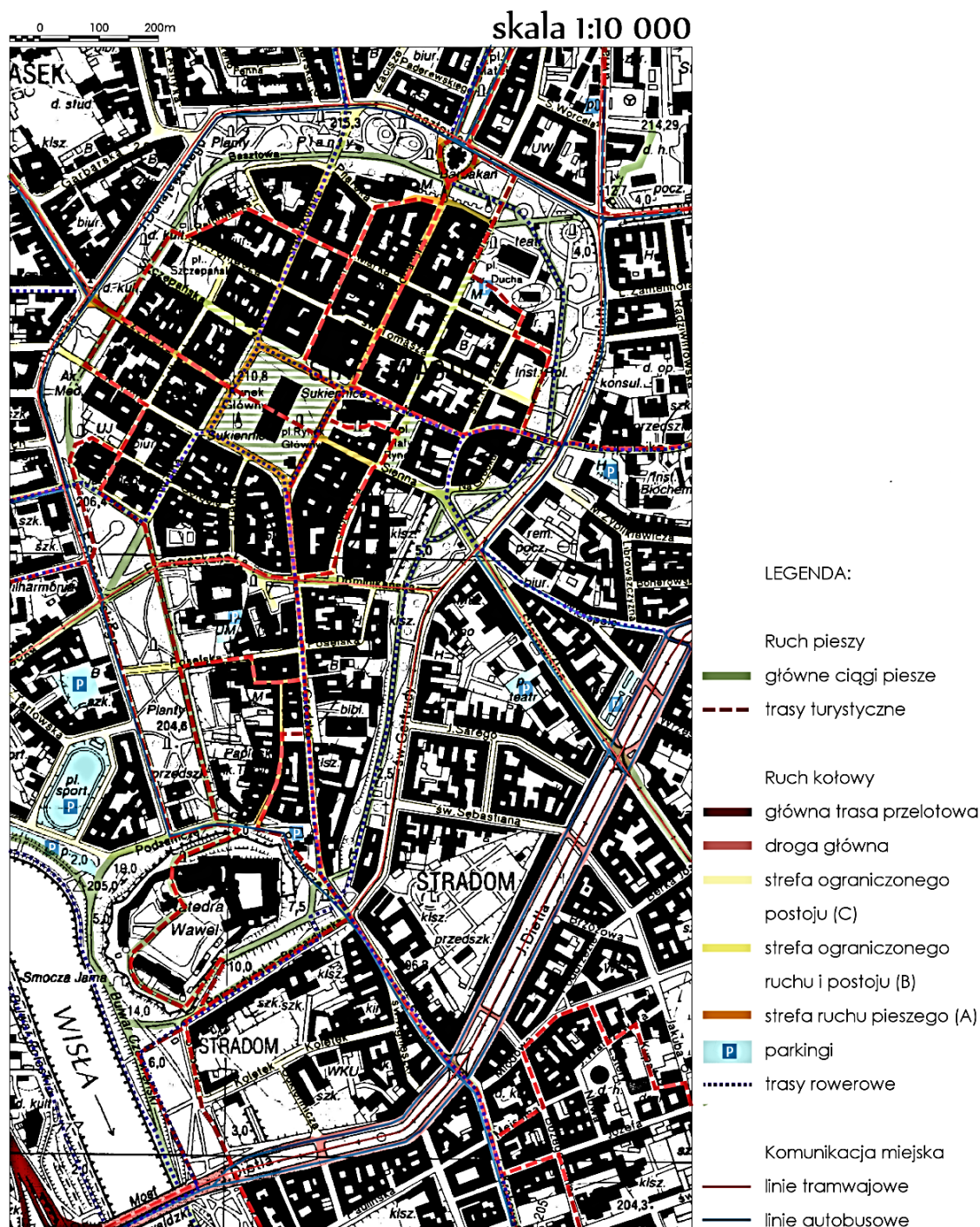
tworzenia Mapy Wrażliwości Otoczenia, która bazuje na podstawowych analizach urbanistycznych, wykonywanych najczęściej celem uwypuklenia rodzaju zabudowy, układu komunikacji czy też rodzajów zieleni. Takie analizy w skali urbanistycznej, są standardowym narzędziem w rękę projektanta, a nawet studenta.



RYC. 36. ANALIZA UKŁADU ZABUDOWY W REJONIE STAREGO MIASTA W KRAKOWIE. (OPR. E. KUMAŃSKA)



Prezentowany przykład fragmentu Starego Miasta w Krakowie, wskazuje na złożoność elementów podlegających analizie. Zarówno zabudowa [Ryc. 36] jak i powiązana z nią komunikacja [Ryc. 37] dają pewien obraz użytkowania przestrzeni, zarówno pod kątem rodzaju oraz intensywności.



RYC. 37 ANALIZA UKŁADU KOMUNIKACYJNEGO W REJONIE STAREGO MIASTA W KRAKOWIE. (OPR. E. KUMAŃSKA)

Aby zgromadzić pełnię informacji potrzebnych do dalszych analiz niezbędna jest wiedza o układzie zieleni [Ryc. 38]. Zwykle opracowania takie zwykle służą celom projektowym, planistycznym gdyż stanowią bazę informacji o zasobach przestrzeni. Walorem takich analiz, jest możliwość rozbudowania i przekształcenia dla celów analizy wrażliwości otoczenia.



RYC. 38. ANALIZA UKŁADU ZIELENI W REJONIE STAREGO MIASTA W KRAKOWIE. (OPR. E. KUMAŃSKA)



Dzięki powyższym analizom może powstać Mapa Wrażliwości Otoczenia [Ryc.39], jako kolejny element przydatny dla urbanisty, architekta, architekta krajobrazu, zarządcy jako źródło informacji o podatności na ryzyko, danego fragmentu terenu.



RYC. 39. MAPA WRAŻLIWOŚCI OTOCZENIA DLA FRAGMENTU STAREGO MIASTA W KRAKOWIE – ANALIZA MIEJSC GDZIE ROSNĄ DRZEWA. (OPR. W. BOBEK, E. KUMAŃSKA)

Na Mapie, wartości z **KWO**, nanoszone są w postaci kolorowej w dostosowaniu do 5 poziomów wrażliwości otoczenia. To ułatwia wyszukiwanie danych i informacji. Mapa taka może znaleźć wiele zastosowań, co zostanie skomentowane w dalszej części pracy. Używanie Katalogu i Mapy Wrażliwości Otoczenia w procesie oceny ryzyka umożliwia połączenie stanu drzewa z jego wpływem na otoczenie. Powoduje to, że drzewo przestaje być oceniane w oderwaniu od swego sąsiedztwa. Oceniamy zatem i warunkujemy stan statyczno-fizjologiczny drzew nie na podstawie bezwzględnych i stałych wartości, niezależnych od miejsca, ale łączymy go z informacją o tym czy ktoś lub coś może stać się potencjalną ich ofiarą.



## 7. WYZNACZANIE STREF RYZYKA ZE STRONY DRZEW.

---

Metoda oceny ryzyka, aby można było z niej korzystać w praktyce, nie tylko operować suchymi wyliczeniami, została zobrazowana graficznie w postaci stref ryzyka **STR**, które mają dwa parametry: stopień ryzyka **SR**, określający jego poziom wyrażony liczbowo oraz zasięg **Z**, który pokazuje obszar potencjalnego rażenia, biorąc za wyznacznik drzewo, rozumiane domyślnie jako sprawcę. To pozwala na wygenerowanie mapy ryzyka w różnych skalach, co w wielu wypadkach ułatwia podejmowanie decyzji, również w skali planistycznej. Przykłady takich map opisuje i prezentuje Pokorny i Albers<sup>200</sup>, wiążąc z nimi zakres, częstość i rodzaj kontroli oraz wskazując miejsca szczególnie wrażliwe. Aby wspomniana graficzna prezentacja mogła zostać wykonana, muszą zostać określone warunki, wzory i schematy działań. Podstawowym zadaniem jest więc wyznaczenie i opisanie sposobu wyznaczania tychże stref. Posłużyły temu wzory obliczeniowe, określające poszczególne elementy składowe. Oba parametry nie przyjmują wartości zerowych, co jest oczywiste ze względu na fakt, iż obiekty znajdują się w środowisku, a więc układzie nieizolowanym. Poza tym tereny bezdrzewne nie muszą być, z przyczyn oczywistych brane pod uwagę. Zasięg ryzyka rozumiany jest jako potencjalny obszar rażenia wokół drzewa, czyli miejsce powstania określonych szkód i może być wyobrażony w postaci koła. Kształt ulega jednak modyfikacjom w elipsę lub owal na skutek różnych czynników takich jak: pochylenie drzewa powyżej 50°, dominujący kierunek wiatru, czy zwarcie boczne. Wielkość obszaru zależy od: wysokości drzewa **h**, niekiedy od łamliwości gałęzi, a zwłaszcza konarów danego gatunku. Jak piszą Albers, Pokorny i Johnson: *Aby ustalić, czy drzewo może spaść na cel (ofiara), trzeba wpierw określić lub zmierzyć wysokość drzewa oraz odległości do celu. Jeśli ofiara znajduje się w polu rażenia o promieniu równym 1,5 x wysokości drzewa, wtedy drzewo*

---

<sup>200</sup> J. D. Pokorny, J. S. Albers, *Community .....*, op.cit., s.24-25

powinno być sprawdzone.<sup>201</sup> Zasięg w takim ujęciu pozwala ocenić obszar jaki musi podlegać inspekcji i ewentualnym zmianom w celu ograniczenia ryzyka do akceptowanego poziomu. Działa to także na zasadzie sprzężenia zwrotnego, gdyż dzięki tej informacji możemy ustalić które drzewa muszą podlegać inspekcji, które kontroli, a które wymianie. Co więcej, zasięg w którym znajdują się „nieusuwalne ofiary”<sup>202</sup> pozwala na określenie pożądanych wymiarów drzewa, głównie jego wysokości. Może to dotyczyć drzewa istniejącego, jeśli zakres poprawnej pielęgnacji na to pozwala, a jeśli nie staje się wytyczną projektową, czy też planistyczną, wskazującą jakie drzewa powinny być sadzone w przyszłości. Prowadzi to prostą drogą do wzbogacenia i uzupełnienia standardów urbanistycznych o parametr ryzyka zawodności drzew. Ich opracowanie i wdrożenie może znacząco poprawić jakość przestrzeni oraz parametry bezpieczeństwa dla jej użytkowników.

Wyznaczenie stref ryzyka zawodności drzew ma podstawowe znaczenie dla funkcjonowania całej metody. Jest to ukoronowanie działań terenowych, pomiarów i obliczeń. Przy tworzeniu stref ryzyka punktem początkowym jest drzewo i jego położenie. Zasięg strefy definiowany wysokością drzewa, jest kompromisem pomiędzy rzutem korony drzewa, który jest zbyt wąskim i nie adekwatnym ujęciem, a maksymalnym zasięgiem inspekcji postulowanym przez wcześniej wspomnianych autorów, równym półtorej wysokości drzewa. W pracy dążono do racjonalnego ukształtowania i stosowania metody, a więc takiego, który nie daje pola do działań „na wyrost”. Metoda pozwala na skuteczne obrazowanie przestrzennego zasięgu ryzyka zawodności

---

<sup>201</sup> J. S. Albers, J. D. Pokorny, G. R. Johnson, *How to Detect and Assess Hazardous Defects in Trees*, [w:] "Urban Tree Risk Management: A Community Guide to Program Design and Implementation", (red. J.D. Pokorny), USDA Forest Service, St. Paul 2003, s. 97

<sup>202</sup> Chodzi tu o obiekty, cenne artefakty i elementy wyposażenia, nie możliwe, z różnych przyczyn, do usunięcia, czy zmiany lokalizacji. W takich sytuacjach ograniczanie poziomu ryzyka wiąże się z działaniami w obrębie drzewa.

drzew przy pomocy stref i dzięki temu można określić co może, powinno, musi podlegać sprawdzeniu. Działanie stref ryzyka najlepiej obrazują prezentowane w dalszej części rozdziału przypadki.

---

## 7.1. WYZNACZANIE STREF RYZYKA – STUDIUM PRZYPADKU

---

Studium przypadku ma na celu opisanie, kilku wybranych, reprezentatywnych przypadków. Służy to sprawdzeniu metody w praktycznym użyciu oraz przedstawieniu zasad jej działania oraz wyników jakie daje zastosowanie metody dla rzeczywistych fragmentów przestrzeni. Wybór konkretnych przypadków był celowy, by zaprezentować działanie metody i jej elementów w różnej skali, począwszy od Alei Królewskiej, która liczy około pół kilometra i ponad 150 drzew różnych gatunków, a na pojedynczym drzewie – topoli na Placu Zamkowym w Warszawie kończąc. Sześć sytuacji urbanistycznych, prezentuje bardzo wiele różnych układów przestrzennych i związanej z nimi zieleni. Jest to ilość, która pozwala na pełne zaprezentowanie działania metody. Każdy z przypadków został zaprezentowany według tych samych zasad i zawiera część opisową ilustracyjną, obliczeniową i mapową.

---

### 7.1.1. ALEJA KRÓLEWSKA W PUŁAWACH.

---

Pierwszym omawianym przypadkiem jest Aleja Królewska w Puławach, która stanowi historyczny trakt łączący Park z miastem. Omówieniu podlega jej zasadnicza część, pomiędzy ulicami Czartoryskich oraz Marszałka Józefa Piłsudskiego. Jest to wciąż ważny ciąg komunikacyjny, grupujący aktywność ludzi w różnych sferach. Przylega ona zarówno do terenów mieszkaniowych, urzędów, szkół, obiektów handlowych. Układ alei składa się z głównego traktu kołowego z miejscami parkingowymi i zatokami autobusowymi oraz ciąg pieszy po obu stronach. Drzewa rosną w czterorzędowym układzie, w tym dwa z nich rosną pomiędzy pasami ruchu, a dwa na zewnątrz. Ze

strony północno-zachodniej aleja graniczy z parkiem, od południowo-wschodniej z zabudową różnego typu.



RYC. 40. ALEJA KRÓLEWSKA W PUŁAWACH – OGÓLNA SYTUACJA W SKALI MIASTA, 2013, [Z:] WWW.GEOPORTAL.GOV.PL

Drzewa rosnące w Alei należą do trzech grup wiekowych: najstarsze, najprawdopodobniej z pierwszego obsadzenia, stare – dosadzane, młodsze – dosadzane. Stare okazy były egzemplarzami szczepionymi, co było powszechną praktyką wówczas, natomiast stanowić to może przyczynę osłabienia parametrów statycznych drzew. Aleja Królewska stanowi dużą wartość historyczną, kompozycyjną oraz przyrodniczą, dlatego wszelkie decyzje powinny być oparte o szczegółowe badania i wnikliwą ocenę.

Badania w obrębie drzewostanu Alei Królewskiej przeprowadzone były w grudniu 2008 roku<sup>203</sup>, a stan ogólny Alei jest zróżnicowany. Zmianie w ostatnich latach uległa przede wszystkim nawierzchnia traktu kołowego. Na skutek rozwiązań projektowych oraz związanej z nimi niwelacją terenu, doszło do znaczących zmian poziomu gruntu wokół drzew II i III rzędu. Wykonane prace wpłynęły negatywnie na stan drzew.

---

<sup>203</sup> M. Siewniak, W. Bobek, *Ocena stanu ...*



RYC. 41. ALEJA KRÓLEWSKA W PUŁAWACH. WIDOK OD STRONY ZACHODNIEJ W KIERUNKU CENTRUM MIASTA, 2006, FOT. M. SIEWNIAK

Stan zachowania Alei jest coraz mniej zadowalający, a rzędy mają różny stopień kompletności wahający się w przedziale od 60 do 73% [Tabela 3]. Wynika to zarówno z wieku drzew jak i zmian przeprowadzanych w obrębie Alei.

TABELA 3. STOPIEŃ KOMPLETNOŚCI ALEI KRÓLEWSKIEJ W PUŁAWACH, [ZA:] M. SIEWNIAK, W. BOBEK, OCENA STANU DRZEW W ALEI KRÓLEWSKIEJ W PUŁAWACH, PUŁAWY-WARSZAWA, 2008, (OPR. W. BOBEK)

Aleja Królewska w Puławach				
Nr rzędu	Liczba drzew	Liczba miejsc	Braki	Procent kompletności
I	36	60	24	60%
II	39	62	23	63%
III	45	64	19	70%
IV	47	64	17	73%
<b>Razem</b>	<b>167</b>	<b>250</b>	<b>83</b>	<b>67%</b>

Stan samych drzew również jest zróżnicowany, na skutek przyczyn, zarówno biotycznych jak i abiotycznych. Wiele z nich zostało dodatkowo osłabione przez niewłaściwą pielęgnację, czy wręcz szkodliwe zabiegi chirurgii w tym m.in.: amputacje starych konarów, czyszczenie i impregnowanie ran i ubytków. Skutkiem tego wiele drzew posiada



różnego rodzaju defekty i wady w obrębie korony, pnia [Tabela 4] oraz systemu korzeniowego [Tabela 5].



RYC. 42. LIPA HOLENDERSKA (*TILIA XEUROPAEA*) NR 72. USZKODZENIA KORONY (WYŁAMANIA, AMPUTACJE KONARÓW) ORAZ DEFEKTY PNIA (SZCZELINA, ŚLADY CZYSZCZENIA I IMPREGNOWANIA DREWNA NASILAJĄCE PROCES PRÓCHNIENIA), 2006, FOT. W. BOBEK

Wiele drzew dodatkowo jest opanowane przez szkodniki drewna, czy grzyby. Powoduje to przyspieszoną korozję w obrębie części, a nawet całego drzewa, zwiększając ryzyko zawodności.

TABELA 4. WADY I DEFEKTY DRZEW W OBRĘBIE KORONY I PNIA ALEI KRÓLEWSKIEJ W PUŁAWACH, [ZA:] M. SIEWNIAK, W. BOBEK, OCENA STANU DRZEW W ALEI KRÓLEWSKIEJ W PUŁAWACH, PUŁAWY-WARSZAWA, 2008, (OPR. W. BOBEK)

Nr rzędu	Liczba drzew	Drzewa				
		z rozwidleniem	z defektami	z ubytkami	z owocnikami grzybów	pochylone
I	36	16	17	25	3	21
II	39	15	22	39	4	29
III	45	20	32	44	3	24
IV	47	32	23	42	2	22
<b>Razem</b>	<b>167</b>	<b>81</b>	<b>94</b>	<b>150</b>	<b>12</b>	<b>96</b>

Zły stan niektórych drzew potęgowany jest trudną sytuacją przestrzenną, szczególnie w obrębie systemów korzeniowych. Dwie trzecie drzew



zostało przysypanych, co niesie za sobą negatywne skutki w perspektywie kilku lat. Bardzo trudną sytuację mają drzewa w sąsiedztwie skrzyżowań, zwłaszcza że większość z nich podlegała w ostatnich latach modernizacji.



RYC. 43. JESION WYNIOSŁY (*FRAXINUS EXCELSIOR*) NR 129, TRUDNA SYTUACJA PRZESTRZENNA DRZEWA, SYSTEM KORZENIOWY ZOSTAŁ NARUSZONY I PRZYSYPANY PODCZAS PRZEBUDOWY NAWIERZCHNI, 2006, FOT. W. BOBEK

Zwiększone wymagania w stosunku do jakości technicznej nawierzchni spowodowały w wielu miejscach pogorszenie się warunków glebowych przez zwiększone zagęszczenie gruntu, zarówno w obrębie traktów kołowych, jak i pieszych.

TABELA 5. WADY I DEFEKTY DRZEW W OBRĘBIE SYSTEMU KORZENIOWEGO ALEI KRÓLEWSKIEJ W PUŁAWACH, [ZA:] M. SIEWNIAK, W. BOBEK, OCENA STANU DRZEW W ALEI KRÓLEWSKIEJ W PUŁAWACH, PUŁAWY-WARSZAWA, 2008, (OPR. W. BOBEK)

Nr rzędu	Liczba drzew	Drzewa		
		z korzeniami powierzchniowymi	z odrostami korzeniowymi	przysypane
I	36	7	6	7
II	39	3	7	33
III	45	4	6	44
IV	47	6	14	37
<b>Razem</b>	<b>167</b>	<b>20</b>	<b>33</b>	<b>121</b>

W toku badań została wykonana szczegółowa inwentaryzacja dendrologiczna dla wszystkich drzew, zawierająca: tabelę złożoną z 35 parametrów, w tym: dendrometrycznych i opisowych oraz dokumentację fotograficzną. Wykonano dokładny i możliwy do korelacji opis stanu poszczególnych drzew, na potrzeby oceny statyki dwiema metodami: Szacunkową Zintegrowaną Oceną Statyki (SIA) uzupełnioną przez Wizualną Ocenę Drzewa (VTA), dzięki której przeanalizowano stan wszystkich drzew oraz Zintegrowanym Pomiarom Statyki (SIM), dla drzew, które budziły największe zastrzeżenia, co powodowałoby zbyt duży poziom niepewności obliczeniowej. Zakres wykorzystania metod do dalszych badań w Alei Królewskiej prezentuje [Tabela 6].

TABELA 6. SPOSÓB OCENY STATYKI ALEI KRÓLEWSKIEJ W PUŁAWACH, [ZA:] M. SIEWNIAK, W. BOBEK, OCENA STANU DRZEW W ALEI KRÓLEWSKIEJ W PUŁAWACH, PUŁAWY-WARSZAWA, 2008, (OPR. W. BOBEK)

Nr rzędu	Liczba drzew	SIA	SIM
I	36	29	7
II	39	27	12
III	45	32	13
IV	47	29	18
<b>Razem</b>	<b>167</b>	<b>117</b>	<b>50</b>

W celu oceny stopni ryzyka, zgodnie z metodą przystąpiono do analizy składowych. Składową **ST** określono na podstawie powyższych pomiarów i obliczeń i ujęto w tabelach. Witalność drzew **WD** określono podczas prac terenowych, a wyniki zostały zamieszczone w tabelach. W przypadku wrażliwości otoczenia **WO**, Aleja Królewska dzieli się, wzdłuż swej osi na dwie części: północno-zachodnią, dla której z Katalogu Wrażliwości Otoczenia, ustalono kategorie **I/2**, o wartości równej 4. Dla części południowo-wschodniej przyporządkowano kategorię **I/1**, która ma wartość 5. Zróżnicowanie wynika z otoczenia i sposobu użytkowania Alei, różnego po obu stronach, co warunkuje również inną intensywność.

TABELA 7. WYNIKI OCENY RYZYKA DLA DRZEW PIERWSZEGO RZĘDU ALEI KRÓLEWSKIEJ W PUŁAWACH. (OPR. W. BOBEK)

LP	Nr inw	Nazwa łacińska	Wymiary					Wskaźniki wytrzymałości	ST	WO	WD	SR
			wysokość (m)	średnica korony(m)	obwód pnia (cm)	średnica 1 (cm)	średnica 2 (cm)	S <sub>g</sub> /S <sub>b</sub> /S <sub>k</sub>				
1	2	<i>Tilia xeuropaea</i>	16,5	9	161	47	52	303/276/445 = 1/0,93/1,47	2	4	4	3
2	3	<i>Tilia xeuropaea</i>	21	9	220	71	63	257/208 = 1/0,81	2	4	4	3
3	4	<i>Tilia xeuropaea</i>	22	10,5	181	49	71	134/125 = 1/0,93	4	4	4	4
4	5	<i>Fraxinus excesior</i>	23	14,5	236	69	72	314/254 = 1/0,81	2	4	4	3
5	6	<i>Tilia xeuropaea</i>	14	7,5	234	62	72	917/125/107 = 1/0,14/0,12	5	4	5	5
6	7	<i>Tilia xeuropaea</i>	20,5	11	215	60	72	245/198 = 1/0,81	3	4	3	3
7	9	<i>Tilia xeuropaea</i>	22,5	9,5	195	52	66	138/70/245 = 1/0,51/1,78	5	4	4	5
8	10	<i>Tilia xeuropaea</i>	26	12	230	72	68	167/135 = 1/0,81	4	4	4	4
9	11	<i>Tilia xeuropaea</i>	21,5	12	162	52	53	88/82 = 1/0,93	5	4	4	5
10	12	<i>Tilia xeuropaea</i>	23	12	167	43	61	78/73 = 1/0,93	5	4	4	5
11	13	<i>Tilia xeuropaea</i>	22	11,5	245	70	72	206/167 = 1/0,81	3	4	4	4
12	14	<i>Fraxinus excesior</i>	21,5	19	234	75	76	313/254 = 1/0,81	2	4	4	3
13	16	<i>Fraxinus excesior</i>	20	10	192	59	61	972/295/490 = 1/0,3/0,5	4	4	5	4
14	17	<i>Fraxinus excesior</i>	23,5	17	210	64	63	205/166 = 1/0,81	3	4	4	4
15	18	<i>Fraxinus excesior</i>	21,5	11	231	72	72	369/299 = 1/0,81	2	4	4	3
16	19	<i>Fraxinus excesior</i>	22,5	7	204	64	64	216/146/171 = 1/0,68/0,79	3	4	4	4
17	21	<i>Tilia xeuropaea</i>	19,5	11	267	72	99	461/258 = 1/0,57	3	4	4	4
18	22.1	<i>Tilia cordata</i>	5,5	5	49	13	16	105/105 = 1/1	5	4	2	4
19	22	<i>Tilia xeuropaea</i>	24	11	269	79	84	262/212 = 1/0,81	2	4	4	3
20	23	<i>Tilia xeuropaea</i>	9	9	244	72	74	1698/951 = 1/0,56	3	4	5	4
21	26	<i>Tilia xeuropaea</i>	24	13	190	53	64	91/74 = 1/0,81	5	4	3	4
22	27	<i>Tilia xeuropaea</i>	21,5	8,5	125	33	43	32/32 = 1/1	5	4	3	4
23	28	<i>Tilia xeuropaea</i>	22,5	12	195	60	64	121/113 = 1/0,93	5	4	3	4
24	29	<i>Tilia xeuropaea</i>	20	6,5	111	35	35	31/31 = 1/1	5	4	4	5
25	30	<i>Tilia xeuropaea</i>	14	13,5	308	84	89	779/436 = 1/0,56	3	4	5	4
26	32	<i>Tilia xeuropaea</i>	20,5	12	281	85	83	362/203 = 1/0,56	3	4	4	4
27	33	<i>Tilia xeuropaea</i>	20,5	15	304	104	108	577/323 = 1/0,56	3	4	4	4
28	34	<i>Tilia xeuropaea</i>	23	8	132	41	41	45/45 = 1/1	5	4	3	4
29	36	<i>Tilia xeuropaea</i>	21,5	10,5	252	76	80	304/95/236 = 1/0,31/0,78	4	4	5	4
30	37	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	21	9,5	140	43	43	53/53 = 1/1	5	4	3	4
31	38	<i>Tilia cordata</i>	14	7,5	86	26	24	28/28 = 1/1	5	4	3	4
32	38.1	<i>Tilia cordata</i>	8	7	46	14	15	21/21 = 1/1	5	4	2	4
33	38.2	<i>Tilia cordata</i>	6	5	42	13	13	28/28 = 1/1	5	4	2	4
34	39	<i>Tilia cordata</i>	23,5	11	152	45	50	53/53 = 1/1	5	4	3	4
35	40	<i>Tilia cordata</i>	16,5	9,5	92	28	29	23/23 = 1/1	5	4	3	4
36	41	<i>Tilia xeuropaea</i>	23	12,5	275	89	102	193/82/100 = 1/0,42/0,52	4	4	4	4

TABELA 8. WYNIKI OCENY RYZYKA DLA DRZEW DRUGIEGO RZĘDU ALEI KRÓLEWSKIEJ W PUŁAWACH. (OPR. W. BOBEK)

LP	Nr inw	Nazwa łacińska	Wymiary					Wskaźniki wytrzymałości  S <sub>g</sub> /S <sub>b</sub> /S <sub>k</sub>	ST	WO	WD	SR
			wysokość (m)	średnica korony (m)	obwód pnia (cm)	średnica 1 (cm)	średnica 2 (cm)					
1	50	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	12,5	9,5	139	41	46	121/113 = 1/0,93	5	4	3	4
2	51	<i>Tilia cordata</i>	6	5,5	36	11	11	17/17 = 1/1	5	4	2	4
3	52	<i>Tilia xeuropaea</i>	18,5	8,5	140	40	46	101/73/200 = 1/0,73/2	5	4	3	4
4	53	<i>Tilia cordata</i>	17,5	7,5	110	34	35	37/37 = 1/1	5	4	4	5
5	54	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	18	9	125	38	40	67/67 = 1/1	5	4	4	5
6	55	<i>Tilia cordata</i>	16,5	9	138	43	44	88/82 = 1/0,93	5	4	3	4
7	56	<i>Tilia xeuropaea</i>	13,5	10	195	60	62	186/149/136 = 1/0,8/0,73	4	4	4	4
8	57	<i>Tilia cordata</i>	6,5	5,5	57	17	19	43/43 = 1/1	5	4	2	4
9	58	<i>Tilia xeuropaea</i>	12	9,5	143	44	45	149/139 = 1/0,93	5	4	5	5
10	59	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	9	6	183	57	59	1073/601 = 1/0,56	3	4	5	4
11	60	<i>Tilia xeuropaea</i>	18,5	8	154	46	49	103/100 = 1/0,97	5	4	4	5
12	61	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	18	7,5	165	52	53	207/168 = 1/0,81	3	4	5	4
13	62	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	16	7,5	164	55	53	531/384/400 = 1/0,72/0,75	3	4	4	4
14	63	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	17	9	149	47	46	209/169 = 1/0,81	3	4	4	4
15	64	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	16,5	6,5	146	42	47	94/94 = 1/1	5	4	3	4
16	65	<i>Tilia cordata</i>	7	8	135	40	43	383/215 = 1/0,56	3	4	5	4
17	66	<i>Tilia cordata</i>	16	6,5	136	40	44	133/149/300 = 1/1,12/2,26	5	4	4	5
18	67	<i>Tilia xeuropaea</i>	18	8,5	178	47	60	206/157/120 = 1/0,76/0,58	3	4	4	4
19	69	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	9	8	170	51	54	931/521 = 1/0,56	3	4	5	4
20	70	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	20	8,5	148	45	47	89/89 = 1/1	5	4	3	4
21	71	<i>Tilia xeuropaea</i>	17	9,5	337	110	109	1443/808 = 1/0,56	3	4	4	4
22	72	<i>Tilia xeuropaea</i>	14	7,5	210	65	64	573/93/190 = 1/0,16/0,33	5	4	5	5
23	73	<i>Tilia xeuropaea</i>	13,5	7	231	65	72	781/240/500 = 1/0,31/0,64	4	4	5	4
24	75	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	18	8	141	40	45	72/72 = 1/1	5	4	3	4
25	77	<i>Tilia cordata</i>	19	10,5	173	56	54	274/177/250 = 1/0,65/0,91	3	4	3	3
26	78	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	14	8	115	35	35	83/77 = 1/0,93	5	4	4	5
27	81	<i>Tilia xeuropaea</i>	24,5	13,5	333	99	105	289/87/150 = 1/0,3/0,52	4	4	4	4
28	82	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	16,5	8,5	114	33	33	37/37 = 1/1	5	4	4	5
29	83	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	15,5	8,5	128	36	45	80/74 = 1/0,93	5	4	3	4
30	85	<i>Tilia cordata</i>	16	8,5	116	35	36	64/64 = 1/1	5	4	3	4
31	87	<i>Tilia xeuropaea</i>	13	6	97	30	30	49/49 = 1/1	5	4	4	5
32	88	<i>Tilia xeuropaea</i>	22,5	9	313	100	107	611/342 = 1/0,56	3	4	4	4
33	89	<i>Tilia xeuropaea</i>	13	7,5	193	58	63	605/246/350 = 1/0,41/0,58	4	4	4	4
34	90	<i>Tilia xeuropaea</i>	22,5	11	334	108	109	541/303 = 1/0,56	3	4	4	4
35	92	<i>Tilia xeuropaea</i>	22	10,5	281	94	96	788/222/180 = 1/0,28/0,23	5	4	4	5
36	93	<i>Tilia xeuropaea</i>	21,5	9	196	58	65	160/149 = 1/0,93	4	4	4	4

37	94	<i>Tilia cordata</i>	19	7,5	117	34	39	39/39	5	4	4	5
38	95	<i>Tilia cordata</i>	19,5	6	152	43	52	100/76/100 = 1/0,76/1	5	4	4	5
39	96	<i>Tilia cordata</i>	17,5	8,5	191	59	58	175/142 = 1/0,81	4	4	4	4

TABELA 9. WYNIKI OCENY RYZYKA DLA DRZEW TRZECIEGO RZĘDU ALEI KRÓLEWSKIEJ W PUŁAWACH. (OPR. W. BOBEK)

LP	Nr inw	Nazwa łacińska	Wymiary					Wskaźniki wytrzymałości $S_g/S_b/S_k$	ST	WO	WD	SR
			wysokość (m)	średnica korony (m)	obwód pnia (cm)	średnica 1 (cm)	średnica 2 (cm)					
1	106	<i>Tilia cordata</i>	7	6	49	15	14	28/28 = 1/1	5	5	2	4
2	107	<i>Tilia xeuropaea</i>	16	8,5	278	90	93	1016/304/800 = 1/0,3/0,79	4	5	4	4
3	108	<i>Tilia xeuropaea</i>	16	7,5	223	72	77	551/309 = 1/0,56	3	5	4	4
4	109	<i>Tilia xeuropaea</i>	15	9,5	220	71	75	490/274 = 1/0,56	3	5	4	4
5	110	<i>Tilia xeuropaea</i>	19	13	271	88	91	375/122/117 = 1/0,33/0,31	4	5	4	4
6	111	<i>Tilia cordata</i>	11,5	7	82	24	28	41/41 = 1/1	5	5	3	5
7	112	<i>Tilia cordata</i>	14	9	98	30	31	44/44 = 1/1	5	5	3	5
8	113	<i>Tilia cordata</i>	15	8,5	107	33	35	53/53 = 1/1	5	5	3	5
9	114	<i>Tilia cordata</i>	14	8	102	31	33	51/51 = 1/1	5	5	3	5
10	115	<i>Fraxinus excelsior</i>	25	12,5	234	73	79	332/309 = 1/0,93	2	5	4	3
11	119	<i>Fraxinus excelsior</i>	25	18	267	85	91	387/314 = 1/0,81	2	5	4	3
12	120	<i>Tilia cordata</i>	20	10,5	167	49	58	110/102 = 1/0,93	5	5	3	5
13	122	<i>Tilia cordata</i>	16	6,5	143	42	45	101/94 = 1/0,93	5	5	3	5
14	123	<i>Fraxinus excelsior</i>	20,5	9	197	60	63	337/273 = 1/0,81	2	5	4	3
15	124	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	22	8	186	56	58	272/212/330 = 1/0,78/1,21	2	5	4	3
16	125	<i>Fraxinus excelsior</i>	17	6,5	164	52	51	292/237 = 1/0,81	2	5	4	3
17	126	<i>Fraxinus excelsior</i>	22	6	178	55	57	165/134 = 1/0,81	4	5	4	4
18	127	<i>Fraxinus excelsior</i>	21,5	7	119	38	41	55/55 = 1/1	5	5	4	5
19	128	<i>Fraxinus excelsior</i>	22	11	182	55	56	160/149 = 1/0,93	4	5	4	4
20	129	<i>Fraxinus excelsior</i>	21	6,5	166	49	52	550/760/990 = 1/1,38/1,8	1	5	4	3
21	130	<i>Tilia cordata</i>	22	13	191	61	59	121/113 = 1/0,93	5	5	4	5
22	131	<i>Tilia xeuropaea</i>	14	8	153	44	48	378/458/600 = 1/1,21/1,59	1	5	4	3
23	132	<i>Tilia cordata</i>	10	6	63	19	20	30/30 = 1/1	5	5	3	5
24	134	<i>Tilia xeuropaea</i>	20,5	8,5	190	55	60	104/58 = 1/0,56	5	5	4	5
25	136	<i>Tilia xeuropaea</i>	20	8	264	85	89	170/82/55 = 1/0,48/0,32	4	5	4	4
26	137	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	11,5	7	100	32	28	79/79 = 1/1	5	5	4	5
27	138	<i>Tilia xeuropaea</i>	18,5	10,5	208	53	62	155/126 = 1/0,81	4	5	4	4
28	139	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	23	10,5	202	51	64	102/88/130 = 1/0,86/1,27	5	5	4	5
29	139.1	<i>Tilia cordata</i>	7,5	6,5	61	17	21	42/42 = 1/1	5	5	2	4
30	140	<i>Tilia xeuropaea</i>	18	7,5	232	75	80	304/136/400 =	4	5	4	4



									1/0,45/1,32				
31	141	<i>Tilia xeuropaea</i>	20	6,5	223	71	76	350/284 = 1/0,81	2	5	4	3	
32	142	<i>Tilia xeuropaea</i>	7	7	152	48	48	530/297 = 1/0,56	3	5	5	4	
33	143	<i>Tilia xeuropaea</i>	21,5	9,5	242	78	83	216/151/300 = 1/0,70/1,38	3	5	4	4	
34	144	<i>Tilia cordata</i>	6	5,5	81	27	25	178/166 = 1/0,93	4	5	4	4	
35	146	<i>Tilia xeuropaea</i>	16	6	191	59	62	431/315/200 = 1/0,73/0,46	4	5	4	4	
36	147	<i>Tilia xeuropaea</i>	20,5	8,5	242	80	78	872/173/360 = 1/0,19/0,41	5	5	5	5	
37	148	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	18	8	109	36	32	35/35 = 1/1	5	5	4	5	
38	149	<i>Tilia xeuropaea</i>	17,5	7,5	238	76	79	421/277 = 1/0,54	3	5	4	4	
39	150	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	18,5	7	107	35	33	41/41 = 1/1	5	5	3	5	
40	151	<i>Tilia xeuropaea</i>	18	8	201	60	68	179/137/141 = 1/0,77/0,79	4	5	4	4	
41	152	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	17,5	8	149	49	45	95/63/155 = 1/0,66/1,63	5	5	3	5	
42	153	<i>Tilia xeuropaea</i>	16	10,5	190	61	60	254/137 = 1/0,54	3	5	3	4	
43	154	<i>Tilia cordata</i>	15	4	110	35	33	65/65 = 1/1	5	5	4	5	
44	155	<i>Tilia xeuropaea</i>	15	7	167	50	53	325/51/172 = 1/0,15/0,53	5	5	4	5	
45	156	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	14	9,5	152	47	48	118/96 = 1/0,81	5	5	4	5	

TABELA 10. WYNIKI OCENY RYZYKA DLA DRZEW RZĘDU CZWARTEGO ALEI KRÓLEWSKIEJ W PUŁAWACH. (OPR. W. BOBEK)

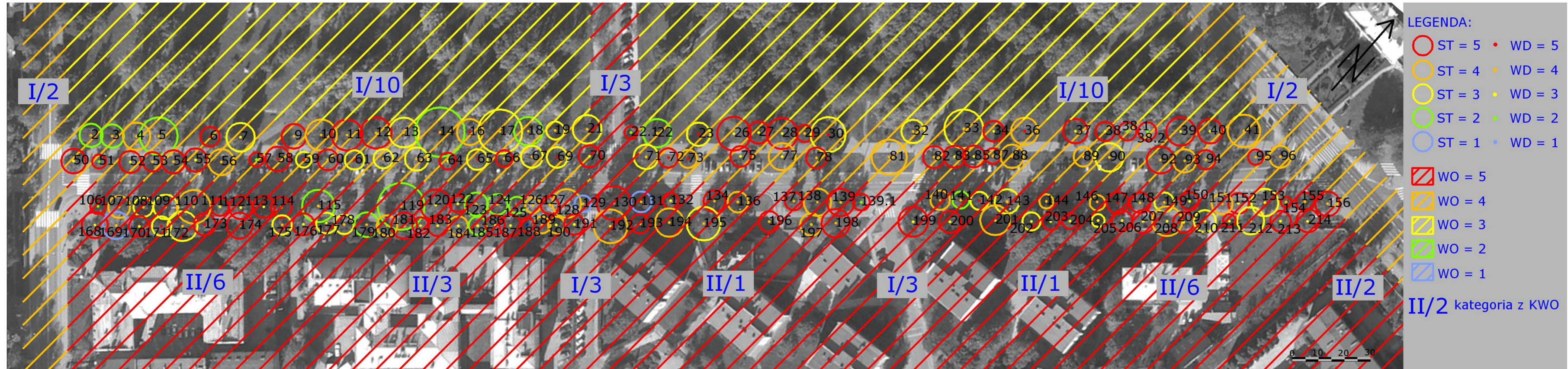
LP	Nr inw	Nazwa łacińska	Wymiary					Wskaźniki wytrzymałości  S <sub>g</sub> /S <sub>b</sub> /S <sub>k</sub>	ST	WO	WD	SR
			wysokość (m)	średnica korony (m)	obwód pnia (cm)	średnica 1 (cm)	średnica 2 (cm)					
1	168	<i>Tilia xeuropaea</i>	21,5	10	177	53	58	123/216/205 = 1/1,76/1,67	5	5	3	5
2	169	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	13,5	10,5	159	49	51	307/325/400 = 1/1,06/1,3	1	5	4	3
3	170	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	18,5	8	134	42	41	59/59 = 1/1	5	5	3	5
4	171	<i>Tilia xeuropaea</i>	14	8	266	84	87	1238/782/1238 = 1/0,63/1	3	5	5	4
5	172	<i>Tilia xeuropaea</i>	18	11,5	270	86	89	585/316 = 1/0,54	3	5	4	4
6	173	<i>Tilia xeuropaea</i>	15	8,5	257	81	85	1052/106/450 = 1/0,1/0,43	5	5	5	5
7	174	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	20	10	148	41	50	70/70 = 1/1	5	5	3	5
8	175	<i>Tilia xeuropaea</i>	21	7,5	226	69	72	224/181 = 1/0,81	3	5	4	4
9	176	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	23	8,5	205	57	70	131/122 = 1/0,93	5	5	3	5
10	177	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	17	8	186	61	56	256/143 = 1/0,56	3	5	3	4
11	178	<i>Tilia cordata</i>	13	7,5	132	39	40	200/160/400 = 1/0,8/2	3	5	4	4
12	179	<i>Tilia cordata</i>	18	9,5	236	76	78	314/254 = 1/0,81	2	5	4	3
13	180	<i>Tilia xeuropaea</i>	23	8	212	63	68	178/170/160 = 1/0,96/0,9	4	5	4	4
14	181	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	19,5	10	166	49	54	87/87 = 1/1	5	5	4	5
15	182	<i>Tilia cordata</i>	21,5	6,5	120	34	40	98/66/100 = 1/0,67/1,02	5	5	3	5
16	183	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	16,5	8	150	46	46	87/87 = 1/1	5	5	3	5
17	184	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	17,5	7,5	183	55	59	170/170 = 1/1	4	5	3	4
18	185	<i>Tilia xeuropaea</i>	19,5	7	205	64	69	254/246 = 1/0,97	2	5	3	3
19	186	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	19,5	7,5	154	44	50	68/68 = 1/1	5	5	3	5
20	187	<i>Tilia cordata</i>	20,5	8,5	134	42	43	118/104/225	5	5	3	5



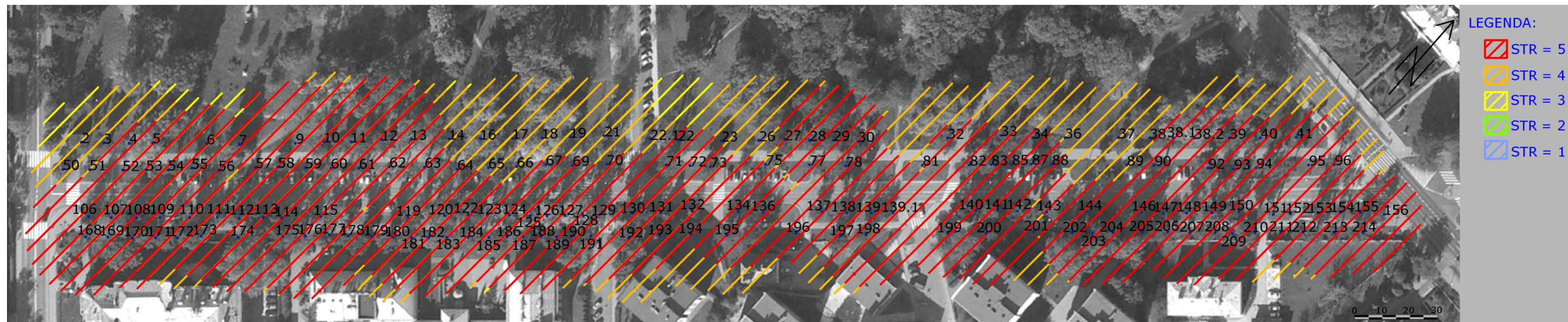
								=1/0,88/1,91				
21	188	<i>Tilia cordata</i>	13	5,5	131	39	42	79/79 = 1/1	5	5	5	5
22	189	<i>Tilia cordata</i>	18	6,5	168	47	57	190/60/173 = 1/0,32/0,91	4	5	4	4
23	190	<i>Tilia cordata</i>	17,5	6,5	174	50	57	298/125/267 = 1/0,42/0,9	4	5	3	4
24	191	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	17	8	116	35	38	50/50 = 1/1	5	5	3	5
25	192	<i>Tilia xeuropaea</i>	23	13	203	64	65	196/177/237 = 1/0,9/1,21	4	5	3	4
26	193	<i>Tilia cordata</i>	10	7,5	66	20	21	30/30 = 1/1	5	5	3	5
27	194	<i>Tilia xeuropaea</i>	19,5	11	256	70	72	352/88/400 = 1/0,25/1,21	4	5	4	4
28	195	<i>Tilia xeuropaea</i>	21	13	426	136	142	1358/760 = 1/0,56	3	5	4	4
29	196	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	11	8	120	38	39	147/147 = 1/1	5	5	4	5
30	197	<i>Tilia xeuropaea</i>	20,5	8,5	210	57	70	173/81 = 1/0,47	4	5	4	4
31	198	<i>Tilia xeuropaea</i>	19	11	196	44	70	142/138 = 1/0,97	5	5	4	5
32	199	<i>Tilia xeuropaea</i>	16	11,5	144	51	44	92/92 = 1/1	5	5	4	5
33	200	<i>Tilia cordata</i>	19	8,5	111	35	35	35/35 = 1/1	5	5	3	5
34	201	<i>Tilia xeuropaea</i>	19	11,5	209	62	63	194/58/120 = 1/0,30/0,62	4	5	4	4
35	202	<i>Tilia xeuropaea</i>	17,5	7	195	59	65	291/238/195 =1/0,82/0,62	3	5	4	4
36	203	<i>Tilia cordata</i>	19	6,5	115	36	37	40/40 = 1/1	5	5	3	5
37	204	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	18,5	6	101	28	32	26/26 = 1/1	5	5	3	5
38	205	<i>Tilia cordata</i>	9	5	122	38	40	241/241 = 1/1	3	5	4	4
39	206	<i>Tilia cordata</i>	7,5	8	85	27	28	89/89 = 1/1	5	5	3	5
40	207	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	19	9	159	48	52	138/119/400 = 1/0,86/2,9	5	5	3	5
41	208	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	14,5	11,5	177	48	64	178/173 = 1/0,97	4	5	3	4
42	209	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	17	8	144	43	48	70/70 = 1/1	5	5	3	5
43	210	<i>Tilia xeuropaea</i>	17,5	8,5	321	106	104	1048/587 = 1/0,56	3	5	4	4
44	211	<i>Tilia cordata</i>	7,5	5	51	16	16	15/15 = 1/1	5	5	3	5
45	212	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	16,5	10,5	163	49	51	200/179/267 = 1/0,9/1,34	3	5	3	4
46	213	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	16,5	8	142	44	46	97/97 = 1/1	5	5	3	5
47	214	<i>Tilia 'Euchlora'</i>	15	9	148	45	45	135/139/200 =1/1,03/1,48	5	5	4	5

Z analizy wyników zawartych w powyższych tabelach, wynika że stopień ryzyka zawodności drzew w Alei Królewskiej w Puławach jest generalnie wysoki, dominują wartości **SR** równe 4 lub 5. Zależności pomiędzy trzema składowymi ryzyka **ST**, **WD**, **WO**, oprócz prezentacji liczbowej w tabelach, zostały zobrazowane na zdjęciu satelitarnym w skali 1:1000. Wyniki analizy i obliczeń prowadzące do uzyskania na podstawie stopni ryzyka i zasięgów dla poszczególnych drzew zostały zobrazowane w postaci stref, na zdjęciu satelitarnym w skali 1:1000.





RYC. 44 SKŁADOWE OCENY RYZYKA DLA ALEI KRÓLEWSKIEJ W PUŁAWACH, 2013 (OPR. W. BOBEK)



RYC. 45 STREFY RYZYKA DLA ALEI KRÓLEWSKIEJ W PUŁAWACH, 2013 (OPR. W. BOBEK)



---

### 7.1.2. ALEJA JANA PAWŁA II W PODKOWIE LEŚNEJ

---

Drugim rozważanym przypadkiem jest Aleja Jana Pawła II w Podkowie Leśnej, na odcinku pomiędzy ulicą Akacjową, a Aleją Lipową. Aleja jest układem jednogatunkowym, zbudowana z lipy drobnolistnej, w całości wpisana do rejestru jako Pomnik Przyrody w Podkowie Leśnej, pod numerem 722.



RYC. 46. ALEJA JANA PAWŁA II W PODKOWIE LEŚNEJ – OGÓLNA SYTUACJA W SKALI CENTRUM MIASTA, 2013, [Z:] WWW.GEOPORTAL.GOV.PL

Jest to bardzo ważny ciąg komunikacyjny w strukturze miasta prowadzący większość ruchu pieszego i kołowego, również o znaczeniu pozamiejskim. Przebiega ona na kierunku północ-południe wprowadzając ruch kołowy głównie od strony drogi wojewódzkiej 719 z Pruszkowa i Warszawy. Układ alei składa się z głównego traktu kołowego, odcinkowo z miejscami parkingowymi oraz ciągu pieszego po obu stronach. Drzewa rosną w dwurzędowym układzie, w wąskich pasach pomiędzy kanałami ruchu. Od obu stron Aleja graniczy z zabudową, częściowo z strefą usługową oraz terenem kościoła. Drzewa rosnące w Alei należą do trzech grup wiekowych: najstarsze, z pierwszego obsadzenia przy budowie miasta, stare – dosadzane, zapewne w okresie po II Wojnie Światowej i zupełnie młode – dosadzane w ostatnich latach.

Aleja Jana Pawła II w Podkowie Leśnej stanowi dużą wartość historyczną i kompozycyjną jako świadek zakładania i urządzania miasta ogrodu, dlatego większość decyzji o zmianach w strukturze miasta jest poprzedzana wnikliwą analizą i badaniami.



RYC. 47. ALEJA JANA PAWŁA II W PODKOWIE LEŚNEJ. WIDOK OD STRONY POŁUDNIOWEJ, TRUDNA SYTUACJA PRZESTRZENNA DRZEW, 2010, FOT. W. BOBEK

Badania w obrębie drzewostanu Alei Jana Pawła II przeprowadzone były w kwietniu<sup>204</sup> i listopadzie<sup>205</sup> 2010 roku. Stan ogólny Alei jest zróżnicowany. Zmianie w ostatnich latach uległ przede wszystkim stan nawierzchni traktu kołowego. Na skutek zaproponowanych rozwiązań silnym zmianom podlegał przede wszystkim poziom gruntu wokół drzew. Wykonane prace, obniżające na

---

<sup>204</sup> M. Siewniak, W. Bobek, *Ekspertyza dendrologiczna 288 drzew - Pomników Przyrody na terenie Podkowy Leśnej, Pawłowice-Warszawa*, 2010, (maszynopis).

<sup>205</sup> M. Siewniak, W. Bobek, *Ekspertyza dendrologiczno-statyczna 40 drzew pomnikowych rosnących w Podkowie Leśnej wykonana zintegrowaną, bezinwazyjną metodą tensometryczną Elasto-Inclino*, Warszawa, 2010 (maszynopis).

znacznym odcinku jezdni w stosunku do reszty terenu, wpłynęły negatywnie na stan statyczny i witalny drzew. Stan poszczególnych drzew, jest silnie zróżnicowany. Miały na to wpływ przeprowadzone zmiany, rosnące natężenie ruchu, brak właściwej pielęgnacji oraz szkodniki i choroby. Na wielu drzewach zauważalne są ślady szkodliwych zabiegów chirurgii drzew: amputacji, czyszczenia i impregnowania ubytków [Ryc. 48].



RYC. 48. LIPA DROBNOLISTNA (*TILIA CORDATA*) NR 11, ALEJA JANA PAWŁA II W PODKOWIE LEŚNEJ. SILNE WYPRÓCHNIENIE PNIA, ŚLADY PO STAREJ AMPUTACJI ORAZ CZYSZCZENIU I IMPREGNOWANIU UBYTKU. NARUSZONA PRZESTRZEŃ KORZENIENIA SIĘ DRZEWA, ODPOWIEDZIALNA ZA JEGO STABILNOŚĆ W GRUNCIE. 2010, FOT. W. BOBEK

Wiele drzew posiada różnego rodzaju defekty i wady w obrębie korony, zwłaszcza niekorzystne rozwidlenia i uszkodzenia oraz pnia, prawie wszystkie drzewa mają wyraźne ubytki, co znacząco wpływa wytrzymałość pni. Dane zostały przedstawione w Tabeli 11. Niekorzystne zmiany i uszkodzenia dotyczą również systemów korzeniowych, co w połączeniu z trudnymi warunkami korzenia się, ubiciem gruntu i ograniczeniach przestrzennych, wzbudza obawy o stabilność większości drzew w Alei. Wyniki analizy stanu systemów korzeniowych prezentuje Tabela 12.

TABELA 11. WADY I DEFEKTY DRZEW W OBRĘBIE KORONY I PNIA ALEI JANA PAWŁA II W PODKOWIE LEŚNEJ, [ZA:] M. SIEWNIAK, W. BOBEK, EKSPERTYZA DENDROLOGICZNA 288 DRZEW - POMNIKÓW PRZYRODY NA TERENIE PODKOWY LEŚNEJ, PAWŁOWICE-WARSZAWA, 2010 (OPR. W. BOBEK)

Liczba drzew	Drzewa				
	z rozwidleniem	z defektami	z ubytkami	z owocnikami grzybów	pochylone
44	27	41	42	5	23

Dla oceny ryzyka ma również znaczenie, to że ponad połowa drzew jest pochylona, co w wąskim układzie alejowym, powoduje zwiększone zagrożenie wykołem, co niezależnie od kierunku może mieć tragiczne skutki.



RYC. 49. LIPA DROBNOLISTNA (*TILIA CORDATA*) NR 32, ALEJA JANA PAWŁA II W PODKOWIE LEŚNEJ. USZKODZENIA W OBRĘBIE SYSTEMU KORZENIOWEGO. NARUSZONA PRZESTRZEŃ KORZENIENIA SIĘ DRZEWA, ODPOWIEDZIALNA ZA JEGO STABILNOŚĆ W GRUNCIE. 2010, FOT. W. BOBEK

Wiele drzew, zwłaszcza we wschodnim rzędzie Alei ma poważne problemy w obrębie systemu korzeniowego. Wiele niekorzystnych czynników takich jak: zmiana poziomu terenu, zmniejszenie przestrzeni korzenienia się, uszkodzenia mechaniczne, ucięcia gruntu, zwłaszcza w trakcie modernizacji nawierzchni, powoduje znaczne zaburzenie stabilności w gruncie, szczególnie u drzew z powierzchniowo ukształtowanym systemem korzeniowym.

TABELA 12. WADY I DEFEKTY DRZEW W OBRĘBIE SYSTEMU KORZENIOWEGO ALEI JANA PAWŁA II W PODKOWIE LEŚNEJ, [ZA:] M. SIEWNIAK, W. BOBEK, EKSPERTYZA



Liczba drzew	Drzewa		
	z korzeniami powierzchniowymi	z odrostami korzeniowymi	ze zmianami poziomu gruntu w obrębie systemu korzeniowego
44	13	27	36

Na potrzeby oceny ryzyka wykonana została szczegółowa inwentaryzacja wszystkich drzew w Alei Jana Pawła II. Oprócz tabeli obejmującej 80 parametrów: dendrometrycznych i opisowych, wykonano także dokumentację fotograficzną. Statyka drzew została oceniona w analogiczny sposób co w poprzednim przypadku, przy pomocy metody SIA-VTA przeanalizowano stan wszystkich drzew, a dla 19 z nich, które budziły największe zastrzeżenia, wykonano pomiary metodą SIM.

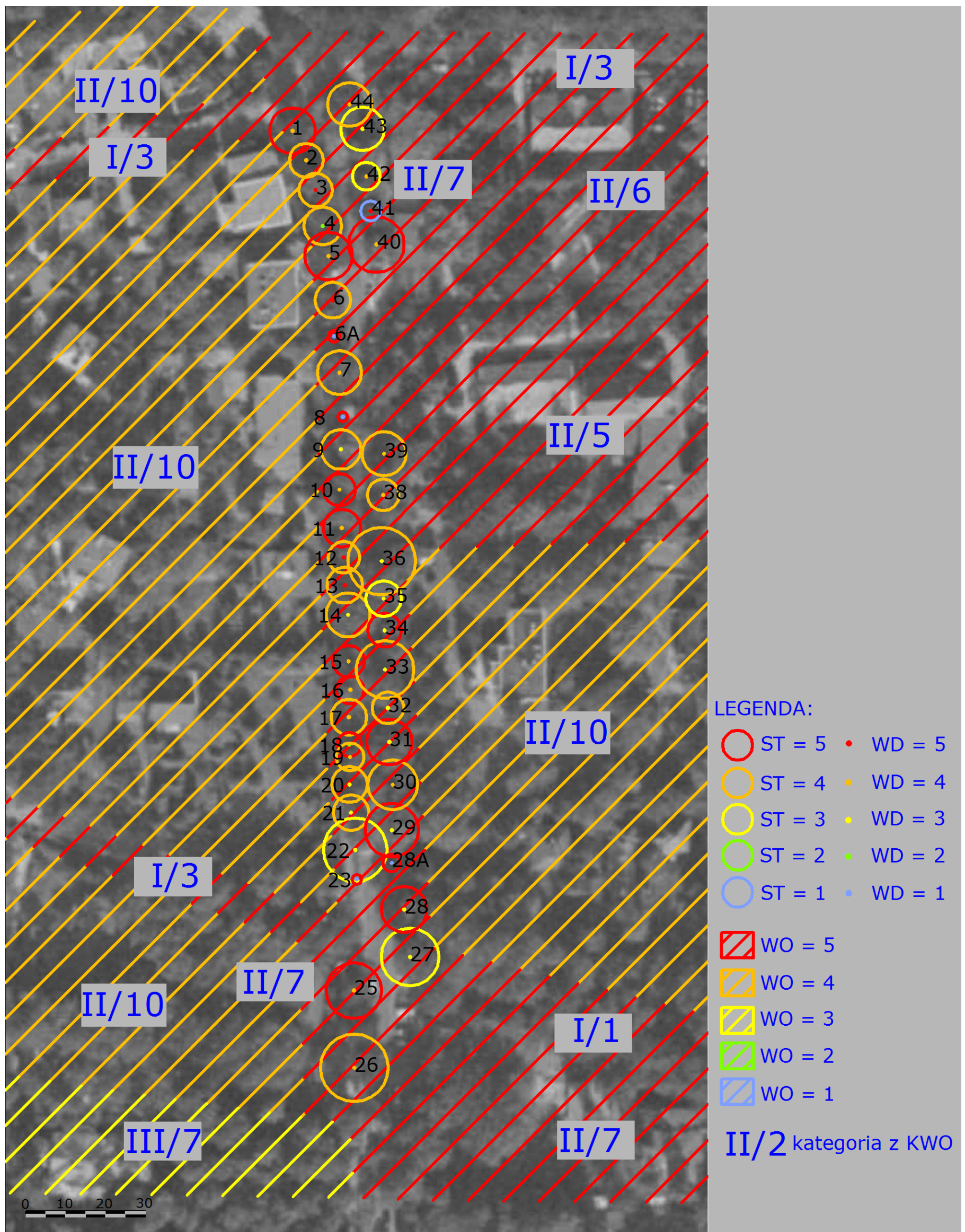
W kolejnym kroku, przystąpiono do oceny stopni ryzyka, zgodnie z metodą, poprzez analizę składowych **ST**, **WD** i **WO**. Składową **ST** określono na podstawie powyższych badań statyki poszczególnych drzew. Wyniki analizy **ST** oraz wartości **WD**, wyznaczonych na podstawie oceny witalności w terenie, zapisano w Tabeli 13. W przypadku wrażliwości otoczenia **WO**, dla Aleja Jana Pawła II, z Katalogu Wrażliwości Otoczenia, przyporządkowano pozycję **I/1**, która przyjmuje wartość równą 5. Warunkowane jest to intensywnością użytkowania oraz dodatkowym sąsiedztwem zabudowy, usług oraz terenu Kościoła, co powoduje, że Aleja stanowi jeden z głównych kanałów ruchu pieszego i kołowego w obrębie miasta.

TABELA 13. WYNIKI OCENY RYZYKA DLA DRZEW ALEI JANA PAWŁA II W PODKOWIE LEŚNEJ.  
 (OPR. W. BOBEK)

LP	Nr inw	Nazwa tacińska	Wymiary				Wskaźniki wytrzymałości					
			wysokość (m)	średnica korony (m)	obwód pnia (cm)	średnica 1 (cm)	średnica 2 (cm)	$S_g/S_b/S_k$	ST	WO	WD	SR
1	1	<i>Tilia cordata</i>	16	11,5	250	79	76	$430/229/169 = 1/0,53/0,39$	5	5	4	5
2	2	<i>Tilia cordata</i>	14	8,5	210	62	68	$250/110/80 = 1/0,44/0,31$	4	5	4	4
3	3	<i>Tilia cordata</i>	13	8,5	180	58	43	$230/81 = 1/0,35$	4	5	5	5
4	4	<i>Tilia cordata</i>	14	9,5	190	51	58	$155/87 = 1/0,55$	4	5	2	4

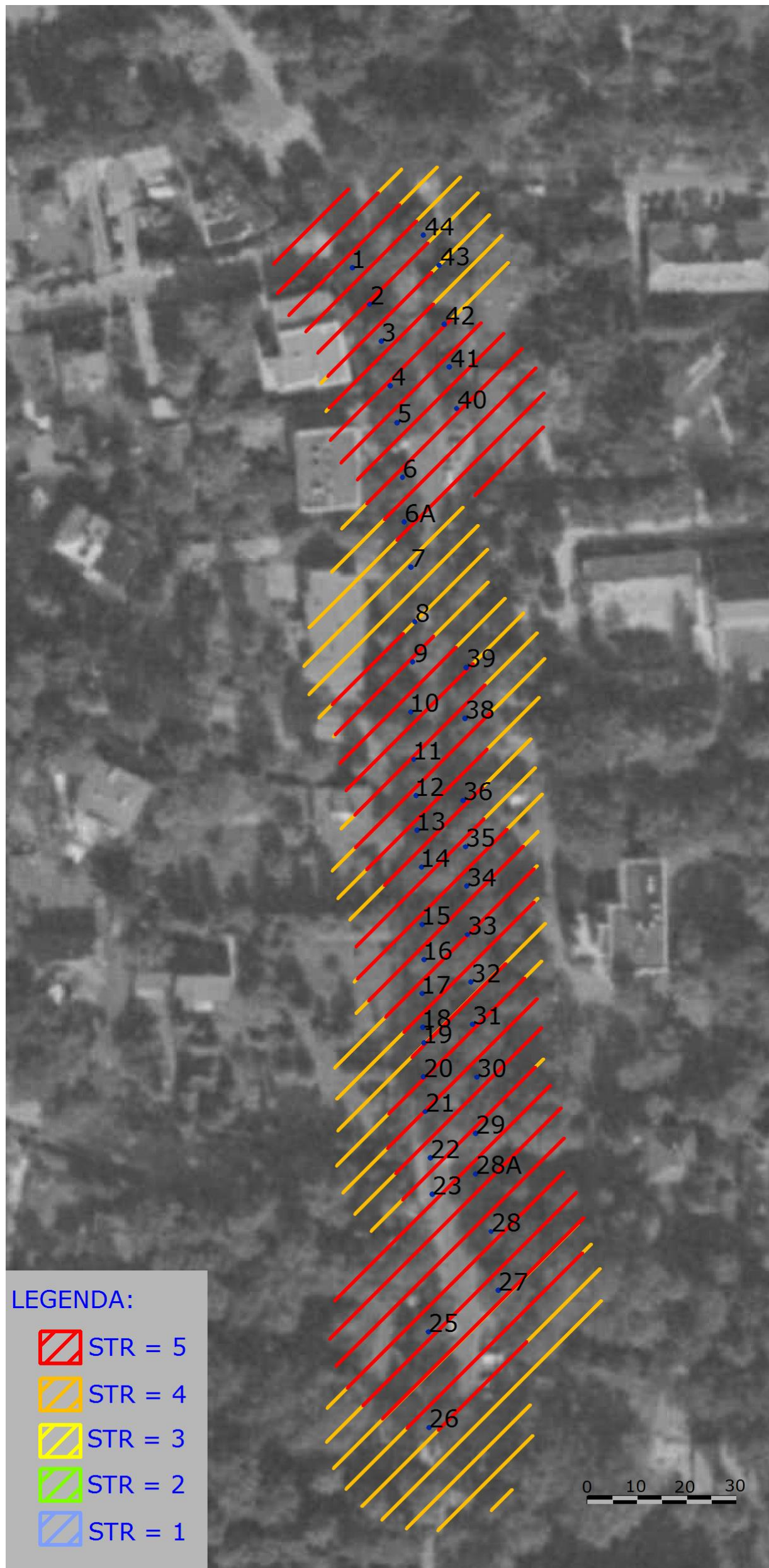
5	5	<i>Tilia cordata</i>	14	12	260	61	88	$360/109/65 = 1/0,32/0,18$	5	5	4	5
6	6	<i>Tilia cordata</i>	9	9	180	55	50	$1301/430 = 1/0,35$	4	5	5	5
7	6A	<i>Tilia cordata</i>	4	3	30	8,5	8,5	$100/100 = 1/1$	5	5	1	4
8	7	<i>Tilia cordata</i>	16	11	225	61	74	$305/143 = 1/0,47$	4	5	4	4
9	8	<i>Tilia cordata</i>	2,5	2,5	20	5,5	6,5	$100/100 = 1/1$	5	5	1	4
10	9	<i>Tilia cordata</i>	22	10	320	89	99	$419/197 = 1/0,47$	4	5	3	4
11	10	<i>Tilia cordata</i>	16	8	190	52	59	$148/120 = 1/0,81$	5	5	4	5
12	11	<i>Tilia cordata</i>	15	9,5	250	78	77	$516/90 = 1/0,17$	5	5	4	5
13	12	<i>Tilia cordata</i>	11	8	210	68	62	$777/272 = 1/0,35$	4	5	5	5
14	13	<i>Tilia cordata</i>	13	9	210	65	62	$497/147 = 1/0,3$	4	5	5	5
15	14	<i>Tilia cordata</i>	18	11	260	79	78	$290/76/96 = 1/0,26/0,33$	4	5	3	4
16	15	<i>Tilia cordata</i>	10	8	130	37	43	$137/111 = 1/0,81$	5	5	4	5
17	16	<i>Tilia cordata</i>	14	7	150	43	47	$145/106/140 = 1/0,73/0,96$	5	5	4	5
18	17	<i>Tilia cordata</i>	14	9	185	61	71	$370/110/231 = 1/0,29/0,62$	4	5	4	4
19	18	<i>Tilia cordata</i>	11	6	90	30	25	$133/59/69 = 1/0,44/0,52$	5	5	2	4
20	19	<i>Tilia cordata</i>	12	7	100	29	29	$193/172/156 = 1/0,89/0,81$	4	5	4	4
21	20	<i>Tilia cordata</i>	18	9	225	66	71	$245/115 = 1/0,47$	4	5	3	4
22	21	<i>Tilia cordata</i>	18	9	195	55	65	$164/133 = 1/0,81$	4	5	3	4
23	22	<i>Tilia cordata</i>	19	16	210	63	69	$240/232/147 = 1/0,96/0,61$	3	5	3	4
24	23	<i>Tilia cordata</i>	5	2,5	20	5	5,5	$100/100 = 1/1$	5	5	1	4
25	25	<i>Tilia cordata</i>	20	14	175	48	58	$142/160/112 = 1/1,12/0,78$	5	5	4	5
26	26	<i>Tilia cordata</i>	21	17	280	96	81	$375/106/87 = 1/0,28/0,23$	4	5	4	4
27	27	<i>Tilia cordata</i>	21	14,5	230	69	76	$208/168 = 1/0,81$	3	5	3	4
28	28	<i>Tilia cordata</i>	19	11,5	170	51	52	$104/50/48 = 1/0,48/0,46$	5	5	3	5
29	28A	<i>Tilia cordata</i>	4	4,5	35	10	11	$100/100 = 1/1$	5	5	1	4
30	29	<i>Tilia cordata</i>	18	13,5	180	49	60	$132/107 = 1/0,81$	5	5	3	5
31	30	<i>Tilia cordata</i>	14	12,5	190	60	52	$177/93/60 = 1/0,53/0,34$	4	5	4	4
32	31	<i>Tilia cordata</i>	14	11,5	170	47	48	$131/62 = 1/0,47$	5	5	3	5
33	32	<i>Tilia cordata</i>	11	8	105	31	34	$162/93/44 = 1/0,57/0,27$	4	5	3	4
34	33	<i>Tilia cordata</i>	16	14,5	190	55	55	$159/101/73 = 1/0,64/0,46$	4	5	3	4
35	34	<i>Tilia cordata</i>	14	8,5	120	33	40	$105/70/49 = 1/0,67/0,46$	5	5	3	5
36	35	<i>Tilia cordata</i>	15	9	190	58	55	$204/165 = 1/0,81$	3	5	3	4
37	36	<i>Tilia cordata</i>	16	17	230	62	69	$190/112 = 1/0,55$	4	5	3	4
38	38	<i>Tilia cordata</i>	14	8	170	51	54	$361/185/132 = 1/0,51/0,36$	4	5	4	4
39	39	<i>Tilia cordata</i>	16	11	190	55	60	$194/65/67 = 1/0,34/0,35$	4	5	4	4
40	40	<i>Tilia cordata</i>	18	14	270	75	81	$646/109/150 = 1/0,16/0,23$	5	5	4	5
41	41	<i>Tilia cordata</i>	5	5	85	25	26	$1039/831 = 1/0,8$	1	5	5	3
42	42	<i>Tilia cordata</i>	7	7	95	31	28	$249/139 = 1/0,56$	3	5	4	4
43	43	<i>Tilia cordata</i>	14	11	180	57	54	$272/152 = 1/0,56$	3	5	3	4
44	44	<i>Tilia cordata</i>	14	11	210	61	68	$330/116 = 1/0,35$	4	5	4	4

Wyniki zaprezentowane w Tabeli 13, pokazują że stopień ryzyka zawodności drzew w Alei Jana Pawła II w Podkowie Leśnej jest wysoki. Dominują, poza lipą nr 41, wartości **SR** równe 4 lub 5. Zależności pomiędzy trzema składowymi ryzyka **ST**, **WD**, **WO**, podobnie jak przypadku pierwszym, zostały zobrazowane na zdjęciu satelitarnym w skali 1:1000. Analogicznie zaprezentowano strefy ryzyka na zdjęciu satelitarnym w skali 1:1000.



RYC. 50. SKŁADOWE OCENY RYZYKA DLA ALEI JANA PAWŁA II W PODKOWIE LEŚNEJ, 2013 (OPR. W. BOBEK)





RYC. 51. STREFY RYZYKA DLA ALEI JANA PAWŁA II W PODKOWIE LEŚNEJ, 2013 (OPR. W. BOBEK)

---

### 7.1.3. WZGÓRZE WAWELSKIE W KRAKOWIE

---



RYC. 52. WZGÓRZE WAWELSKIE W KRAKOWIE – OGÓLNA SYTUACJA W SKALI CENTRUM MIASTA, 2013, [Z:] WWW.GEOPORTAL.GOV.PL

Trzecim omawianym przykładem jest drzewostan na terenie Wzgórza Wawelskiego W Krakowie. Przebadanych zostało 19 drzew, w tym: 11 kasztanowców białych, 4 jesiony wyniosłe, 3 lipy drobnolistne i 1 brzoza pospolita. Jest to układ towarzyszący zabudowie Wzgórza oraz głównym ciągom komunikacyjnym, prowadzącym większość ruchu pieszego w tym rejonie. Głównymi użytkownikami są turyści zmierzający do różnych części muzeum, jak również spacerowicze, mieszkańcy, pracownicy. Drzewa należą do różnych grup wiekowych, i pochodzą z różnych okresów historycznych. Pełnią różną funkcję w obrębie muzeum, w niektórych przypadkach maskującą ahistoryczne obiekty Zamku Wawelskiego.



Badania w obrębie drzewostanu przeprowadzone były w listopadzie i grudniu 2008 roku<sup>206</sup>. Drzewa znajdują się w zróżnicowanym stanie, a problemy z ich statyką, wzbudzały wątpliwości o bezpieczeństwo osób przebywających w ich rejonie.



RYC. 53. FRAGMENT DRZEWOSTANU WZGÓRZA WAWELSKIEGO W KRAKOWIE. WIDOK OD STRONY POŁUDNIOWEJ, 2008, FOT. M. SIEWNIAK

Poszczególne drzewa posiadają różne deformacje, odchylają się od pionu, posiadają rozwidlenia, zauważalny jest posusz. W koronach były i są zamontowane różnego rodzaju wiązania. W toku badań została wykonana dokumentacja fotograficzno-opisowa dla wszystkich drzew. Sporządzono szczegółową inwentaryzację obejmującą, parametry dendrometryczne oraz opis stanu. Ocenę statyki przeprowadzono,

---

<sup>206</sup> M. Siewniak, W. Bobek, *Ekspertyza dendrologiczna o stanie zdrowotnym i statycznym 25 drzew rosnących na Wzgórzu Wawelskim wraz z wnioskami i zaleceniami do dalszego postępowania*, Warszawa 2008, (maszynopis).

zgodnie z przyjętą regułą: metodą SIA-VTA, przy pomocy której przeanalizowano stan wszystkich drzew oraz metodą SIM, dla siedmiu drzew, które budziły największe zastrzeżenia.



RYC. 54. KASZTANOWIEC BIAŁY (*AESCULUS HIPPOCASTANUM*) NR 30 PODCZAS POMIARU STATYKI METODĄ SIM, ZACHODNIA CZĘŚĆ WZGÓRZA WAWELSKIEGO W KRAKOWIE. DRZEWO POCHYLONE NAD DROGĘ PROWADZĄCĄ DUŻY RUCH W TYM REJONIE, NIEKORZYSTNE ROZWIDLENIE, SILNA REDUKCJA KORONY Z OBAWY O BEZPIECZEŃSTWO PRZECHODNIÓW. 2008, FOT. M. SIEWNIAK

W kolejnym etapie przystąpiono do oceny stopni ryzyka, w oparciu o analizę składowych **ST**, **WD** i **WO**. Składową **ST** określono na podstawie wyników oceny statyki, a składową **WD**, na podstawie oceny witalności poszczególnych drzew w terenie i ujęto w Tabeli 14. W przypadku wrażliwości otoczenia **WO**, nakłada się w tym miejscu wiele kategorii użytkowania, jednakże wszystkie, mają podobnie wysokie wartości. Z Katalogu Wrażliwości Otoczenia, przyporządkowano kategorię **II/8**, na

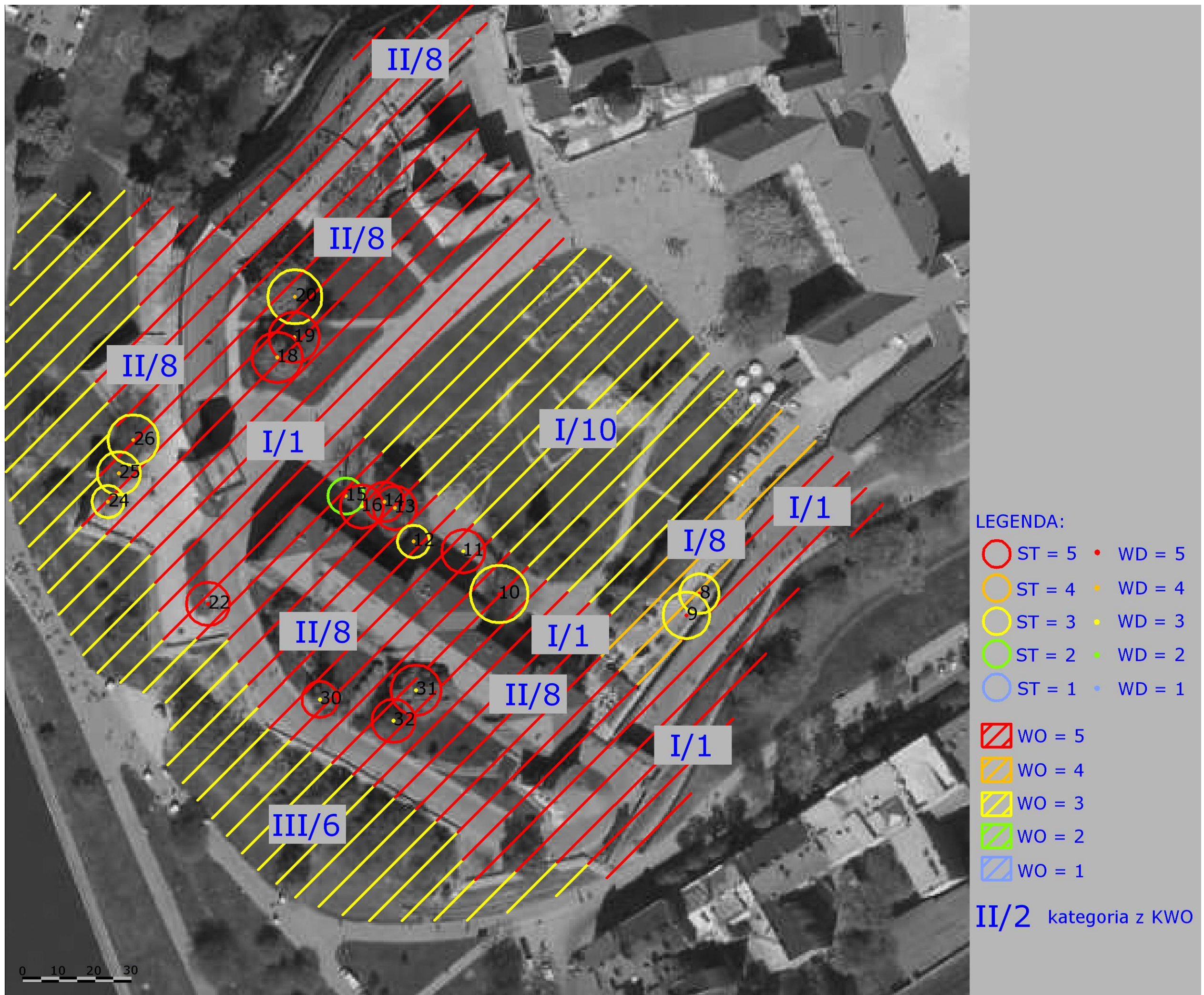
podstawie głównej cechy jaką jest zabytkowy charakter miejsca i obiektów. Przyjmuje ona wartość równą 5.

TABELA 14. WYNIKI OCENY RYZYKA DLA DRZEW ROSNĄCYCH W OBRĘBIE WZGÓRZA WAWELSKIEGO W KRAKOWIE. (OPR. W. BOBEK)

LP	Nr inw	Nazwa łacińska	Wymiary					Wskaźniki wytrzymałości						
			wysokość (m)	średnica korony (m)	obwód pnia (cm)	średnica 1 (cm)	średnica 2 (cm)	S <sub>g</sub> /S <sub>b</sub> /S <sub>k</sub>			ST	WO	WD	SR
1	8	<i>Aesculus hippocastanum</i>	18,5	11	302	95	92	334/247/264 = 1/0,71/0,76			3	5	5	4
2	9	<i>Aesculus hippocastanum</i>	17	13	278	86	90	297/178 = 1/0,6			3	5	5	4
3	10	<i>Fraxinus excelsior</i>	27	16	307	100	96	230/230/265 = 1/1/1,1			2	5	2	3
4	11	<i>Aesculus hippocastanum</i>	26	12	255	84	77	131/78/211 = 1/0,58/1,6			5	5	3	5
5	12	<i>Fraxinus excelsior</i>	17,5	9	166	53	54	292/161 = 1/0,55			3	5	4	4
6	13	<i>Aesculus hippocastanum</i>	22,5	12	207	67	64	97/77 = 1/0,8			5	5	4	5
7	14	<i>Aesculus hippocastanum</i>	24	10	261	75	90	105/84 = 1/0,8			5	5	4	5
8	15	<i>Fraxinus excelsior</i>	26	10	226	72	68	291/291/234 = 1/1/0,8			2	5	4	3
9	16	<i>Fraxinus excelsior</i>	30	12	212	70	65	120/129/225 = 1/1/1,8			5	5	3	5
10	18	<i>Aesculus hippocastanum</i>	23,5	14	242	76	78	127/102 = 1/0,8			5	5	4	5
11	19	<i>Aesculus hippocastanum</i>	25	14	248	81	77	120/96 = 1/0,8			5	5	4	5
12	20	<i>Aesculus hippocastanum</i>	27	15	324	108	97	200/160 = 1/0,8			3	5	4	4
13	22	<i>Aesculus hippocastanum</i>	20,5	12	305	103	91	144/73 = 1/0,51			5	5	5	5
14	24	<i>Tilia cordata</i>	19	9	223	73	68	221/111 = 1/0,51			3	5	4	4
15	25	<i>Tilia cordata</i>	21	12	273	88	86	346/174 = 1/0,51			3	5	4	4
16	26	<i>Tilia cordata</i>	20	14	267	71	99	357/179 = 1/0,51			3	5	4	4
17	30	<i>Aesculus hippocastanum</i>	17,5	10	361	118	114	604/433/456 = 1/0,72/0,75			3	5	4	4
18	31	<i>Aesculus hippocastanum</i>	27,5	14	340	104	106	151/92/200 = 1/0,6/1,3			4	5	3	4
19	32	<i>Betula pendula</i> 'Dalecarlica'	21,5	12	157	51	49	97/92 = 1/0,94			5	5	3	5

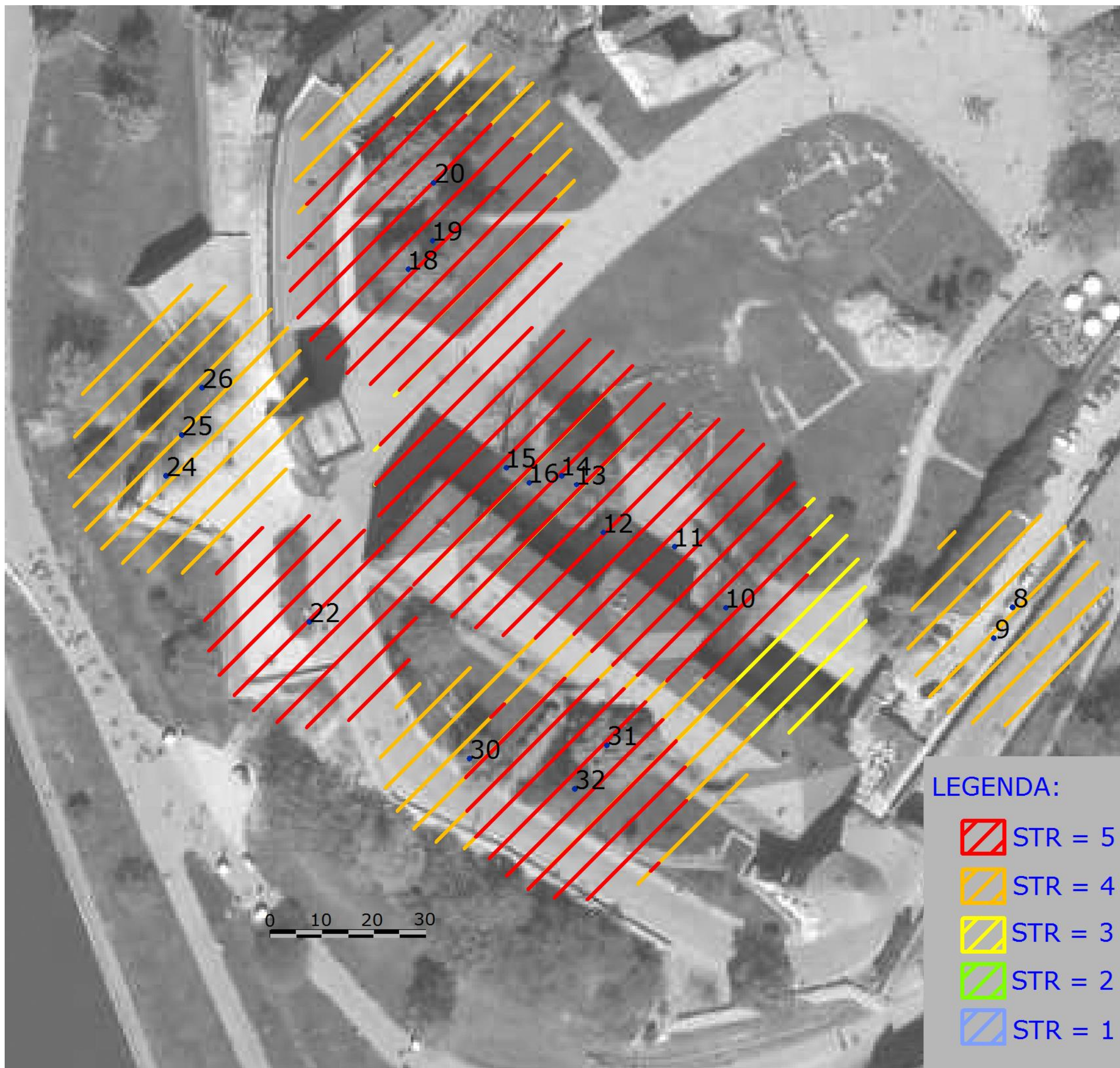
Wyniki z Tabela 14 , pokazują że zmienność stopnia ryzyka zawodności drzew **SR** w analizowanym obszarze, przebiega w zakresie wartości średnich do wysokich czyli od 3 do 5. Zależności pomiędzy trzema składowymi ryzyka **ST**, **WD**, **WO**, podobnie jak poprzednio, zostały zobrazowane na zdjęciu satelitarnym w skali 1:1000. Analogicznie zaprezentowano strefy ryzyka na zdjęciu satelitarnym w skali 1:1000.





RYC. 55. SKŁADOWE OCENY RYZYKA DLA WZGÓRZA WAWELSKIEGO W KRAKOWIE, 2013 (OPR. W. BOBEK)





RYC. 56. STREFY RYZYKA DLA WZGÓRZA WAWELSKIEGO W KRAKOWIE, 2013 (OPR. W. BOBEK)



---

#### 7.1.4. DWOREK CHOPINA W ŻELAZOWEJ WOLI

---



RYC. 57. CENTRUM PARKU W ŻELAZOWEJ WOLI – OGÓLNA SYTUACJA W SKALI MIEJSCOWOŚCI 2013, [z:] WWW.GEOPORTAL.GOV.PL

Czwartym analizowanym przypadkiem są drzewa rosnące w sąsiedztwie dworku Chopina w Parku w Żelazowej Woli. Jest to 5 kasztanowców białych i jeden dąb szypułkowy, z czego 4 drzewa są Pomnikami Przyrody.



RYC. 58. DWOREK CHOPINA W ŻELAZOWEJ WOLI, WIDOK OD STRONY POŁUDNIOWEJ, 2009, FOT. T. OWCZUK

Układ drzew towarzyszy głównemu ciągowi komunikacyjnemu prowadzącemu większość ruchu pieszego w tym rejonie, w tym zwłaszcza turystów zmierzających do dworku. Drzewa rosną w układzie drzewostanu parkowego i należą do tej samej grupy wiekowej, nasadzone jeszcze przed adaptacją obiektu na Park Chopinowski przez Franciszka Krzywdę-Polkowskiego.



RYC. 59. KASZTANOWIEC BIAŁY (*AESCULUS HIPPOCASTANUM*) NR 397. NIEKORZYSTNE ROZWIDLENIE PNIA I WYŁAMANIE SIĘ 3 KONARU, KTÓRE SPOWODOWAŁO DUŻY UBYTEK KOMINOWY I SZCZELINY W PNIU, WZBUDZAJĄ OBAWY O BEZPIECZEŃSTWO PRZECHODNIÓW. DRZEWO ZOSTAŁO ZABEZPIECZONE PRZEZ SYSTEM WIĄZAŃ. 2010, FOT. M. SIEWNIAK

Badania w obrębie drzewostanu przeprowadzone były dwukrotnie: w październiku 2005 roku<sup>207</sup> oraz w marcu 2010 roku<sup>208</sup>. Pierwsze badanie zostało przeprowadzone w obawie o stan drzew, głównie kasztanowców oraz zagrożenie przez nie powodowane. Korony drzew w wyniku pierwszego badania zostały zredukowane oraz założone zostały nowe wiązania elastyczne w celu zabezpieczenia ich przed rozłamaniem.

---

<sup>207</sup> M. Siewniak, W. Bobek, *Ekspertyza dendrologiczna statyki ośmiu drzew pomnikowych w zabytkowym parku w Żelazowej Woli, Pawłowice 2005*, (maszynopis).

<sup>208</sup> M. Siewniak, W. Bobek, *Ekspertyza dendrologiczna o stanie statycznym 21 drzew rosnących na terenie Parku w Żelazowej Woli, Warszawa 2010*, (maszynopis).



RYC. 60. KASZTANOWIEC BIAŁY (*AESCULUS HIPPOCASTANUM*) NR 404. TRUDNA SYTUACJA PRZESTRZENNA, DRZEWO POCHYLONE W KIERUNKU WEJŚCIA DO DWORKU, 2010, FOT. M. SIEWNIAK

Drzewa te znajdują się w fazie senilnej i problemy z ich statyką mają charakter fizjologiczny i systemowy. Posiadają różne deformacje, odchylają się od pionu, posiadają rozwidlenia, zauważalny jest posusz. W koronach były i są zmontowane różnego rodzaju wiązania. W toku badań została wykonana dokumentacja fotograficzna, inwentaryzacyjna i opisowa wszystkich drzew. Ocena statyki w obu przypadkach (2005, 2010) była wykonywana metodą pomiarową SIM.

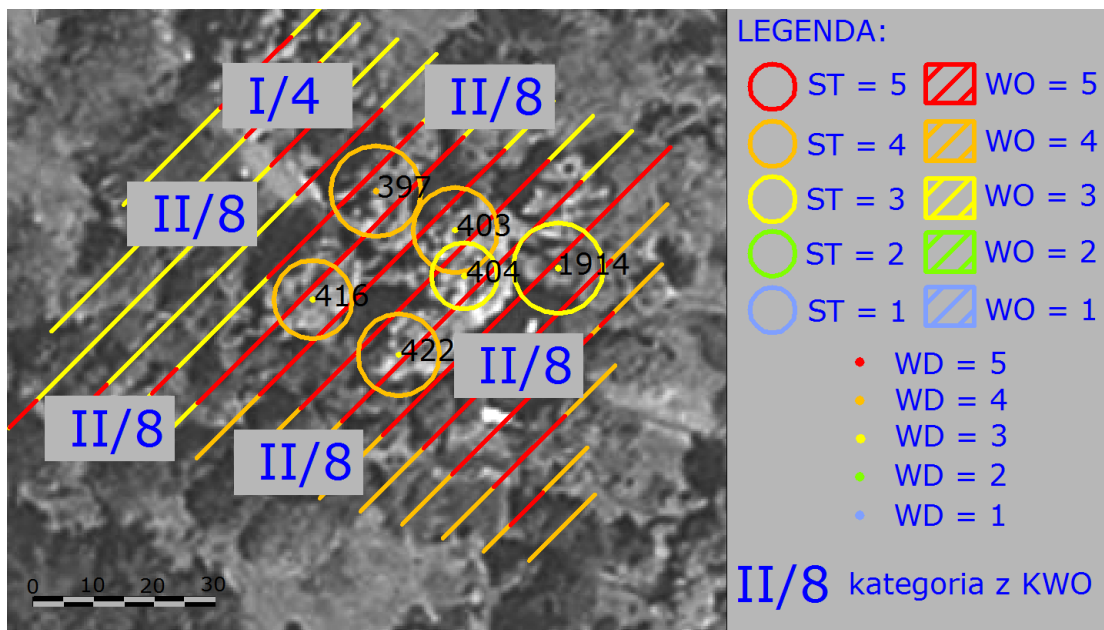
Zgodnie z przyjętym schematem badań, w celu oceny stopni ryzyka, przystąpiono do analizy składowych. Wyniki, oceny składowej **ST**, określonej na podstawie pomiarów statyki z 2010 roku oraz oceny witalności **WD**, której dokonano w terenie, ujęto w Tabela 15. W ocenie wrażliwości otoczenia **WO**, dla tak ruchliwego miejsca oraz ze względu na sąsiedztwo dworku oraz głównej alei parkowej, z Katalogu Wrażliwości Otoczenia, przypisano kategorię **I/4**, która odnosi się do głównych szlaków parkowych i przyjmuje wartość równą 5.

TABELA 15. WYNIKI OCENY RYZYKA DLA DRZEW ROSNĄCYCH W SĄSIEDZTWIE DWORKU CHOPINA W PARKU W ŻELAZOWEJ WOLI. (OPR. W. BOBEK)

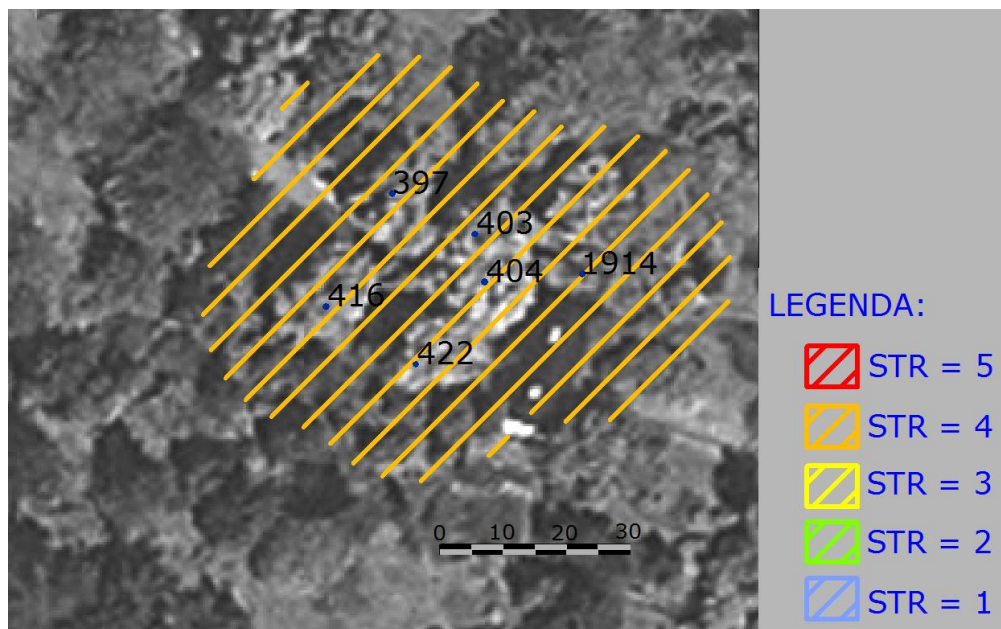
LP	Nr inw	Nazwa łacińska	Wymiary					Wskaźniki wytrzymałości				
			wysokość (m)	średnica korony (m)	obwód pnia (cm)	średnica 1 (cm)	średnica 2 (cm)	S <sub>g</sub> /S <sub>b</sub> /S <sub>k</sub>			ST	WO
1	397	<i>Aesculus hippocastanum</i>	22	15	422	124	143	587/158/258 = 1/0,27/0,44	4	5	4	4
2	403	<i>Aesculus hippocastanum</i>	21,5	14	379	130	104	432/168/140 = 1/0,39/0,32	4	5	3	4
3	404	<i>Aesculus hippocastanum</i>	20	11	292	88	89	230/123/173 = 1/0,53/0,75	3	5	3	4
4	416	<i>Aesculus hippocastanum</i>	19,5	13	356	96	115	316/143/140 = 1/0,45/0,44	4	5	3	4
5	422	<i>Aesculus hippocastanum</i>	18,5	13,5	257	78	81	194/126/184 = 1/0,65/0,95	4	5	3	4
6	1914	<i>Quercus robur</i>	23,5	15	359	108,5	108	410/299/240 = 1/0,73/0,58	3	5	3	4

Wyniki zawarte w Tabeli 15, pokazują że pomimo wysokiej wrażliwości otoczenia stopień ryzyka zawodności drzew **SR** w analizowanym obszarze nie ma wartości maksymalnej. Wynika to z faktu znacznej poprawy parametrów statyki drzew po pracach pielęgnacyjnych wykonanych w 2006 roku, na skutek pierwszej ekspertyzy z 2005 roku. Zależności pomiędzy trzema składowymi ryzyka **ST**, **WD**, **WO**, podobnie jak poprzednich przykładach, zobrazowano na zdjęciu satelitarnym w skali 1:1000. Analogicznie zaprezentowano strefy ryzyka.





RYC. 61. SKŁADOWE OCENY RYZYKA DLA DRZEW W SĄSIEDZTWIE DWORKU CHOPINA W PARKU W ŻELAZOWEJ WOLI, 2013 (OPR. W. BOBEK)



RYC. 62. STREFY RYZYKA DLA DRZEW W SĄSIEDZTWIE DWORKU CHOPINA W PARKU W ŻELAZOWEJ WOLI, 2013 (OPR. W. BOBEK)

### 7.1.5. ŻŁOBEK PRZY UL. NOWOLIPIE W WARSZAWIE



RYC. 63. ŻŁOBEK NR 10, PRZY UL. NOWOLIPIE 15A, WARSZAWA-ŚRÓDMIEŚCIE – OGÓLNA SYTUACJA W SKALI CENTRUM MIASTA, 2013, [Z:] WWW.GEOPORTAL.GOV.PL

Piątym omawianym przypadkiem jest wschodni szpaler alei drzew, rosnący wzdłuż ogrodzenia Żłobka nr 10 w Warszawie – Śródmieście, przy ul. Nowolipie 15A. Aleja stanowi wewnątrz osiedlowy ciąg komunikacyjny prowadzący większość ruchu pieszego w tym rejonie.



RYC. 64. ALEJA WZDŁUŻ OGRODZENIA ŻŁOBKA NR 10 PRZY UL. NOWOLIPIE 15A W WARSZAWIE. WIDOK OGÓLNY OD STRONY PÓŁNOCNEJ, 2006, FOT. M. SIEWNIAK



Przebiega on w przybliżeniu na kierunku północ-południe. Drzewa rosną w dwurzędowym układzie, Od strony zachodniej aleja graniczy z zabudową, od wschodniej zaś z terenem żłobka. Drzewa należą do tej samej grupy wiekowej, nasadzone zostały w okresie powojennym. Pierwotnie w szpalerze rosnęło 10 drzew, jednakże klon jesionolistny nr 2 – wyrócił się podczas prac remontowych, a egzemplarze 3, 7 zostały wcześniej usunięte.



RYC. 65. SZPALER BADANYCH DRZEW. WIDOK OD STRONY ŻŁOBKA. MOŻLIWOŚĆ PRZEWRÓCENIA SIĘ DRZEW NA TEREN OGRODU I PLACU ZABAW ŻŁOBKA NA SKUTEK PRAC REMONTOWYCH, 2006, FOT. M. SIEWNIAK

Badania w obrębie drzewostanu szpaleru wschodniego przeprowadzone były w lipcu 2006 roku<sup>209</sup>. Stan ogólny drzew jest zróżnicowany. Zasadnicze problemy rozpoczęły się w momencie rozpoczęcia prac remontowych ogrodzenia żłobka, a zwłaszcza rozbiórki murku cokołowego, z którym drzewa weszły w stan „symbiozy

---

<sup>209</sup> M. Siewniak, W. Bobek, *Ekspertyza dendrologiczna 10 drzew rosnących przy ul. Nowolipie 15a, Warszawa 2006*, (maszynopis)

statycznej". Na skutek źle wybranej technologii wymiany, nastąpiły negatywne zmiany zwłaszcza w stabilności drzew. Doprowadziło to do wyrócenia się klonu jesionolistnego (*Acer negundo*) nr 2. Pomimo względnie młodego wieku zauważalne są deformacje pni i koron. W trakcie prac remontowych wykonawca zredukował korony większości drzew.



RYC. 66. DEMONTAŻ STAREGO MURKA COKOŁOWEGO OGRODZENIA ŻŁOBKA – CZYNNIK POWODUJĄCY ZABURZENIE STABILNOŚCI DRZEW, 2006, FOT. M. SIEWNIAK

W toku badań została wykonana dokumentacja inwentaryzacyjna, opisowa i fotograficzna wszystkich drzew. Dla potrzeb oceny statyki wykorzystano obie metody, w tym: metodę SIA dla wszystkich drzew, a metodę SIM dla dwóch drzew, które budziły największe zastrzeżenia. Generalnie niskie wartości parametrów statyki, wynikają z silnej etiolizacji w zwarciu.

Wyniki oceny składowych ryzyka **ST**, **WD** i **WO** ujęto w Tabeli 16. Składową **ST** i **WD** określono analogicznie jak w poprzednich przypadkach, zgodnie z zasadami przyjętymi w metodzie. W przypadku

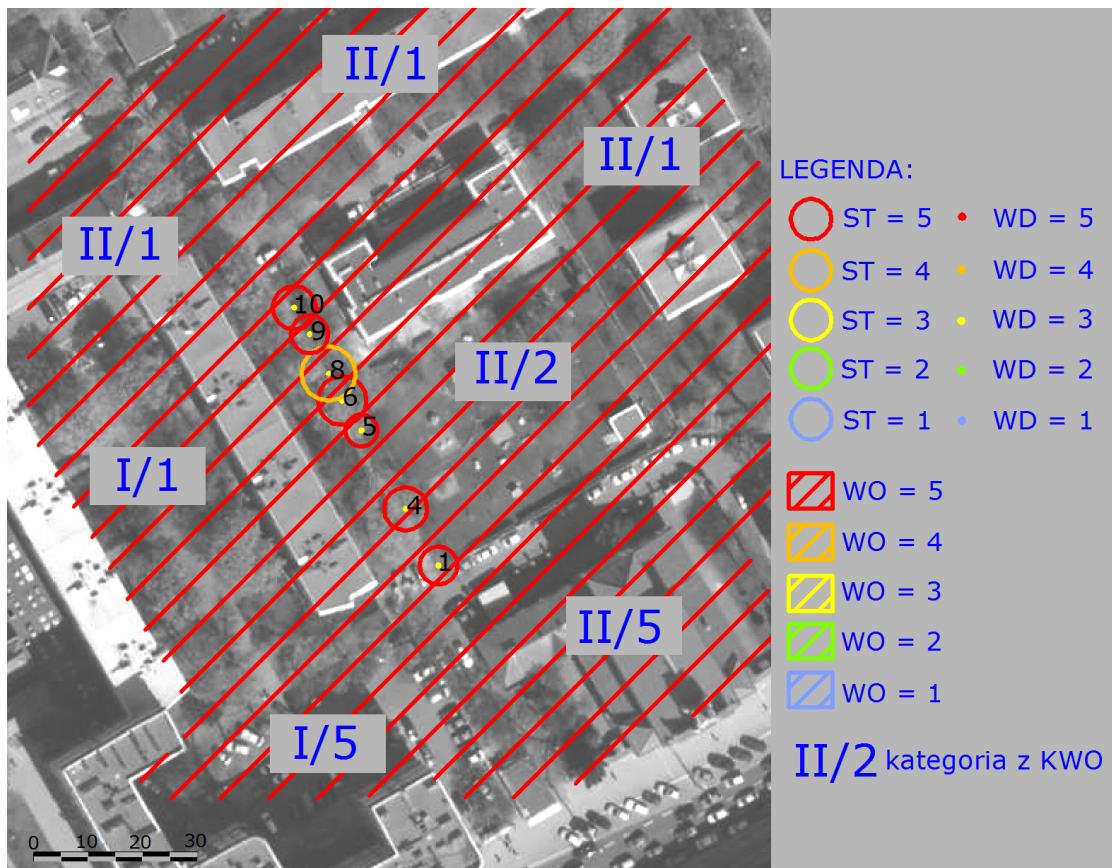


oceny wrażliwości otoczenia **WO**, dla szpaleru drzew, ze względu na sąsiedztwo żłobka, z Katalogu Wrażliwości Otoczenia, przyporządkowano kategorię **II/2**, dedykowaną m.in. dla żłobków, która przyjmuje wartość równą 5. Warunkowane jest to dodatkowo wzmożonym użytkowaniem samej alei przez mieszkańców i przechodniów.

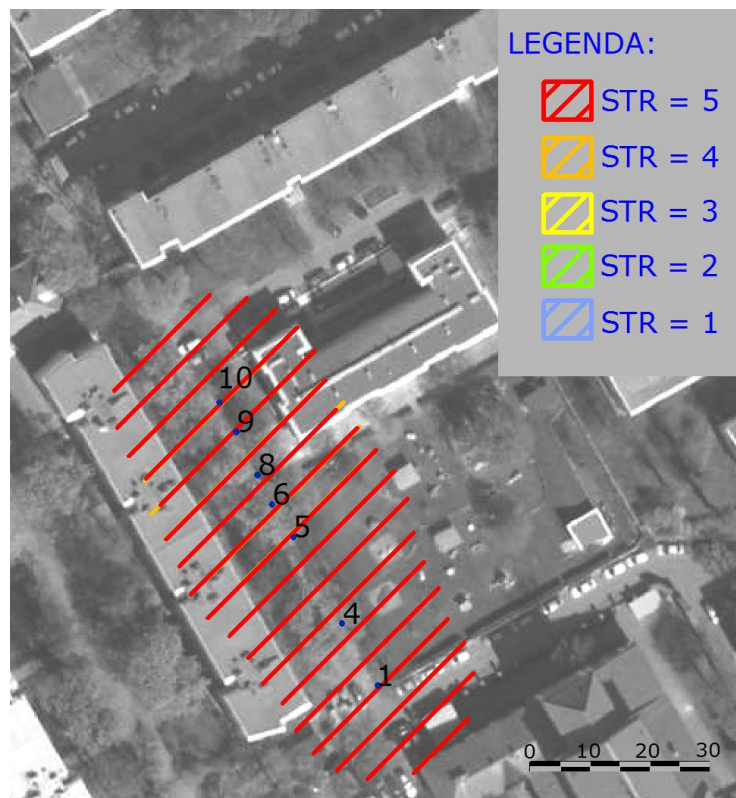
TABELA 16. WYNIKI OCENY RYZYKA DLA DRZEW ROSNĄCYCH W SĄSIEDZTWIE ŻŁOBKA NR 10, PRZY UL. NOWOLIPIE 15A, WARSZAWA-ŚRÓDMIEŚCIE. (OPR. W. BOBEK)

LP	Nr inw	Nazwa łacińska	Wymiary					Wskaźniki wytrzymałości				
			wysokość (m)	średnica korony (m)	obwód pnia (cm)	średnica 1 (cm)	średnica 2 (cm)	$S_g/S_b/S_k$	ST	WO	WD	SR
1	1	<i>Acer pseudoplatanus</i>	16	7	93, 84	30, 27	28, 26	$99/189/300 = 1/1,9/3$	5	5	3	5
2	4	<i>Acer pseudoplatanus</i>	17	8	92	32	30	$56/56 = 1/1$	5	5	3	5
3	5	<i>Tilia cordata</i>	20	6	135	45	43	$68/68 = 1/1$	5	5	3	5
4	6	<i>Aesculus hippocastanum</i>	19	9	142	48	46	$58/58 = 1/1$	5	5	3	5
5	8	<i>Acer platanoides</i>	19	10	145	44	47	$150/174/182 = 1/1,16/1,21$	4	5	3	4
6	9	<i>Acer platanoides</i>	16	7	109	36	35	$84/84 = 1/1$	5	5	3	5
7	10	<i>Acer pseudoplatanus</i>	18	8	128	41	40	$75/75 = 1/1$	5	5	3	5

Wyniki zestawione w Tabeli 16, pokazują że pomimo dobrej, jak na warunki miejskie, witalności drzew stopień ryzyka zawodności drzew **SR** w analizowanym przypadku, poza klonem nr 8, osiąga najwyższe wartości. Zależności pomiędzy trzema składowymi ryzyka **ST**, **WD**, **WO**, wzorem poprzednich analizowanych przykładów, zobrazowano na zdjęciu satelitarnym w skali 1:1000. Na osobnym zdjęciu zaprezentowano strefy ryzyka.



RYC. 67. SKŁADOWE OCENY RYZYKA DLA SZPALERU DRZEW W SĄSIEDZTWIE ŻŁOBKA NR 10, PRZY UL. NOWOLIPIE 15A W WARSZAWIE, 2013 (OPR. W. BOBEK)

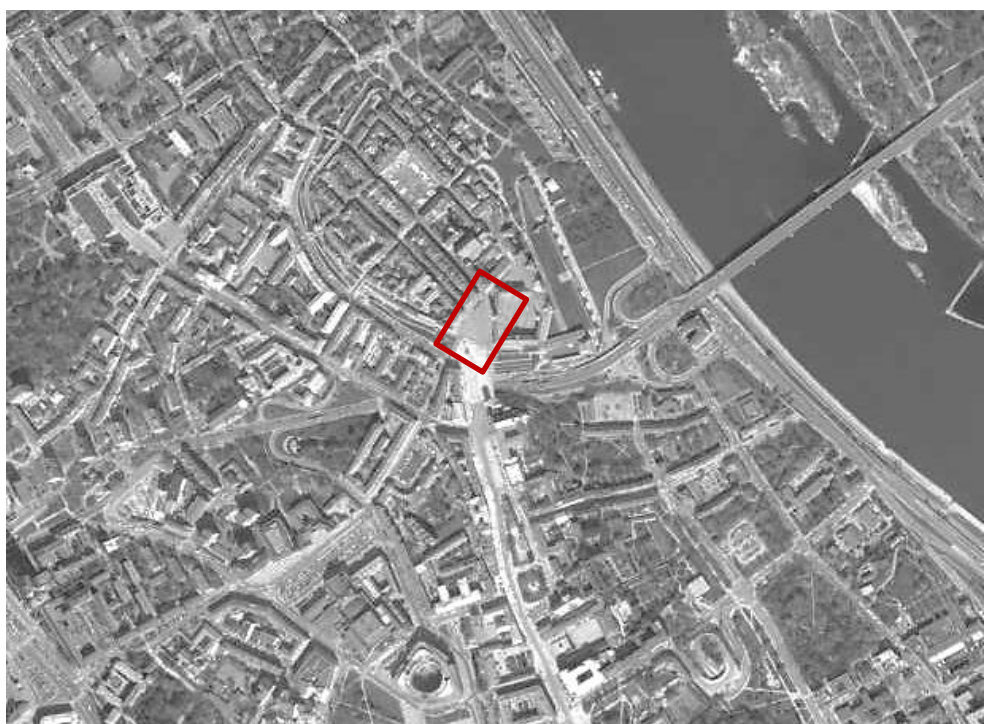


RYC. 68. STREFY RYZYKA DLA SZPALERU DRZEW W SĄSIEDZTWIE ŻŁOBKA NR 10, PRZY UL. NOWOLIPIE 15A W WARSZAWIE, 2013 (OPR. W. BOBEK)

---

### 7.1.6. PLAC ZAMKOWY W WARSZAWIE

---



RYC. 69. PLAC ZAMKOWY W WARSZAWIE – OGÓLNA SYTUACJA W SKALI CENTRUM MIASTA, 2013, [Z:] WWW.GEOPORTAL.GOV.PL

Ostatnim rozważanym przypadkiem jest nieistniejąca obecnie Topola kanadyjska (*Populus xcanadensis*), która rośla na Placu Zamkowym w Warszawie w sąsiedztwie Zamku Królewskiego. Topola pojawiła się najprawdopodobniej w okresie tuż po II Wojnie Światowej, jako samosiew na zniszczonej Starówce Warszawskiej. Na skutek licznych prac rewaloryzacyjnych poziom Placu Zamkowego został obniżony, w sąsiedztwie drzewa, o około 70 cm, stąd też topola znajdowała się w murowanej, kamiennej misie o średnicy wewnętrznej 7 m. Drzewo usytuowane było w miejscu o bardzo intensywnym ruchu pieszych, głównie mieszkańców i turystów, zwłaszcza w obrębie ulicy Świętojańskiej w kierunku Rynku. Drzewo rośla w trudnych warunkach, także ze względu na wiatr. Na dominującym kierunku wiatru, na skutek zbiegu Placu w kierunku narożnika Zamku Królewskiego, silnie zawęży się pole przepływu powietrza, powodując miejscowe zwiększenie prędkości wiatru. To powodowało wiele obaw o stan drzewa, możliwość jego trwania w istniejącym układzie przestrzennym i bezpieczeństwo otoczenia.





RYC. 70. TOPOLA KANADYJSKA (*POPULUS XCANADENSIS*) NA PLACU ZAMKOWYM W WARSZAWIE W TRAKCIE POMIARU STATYKI, 2004, FOT. M. SIEWNIAK

Stan drzewa w momencie badania należy uznać za średni. Złożyło się na to, jednej strony duża żywotność, a z drugiej wiele płaskich amputacji grubych konarów, które doprowadziły do szybszego rozwoju wypróchnień. Problematycznym było też niskie rozwidlenie pnia typu kompresyjnego. To wzbudzało obawy. Badania przeprowadzone zostały w październiku 2004 roku<sup>210</sup>. Sporządzono pełną dokumentację fotograficzną, inwentaryzacyjną i opisową, dla potrzeb oceny statyki przy pomocy metody pomiarową SIM.

---

<sup>210</sup> M. Siewniak, J. Stolarczyk, *Ekspertyza dendrologiczna, Tensometryczny pomiar wytrzymałości pnia i stabilności w gruncie topoli kanadyjskiej rosnącej na Placu Zamkowym w Warszawie, Pawłowice 2004, (maszynopis).*



Ocenę stopnia ryzyka, przeprowadzono zgodnie z metodą. Składową **ST** określono na podstawie pomiaru statyki, a **WD** na podstawie oceny witalności w terenie. W ocenie wrażliwości otoczenia **WO**, należało uwzględnić nakładanie się w tym miejscu wielu kategorii użytkowania, o wysokich wartościach wrażliwości. Z Katalogu Wrażliwości Otoczenia, wybrano ostatecznie kategorię **II/8**, związaną z zabytkowym charakterem miejsca i obiektów, która przyjmuje wartość równą 5. Wszystkie dane, pomimo tylko jednego drzewa, zostały ujęte w Tabeli 17.

TABELA 17. WYNIKI OCENY RYZYKA DLA TOPOLI NA PLACU ZAMKOWYM W WARSZAWIE.  
(OPR. W. BOBEK)

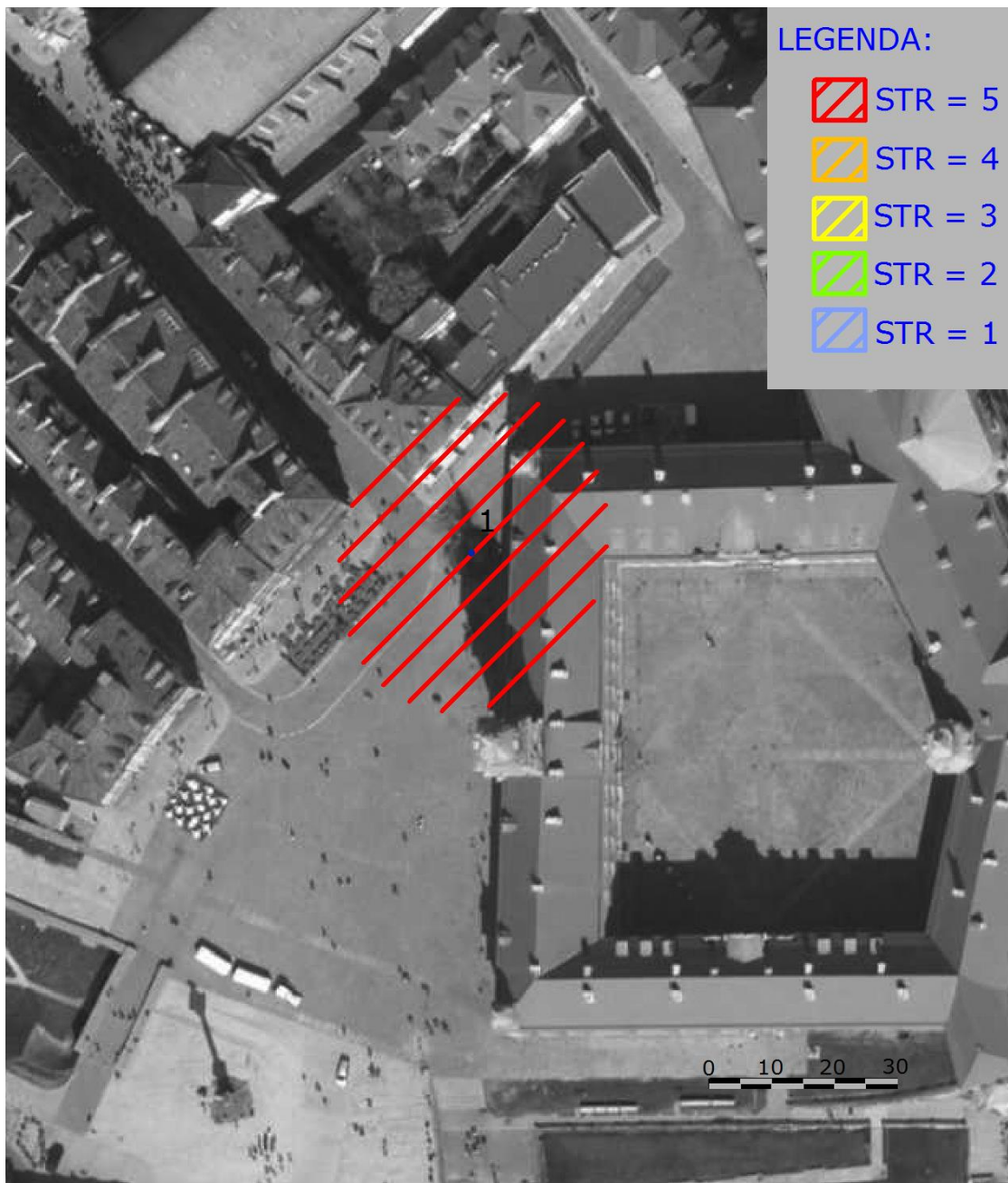
LP	Nr inw	Nazwa łacińska	Wymiary					Wskaźniki wytrzymałości						
			wysokość (m)	średnica korony (m)	obwód pnia (cm)	średnica 1 (cm)	średnica 2 (cm)	$S_g/S_b/S_k$			ST	WO	WD	SR
1	1	<i>Populus xcanadensis</i>	26	15	303	157	146	946/60/211 = 1/0,06/0,22			5	5	3	5

Wyniki analizy i obliczeń, zamieszczone w Tabeli 17, pokazują że pomimo dobrej witalności drzewa w tych warunkach, stopień ryzyka zawodności drzew **SR** w analizowanym przypadku, przyjmuje wartość najwyższą i wynosi 5. Wynika to z niskich parametrów statyki oraz wysokiej wrażliwości. Zależności pomiędzy trzema składowymi ryzyka **ST**, **WD**, **WO**, podobnie jak w przykładach poprzednich, zostały zobrazowane na zdjęciu satelitarnym w skali 1:1000. Strefa ryzyka zaprezentowana w podobnym ujęciu na zdjęciu satelitarnym w skali 1:1000, wykazuje jedną istotną różnicę. Kształt strefy nie jest kolistej, jak w przypadkach poprzednich, a eliptyczny. Wynika to z budowy drzewa i pochylenia dwóch głównych przewodników oraz układu kierunków i sił wiatru w tym obszarze.

Topola została usunięta po analizie wyników pomiaru statyki. Obecnie rośnie tam nowe drzewo, dąb, który zdaje się być okazem lepiej dostosowanym do wymogów miejsca, nie tylko w kontekście walorów estetycznych, ale i parametrów statyki.



RYC. 71. SKŁADOWE OCENY RYZYKA DLA TOPOLI ROSNĄCEJ NA PLACU ZAMKOWYM W WARSZAWIE, 2013 (OPR. W. BOBEK)



RYC. 72. STREFY RYZYKA DLA TOPOLI ROSNĄCEJ NA PLACU ZAMKOWYM W WARSZAWIE, 2013 (OPR. W. BOBEK)

## 7.2. MAPA RYZYKA ZAWODNOŚCI DRZEW

---

Mapa Ryzyka Zawodności Drzew **MRZD** jest finalnym elementem dla całego procesu oceny ryzyka. Takie podejście do oceny i zarządzania ryzykiem wspierają różni, wcześniej wymieniani specjaliści, m.in.: Pokorny i Albers<sup>211</sup>. Mapa może powstawać w różnych skalach dokładności, wychodząc od jednego drzewa, a na całym mieście kończąc. Opiera się ona na wyznaczaniu stref ryzyka, które dzięki syntezie przekształcają się w powierzchnie, które tworzą **MRZD**. Przykładami małych Map Ryzyka jest sześć rycin prezentujących strefy ryzyka dla każdego z omawianych wcześniej przypadków. Łączenie takich fragmentów w większe całości doprowadzi do wygenerowania Mapy Ryzyka dla konkretnego obszaru.

Dla poszczególnych stref, co do ich wartości zgodnych ze stopniami ryzyka, możemy dobierać, wyznaczać, zakładać zakres proponowanych działań i rozwiązań. Dzięki temu Mapa może się stać narzędziem potrzebnym i porządkującym plany związane z zarządzaniem zasobami drzewostanów miejskich. Tak przyjęta zasada funkcjonowania **MRZD** nie narzuca rozwiązań, a raczej wskazuje, które działania są celowe i sensowne, a które być może zbędne. Daje to szansę lepszego planowania wydatków, tworzenia strategii rozwoju zieleni, w oparciu nie tylko o marzenia, ale przede wszystkim o realne możliwości. Mapa Ryzyka wskazuje miejsca trudne, potrzebujące szczególnych działań, ale wprowadza też gradację co do innych części, nie skazując ich na zapomnienie. Tak ujmowana **MRZD** może i powinna stać się rodzajem, popularnego obecnie planu, pod niezbyt szczęśliwą nazwą „mapy drogowej”<sup>212</sup>. Umożliwić może systematyczne przekształcanie obrazu

---

<sup>211</sup> [zob:]J. D. Pokorny, J. S. Albers, *Community .....*,passim.

<sup>212</sup> [z ang:] „roadmap” – w dosłownym, choć niezbyt szczęśliwym tłumaczeniu „mapa drogowa”, jest nazwą często używanego narzędzia w rodzaju planu czasowego, harmonogramu, działającego na polu rozwiązywania konfliktów i szukania dróg ich rozwiązania, czy też wdrażania nowych rozwiązań organizacyjnych, czy technologicznych.



drzewostanów miejskich z obecnych, zastanych, w kierunku tych pożądaných. Dzięki wdrożeniu takiego rozwiązania, powstaje sytuacja, w której przebudowa drzewostanów, nie musi być zrywem, szokiem dla mieszkańców czy rewolucją w obrazie miasta, a uporządkowanym, długofalowym działaniem, wspartym na realnych analizach stanu obecnego i stopniowym obniżaniu poziomu ryzyka zawodności drzew. MRZD powinna stanowić podstawowe narzędzie skutecznej wymiany drzew zbyt niebezpiecznych oraz określić zakres działań: zabezpieczających w stosunku do drzew pozostawianych oraz prewencyjnych w ich otoczeniu.

Mapa Ryzyka Zawodności Drzew może i powinna stanowić bazę dla skutecznej informacji i partycypacji społeczeństwa w trudnych decyzjach dotyczących drzew. Wypracowanie kompromisu w takich warunkach, będzie uzgodnieniem jaki poziom ryzyka akceptujemy, a do jakiego chcemy dążyć, w jakim czasie i przy użyciu jakich środków. To powoduje racjonalizację argumentów oraz oczekiwań wszystkich uczestników dyskusji. **MRZD** staje się zatem płaszczyzną, na której można w sposób nie opierający się o emocje, wskazać problemy oraz zakres możliwych działań.

Mapa Ryzyka powinna także spowodować zmianę myślenia o przestrzeni, pokazując na bazie stanu obecnego, skutki przyjętych założeń i rozwiązań. Daje przez to szansę na ich weryfikację, zatem staje się narzędziem analitycznym, dla planowania. Wskazując słabe i mocne punkty dla przyjętych propozycji, skraca czas i ogranicza zakres koniecznej weryfikacji porealizacyjnej.

## 8. Dyskusja Wyników

---

Stworzona metoda oceny ryzyka może mieć znaczenie dla wielu dziedzin życia. Wynika to z faktu istniejącej i potrzebnej koegzystencji człowieka z drzewami. Metoda umożliwia rozwiązywanie doraźnych, miejscowych, czy wybranych problemów, ale może i powinna być wykorzystywana także w układzie systemowym. Dążenie do stworzenia narzędzia, którego wdrożenie ułatwiłoby działania związane z podejmowaniem decyzji w sprawie drzew lub sposobów aranżacji przestrzeni w ich otoczeniu, było jednym z celów pracy. Może to dać efekt: weryfikacji i poprawy przyjętych założeń, rozwiązań, procedur. Co jednak ważne, metodę oraz jej elementy można stosować na różnych etapach działań związanych z drzewami. Poprawia to zarówno całość działań jak i kolejne ich fragmenty, wpływając na jakość zarządzania drzewostanami i przestrzenią miasta jako całością.

Z analizy wyników zaprezentowanych sześciu przypadków działania Metody Oceny Ryzyka Zawodności Drzew **MORZD** wypływa kilka spostrzeżeń. Omówione przykłady dobrze ilustrują mechanizmy metody z jednym zastrzeżeniem. W żadnym z przypadków nie udało się pokazać wszystkich stopni i stref ryzyka od 1 do 5. Są dwie zasadnicze przyczyny takiej sytuacji. Po pierwsze kondycja drzew i drzewostanów miejskich w Polsce nie jest zadowalająca. W miastach, nie tylko tych z których pochodziły wybrane przypadki, brakuje drzew, co do których nie byłoby zastrzeżeń. Nasadzenia przed i powojenne wchodzą teraz w wiek dojrzały lub przejrzasty, a to powoduje wiele problemów z ich vitalnością, stanem statycznym, chorobami, szkodnikami. Zmiany środowiska miejskiego w okresie silnej industrializacji oraz ciągłego rozwoju, spowodowały znaczące osłabienie drzewostanów miejskich. Nowych, dobrych, pod względem jakości drzewostanów miejskich, w Polsce wciąż brakuje. Drugą przyczyną niepełnej reprezentatywności metody w przykładach był fakt, iż jeśli nawet pojedyncze drzewa są w dobrym stanie, to generalnie nie są przedmiotem zainteresowania zarządców

terenu, w kontekście oceny ryzyka. Stąd trudność w zaprezentowaniu ciekawych przypadków, które jednocześnie nie wzbudzają zastrzeżeń. Wykorzystanie **MORZD** w tym kontekście może stopniowo doprowadzić do poprawy stanu fragmentów, a nawet całych drzewostanów, poprzez wdrażanie wytycznych płynących z stosowania metody. W szczególności dotyczy to weryfikacji: nowych doborów, jakości materiału sadzeniowego, metod sadzenia i pielęgnacji drzew.

Analizowane przypadki pokazują jak poszczególne składowe wpływają na ostateczny wynik oceny ryzyka. Żadna ze składowych nie jest decydująca, co pokazuje przypadek czwarty, drzew wokół dworku Chopina, gdzie wysoka wartość wrażliwości otoczenia, przy jednoczesnym dobrym stanie, nawet problemowych drzew, nie generuje najwyższego poziomu ryzyka. Dzięki mapie zależności składowych, która jest narzędziem uzupełniającym graficznie wyniki obliczeń, w łatwy sposób można porównać ostateczny wynik jakim są strefy ryzyka z elementami je warunkującymi.

Trzy pierwsze przypadki pokazują działanie metody w szerszym zakresie przestrzennym. Zobrazowanie stref ryzyka dla wielu drzew w jednym obszarze umożliwia ocenę rodzaju interakcji pojedynczych stref pomiędzy sobą, ich syntezę, prowadzącą do postania mapy ryzyka. Dobrą ilustracją jest przypadek Alei Królewskiej w Puławach, gdzie strefy rozciągając się na długości ponad pół kilometra, wskazują pewną zmienną zależną po części od wrażliwości otoczenia, a przede wszystkim od stanu drzew. Podobne wnioski można wysnuć z analizy wyników, a zwłaszcza stref ryzyka dla Wzgórza Wawelskiego w Krakowie. Dzięki temu można w szybki sposób wskazać miejsca, które powinny zostać objęte najpilniejszymi działaniami. To zasadniczo odpowiada na cele wyznaczone przed metodą, pokazując jedną z jej aplikacyjności. W przypadku piątym, drzew rosnących w sąsiedztwie żłobka, najciekawszym elementem było unaocznienie, że nawet stosunkowo młode i witalne drzewa mogą generować wysokie ryzyko, na skutek

trudnych warunków przestrzennych, nadmiernego zwarcia i etiolizacji, co powinno szczególnie uwrażliwić projektantów, na etapie ustalania doborów gatunkowych oraz więźby sadzenia. Przypadek ostatni, topoli rosnącej na Placu Zamkowym w Warszawie, pokazuje jak silnie, trudna sytuacja przestrzenna, duża wrażliwość i niskie wartości parametrów statycznych, determinują wzrost poziomu ryzyka zawodności, wymuszając konieczność usunięcia drzewa i zastąpienia go lepiej dostosowanym do warunków.

Analiza wyników działania Metody Oceny Ryzyka Zawodności Drzew prowadzi do wykrystalizowania się poglądu o konieczności wprowadzenia Standardu Akceptowalnego Ryzyka Zawodności Drzew **SARZD**, jako głównego i trwałego efektu działania metody. Jak podaje Zachariasz<sup>213</sup>: *Główne typy standardów to:*

1. **Standardy wykorzystania przestrzeni;** wskaźniki ukazujące wielkość zainwestowania w: liczba m<sup>2</sup>/mieszk.
2. **Standardy zagospodarowania przestrzennego,** np. intensywności zabudowy i gęstości. Te ostatnie ważne z punktu widzenia wartości przyrodniczych i kulturowych, np. stosunek powierzchni zainwestowanej działki do powierzchni terenów otwartych.
3. **Standardy funkcjonalne określające poziom życia,** np. minimalna powierzchnia terenów biologicznie czynnych w obrębie zagospodarowanego terenu, maksymalna odległość placu zabaw dla dzieci czy parku dzielnicowego.
4. **Standardy specjalne** określają relacje pomiędzy terenami o różnym przeznaczeniu, regulacje dotyczące zagospodarowania stref buforowych oraz np. standardy krajobrazowe czy ochrony i rozwoju terenów zieleni.

---

<sup>213</sup> A. Zachariasz, *Zieleń ...*, op.cit. s.158, [za:] *Poradnik Urbanisty*, Część A, B, C, (red. R. Dylewski, M. Nowakowski, M. Szopa), wyd. 2 uzup., Towarzystwo Urbanistów Polskich, Warszawa 2004, *passim*.

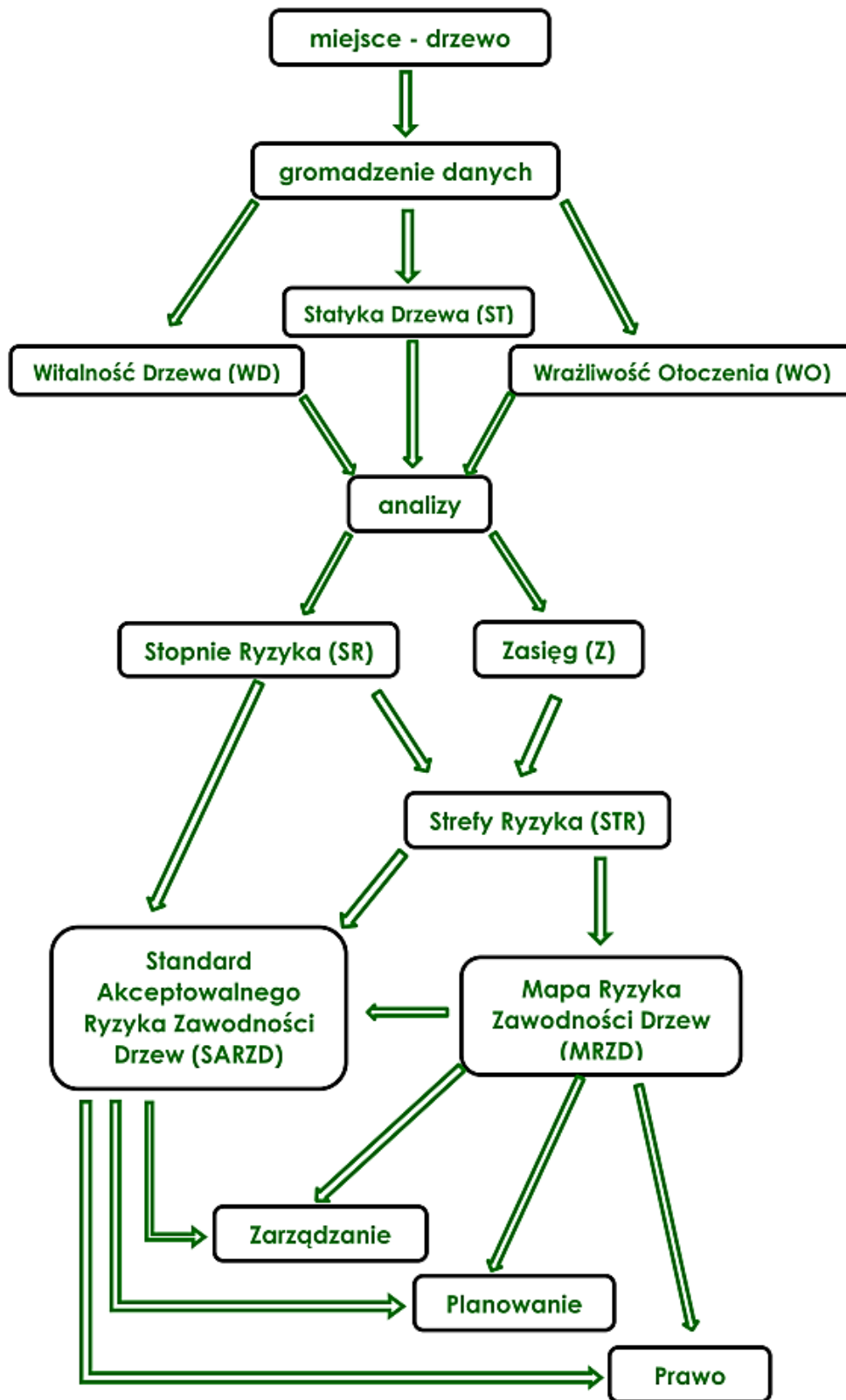


Przychylając się do tej klasyfikacji należy uznać że Standard Akceptowalnego Ryzyka Zawodności Drzew, należy do grupy czwartej, standardów specjalnych. Jako taki może funkcjonować samoistnie lub wspomagać inne standardy w lepszej organizacji przestrzeni oraz w wypracowaniu warunków, w jakich koegzystencja drzew i ludzi jest możliwa, bez podnoszenia poziomu ryzyka. Wymaga to określenia parametrów i zasad w dostosowaniu do warunków i oczekiwań lokalnych.

Działanie Standardu Akceptowalnego Ryzyka Zawodności Drzew musi prowadzić do ustalenia reguł na wzór np. pojazdów, tzn. ewidencji, przeglądów z częstością uzależnioną od stanu i wieku, bieżącej, okresowej pielęgnacji i zabezpieczania, działań po zdarzeniach losowych oraz zasad odpowiedzialności cywilnej czy wreszcie oceny stanu pod kątem konieczności usunięcia czy wymiany. Ta zadziwiająca zbieżność między drzewami, a pojazdami, może powodować frustrację, na okoliczność braku regulacji w stosunku do drzew, ale też działać budująco, gdyż wypracowany model może posłużyć jako inspiracja jeśli wykorzystane zostaną dedykowane temu celowi narzędzia takie jak Metoda Oceny Ryzyka Zawodności Drzew.

Podsumowując, działanie Metody Oceny Ryzyka Zawodności Drzew zostało przedstawione za pomocą schematu blokowego, który w sposób syntetyczny wskazuje zarówno etapy, niezbędne elementy, jak i korzyści płynące ze stosowania metody. Schemat nie precyzuje wszystkich niezbędnych działań na poszczególnych etapach, ale te zostały szczegółowo opisane w poprzednich rozdziałach. Ważnym elementem dyskusji jest aplikacyjność metody, co zostało pokazane na przykładach. Zgodnie z założonymi celami pracy, oprócz działania metody samej w sobie, istotną sprawą są wytyczne, które wy wpływają jej stosowania. Jak zostało nadmienione podstawowym celem funkcjonowania opracowanych rozwiązań jest ich wykorzystanie do tworzenia Standardu Akceptowalnego Ryzyka Zawodności Drzew.

## METODA OCENY RYZYKA ZAWODNOŚCI DRZEW



RYC. 73. SCHEMAT BLOKOWY METODY OCENY RYZYKA ZAWODNOŚCI DRZEW, 2013, (OPR. W. BOBEK)

Jego istnienie może i powinno przyczynić się do zmian jakościowych na wielu płaszczyznach. Musi to być działanie międzykulturowe łączące różne pola aktywności: arborystykę, urbanistykę, planowanie przestrzenne, zarządzanie, architekturę krajobrazu. W dalszej części dyskusji zostaną omówione możliwe do przeprowadzenia zmiany i usprawnienia w obrębie dziedzin, na które działanie **MORZD** ma wpływ bezpośredni i pośredni.

### 8.1. STANDARDY ZARZĄDZANIA DRZEWOSTANEM

---

Problemy niesprawnego zarządzania drzewostanem miejskim są sygnalizowane od wielu lat. Głównym problemem jest proces racjonalizacji wymiany drzew. Bez opracowanych metod i wytycznych, działania są podejmowane raczej doraźnie, niż planowo, często wzbudzając uzasadnione bądź nieuzasadnione reakcje społeczne. Sytuację może zmienić zastosowanie Metody Oceny Ryzyka Zawodności Drzew. Zyskuje się w ten sposób argumenty dla świadomego gospodarowania drzewami. Strefowanie ryzyka, uwzględnia, pokazuje i waloryzuje w ujęciu przestrzennym oraz liczbowym, problemy związane z zagrożeniem zawodności drzew, co daje możliwość szczegółowej analizy drzewostanu w konkretnym miejscu, a nie w oderwaniu od niego. Ma to niebagatelne znaczenie, gdyż waloryzacja drzew bez analizy ich otoczenia, może prowadzić do błędnych wniosków. Zarządzanie musi opierać się na racjonalnie prowadzonej kontroli. Wypracowana Metoda Oceny Ryzyka Zawodności Drzew, wspomaga w tym zakresie procesy decyzyjne, wskazując jej rodzaj, poziom i turnus na danym obszarze. Zarządzanie drzewostanem oparte na wypracowanym Standardzie Akceptowalnego Ryzyka Zawodności Drzew pozwala decydować o skali i tempie zmian, co ułatwia działania informacyjne oraz umożliwia realne tworzenie planów przebudowy drzewostanów, zarówno w sensie technicznym jak i ekonomicznym. **MORZD** wspomaga zarządzanie przestrzenią, na której rosną drzewa, gdyż ułatwia podejmowanie

trudnych decyzji, w oparciu o konkretne przesłanki, takie jak stopień i strefa ryzyka dla danego drzewa. Mapa Ryzyka Zawodności Drzew umożliwia prowadzenie działań w określonej na jej podstawie strategii, Z Mapą powinno łączyć się przede wszystkim kategorie, rodzaje, częstość inspekcji, co sugerują Johnson<sup>214</sup>, Lonsdale<sup>215</sup>, czy wspomniany wcześniej Pokorny.

Nowoczesna gospodarka drzewostanem miejskim, musi być rodzajem pętli indukcyjnej<sup>216</sup>, w której jedno działania pociągają za sobą kolejne, prowadząc znów do początku, umożliwiając weryfikację każdego z etapów oraz co istotne regulowanie tempa zmian, nie w zakresie elementów, a skali całego systemu. Zarządzanie w drzewostanie oparte o schemat pętli, umożliwiając nie tylko kontrolę jakości bieżących działań, a co ważniejsze poprawianie jakości przyjętych rozwiązań. W takim układzie kształtowanie porealizacyjne nie jest pustym pojęciem, ale w połączeniu z kontrolą staje się czynnikiem stale poprawiającym stan drzew i ich otoczenia. Można tu nawiązywać do zasad gospodarki leśnej, ale w przypadku drzewostanów w układach urbanistycznych, potrzebny jest impuls, kreujący kierunek zmian. Takim impulsem powinna być ocena ryzyka zawodności drzew.

Ocena ryzyka może, a nawet musi wspomagać racjonalne decyzje dot. usuwania i wymiany drzew, jeśli jest oparta o rzetelne dane i stałą, cykliczną kontrolę drzewostanu.

---

<sup>214</sup> D. Johnson, *Tree ...*, s. 15

<sup>215</sup> D. Lonsdale, *Principles...*, s.227.

<sup>216</sup> Narzędzie to stosowane jest w organizacji ruchu drogowego o zmiennej intensywności, na skrzyżowaniach dróg podrzędnych z głównymi szlakami komunikacyjnymi.



## 8.2. STANDARDY URBANISTYCZNE

---

Standardy urbanistyczne są narzędziem, które docenia wielu planistów i urbanistów w Polsce. Ich istnienie przewiduje Ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym.<sup>217</sup> Potrzebę ich wprowadzenia, jako instrumentu w planowaniu dostrzega Böhm, zauważając że standardy oparte na analizach i porównaniach, pozwolą urbaniście planować, a nie tylko stawiać prognozy.<sup>218</sup> Dembowska<sup>219</sup>, wskazuje na możliwość poprawy stanu zagospodarowania gmin jeśli już na etapie studium użyją mierników jakimi są standardy w celu optymalizacji zagospodarowania przestrzeni. To bycie miernikiem, wynika niejako z definicji. Jak podają Dylewski i Nowakowski w słowniku pojęć z *Poradnika Urbanisty: standard urbanistyczny to miara jakości środowiska zurbanizowanego i poziomu zaspokojenia zmiennych potrzeb mieszkańców, wyrażonych opisowo lub wskaźnikami: określa wzajemne zależności między programem, terenem, zabudową i mieszkańcami, normy wyposażenia technicznego, wymagania funkcjonalne i użytkowe, może być prawnie obowiązujący i zalecany, obowiązywać powszechnie i lokalnie.*<sup>220</sup> Podobną definicję podaje również Chmielewski w *Teorii...*, ujmując ją w słowniku pojęć i sugerując, że głównym sposobem określania standardów są wskaźniki, ujmowane liczbowo.<sup>221</sup> Z tej definicji jasno wynika, że tworzenie standardów urbanistycznych może być bardzo przydatne w porządkowaniu przestrzeni. Standardy urbanistyczne

---

<sup>217</sup> Art.2. Ustawy z dnia 23 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz. U. 2003 nr 80 poz. 717., z późn. zm.).

<sup>218</sup> A. Böhm, Planowanie przestrzenne dla architektów krajobrazu. O czynniku kompozycji, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, 2006, Kraków, *passim*.

<sup>219</sup> Z. Dembowska, *Standardy urbanistyczne jako instrument kształtowania struktury funkcjonalno-przestrzennej gmin*, Człowiek i Środowisko, nr 22(1), IGPiM, 1998, Warszawa, *passim*.

<sup>220</sup> *Poradnik Urbanisty, Część A, ...*, s. A-64

<sup>221</sup> M.J. Chmielewski, *Teoria urbanistyki w projektowaniu i planowaniu miast*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2001, Warszawa, s.402

powinny mieć jak najwięcej części wspólnych z oczekiwaniami użytkowników. Muszą zatem zawierać, określać, oprócz wymogów czysto planistycznych<sup>222</sup>, również sposoby zapewniania bezpieczeństwa. W przypadku problemu ograniczania zagrożeń dla ludzi ze strony drzew, rozwiązaniem jest Standard Akceptowanego Ryzyka Zawodności Drzew.

Celem i zadaniem planowania jest i powinno być poprawianie warunków funkcjonowania w przestrzeni. Takie działania obserwować można w większości prac teoretycznych, i praktycznych, planistów i urbanistów. W pracy najważniejszym było określenie problemów w relacji człowiek – przyroda jakie generuje zagrożenie powodowane przez drzewa. Narzędziem poprawy tej relacji może być tworzenie trwałych zasad współistnienia, określanych przy pomocy standardów urbanistycznych, wspartych na **SARZD**. Dodatkowo, dla poprawiania jakości przestrzeni można wykorzystać Mapę Wrażliwości Otoczenia, jako analityczne narzędzie, wskazujące podatność miejsca na ryzyko zawodności drzew. Dysponując informacją o wrażliwości otoczenia, możemy na zasadzie odwrotności, określić akceptowalne formy zaopatrzenia terenu w drzewa na zasadach standardów urzędzeniowych. Ma to ogromne znaczenie dla porządkowania struktury zieleni, nie tylko ze względów sanitarnych, estetycznych czy historycznych, ale przede wszystkim ze względów bezpieczeństwa. Samo usuwanie drzew, bez ich zamiany na gatunki lepiej dostosowane, nie jest rozwiązaniem problemu, a raczej jego zaognieniem.

Mapa Wrażliwości Otoczenia powinna służyć jako wskazówka pokazująca wady i zalety sposobu organizacji przestrzeni, pod kątem możliwości powstawania zagrożeń. Analiza ryzyka jest i niemal od zawsze była podstawowym narzędziem myślenia strategicznego, które dla

---

<sup>222</sup> Które opisywane są zwykle wskaźnikami: intensywności zabudowy, powierzchni biologicznie czynnej czy zabudowanej, dotyczących jakości życia przeliczanych na osobę, takich jak: dostęp do mediów, wielkość mieszkania, społecznych związanych z zaspokojeniem potrzeb.

planistów jest i powinno być głównym sposobem podejścia do problemów. Stąd też Mapa Ryzyka Zawodności Drzew może sugerować jak reorganizować przestrzeń by zwiększać poziom bezpieczeństwa, bez konieczności pozbywania się drzew.

### 8.3. STANDARDY DLA REGULACJI PRAWNYCH

---

Często podnoszonym problemem, związanym z warunkami egzystencji drzew w mieście jest ich status prawny i regulacje tego dotyczące. Przepisy prawa chronią drzewa w mieście<sup>223</sup>, ale nie wskazują metod ich trwałej uprawy, z którą wiążą się decyzje dotyczące kosztów utrzymania, ubezpieczenia na okoliczność szkód, czy też racjonalnej wymiany. Warunki mają raczej charakter restrykcyjny i brzegowy, powodując trudności w opisie stanu drzew, proponowanych zabiegów, czy wskazywaniu przyczyn ich usunięcia<sup>224</sup>. Metoda Oceny Ryzyka Zawodności Drzew powinna efektywnie wspierać zapisy prawne, na drodze rozstrzygnięcia spornych kwestii, w szczególności dotyczących zagrożenia dla bezpieczeństwa, co do którego ustawodawca przewidział osobne zapisy<sup>225</sup>. Może stać się wyznacznikiem kształtującym politykę środowiskową i ochrony przyrody w zakresie zadrzewień na danym obszarze. W wielu przypadkach **MORZD** pokazuje, że możliwe są, inne niż usunięcie drzewa, działania ograniczające ryzyko, w tym zwłaszcza właściwa pielęgnacja poprawiająca statykę poszczególnych okazów.<sup>226</sup>

---

<sup>223</sup> Ustawa z dn. 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (Dz. U. z 2009 r. Nr 151, poz. 1220, z późn. zm.). – Rozdział 4. – Ochrona terenów zieleni i zadrzewień.

<sup>224</sup> Art. 83, pkt. 4., *ibidem*.

<sup>225</sup> Art. 86, pkt. 1., *ibidem*.

<sup>226</sup> Obecnie ustawodawca nie przewiduje możliwości przeprowadzania takich cięć, co utrudnia utrzymanie i zachowanie niektórych drzew. [zob.:] Art. 86, pkt. 1., Ustawa z dn. 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (Dz. U. 2009 r. nr 151, poz. 1220, z późn. zm.).

Metoda Oceny Ryzyka Zawodności Drzew powinna być podstawą do określania zakresu odpowiedzialności cywilnej za szkody powodowane przez drzewa, którą to powinien ponosić właściciel gruntu na którym rosną.<sup>227</sup> . Ma to znaczenie również dla wyznaczania warunków i kosztów ubezpieczenia danego terenu na którym rosną drzewa<sup>228</sup>. W obecnej formie nie ma jednoznacznych, niezależnych od ubezpieczycieli zasad kształtowania takich wycen. Trudno jest obiektywnie rozróżnić cenę ubezpieczenia drzew w różnym stanie, oraz o różnej relacji z otoczeniem<sup>229</sup>, bez narzędzia jak powinna być Metoda Oceny Ryzyka Zawodności Drzew. Sama ocena witalności lub statyki nie jest wystarczającym kryterium do obiektywnej oceny prawdopodobieństwa wystąpienia szkody czyli ryzyka, a umowa ubezpieczeniowa i związana z nią odpowiedzialność oraz stawki opłat, właśnie od poziomu ryzyka powinny być uzależnione. Obecnie towarzystwa ubezpieczeniowe same tworzą tabele kalkulacyjne, które nie zawsze muszą korespondować z przedmiotem oceny jakim są drzewa. Zysk z stosowania **MORZD** jest w przypadku ubezpieczeń obopólny, ubezpieczony płaci z racjonalną stawkę ubezpieczenia, ubezpieczający ma świadomość zakresu odpowiedzialności oraz ryzyka jakie ponosi zawierając umowę.

Ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym w art. 1 pkt.2 <sup>230</sup> stwierdza, że: *W planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym uwzględnia się zwłaszcza:...wymagania ochrony zdrowia oraz **bezpieczeństwa ludzi i mienia**, a także potrzeby osób niepełnosprawnych....* Aby założone w Ustawie cel mógł być

---

<sup>227</sup> Art. 48., Ustawy z dnia 23 kwietnia 1964 r. - Kodeks cywilny (Dz. U. 1964 nr 16 poz. 93., z późn. zm.).

<sup>228</sup> Art. 821-828., *ibidem*.

<sup>229</sup> Drzewo osłabione, ale nie stwarzające zagrożenia powinno być inaczej oceniane, niż drzewo, nawet witalne, ale rosnące w miejscu w którym wrażliwość otoczenia jest wysoka.

<sup>230</sup> Art.1., Ustawy z dnia 23 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz. U. 2003 nr 80 poz. 717., z późn. zm.).



realizowany, musi istnieć narzędzie. Takim bez wątpienia jest Metoda Oceny Ryzyka Zawodności Drzew, której celem jest podnoszenie poziomu bezpieczeństwa ludzi i mienia w otoczeniu drzew. Ta sama przewiduje możliwość realizacji celów poprzez inwestycje celu publicznego<sup>231</sup>, które są uprzywilejowane proceduralnie (w przepisach) i realizacyjnie (finansowanie). Jednocześnie odsyła nas do klasyfikacji zawartej w art. 6 Ustawy o gospodarce nieruchomościami<sup>232</sup>, w której jedynymi wymienionymi terenami zieleni są cmentarze i obiekty sportowe. Powoduje to systemowy błąd, który wyklucza parki i inne tereny zieleni z obszaru głównego zainteresowania władz różnego szczebla. Zmiany w tym zakresie są konieczne, jeśli prawo ma być spójne, cele możliwe do realizacji.

Zmieniające się, co pewien czas, regulacje prawne w zakresie związanym z drzewami i ich otoczeniem, przynoszą nowe możliwości i wyzwania. Praca niniejsza jest próbą nakreślenia warunków, wskaźników, wytycznych do zmian idących w kierunku poprawy standardu stanowienia prawa oraz ładu prawnego w tym zakresie.

---

<sup>231</sup> Art. 2. Ustawy z dnia 23 marca 2003 r. o *planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym*, *op.cit.*

<sup>232</sup> art. 6 Ustawy z dnia 21 sierpnia 1997 r. o gospodarce nieruchomościami (Dz. U. z 2010 r. Nr 102, poz. 651, z późn. zm.)

## 9. WNIOSKI

---

Wnioski zostały podzielone na trzy zasadnicze części dotyczące aspektów: zarządzania drzewostanem, urbanistycznych i regulacji prawnych.

Opracowana Metoda Oceny Ryzyka Zawodności Drzew oparta jest na analizie składowych, wpływających na jego powstawanie, a zatem na ocenie stanu statycznego i fizjologicznego drzewa oraz wrażliwości jego otoczenia. Wynikiem opracowanej metody jest określenie stopnia ryzyka **SR**, który w połączeniu z zasięgiem rażenia **Z**, równym wysokości drzewa **h**, daje możliwość wyznaczenia strefy ryzyka **STR** wokół drzewa. Dzięki wyznaczeniu stref ryzyka możliwym staje się wygenerowanie Mapy Ryzyka Zawodności Drzew **MRZD**, która powinna obejmować całość terenów zurbanizowanych na których występują drzewa, a docelowo wszystkie miejsca związane z arborikulturą (uprawą drzew). Jest to narzędzie łączące różne pola i mające znaczenie międzykulturowe, tak samo ważne dla planistów, urbanistów i architektów jak i architektów krajobrazu, arborystów, zarządców zieleni, czy prawników i ekonomistów.

Mapa Ryzyka Zawodności Drzew została stworzona na wzór i przez analogię do innych, obecnie funkcjonujących map tego rodzaju, tj.: mapy ryzyka powodziowego, mapy ryzyka osuwiskowego, mapy ryzyka pożarowego, mapy zagrożenia akustycznego, których geneza wynika z istnienia i nasilania się tych zagrożeń. Ryzyko zawodności drzew obecnie nabiera coraz większego znaczenia, dlatego metoda oceny ryzyka jest potrzebnym narzędziem do rozwiązywania problemów w drzewostanach miejskich.

W dążeniu do poprawy warunków życia oraz warunków koegzystencji z drzewami potrzebny jest Standard Akceptowalnego Ryzyka Zawodności Drzew **SARZD**, za pomocą który określałby zasady, poziomy i wytyczne kontroli, zabiegów pielęgnacyjnych i podejmowania

decyzji. Podobne standardy stosowane są np. przy: zimowym utrzymaniu dróg, zapobieganiu pożarom lasów, powodziom, zabezpieczeniu imprez masowych.

Wypracowana Metoda Oceny Ryzyka Zawodności Drzew jest narzędziem wykorzystującym możliwe najlepsze i najbardziej obiektywne rozwiązania w ocenie jej składników, a przez to może stać się przejrzystym kryterium do rozwiązywania problemów na styku drzew i ich otoczenia w miastach.

### 9.1. WNIOSKI DOTYCZĄCE DRZEWOSTANÓW MIEJSKICH.

1. System zarządzania drzewostanem miejskim wymaga usprawnienia. Nowoczesna gospodarka drzewostanem musi kompleksowo rozwiązywać problemy związane z: oceną i kontrolą stanu oraz ryzyka zawodności drzew, decyzji o ich usuwaniu, wymianie i sadzeniu w oparciu o wypracowane wytyczne. Standard Akceptowalnego Ryzyka Zawodności Drzew może i powinien spełniać tę funkcję w dostosowaniu do lokalnych uwarunkowań.
2. Ryzyko zawodności drzew dla ludzi i ich mienia jest istotnym problemem, który musi znaleźć rozwiązanie. Wyniki oceny ryzyka stanowią punkt wyjścia dla decyzji o zakresie działań w stosunku do drzewa i jego otoczenia. Metoda Oceny Ryzyka Zawodności Drzewa pozwoli na aktywne zarządzanie drzewostanem, poprzez hierarchiczny system pilności działań. Stopnie ryzyka mogą skutecznie wskazywać turnus, zakres i sposób kontroli.
3. Wyznaczenie Stref Ryzyka, wskazuje obszar, na którym może dojść do niekorzystnych zdarzeń. Umożliwia to podjęcie działań prewencyjnych, albo w stosunku do drzewa, poprzez jego pielęgnację, zabezpieczenie lub usunięcie albo w stosunku do otoczenia przez ograniczenie dostępu ludzi, zabezpieczenie lub usunięcie mienia. Wszelkie działania są konieczne tylko w takim

zakresie, jaki pozwala sprowadzić ryzyko do przyjętego akceptowalnego poziomu.

4. Mapa Wrażliwości Otoczenia, jako narzędzie planistyczne wskazuje kierunki i możliwości projektowe w zakresie kształtowania nowych nasadzeń, poprzez weryfikację doborów gatunkowych czy form pokrojowych. Dobór gatunkowy musi uwzględniać nie tylko zmieniające się warunki przestrzenne i siedliskowe, czy walory estetyczne, ale również aspekty związane z generowaniem zagrożeń ze strony drzew.
5. Mapa Ryzyka Zawodności Drzew daje podstawy do stworzenia spójnego programu zarządzania drzewostanem. Dzięki niej możliwe jest wyznaczenie planu, harmonogramu działań związanych z wprowadzaniem zmian w obrębi drzewostanów, który wskazywałby nie tylko kolejne kroki, ale również ich skutki, a zwłaszcza korzyści. Może to znacząco przyspieszyć wdrażanie rozwiązań, poprzez ułatwiony dialog z użytkownikami danej przestrzeni, oparty o konkretne argumenty i dostosowany poprzez **SARZD** do ich oczekiwań.
6. Stosowanie Metody Oceny Ryzyka Zawodności Drzew, wskazuje które cechy budowy drzew, mogą generować problemy i narastanie poziomu ryzyka wraz z ich rozwojem. Daje to możliwość prowadzenia działań wyprzedzających, na etapie selekcji materiału sadzeniowego oraz formowania młodych drzew, które z definicji minimalizują ryzyko.
7. Gospodarka drzewostanem musi mieć charakter działania ustawicznego na kształt pętli indukcyjnej, w której jedno działania pociągają za sobą inne stymulując zarządców zieleni, służby utrzymania, kontrolerów, do oceny i eliminowania wad drzew podczas całego ich życia. Może to znacząco zmniejszyć koszty utrzymania drzew liczone w rachunku ciągnionym oraz ilość szkodliwych, spóźnionych zabiegów.



## 9.2. WNIOSKI DOTYCZĄCE STANDARDÓW URBANISTYCZNYCH.

1. Celem Metody Oceny Ryzyka Zawodności Drzew jest stworzenie Standardu Akceptowalnego Ryzyka Zawodności Drzew. Jego wprowadzenie stanowić powinno uzupełnienie dla wszystkich grup standardów urbanistycznych w celu podnoszenia ich jakości oraz dostosowania do oczekiwań użytkowników przestrzeni.
2. Mapa Wrażliwości Otoczenia może stanowić skuteczne uzupełnienie dla analizy planistycznej danego obszaru. Mapa Wrażliwości w połączeniu z Mapą Ryzyka powinny stanowić pożądany element w planowaniu układów urbanistycznych, które w obecnej dobie nie mogą być pozbawione zieleni, a zwłaszcza drzew.
3. Zasada zrównoważonego rozwoju, znajdująca odbicie w procesie planistycznym, zakłada utrzymanie i podnoszenie poziomu życia mieszkańców poprzez zapewnienie im właściwego wyposażenia otoczenia, w tym również w zieleń. Do realizacji tego celu władze miejscowe muszą posiadać narzędzia, a takim powinna być Metoda oceny Ryzyka Zawodności Drzew.
4. Ocena ryzyka prowadzona w ujęciu ciągłym, powtarzalnym powoduje stałe uaktualnianie map ryzyka. Te zaś, na podobieństwo map ryzyka powodziowego lub też innych zagrożeń, ułatwiają weryfikację przyjętych zapisów planistycznych. Tak traktowane stają się skutecznym narzędziem dla urbanistów i planistów podczas tworzenia i uaktualniania planów miejscowych.
5. Ocena ryzyka może wprowadzić do standardów, i podobnym im zapisom planistycznym parametr przewidywanego turnusu wymiany drzew, w oparciu o wykonane analizy, w tym o ocenę wrażliwości danego miejsca.

### 9.3. WNIOSKI DOTYCZĄCE REGULACJI PRAWNYCH

---

1. Metoda Oceny Ryzyka Zawodności Drzew wychodzi naprzeciw wielu celom i postulatam zawartym w przepisach, a dotyczących ochrony drzew oraz zapewniania bezpieczeństwa dla ludzi i mienia. Użycie jej jako narzędzia w tych dwóch zbieżnych płaszczyznach przyczyni się o poprawy stanu drzewostanów oraz urządzenia i wyposażenia przestrzeni zgodnie z oczekiwaniami użytkowników.
2. Wypracowane rozwiązania oceny ryzyka wskazują możliwości poprawy lub lepszego stosowania niektórych regulacji prawnych w celu eliminacji sprzecznych rozstrzygnięć oraz budowania ładu prawnego, który wpływa również na ład i organizację przestrzeni oraz wszystkie jej elementy.
3. Standard Akceptowalnego Ryzyka Zawodności Drzew powinien się stać trwałym wyznacznikiem dla określania warunków ubezpieczenia terenu oraz zakresu odpowiedzialności za potencjalne szkody powstałe na skutek wypadków z udziałem drzew.
4. Metoda Oceny Ryzyka Zawodności Drzew powinna stanowić podstawę mechanizmu do spornych rozstrzygnięć na gruncie prawa cywilnego, w szczególności zakresu odpowiedzialności za szkody. Obiektywne kryteria przyjęte w metodzie stanowią gwarancję bezstronnego rozstrzygania kwestii związanych z ryzykiem strat powodowanych przez drzewa.
5. Tereny zieleni, a zwłaszcza drzewostany miejskie, z racji swej istotnej roli służebnej i niezbędnego składnika struktury miasta, powinny zyskać takie same regulacje prawne jak np. infrastruktura, a zatem jasno określone zasady nadzoru, rozwoju i utrzymania oraz sprecyzowane zadania dla administracji w tym względzie.

- [1] J. S. Albers, E. Hayes, *How to assess and correct hazard trees in recreational areas*, Minnesota Department of Natural Resources, St. Paul 1993.
- [2] J. S. Albers, J. D. Pokorny, G. R. Johnson, *How to Detect and Assess Hazardous Defects in Trees*, [w:] "Urban Tree Risk Management: A Community Guide to Program Design and Implementation", (red. J.D. Pokorny), USDA Forest Service, St. Paul 2003.
- [3] P. L. Altman, D. S. Dittmer, *Growth including reproduction and morphological development*, Federation of American Societies for Experimental Biology, Washington 1962.
- [4] A. Bartosiewicz, M. Siewniak, *Pielęgnowanie drzew ozdobnych*, PWRiL, Warszawa 1976.
- [5] S. Białobok, *O konserwacji starych drzew*, Komitet Ochrony Przyrody Polskiej Akademii Umiejętności, Kraków 1951.
- [6] S. Białobok, *Konserwacja starych drzew*, [w:] „Nauka dla wszystkich”, nr 92. PWN, Kraków 1969.
- [7] W. Bobek, *Metody oceny ryzyka w oparciu o badania statyki drzew w mieście*, [w:] „Czasopismo Międzynarodowego Towarzystwa Uprawy i Ochrony Drzew”, nr 18, Kluczbork 2008.
- [8] J. Borowski, *Wzrost rodzimych gatunków drzew przy ulicach Warszawy*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2008.
- [9] A. Böhm, *Planowanie przestrzenne dla architektów krajobrazu. O czynniku kompozycji*, Wydawnictwo PK, Kraków 2006.
- [10] C. Braun, *Der Zustand der Wiener Stadtbäume*, Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen, Wien 1990.
- [11] A. Bruchwald, E. Dmyterko, *Reakcja przyrostowa dębu szypułkowego w powiązaniu ze stopniem uszkodzenia korony*, [w:] „Sylwan”, nr 143 (2), Warszawa 1999.
- [12] M.J. Chmielewski, *Teoria urbanistyki w projektowaniu i planowaniu miast*, Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa 2001.

- [13] *Common sense risk management of trees, Guidance on trees and public safety in the UK for owners, managers and advisers*, (red. N. Fay), NTSG, Forestry Commission, Edinburgh 2011.
- [14] A.G. Davenport, *Rationale for determining design wind velocities*, [w:] "ASCE Journal of the Structural Division", nr 86/5, Ottawa 1960.
- [15] A.G. Davenport, *Wind Loads on Structures*, [w:] "Technical Paper Division of Building Research", National Research Council Canada, DBR-TP-88, Ottawa 1960.
- [16] J. Davey, *The Tree Doctor*, The Commercial Printing Co., Akron 1902.
- [17] Z. Dembowska, *Standardy urbanistyczne jako instrument kształtowania struktury funkcjonalno-przestrzennej gmin*, [w:] „Człowiek i Środowisko”, nr 22(1), IGPiM, Warszawa 1998.
- [18] D. Dujesiefken, A. Peylo, W. Liese, *Einfluß der Verletzungszeit auf die Wundreaktionen verschiedener Laubbäume und der Fichte*, [w:] „Forstwissenschaftliches Centralblatt“, nr 110/6, Springer Verlag, Hamburg – Berlin 1991.
- [19] M.J. Ellison, *Quantified tree risk management used in the management of amenity trees*, [w:] "Journal of Arboriculture", nr 31/2, ISA, Champaign 2005.
- [20] *Encyclopaedia of Plant Pathology*, (red. O.C. Maloy i T.D. Murray), t.2, John Wiley & Sons, New Jersey 2000.
- [21] *European Tree and Palm Planting Guide*, EAC, Bad Honnef 2009.
- [22] I. Fraser, *Wind tunnel and other related studies on coniferous trees and tree crops*, [w:] "Scottish Forestry", nr 18, Aberdeen 1964.
- [23] F. Gruber, *Die VTA-R W/R-Grenzregel zum Baumwürf, ein weiteres wissenschaftlich nicht nachvollziehbares und praktisch inadäquates Versagenskriterium der Standsicherheit*, [w:] „Agrar- und Umweltrecht“, nr 3/2007, Verlag Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster 2007.
- [24] F. Gruber, *VTA-Schlankheitskonstanten sind wissenschaftlich unhaltbar*, [w:] „Pro BAUM“, nr 4, Patzer Verlag, Berlin Hannover 2007.



- [25] F. Halle, *Architectural variation at the specific level in tropical trees*, [w:] "Tropical trees as living systems", (red. P. T. Tomlinson, M. H. Zimmermann), Cambridge University Press, London 1978.
- [26] R. W. Harris, *Arboriculture: Integrated management of landscape trees, shrubs, and vines*, Prentice-Hall, New Jersey 1992.
- [27] R. W. Harris, J.R. Clark, N.P. Matheny, *Arboriculture: Integrated management of landscape trees, shrubs, and vines*, wyd. 4, Prentice-Hall, New Jersey 2004.
- [28] R. Hartig, *Die Zersetzungserscheinungen des Holzes der Nadelholzbäume und der Eiche in forstlicher, botanischer und chemischer Richtung*, J Springer Verlag, Berlin 1878.
- [29] G. W. Hickman, J. Caprile, E. Perry, *Oak tree hazard evaluation*, [w:] "Journal of Arboriculture", nr 15/8, ISA, Champaign 1989.
- [30] D. Johnson, *Tree hazards: Recognition and reduction in recreation sites*, [w:] "Technical Report", nr R2-1, USDA, Forest Service, Lakewood 1981.
- [31] B. Kane, D. Ryan: *Accuracy of formulas to assess strength loss due to decay*, [w:] "Journal of Arboriculture", nr 30/6, ISA, Champaign 2004.
- [32] *Komunikaty Dendrologiczne*, (red. M. Siewniak), nr 4,5,6,7,9,13, ZOİKZPO, Warszawa 1987-91.
- [33] H. Koop, *Forest Dynamics. SILVI-STAR: A Comprehensive Monitoring System*, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg 1989.
- [34] M. Kosmala, E. Rośton-Szeryńska, *The analysis of visual methods of low stability tree hazard assessment*, [w:] "Annals of Warsaw Agricultural University Horticulture and Landscape Architecture", Nr 24, SGGW, Warszawa 2003.
- [35] D. Lonsdale, *Principles of tree hazard assessment and management*, HMSO, London 1999.
- [36] N.P. Matheny, J.R. Clark, *A photographic guide to the evaluation of hazard trees in urban areas.*, ISA, Champaign 1991.
- [37] N.P. Matheny, J.R. Clark, *A photographic guide to the evaluation of hazard trees in urban areas.*, wyd.2, ISA, Champaign 1994.

- [38] C. Mattheck, *Design in der Natur, der Baum als Lehrmeister*, Rombach Verlag, Freiburg 1992.
- [39] C. Mattheck, H. Breloer, *The Body Language of Trees: A handbook for failure analysis*, HMSO, London 1995.
- [40] C. Mattheck, K. Bethge, I. Tesari, R. Kappel, *Ein neues Versagenskriterium für nicht fäulegeschädigte solitäre Bäume*, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe 2001.
- [41] C. Mattheck, *Updated field guide for Visual Tree Assessment*, Verlag Forschungszentrum, Karlsruhe 2007.
- [42] J. Mayhead, *Some drag coefficients for British forest trees derived from wind tunnel studies*, [w:] "Agricultural Meteorology", nr 12, Oxford 1973.
- [43] M. Melaragno, *Wind in Architectural and Environmental Design*, Van Nostrand Reinhold Company Inc., New York, 1982.
- [44] K. Metzger, *Der Wind als maßgebender Faktor für das Wachstum der Bäume*, [w:] „Mündener Forstliche Hefte“, wyd. 5, Springer Verlag, Berlin 1893.
- [45] L. Mills, K. Russell, *Detection and correction of hazard trees in Washington's recreation areas: A how-to guide for recreation site managers*, [w:] "Department of Natural Resources Report", nr 42, Washington Department of Natural Resources, , Olympia 1981.
- [46] A. Mitkowska, *Polskie Kalwarie*, Ossolineum, Wrocław 2003.
- [47] A. Mitkowska, *Rozważania o wartościowaniu ogrodów zabytkowych dla ich ochrony i konserwacji*, [w:] „Wartościowanie w ochronie i konserwacji zabytków”, (red. A. Szmygin), PKN ICOMOS, Warszawa-Lublin 2012.
- [48] K. J. Niklas, *Computing factors of safety against wind-included tree stem damage*, [w:] "Journal of Experimental Botany", nr 51/345, Oxford University Press, Lancaster 2000.
- [49] J.G. O'Brien *Introduction* [w:] "Urban Tree Risk Management: A Community Guide to Program Design and Implementation", (red. J.D. Pokorny), USDA Forest Service, St. Paul 2003.

- [50] L. A. Paine, *Accident hazard: Evaluation and control decisions on forested recreation sites*, [w:] "USDA Forest Service Research Paper" PSW-68, Berkeley 1971.
- [51] L. A. Paine, *Administrative goals and safety standards for hazard control on forested recreation sites*, "USDA Forest Service Research Paper", PSW-88, Berkeley 1973.
- [52] J. G. Papesch, *A simplified theoretical analysis of the factors that influence windthrow of trees*, [w:] "Conference Proceedings of Fifth Australasian Conference On Hydraulic And Fluid Mechanics", University of Canterbury, Christchurch 1974.
- [53] H. Peltola, B. Gardiner, S. Kellomäki, *Comparison of two models for predicting the critical windspeeds required to damage coniferous trees*, [w:] "Ecological Modelling", nr129/1, Elsevier Science B.V., Amsterdam 2000.
- [54] A. Pfisterer, *Gehölzschnitt nach den Gesetzen der Natur*, Ulmer Verlag, Stuttgart 1999.
- [55] *Planning and Urban Design Standards*, APA, John Wiley & Sons, New Jersey 2006.
- [56] D. Pokorny, J. S. Albers, *Community Tree Risk Management Program Planning and Design*, [w:] "Urban Tree Risk Management: A Community Guide to Program Design and Implementation", (red. J.D. Pokorny), USDA Forest Service, St. Paul 2003.
- [57] *Poradnik Urbanisty, Część A, B, C*, (red. R. Dylewski, M. Nowakowski, M. Szopa), wyd. 2 uzup., Towarzystwo Urbanistów Polskich, Warszawa 2004.
- [58] W. G. Raymer, *Wind Resistance Of Conifers*. [w:] "National Physical Laboratory Aeronautical Report", nr 1008, Aerodynamics Division, London 1962.
- [59] A. Roloff, *Kronenentwicklung und Vitalitätsbeurteilung ausgewählter Baumarten der gemässigten Breiten*, Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Frankfurt am Main 1989.

- [60] A. Roloff, *Baumkronen*, Ulmer Verlag, Stuttgart 2001.
- [61] A. Roloff, *Baumpflege*, Ulmer Verlag, Stuttgart 2008.
- [62] I. Romanowska-Słomka, A. Słomka, *Zarządzanie ryzykiem zawodowym*, Tarbonus, Tarnobrzeg 2001.
- [63] E. Roston-Szeryńska, *Opracowanie metody oceny zagrożenia powodowanego przez drzewa o osłabionej statyce*, Praca doktorska, WOiAK, SGGW, Warszawa 2006.
- [64] E. Roston-Szeryńska, *Ocena zagrożenia bezpieczeństwa ludzi i mienia powodowanego przez drzewa o osłabionej statyce*, [w:] „Czasopismo Międzynarodowego Towarzystwa Uprawy i Ochrony Drzew”, nr 27, Łódź 2012.
- [65] B. Ruck, *Laser – Doppler - Anemometrie: eine berührungslose optische Strömungsgeschwindigkeit Messtechnik*, AT-Fachverlag, Stuttgart 1987.
- [66] B. Ruck, *Flow Characteristics Around Coniferous Trees*, [w:] “Proceedings of the Second International Conference on Laser Anemometry”, Glasgow 1987.
- [67] B. Ruck, E.W. Adams, *Fluid Mechanical Aspects in the Pollutants Transport to Coniferous Trees*, [w:] “Boundary Layer Meteorology”, nr 56, Dordrecht 1991.
- [68] B. Ruck, *Belastung des Baumes durch Wind*, [w:] „Proceedings der Baumtage Süd“, Böblingen 2009.
- [69] S. Rust, A. Roloff, U. Sommer, *Zur Eignung des Schlankheitsgrades als Versagenskriterium* [w:] D. Dujesiefken, *Jahrbuch der Baumpflege*, Braunschweig 2011.
- [70] A.L. Shigo, *Some new ideas in tree care*, [w:] “Journal of Arboriculture”, nr 1/12, ISA, Champaign 1975.
- [71] A.L. Shigo, H. Marx, *CODIT: Compartmentalization Of Decay In Trees*, [w:] “Information Bulletin”, nr 405, USDA Forest Service, Washington 1977.
- [72] A.L. Shigo, *Tree Decay - An Expanded Concept*, [w:] “Information Bulletin”, nr 419, USDA Forest Service, Washington 1979.



- [73] A.L. Shigo, *Tree Defects: A Photo Guide Part A, B,C*, [w:] "General Technical Report", NE-82, USDA Forest Service, Washington 1983.
- [74] A.L. Shigo, *A New Tree Biology*, Shigo and Trees Associates, Durham, 1986
- [75] A.L. Shigo, *Tree Pruning: A Worldwide Photo Guide*, Shigo and Trees Associates, Durham, 1988.
- [76] A.L. Shigo, *Modern Arboriculture*, Shigo and Trees Associates, Durham, 1991.
- [77] W.C. Shortle, *Tree care: A new look, 1979*, [w:] "Journal of Arboriculture", nr 5/12, ISA, Champaign 1979.
- [78] M. Siewniak, D. Kusche, *Baumpfleger Heute*, Patzer Verlag, Berlin-Hannover 1984.
- [79] M. Siewniak, A. Mitkowska, *Tezaurus Sztuki Ogrodowej*, Oficyna Wydawnicza Rytm, Warszawa 1998.
- [80] M. Siewniak, D. Kusche, *Baumpfleger Heute*, Patzer Verlag, wyd.5, Berlin-Hannover 2010.
- [81] M. Siewniak, W. Bobek, *Zabezpieczenie drzew na placach budów*, [w:] „Czasopismo Techniczne, Architektura” nr 6-A/2005, Wydawnictwo PK, Kraków 2005.
- [82] M. Siewniak, W. Bobek, *Ocena stanu drzew w Alei Królewskiej w Puławach*, Puławy-Warszawa 2008, (maszynopis)
- [83] M. Siewniak, Ma. Siewniak, W. Bobek, *Bezinwazyjny pomiar wytrzymałości pnia i stabilności drzewa*, [w:] „Aura”, nr1, SIGMA-NOT, Warszawa 2009.
- [84] M. Siewniak, Ma. Siewniak, W. Bobek, *Szacunkowa Metoda Oceny Statyki Drzew - materiały szkoleniowe*, Centrum Dendrologiczne, Warszawa, 2012 (maszynopis)
- [85] M. Siewniak, W. Bobek, *Zagrożenie ludzi i mienia w parkach, metody określania stanu statycznego drzew*, [w:] „Kurier Konserwatorski”, nr 8/2010, KOBIDZ, Warszawa 2010.

- [86] M. Siewniak, W. Bobek, *Ekspertyza dendrologiczna 288 drzew - Pomników Przyrody na terenie Podkowy Leśnej, Pawłowice - Warszawa, 2010, (maszynopis).*
- [87] M. Siewniak, W. Bobek, *Ekspertyza dendrologiczno-statyczna 40 drzew pomnikowych rosnących w Podkowie Leśnej wykonana zintegrowaną, bezinwazyjną metodą tensometryczną Elasto-Inklino, Warszawa, 2010 (maszynopis).*
- [88] M. Siewniak, W. Bobek, *Ekspertyza dendrologiczna o stanie zdrowotnym i statycznym 25 drzew rosnących na Wzgórzu Wawelskim wraz z wnioskami i zaleceniami do dalszego postępowania, Warszawa 2008, (maszynopis).*
- [89] M. Siewniak, W. Bobek, *Ekspertyza dendrologiczna statyki ośmiu drzew pomnikowych w zabytkowym parku w Żelazowej Woli, Pawłowice 2005, (maszynopis).*
- [90] M. Siewniak, W. Bobek, *Ekspertyza dendrologiczna 10 drzew rosnących przy ul. Nowolipie 15a, Warszawa 2006, (maszynopis).*
- [91] M. Siewniak, J. Stolarczyk, *Ekspertyza dendrologiczna, Tensometryczny pomiar wytrzymałości pnia i stabilności w gruncie topoli kanadyjskiej rosnącej na Placu Zamkowym w Warszawie, Pawłowice 2004 (maszynopis).*
- [92] G. Sinn, *Standesicherheit von Bäumen*, [w:] „Das Gartenamt“, nr 31/1982, Patzer Verlag, Berlin-Hannover 1982.
- [93] G. Sinn, *Standesicherheit von Bäumen und Möglichkeiten der statischen Berechnung*, [w:] „Das Gartenamt“, nr 32/1983, Patzer Verlag, Berlin-Hannover 1983.
- [94] G. Sinn, L. Wessolly, *A contribution to the proper assessment of the strength and stability of trees*, [w:] “Arboricultural Journal”, nr 13/1, Bicester 1989.
- [95] E.T. Smiley, B.R. Fraedrich, *Determining strength loss from decay*, [w:] “Journal of Arboriculture”, nr 18/4, ISA, Champaign 1992.

- [96] P. Sterken, *A Guide for Tree-stability Analysis.*, wyd. 2, University and Research-centre of Wageningen, Blankenberge Sterken, Wageningen 2005.
- [97] R. Studenski, *Szacownie i ograniczanie ryzyka* [w:] „ATEST – Ochrona pracy”, nr 6, Wydawnictwo Czasopism i Książek Technicznych, Kraków-Warszawa 1994.
- [98] T. Tołwiński, *Urbanistyka*, t.3, *Zieleń w urbanistyce*, Warszawa 1963.
- [99] *Urban Tree Risk Management: A Community Guide to Program Design and Implementation*, (red. J.D. Pokorny), USDA Forest Service, St. Paul 2003.
- [100] W. Wagener, *Judging hazard from native trees in California recreation areas: A guide for professional foresters.*, [w:] “USDA Forest Service Research Paper”, PSW-P1, Berkeley 1963.
- [101] E. Walshe, A. I. Fraser, *Wind Tunnel Tests On A Model Forest*. [w:] “National Physical Laboratory Aeronautical Report”, nr 1078, Aerodynamics Division, London 1963.
- [102] L. Wessolly, *Materialkennwerte Grüner Hölzer (Stuttgarter Festigkeitskatalog)*, Stuttgart 1989.
- [103] L. Wessolly, M. Erb, *Handbuch der Baumstatik und Baumkontrolle*, Patzer Verlag, Berlin-Hannover 1998.
- [104] L. Wessolly, *Baumdiagnose – Eingehende Untersuchung mittels Zegersuch – Ergebnisse*, [w:] „Pro BAUM”, nr 1/2004, Patzer Verlag, Berlin-Hannover 2004.
- [105] Witruwiusz [tł. K. Kumaniecki], *O Architekturne ksiąg dziesięć*, Pruszyński i S-ka, Warszawa 1999.
- [106] A. Zachariasz, *Zieleń jako współczesny czynnik miastotwórczy ze szczególnym uwzględnieniem roli parków publicznych*, Wydawnictwo PK, Kraków 2006.

NORMY i AKTY PRAWNE:

- [107] PN-EN 1991-1-4, 2008, *Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje, Część 1-4: Oddziaływania ogólne - Oddziaływania wiatru.*
- [108] Ustawa z dnia 23 kwietnia 1964 r. - *Kodeks cywilny* (Dz.U. 1964 nr 16 poz. 93., z późn. zm.).
- [109] Ustawa z dn. 16 kwietnia 2004 r. o *ochronie przyrody* (Dz. U. z 2009 r. Nr 151, poz. 1220, z późn. zm.).



## 11. SPIS ILUSTRACJI.

---

- Ryc. 1. Miejski program gospodarki drzewostanem. Wskazuje on na konieczność włączenia programu zarządzania ryzykiem ze strony drzew do pozostałych filarów tego systemu. [za:] D. Pokorny, J. S. Albers, *Community Tree Risk Management Program Planning and Design*, [w:] "Urban Tree Risk Management: A Community Guide to Program Design and Implementation", (red. J.D. Pokorny), USDA Forest Service, St. Paul, 2003, s.11.(opr. wersji polskiej, W. Bobek)
- Ryc. 2. Profile prędkości wiatru nad terenem dla 3 różnych rodzajów szorstkości przy tym samym gradiencie prędkości wiatru 100 mil na godzinę. [za:] A.G. Davenport, *Wind Loads on Structures*, [w:] "Technical Paper Division of Building Research", National Research Council Canada, DBR-TP-88, Ottawa, 1960, s. 9. (opr. wersji polskiej, W. Bobek)
- Ryc. 3. Schemat Strefowania i Mapowania ryzyka Dla miejsc rekreacji. Johnson proponuje Trzy strefy: wysokiego, Średniego i Małego ryzyka. [za:] D. Johnson, *Tree hazards: Recognition and reduction in recreation sites*, [w:] "Technical Report", nr R2-1, USDA Forest Service, Lakewood 1981, rys.19, s.12
- Ryc. 4. Profil prędkości dla świerka białego w odm. Conica (*Picea glauca* 'Conica') o wysokości 39 cm, badanego w tunelu aerodynamicznym. [za:] B. Ruck, E.W. Adams, *Fluid Mechanical Aspects in the Pollutants Transport to Coniferous Trees*, [w:] "Boundary Layer Meteorology", nr 56, Dordrecht 1991, s.182
- Ryc. 5. Szkic linii przepływu wokół pojedynczego świerka białego w odm. Conica (*Picea glauca* 'Conica'), badanego metodą LDA w różnych ujęciach (planach) [za:] B. Ruck, E.W. Adams, *Fluid Mechanical Aspects in the Pollutants Transport to Coniferous Trees*, [w:] "Boundary Layer Meteorology", nr 56, Dordrecht 1991, s.183 (opr. wersji polskiej, W. Bobek)
- Ryc. 6. Zwężenie pola przepływu powietrza powoduje zwiększoną prędkość powietrza oraz powstawanie niebezpiecznych miejsc, silniej narażonych

na działanie wiatru. [za:] B. Ruck, *Belastung des Baumes durch Wind*, [w:] „Proceedings der Baumtage Süd“, Böblingen 2009, s. 28 (opr. wersji polskiej, W. Bobek)

Ryc. 7. Znaki informujące o konieczności ominięcia (usunięcie ofiary z pola rażenia) korony drzewa w zamian jej skracania. [za:] D. Lonsdale, *Principles of tree hazard assessment and management*, HMSO, London 1999, s. 191

Ryc. 8. Obciążenie wiatrem jest różne w zależności od położenia geograficznego, wartości bazowe dla każdej ze stref to: 22 m/s dla 1 i 3 oraz 26 m/s dla 2.[za:] Rysunek NA.1 – Podział Polski na strefy obciążenia wiatrem, PN-EN 1991-1-4, 2008, *Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje, Część 1-4: Oddziaływania ogólne - Oddziaływania wiatru*.

Ryc. 9. Uszkodzenie pomnikowego dębu w Warszawie, na terenie Akademii Obrony Narodowej, w październiku 2009 r. na skutek intensywnych opadów mokrego śniegu. Zniszczeniu uległy głównie najdłuższe konary, fot W. Bobek

Ryc. 10. Opady powodujące rozmiękczenie gruntu, w połączeniu z wiatrem mogą spowodować efekt paradontozy. Dochodzi do utraty stabilności na skutek okresowego spadku sił kotwiących bazujących na tarcu wewnętrznym i zwięzłości gruntu. [za:] L. Wessolly, M. Erb, *Handbuch der Baumstatik und Baumkontrolle*, Patzer Verlag, Berlin-Hannover 1998, s. 64

Ryc. 11. Współczynnik oporu powietrza  $C_x$  dla korony drzewa maleje wraz ze wzrostem siły wiatru. Drzewa „poddają się” pod naporem wiatru i dzięki temu mogą przetrwać. [za:] L. Wessolly, M. Erb, *Handbuch der Baumstatik und Baumkontrolle*, Patzer Verlag, Berlin-Hannover 1998, s. 60 (opr. wersji polskiej, W. Bobek)

Ryc. 12. Dwa drzewa o takiej samej powierzchni korony, ale różnej (większej) o 33% wysokości środka naporu wiatru, a zatem innej długości ramienia dźwigni (siły) przy rosnącej wraz z wysokością siłą wiatru, powoduje

dwukrotnie większy moment zginający. [za:] L. Wessolly, M. Erb, *Handbuch der Baumstatik und Baumkontrolle*, Patzer Verlag, Berlin-Hannover 1998, s. 148 (opr. wersji polskiej, W. Bobek)

Ryc. 13. Zależność pomiędzy wytrzymałością podstawową w stosunku do współczynnika smukłości. Wykres obrazuje wyniki badań na próbie ponad 4500 żywych drzew. Zielonym kolorem oznaczona została krzywa wartości średnich. [za:] L. Wessolly, *Baumdiagnose – Eingehende Untersuchung mittels Zugersuch – Ergebnisse*, [w:] „Pro BAUM“, nr 1, Patzer Verlag, Berlin-Hannover 2004, s.2, (opr. wersji polskiej, W. Bobek)

Ryc. 14. Zależność pomiędzy wielkością żagla (powierzchni wystawionej na wiatr) korony w stosunku do średnicy pnia. Wykres obrazuje wyniki badań około 2300 żywych drzew. Krzywe wartości minimalnych i maksymalnych pokazują, że przy tej samej grubości pnia (100 cm), wielkość powierzchni korony może różnić się ponad 4-krotnie. [za:] L. Wessolly, M. Erb, *Handbuch der Baumstatik und Baumkontrolle*, Patzer Verlag, Berlin-Hannover 1998, s. 78 (opr. wersji polskiej, W. Bobek)

Ryc. 15. Zależność pomiędzy momentem zginającym wywołanym naporem wiatru, a średnicą pnia. Wykres obrazuje wyniki badań ponad 1600 żywych drzew. Krzywe wartości minimalnych i maksymalnych pokazują, że przy tej samej grubości pnia (100 cm), wartość momentu może różnić się ponad 11-krotnie. [za:] L. Wessolly, M. Erb, *Handbuch der Baumstatik und Baumkontrolle*, Patzer Verlag, Berlin-Hannover 1998, s. 79 (opr. wersji polskiej, W. Bobek)

Ryc. 16. Wytrzymałość na ściskanie drzew żywych. Wykres pokazuje różnice pomiędzy wartościami wytrzymałości względem układu włókien. [za:] L. Wessolly, *Materialkennwerte Grüner Hölzer (Stuttgarter Festigkeitskatalog)*, Stuttgart 1989, (opr. wersji polskiej, W. Bobek)

Ryc.17. Procentowa zmiana wytrzymałości pnia na złamanie z zamkniętym ubytkiem, w zależności od wartości zależności promienia [r] do pozostałej zdrowej ścianki [t]. [za:] L. Wessolly, M. Erb, *Handbuch der Baumstatik und Baumkontrolle*, Patzer Verlag, Berlin-Hannover 1998, s. 68 (opr. wersji polskiej, W. Bobek)

- RYC.18. Wykres pokazuje, że wraz ze wzrostem średnicy pnia drzewa maleje minimalna wartość grubości pozostałej zdrowej ścianki [t]. [za:] L. Wessolly, M. Erb, *Handbuch der Baumstatik und Baumkontrolle*, Patzer Verlag, Berlin-Hannover 1998, s.116 (opr. wersji polskiej, W.Bobek)
- Ryc. 19. System korzeniowy w normalnych warunkach siedliskowych wykształca typowy dla danego gatunku układ. Wyróżnia się 3 podstawowe: płaski sercowaty i palowy. Z punktu widzenia powstawania ryzyka, układ korzeni wpływa na kotwienie drzewa w gruncie, co decyduje o stabilności i poziomie ryzyka. [za:] L. Wessolly, M. Erb, *Handbuch der Baumstatik und Baumkontrolle*, Patzer Verlag, Berlin-Hannover 1998, s. 43
- Ryc. 20. System korzeniowy klonu jesionolistnego (*Acer negundo*), na granicy z rozebrany fundament ogrodzenia, silne zaburzenie stabilności drzewa w gruncie doprowadziło do wykrotu, Teren Żłobka nr 10 przy ul. Nowolipie 15A, 2006, fot. M. Siewniak
- Ryc. 21. Zależność pomiędzy granicznym promieniem zasięgu korzeni a pierśnicą pnia. Służy on do oceny jak bardzo stabilność została naruszona. Jeśli zakres uszkodzeń systemu korzeniowego przekroczy 40% wyznaczonego obszaru, drzewo może utracić kotwienie w gruncie. Jest to szczególnie ważne w przypadku prac wykonywanych w zasięgu drzew. [za:] J. S. Albers, J. D. Pokorny, G. R. Johnson, *How to Detect and Assess Hazardous Defects in Trees*, [w:] *Urban Tree Risk Management: A Community Guide to Program Design and Implementation*, (red. J.D. Pokorny), USDA Forest Service, St. Paul 2003, s. 67 (opr. wersji polskiej, W. Bobek)
- Ryc. 22. Korzenie strangulacyjne (duszące) wokół pnia, duże ryzyko złamania pnia. [za:] J. S. Albers, J. D. Pokorny, G. R. Johnson, *How to Detect and Assess Hazardous Defects in Trees*, [w:] *Urban Tree Risk Management: A Community Guide to Program Design and Implementation*, (red. J.D. Pokorny), USDA Forest Service, St. Paul 2003, s. 67



- Ryc. 23. Duszenie pnia przez korzenie strangulacyjne, duże ryzyko złamania pnia.  
[za:] L. Wessolly, M. Erb, *Handbuch der Baumstatik und Baumkontrolle*, Patzer Verlag, Berlin-Hannover 1998, S. 46
- Ryc. 24. Efekt doniczkowy wynikający z kilku przyczyn. Drzewo przestaje się rozwijać po kilku latach od posadzenia, często dochodzi do zamierania, a w skrajnych przypadkach do złamania lub wykrotu. Efekt potęgowany jest często zbyt głębokim sadzeniem, [za:] L. Wessolly, M. Erb, *Handbuch der Baumstatik und Baumkontrolle*, Patzer Verlag, Berlin-Hannover 1998, S. 46
- Ryc. 25. Jesion wyniosły (*Fraxinus excelsior*) nr 16, Aleja Królewska w Puławach, 2008, fot. W. Bobek
- Ryc. 26. Formularz metody SIA, dla jesionu wyniosłego nr 16, z Alei Królewskiej w Puławach. [za:] M. Siewniak, W. Bobek, *Ocena stanu drzew w Alei Królewskiej w Puławach*, Puławy-Warszawa, 2008, (opr. W. Bobek)
- Ryc. 27. Diagram A dla jesionu wyniosłego w warunkach miejskich, linia żółta dla kolumnowego kształtu korony [za:] M. Siewniak, Ma. Siewniak, W. Bobek, *Szacunkowa Metoda Oceny Statyki Drzew - materiały szkoleniowe*, Centrum Dendrologiczne, Warszawa, 2012 (opr. W. Bobek)
- Ryc. 28. Diagram B, odczytujemy wartość wytrzymałości podstawowej na podstawie współczynnika bezpieczeństwa [za:] M. Siewniak, Ma. Siewniak, W. Bobek, *Szacunkowa Metoda Oceny Statyki Drzew - materiały szkoleniowe*, Centrum Dendrologiczne, Warszawa, 2012, (opr. W. Bobek)
- Ryc. 29 Diagram wypróchnień, na którym odczytujemy wartość wytrzymałości aktualnej, uwzględniającej wypróchnienie pnia [za:] M. Siewniak, Ma. Siewniak, W. Bobek, *Szacunkowa Metoda Oceny Statyki Drzew - materiały szkoleniowe*, Centrum Dendrologiczne, Warszawa, 2012, (opr. W. Bobek)
- Ryc. 30. Protokół pomiarowy metody SIM, dla wybranego drzewa: jesion wyniosły nr 16 z Alei Królewskiej w Puławach, [za:] M. Siewniak, W.

Bobek, *Ocena stanu drzew w Alei Królewskiej w Puławach*, Puławy-Warszawa, 2008.

Ryc. 31 Wykres rozkładu naporu wiatru [metoda SIM], dla wybranego drzewa – jesionu wyniosłego z Alei Królewskiej w Puławach, [za:] M. Siewniak, W. Bobek, *Ocena stanu drzew w Alei Królewskiej w Puławach*, Puławy-Warszawa, 2008

Ryc. 32. Zmiany wytrzymałości aktualnej  $S_b$  w zależności od punktów pomiarowych dla wybranego drzewa – jesionu wyniosłego z Alei Królewskiej w Puławach, [za:] M. Siewniak, W. Bobek, *Ocena stanu drzew w Alei Królewskiej w Puławach*, Puławy-Warszawa, 2008

Ryc. 33. Zmiany stabilności  $S_k$ , dla wybranego drzewa – jesionu wyniosłego z Alei Królewskiej w Puławach, [za:] M. Siewniak, W. Bobek, *Ocena stanu drzew w Alei Królewskiej w Puławach*, Puławy-Warszawa, 2008

Ryc. 34. Stopnie witalności korony według Brauna [za:] C. Braun, *Der Zustand der Wiener Stadtbäume*, Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen, Wien 1990

Ryc. 35. Fazy witalności dla kasztanowca białego (*Aesculus hippocastanum*) [za:] A. Roloff, *Baumkronen*, Ulmer Verlag, Stuttgart 2001, s.66

Ryc. 36. Analiza układu zabudowy w rejonie Starego Miasta w Krakowie. (opr. E. Kumańska)

Ryc. 37 Analiza układu komunikacyjnego w rejonie Starego Miasta w Krakowie. (opr. E. Kumańska)

Ryc. 38. Analiza układu zieleni w rejonie Starego Miasta w Krakowie. (opr. E. Kumańska)

Ryc. 39. Mapa Wrażliwości Otoczenia dla fragmentu Starego Miasta w Krakowie – analiza miejsc gdzie rosną drzewa. (opr. W. Bobek, E. Kumańska)

Ryc. 40. Aleja Królewska w Puławach – ogólna sytuacja w skali miasta, 2013, [z:] [www.geoportal.gov](http://www.geoportal.gov).

Ryc. 41. Aleja Królewska w Puławach. Widok od strony zachodniej w kierunku centrum miasta, 2006, fot. M. Siewniak

Ryc. 42. Lipa holenderska (*Tilia xeuropaea*) nr 72. Uszkodzenia korony (wyłamania, amputacje konarów) oraz defekty pnia (szczelina, ślady czyszczenia i impregnowania drewna nasilające proces próchnienia), 2006, fot. W. Bobek

Ryc. 43. Jesion wyniosły (*Fraxinus excelsior*) nr 129, trudna sytuacja przestrzenna drzewa, system korzeniowy został naruszony i przysypany podczas przebudowy nawierzchni, 2006, fot. W. Bobek

**Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**

**Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**

Ryc. 46. Aleja Jana Pawła II w Podkowie Leśnej – ogólna sytuacja w skali centrum miasta, 2013, [z:] [www.geoportal.gov.pl](http://www.geoportal.gov.pl)

Ryc. 47. Aleja Jana Pawła II w Podkowie Leśnej. Widok od strony południowej, trudna sytuacja przestrzenna drzew, 2010, fot. W. Bobek

Ryc. 48. Lipa drobnolistna (*Tilia cordata*) nr 11, Aleja Jana Pawła II w Podkowie Leśnej. Silne wypróchnienie pnia, ślady po starej amputacji oraz czyszczeniu i impregnowaniu ubytku. Naruszona przestrzeń korzenienia się drzewa, odpowiedzialna za jego stabilność w gruncie. 2010, fot. W. Bobek

Ryc. 49. Lipa drobnolistna (*Tilia cordata*) nr 32, Aleja Jana Pawła II w Podkowie Leśnej. Uszkodzenia w obrębie systemu korzeniowego. Naruszona przestrzeń korzenienia się drzewa, odpowiedzialna za jego stabilność w gruncie. 2010, fot. W. Bobek

Ryc. 50. Składowe oceny ryzyka dla Alei Jana Pawła II w Podkowie Leśnej, 2013 (opr. W. Bobek)

Ryc. 51. Strefy ryzyka dla Alei Jana Pawła II w Podkowie Leśnej, 2013 (opr. W. Bobek)

- Ryc. 52. Wzgórze Wawelskie w Krakowie – ogólna sytuacja w skali centrum miasta, 2013, [z:] [www.geoportal.gov.pl](http://www.geoportal.gov.pl)
- Ryc. 53. Fragment drzewostanu Wzgórza Wawelskiego w Krakowie. Widok od strony południowej, 2008, fot. M. Siewniak
- Ryc. 54. Kasztanowiec biały (*Aesculus hippocastanum*) nr 30 podczas pomiaru statyki metodą SIM, Zachodnia część Wzgórza Wawelskiego w Krakowie. Drzewo pochylone nad drogę prowadzącą duży ruch w tym rejonie, niekorzystne rozwidlenie, silna redukcja korony z obawy o bezpieczeństwo przechodniów. 2008, fot. M. Siewniak
- Ryc. 55. Składowe oceny ryzyka dla Wzgórza Wawelskiego w Krakowie, 2013 (opr. W. Bobek)
- Ryc. 56. Strefy ryzyka
- Ryc. 57. Centrum parku w Żelazowej Woli – ogólna sytuacja w skali miejscowości 2013, [z:] [www.geoportal.gov.pl](http://www.geoportal.gov.pl)
- Ryc. 58. Dworek Chopina w Żelazowej Woli, Widok od strony południowej, 2009, Fot. T. Owczuk
- Ryc. 59. Kasztanowiec biały (*Aesculus hippocastanum*) nr 397. Niekorzystne rozwidlenie pnia i wyłamanie się 3 konaru, które spowodowało duży ubytek kominowy i szczeliny w pniu, wzbudzają obawy o bezpieczeństwo przechodniów. Drzewo zostało zabezpieczone przez system wiązań. 2010, fot. M. Siewniak
- Ryc. 60. Kasztanowiec biały (*Aesculus hippocastanum*) nr 404. Trudna sytuacja przestrzenna, drzewo pochylone w kierunku wejścia do dworku, 2010, fot. M. Siewniak
- Ryc. 61. Składowe oceny ryzyka dla drzew w sąsiedztwie Dworku Chopina w Parku w Żelazowej Woli, 2013 (opr. W. Bobek)
- Ryc. 62. Strefy ryzyka
- Ryc. 63. Żłobek nr 10, przy ul. Nowolipie 15A, Warszawa-Śródmieście – ogólna sytuacja w skali centrum miasta, 2013, [z:] [www.geoportal.gov.pl](http://www.geoportal.gov.pl)

- Ryc. 64. Aleja wzdłuż ogrodzenia Żłobka nr 10 przy ul. Nowolipie 15a w Warszawie. Widok ogólny od strony północnej, 2006, fot. M. Siewniak
- Ryc. 65. Szpaler Badanych drzew. Widok od strony Żłobka. Możliwość przewrócenia się drzew na teren ogrodu i placu zabaw żłobka na skutek prac remontowych, 2006, fot. M. Siewniak
- Ryc. 66. Demontaż starego murka cokołowego ogrodzenia żłobka – czynnik powodujący zaburzenie stabilności drzew, 2006, fot. M. Siewniak
- Ryc. 67. Składowe oceny ryzyka dla szpaleru drzew w sąsiedztwie Żłobka Nr 10, przy ul. Nowolipie 15A w Warszawie, 2013 (opr. W. Bobek)
- Ryc. 68. Strefy ryzyka
- Ryc. 69. Plac Zamkowy w Warszawie – ogólna sytuacja w skali centrum miasta, 2013, [z:] [www.geoportal.gov.pl](http://www.geoportal.gov.pl)
- Ryc. 70. Topola kanadyjska (*Populus xcanadensis*) na Placu Zamkowym w Warszawie w trakcie pomiaru statyki, 2004, fot. M. Siewniak
- Ryc. 71. Składowe oceny ryzyka dla topoli rosnącej na Placu Zamkowym w Warszawie, 2013 (opr. W. Bobek)
- Ryc. 72. Strefy ryzyka
- Ryc. 73. Schemat blokowy Metody Oceny Ryzyka Zawodności Drzew, 2013, (opr. W. Bobek)