

Drone Power Hakaton Plus

POZnań*

Opis problemu

ocena prawdopodobieństwa wystąpienia wiatrołomów

Klimat się zmienia na naszych oczach. Coraz częściej występują w Polsce gwałtowne zjawiska pogodowe jak gwałtowne burze, wichury, trąby powietrzne. Są one przyczyną powstawania wiatrołomów zagrażających zarówno życiu i zdrowiu ludzi jak również cennej infrastrukturze miejskiej. Tym samym generują coraz większe koszty związane zarówno z powstałymi szkodami i ich następstwami jak i ich usuwaniem. Jednocześnie drzewa pochłaniają dwutlenek węgla, którego nadmiar pośrednio przyczynia się do występowania w/w gwałtownych zjawisk klimatycznych. Drzewa są cennym zasobem przyrodniczym i musimy dbać o ich ilość oraz kondycję. Aby pogodzić te ewidentne sprzeczności i skutecznie zapobiegać zagrożeniom niezbędny jest zautomatyzowany system bieżącego monitoringu drzew oraz aktualizowania planu zarządzania ryzykiem związanym z drzewami. Niezbędne jest prowadzenie monitoringu drzew przy użyciu obiektywnej metody oceny zagrożenia. Ważne jest tu zachowanie równowagi między ryzykiem i korzyściami płynącymi z drzew. System bieżącego monitoringu drzew umożliwiłby podjęcie z wyprzedzeniem działań mających na celu zapobieżenia wystąpienia wiatrołomu a więc i w konsekwencji wycinki, usunięcia drzewa. Celem działania systemu jest więc nie tylko usunięcie ryzyka dla infrastruktury ale też ochrona zieleni w miastach.

Opis wyzwania

Pamiętaj interesuje nas zarówno całościowa koncepcja rozwiązania wyzwania jak i również rozwiązania cząstkowe, obejmujące fragment wyzwania lub tylko wybrane technologie. Pokaż swoją najsilniejszą stronę. Nie musisz się znać na wszystkim.

Twoim zadaniem będzie określenie katalogu parametrów danych wejściowych niezbędnych do prawidłowego działania takiego systemu, źródeł, metodyk i technologii ich pozyskania oraz wstępnego algorytmu jego działania. Pod linkiem <http://sip.geopoz.pl/sip/> (System Informacji Przestrzennej) dostępny jest katalog zdigitalizowanych danych dla miasta Poznań. Bazy danych tam zawarte mogą posłużyć jako dane wejściowe do koncepcji systemu. Jeśli brakuje danych określ jakie dane powinny być zdigitalizowane, o jakich parametrach np. z jaką gęstością geograficzną, z jaką częstotliwością pozyskiwane, z jaką dokładnością. Zaproponuj jeżeli to możliwe technologię ich pozyskiwania. Określenie kontekstu prawnego zarówno w zakresie wykorzystywanych technologii jak i samego systemu do zapobiegania wiatrołomom i następstwom ich występowania będzie dodatkowym atutem. Zakres opracowania jest otwarty i zależy od kreatywności, wiedzy i doświadczenia zespołu. Możliwość zaprezentowania działania w praktyce

Drone Power Hakaton Plus

POZnań*

elementów systemu w etapie III hakatonu podniesie wartość oceny koncepcji. Ale już sama koncepcja działania systemu może stanowić podstawę do powołania dofinansowanego projektu wdrożeniowego.

W linkach poniżej uzyskasz dodatkowe wskazówki i podpowiedzi.

<https://docplayer.pl/4618206-Ochrona-drzew-w-miescie-a-postrzegane-zagrozenie-bezpieczenstwa.html>

<https://www.youtube.com/watch?v=PmlOKw9ZqrQ>

Jak rozpoznać drzewa zagrażające bezpieczeństwu?

Najważniejsze objawy utraty stabilności drzew przydrożnych

Bezpieczeństwo drogowe jest sprawą ważną dla wszystkich. Kraje UE poświęcają tej kwestii coraz więcej uwagi. Wdraża się działania mające na celu ograniczenie liczby wypadków i poprawę jakości ruchu drogowego. Wśród wielu przyczyn wypadków drogowych wymienia się niebezpieczne drzewa, czyli rosnące zbyt blisko, zasłaniające widok na drogę, albo wywrócone lub złamane.

Choć statystyki policyjne wyraźnie marginalizują tę przyczynę w kontekście takich czynników jak nieodpowiednie zachowanie kierowców (rozwijanie nadmiernej prędkości, jazda pod wpływem alkoholu lub narkotyków czy zmęczenie) i zły stan nawierzchni, to w naszym kraju podstawowym działaniem mającym na celu poprawę bezpieczeństwa staje się wycinka lub drastyczna „pielęgnacja” drzew przydrożnych¹. Ustawa z 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody dopuszcza usunięcie drzew, które „zagrażają bezpieczeństwu ludzi lub mienia w istniejących obiektach budowlanych, oraz które zagrażają bezpieczeństwu ruchu drogowego oraz kolejowego albo bezpieczeństwu żeglugi” bez ponoszenia opłat z tego tytułu, a jedynie za uzyskaniem zezwolenia z gminy (art. 86 pkt. 4 i 5). W większości przypadków konieczność usunięcia drzew przydrożnych uzasadnia się właśnie zagrożeniem bezpieczeństwa. Jednak brak obiektywnych kryteriów oceny tego zagrożenia w praktyce pozwala na swobodną interpretację tego przepisu i często doprowadza do zbyt pochopnych decyzji o wycięciu drzew, które przy odpowiednich zabiegach i okresowej kontroli mogłyby rosnąć jeszcze wiele lat. Za niebezpieczne uznaje się drzewa zarówno rosnące w kolizyjnym miejscu, jak i starsze, krótkowieczne i o kruchym drewnie. Wiedza o przyczynach utraty stabilności drzew nie znalazła w Polsce szerokiego zastosowania i dlatego wciąż obsadza się ulice i place drzewami o wadliwej budowie statycznej, które za kilkanaście czy kilkadziesiąt lat będą stanowić duże zagrożenie dla ludzi i ich mienia.

Drzewo o osłabionej statyce a zagrożenie bezpieczeństwa

Drzewo o osłabionej statyce lub stabilności to takie, które posiada wady obniżające jego wytrzymałość mechaniczną (utożsamianą głównie ze skutecznym stawianiem oporu obciążeniu wiatrem i śniegiem), w rezultacie prowadzące do jego złamania się lub wywrócenia². Drzewo



Drone Power Hakaton Plus

POZnań*

grożące upadkiem ma wady strukturalne budowy sylwetki, korony, pnia i korzeni oraz choroby osłabiające wytrzymałość drewna.

Drzewo zagraża bezpieczeństwu wtedy, gdy rośnie w miejscu publicznym, uczęszczanym przez ludzi, a jego złamanie się może spowodować groźny w skutkach wypadek. W tym kontekście drzewa rosnące przy drogach i ulicach są potencjalnie niebezpieczne, jednak skala tego zagrożenia jest różna w zależności od kategorii drogi i częstotliwości ruchu.

Większość badaczy zgodnie podaje, że główne czynniki prowadzące do wykrotów i wiatrołomów drzew to:

- właściwości siedliska (ekspozycja narażająca na silne wiatry i zawieje śnieżne, podłoże niestabilne lub niesprzyjające rozwojowi stabilnego systemu korzeniowego),
- właściwości gatunków drzew (inna wytrzymałość mechaniczna drewna różnych gatunków drzew, odmienne współczynniki oporu, jaki stawia korona drzew, predyspozycje gatunku do formowania mechanicznie słabszych systemów korzeniowych i słabych wiązań konarów i gałęzi, żywotność drzew związana m.in. z wiekiem oraz podatność na choroby i szkodniki),
- wady statyczne drzewa (uszkodzenia wywołane przez choroby i szkodniki w znaczącym stopniu osłabiające mechaniczną wytrzymałość drzewa bądź też pochodzenia abiotycznego i antropogenicznego)³.

Niektórzy naukowcy⁴ za istotną przyczynę osłabienia statyki drzew – szczególnie dla drzew rosnących na terenach zurbanizowanych – podają wadliwe zabiegi pielęgnacyjne (nieprawidłowe nawadnianie, wadliwe cięcia, usuwanie drzew sąsiednich).

Najistotniejszym czynnikiem indukującym uszkodzenia drzew jest wiatr (70% przypadków). Jedynie bardzo silny poryw może uszkodzić drzewo. Krytyczna siła wiatru to 42-50 m/s, który – wiejąc z taką lub większą prędkością – uszkadza już nawet stosunkowo stabilne drzewa. Rośliny z wadami mogą się złamać przy prędkości 20 m/s. W tabeli przedstawiono zależność rodzaju szkód w drzewostanie od prędkości wiatru.

W naturze wiatr współdziała z innymi czynnikami. Często są to zanieczyszczenia środowiska, uszkodzenia mechaniczne, niekorzystne warunki glebowe czy porażenie patogenami. Wiele z tych elementów oddziałuje na drzewa wiele lat, by w krytycznym momencie doprowadzić do złamania lub wywrócenia.

Duże znaczenie dla zachowania stabilności i stateczności rośliny ma otoczenie, z czym wiąże się m.in. stopień narażenia na silne wiatry. Drzewa rosnące w grupach są mniej narażone na bezpośrednie jego działanie. Bardzo istotne są zmiany zachodzące w otoczeniu drzewa. Problem dotyczy szczególnie zmiany kierunku i siły działającego na drzewo wiatru.

Przy drogach istotnym czynnikiem mającym wpływ na utrzymywanie drzewa w podłożu jest jakość gleby. W warunkach miejskich szczególnie niekorzystne są gleby zwięzłe i nieprzepuszczalne nawierzchnie, które ograniczają rozrost systemu korzeniowego drzew. Równie niebezpieczne dla korzeni drzew jest nasypywanie lub usuwanie gleby w obrębie ich występowania. Niektórzy autorzy przyjmują za szkodliwe nasypywanie już 15 cm gleby. Natomiast w przypadku wykopów ubytek nawet 5-10 cm gleby może okazać się zgubny dla miejskich drzew, rosnących w wąskich misach. W takich warunkach bowiem całe życie biologiczne gleby koncentruje się w warstwie do 15 cm głębokości.

Drone Power Hakaton Plus

POZnań*

Statystyki podają, iż zgnilizna jest najistotniejszą przyczyną uszkodzeń (złomów i wykrotów) drzew miejskich (w 70-90% przypadków w miastach USA). Do rozkładu drewna prowadzi infekcja grzybowa. W miastach jest ona często następstwem uszkodzeń mechanicznych (w obrębie korony pnia lub korzeni) oraz złych warunków środowiskowych, osłabiających odporność drzewa.

Najistotniejsze symptomy osłabienia statyki drzew

Należy wyraźnie oddzielić stan zdrowotny drzewa od jego statyki. Pierwsze pojęcie wiąże się z zaburzeniem funkcji fizjologicznych i funkcjonalnych drzewa w ekosystemie, mogących doprowadzić do jego obumarcia, drugie natomiast oznacza obniżenie wytrzymałości mechanicznej, przyczyniające się do wywrócenia lub złamania drzewa. Zarówno stan zdrowotny, jak i statykę można w wielu przypadkach rozpoznać na podstawie objawów zewnętrznych. Istnienie zależności między wizualnymi objawami uszkodzeń na drzewie a prawdopodobieństwem jego złamania lub wywrócenia jest podstawowym założeniem dla metod bazujących na wizualnej ocenie drzew.

Wśród najistotniejszych objawów osłabienia stabilności drzew wymienia się obecność martwego drewna (posuszu), rozkładu drewna (objawów zgnilizny), uszkodzeń korzeni, ran i ubytków drewna, pęknięć, wadliwych rozwidleń oraz anomalii budowy sylwetki (asymetrii, wysokiej smukłości, słabej zbieżności pnia itp.).

- **Martwe drewno (posusz)**

Najbardziej widocznym objawem posuszu jest utrata liści, obumarcie kory i uschnięcie drewna. Wytrzymałość martwego drewna spada niemal do zera. Wystarczy nawet słaby wiatr, by drzewo lub jego sucha gałąź się złamała. W naszym kraju zapis w ustawie o ochronie przyrody dopuszcza usuwanie drzew martwych bez wnoszenia opłat. Jednak wielu naukowców z Wielkiej Brytanii sprzeciwia się radykalnemu wycinaniu wszystkich martwych drzew z miast, podkreślając ich ogromną rolę przyrodniczą w zwiększaniu bioróżnorodności. Stare, dziuplaste drzewa są habitatem dla dzikich zwierząt i wielu pożytecznych organizmów roślinnych.

- **Rozkład drewna (zgnilizna)**

Wyróżnia się trzy stadia porażenia grzybem – początkowe, środkowe i końcowe. W stadium początkowym grzyb wnika w drewno drzew. Miejscem zainfekowania są zawsze rany (w strefie korzeni, pnia lub korony). Wówczas widoczne są zwykle jedynie źle zagojone rany, przez które nastąpiła infekcja. Zgniliznę można rozpoznać również po takich objawach jak odpadająca kora, brak przyrostu kompensacyjnego w miejscach uszkodzeń, wklęsłości, nabrzmienia, wycieki, a u nasady pnia – napływy korzeniowe. Stadium początkowe jedynie nieznacznie obniża właściwości mechaniczne drewna, a w innych przypadkach nie wpływa na mechanikę porażonego drewna. Stadium końcowe może nastąpić dopiero kilka, a nawet kilkadziesiąt lat po znaczącym uszkodzeniu drzewa. Na tym etapie widoczne są owocniki grzybów lub ślady po nich, wklęsnięcia kory itp. Warto zaznaczyć, że rozkład drewna nie zawsze prowadzi do całkowitego obumarcia drzewa. Większość gatunków (m.in. klony, graby, buki, dęby i lipy) wytwarza tkankę odcinającą (CODIT), stanowiącą naturalną barierę ochronną przed rozprzestrzenianiem się infekcji. W ten sposób powstają ubytki drewna, a gdy pozostała ścianka zdrowej tkanki jest dostatecznie gruba, drzewo może żyć bardzo długo.

Drone Power Hakaton Plus

POZnan*

Sinn opracował metodę oceny zagrożenia dla drzew porażonych zgnilizną. Według niego, o niebezpieczeństwie utraty mechanicznej odporności świadczy zgnilizna w zaawansowanym stadium, tzn. już w momencie pojawienia się owocników grzybów. Wyróżnił tu trzy stadia zagrożenia złamaniem się drzewa lub wykrotem. W początkowej fazie kształtowania się owocników grzybów drzewa są jeszcze stabilne. Stadium to definiowane jest jako pierwsze wystąpienie owocników. Oznaką utraty stabilności (stadium drugie zgnilizny zaawansowanej) jest liczne występowanie grzybów po jednej lub obu stronach pnia/konaru. Stadium trzecie (daleko idące zagrożenie) znamionują owocniki występujące po trzech, czterech stronach pnia/konaru lub występujące gromadnie. Nie wszystkie gatunki grzybów mają takie samo działanie destrukcyjne. Jedne są groźniejsze, inne łagodniejsze. Jedne patogeny, takie jak żagiew łuskowata czy żółciak siarkowy, stosunkowo szybko obniżają odporność mechaniczną drzew, inne – jak włóknouszek – osłabiają jedynie niektóre gatunki drzew. Dwa najgroźniejsze gatunki grzybów to *Ganoderma applanatum* i drewniak (*Hypoxylon deustum*). Ponadto groźne są: żółciak siarkowy (*Laetiporus sulphureus*), huba korzeniowa (*Heterobasidion Annosum*), włóknouszek (*Inonotus hispidus, dryadeus*), flagowiec olbrzymi (*Meripilus giganteus*), łuskiwiak (*Pholilota squarrosa*), czyrenie (*Phellinus sp.*), porek brzozy (*Piptoporus betulinus*), huba pospolita (*Fomes fomentarius*), opieńka (*Armillaria mellea*), żagiew łuskowata (*Polyporus squamosus*) i ozorek dębowy (*Fistulina hepatica*). One, szczególnie w początkowej fazie infekcji, mniej zagrażają drzewu od dwóch wcześniej wymienionych gatunków.

Na podstawie rozmiaru zarówno zgnilizny, jak i ubytku można oszacować utratę wytrzymałości drzewa. Powstało kilka wzorów służących do jej obliczenia. Większość publikacji cytuje pracę Wagenera z lat 60. ubiegłego wieku¹¹, w której autor opiera się na wzorze służącym do obliczania wytrzymałości walca z mechaniki brył. Określa on stosunek średnicy ubytku na przekroju pnia (d) do średnicy pnia drzewa (D) i jest opracowany dla drzew iglastych: SL (strength loss – utrata wytrzymałości pnia w %) = $d^3/D^3 \times 100$. Według wzoru, utrata wytrzymałości równa 33% była krytyczną granicą, powyżej której drzewo stanowiło już zagrożenie.

Obecnie jednak autorzy (Albers, Pokorny) są przeciwni wykorzystywaniu wzoru na spadek wytrzymałości drzewa, a zamiast tego opracowali tabelę wartości progowych zdrowego drewna przy danym rozmiarze rozkładu lub ubytków. Generalnie utworzyli oni dwa progi wytrzymałości:

- dla pni z ubytkiem zamkniętym, gdzie $t/D \leq 1/6$,
- dla pni z ubytkiem otwartym (przy otwarciu nieprzekraczającym 30% obwodu pnia), gdzie $t/D \leq 2/6$.

W tym przypadku t oznacza grubość pozostałej ścianki drewna, zaś D – średnicę pnia/konaru.

W 1998 r. Mattheck i Breoler po zbadaniu 800 drzew z asymetrycznie ułożonym ubytkiem w pniu ustalili wartość krytyczną utraty wytrzymałości drzew, po której następuje ich złamanie na 30%. Udowodnili, że wytrzymałość można określić stosunkiem grubości ścianek pnia (t) do promienia pnia (R). Ustalono, że drzewa łamią się, jeśli ta wartość wynosi: $t/R \leq 0,32$. Obecnie na tym wzorze bazuje wiele metod oceniających statykę drzew. Nie można jednak pominąć innych ważnych cech drzewa, takich jak jego sylwetka czy elementy otoczenia, które w dużym stopniu wpływają na ryzyko złamania.

Drone Power Hakaton Plus

POZnań*

Często wtórnym czynnikiem zgnilizny są widoczne ślady żeru owadów drążących w drewnie i dziuple tworzone przez ptaki żywiące się tymi szkodnikami. Dziuple, szczególnie dzięciołów, i ich lejkowate nakłucia wzdłuż pnia świadczą o murszeniu drzewa. Ptaki te zasiedlają głównie drzewa zmurszałe i zaatakowane przez kózki oraz korniki. Wielu arborystów za niebezpieczny objaw końcowego etapu rozkładu drewna uznaje obecność mrówek.

- **Pęknięcia**

Pęknięcia mogą, ale nie muszą być zagrożeniem. Zależnie od przyczyn powstania wyróżnia się różne ich typy. Pęknięcia wiatrowe są to pęknięcia poprzeczne. Powstają przy wyginaniu drzew ponad granice wytrzymałości włókien. Drewno takich drzew wykazuje na stronie nawietrznej pęknięcia poziome, przebiegające w równych odstępach w poprzek pnia na wysokości od 2 do 10 m, mniej więcej co 30-100 cm. Pęknięcia te uwidoczniają się dopiero, gdy na strzale pojawiają się poziome zgrubienia, wskazujące na powstawanie zalewów. Drewno takich strzał ulega złamaniu przy najlżejszym obciążeniu. Według metody Siewniaka i Kusche pęknięcia poprzeczne pochodzenia wiatrowego stanowią duże zagrożenie złamaniem się drzewa. Zdaniem Sinna, tego typu pęknięcia są częste u drzew ze zbyt wysokim współczynnikiem smukłości.

Pęknięcia mrozowe występują w okresach silnych mrozów na dolnej części strzały po stronie wschodniej i północno-wschodniej. Biegają często klinowato od kory do rdzenia, pospolite są u twardych gatunków liściastych: na dębach, jesionach, wiązach, kasztanowcach, rzadziej na brzożach, jodłach i bukach. Pęknięcia powstają również w szczelinach między zgrubieniami odziomkowymi. Jednak ani takie pęknięcia, ani podłużne pęknięcia między przyporami korzeniowymi nie są tak niebezpieczne jak pęknięcia poprzeczne i pęknięcia na przyporach korzeniowych. Przyczyną pęknięć, oprócz mrozów i silnych wiatrów w zimie, są wilgotne albo zabagnione gleby. Częściej pęknięciom ulegają drzewa samotne i starsze. Odporność cienkich względnie młodych drzew tłumaczy się większą elastycznością włókien albo bardziej równomiernym kurczeniem się przy spadku temperatury.

Czasem pęknięcia powstają w wyniku zainfekowania drewna wewnątrz. Powstają one na skutek infekcji grzybowej (tzw. opuklina). Takie pęknięcia stanowią istotny zewnętrzny objaw wewnętrznego rozkładu drewna i na nich opiera się wiele metod wizualnej oceny statyki drzew. Pęknięcia przechodzące na wylot i głębokie, zwłaszcza w rozwidleniach, obniżają odporność drzew na złamanie, natomiast nawet płytkie pęknięcia ułatwiają wnikanie grzybów niszczących drewno i wówczas mogą być pośrednią przyczyną złamania się drzewa. Niebezpiecznym zjawiskiem są pęknięcia (nadłamania) grubych, horyzontalnych gałęzi czy konarów.

- **Słabe rozwidlenia**

W badaniu zagrożenia złamaniem się drzewa duże znaczenie ma ocena rozwidleń między konarami czy dwoma konkurencyjnymi przewodnikami. Jest to wada groźna w przypadku obecności słabych rozwidleń z zakorkiem. Między dwa przewodniki wrasta kora, działając jak klin. Drzewa w miejscu rozwidlenia łatwo pękają, w szczeliny między rozwidlonymi pniami (gałęziami) wnika woda wraz z zarodnikami grzybów niszczących drewno. Słabe rozwidlenia wykształcają niektóre gatunki drzew, głównie liściaste. Najczęściej spotyka się je u jesionów, lip, buków, kasztanowców, klonów i wielu gatunków drzew z rodziny różowatych. Szczególnie niebezpieczne są słabe rozwidlenia z pofałdowaniem kory, kieszonką wodną lub z powstałymi ubytkami czy owocnikami grzybów.

Drone Power Hakaton Plus

POZnań*

- **Zranienia**

Zranienia to kolejna wada, powstała na skutek mechanicznych uszkodzeń drewna. W miejscu występowania martwicy pień przestaje przyrastać, odsłonięte drewno jest drogą wniknięcia zarodników grzybów i szkodliwych owadów. W efekcie następuje zniekształcenie pnia i często rozległa zgnilizna, która znacznie obniża wytrzymałość drzew na zginanie¹². U drzew iglastych w miejscu zranienia (powstałego na skutek działania wiatru i słońca) następują wycieki żywiczne, które z czasem mogą utworzyć pęcherze żywiczne, obniżające odporność drewna na zginanie. Według wielu autorów, obecność raków i ran obejmujących powyżej 120° z obwodu drzewa (1/3 powierzchni przekroju pnia w miejscu zranienia) świadczy o znaczącym zagrożeniu dla wytrzymałości mechanicznej drzewa. Jednak najczęściej przyjmuje się, że uszkodzenie obejmujące ponad 50% obwodu pnia powoduje duże ryzyko złamania się porażonego pnia czy konaru i wymaga natychmiastowej interwencji. Potencjalne ryzyko złamania zwiększa się, jeśli narodził się ranie towarzyszą widoczne objawy zgnilizny lub inny defekt.

- **Uszkodzenia korzeni**

System korzeniowy i sylwetka drzewa są odpowiedzialne za utrzymywanie się drzewa w podłożu. Dobrze zakorzenione drzewo zazwyczaj nie wywraca się przy jednorazowych (nawet bardzo silnych) wiatrach. Dopiero daleko idące choroby (a w efekcie obumarcie i degradacja korzeni kotwiczących drzewo w podłożu), a także duża wysokość drzewa przy płytkim korzenieniu się mogą sprawić, że drzewo się wywróci. Powąły drzew najczęściej zdarzają się, gdy systemy korzeniowe są płytkie i słabo rozwinięte. W miastach istotny wpływ na korzenie mają ograniczenia przestrzenne. Rzadko kiedy drzewa miejskie mają zapewnioną odpowiednią przestrzeń do korzenienia się. Duże drzewa, którym obcięto 30-40% korzeni, zwykle tracą vitalność po około dwóch latach. Przy ocenie zagrożenia wywróceniem się drzewa uwzględnia się również pewne objawy pojawiające się w obrębie podłoża pod okapem drzewa, takie jak wyniesienia i koncentrycznie biegnące pęknięcia podłoża, które świadczą o osłabieniu strefy korzeniowej. Wśród wad obniżających odporność mechaniczną korzeni znajdują się korzenie spiralne.

- **Anomalia sylwetki drzewa**

Jednym z czynników wpływających na odporność drzew na wywrócenie jest ich masa. Wielu specjalistów w dziedzinie biomechaniki (m.in. Coder), badając wpływ wiatru na wywrócenie się drzewa, przedstawia rolę sylwetki drzewa w budowaniu jego odporności na działanie wiatru. Zależnie od wysokości drzewa, elastyczności gałęzi i konarów, zwartości sylwetki korony i od ulistnienia zmienia się jego odporność na wywrócenie. Współczynnik oporu korony drzew przyjmowany jest również przez Wessollego jako istotny czynnik wpływający na odporność drzew na działanie wiatru. Autor zaklasyfikował drzewa do trzech grup: stawiających najmniejszy opór dla wiatru (robinia akacyjowa, brzoza), stawiających duży opór (kasztanowiec) i drzew pozostałych. Coder wyróżnił aż 10 typów sylwetek drzew, porównując ich powierzchnię do cylindra. Pierwszych pięć sylwetek o rozłożystej koronie – od cylindrycznej, przez eliptyczną po paraboliczną – traktuje jako niekorzystne. Zbyt duża powierzchnia, przekraczająca połowę powierzchni cylindra, stanowi duży opór dla wiatru. Bezpieczniejsze są korony stożkowate o powierzchni w granicach 50-25% powierzchni cylindra. Najmniejszy opór stawiają korony o wklęsłym kształcie neiloidy (stożka z wklęsłymi ramionami). Coder wyraźnie uzależnia opór korony także od gęstości jej ulistnienia i

Drone Power Hakaton Plus

POZnań*

ugałębienia, nie tylko od wysokości drzewa. Za próg krytyczny przyjmuje obecność 30% masy korony. Gęstość ulistnienia poniżej tej wartości oznacza drzewo stabilne. Z tego powodu zrzucanie liści u drzew jest zjawiskiem korzystnym, zmniejsza opór dla obciążeń wywołanych wiatrem i śniegiem.

Inną cechą istotną dla statyki drzewa jest jego wysokość i współczynnik smukłości. Współczynnik smukłości strzały to iloraz wysokości drzewa (H) i jego pierśnicy (D), stanowiący miarę właściwości statycznych drzewa, determinujących stopień wrażliwości na niszczące działanie śniegu (okiść) i wiatru. Pożądane wielkości uzyskać można przez właściwe kształtowanie zagęszczenia drzew we wczesnych etapach cięć pielęgnacyjnych (czyszczenie późne, trzebieże wczesne). Współczynnik smukłości ma duże znaczenie i obniża zagrożenie wywołane przez obecność innych uszkodzeń, np. zgnilizny czy ubytków. Wolno stojące drzewa mają niższą wartość krytyczną stosunku H/D. Wartość 8 oznacza bardzo stabilne drzewo o pomnikowych rozmiarach. Wartość 20 – to wysoka stabilność. Wolno stojące drzewa są stabilne z reguły do wartości równej 25. Dla drzew miejskich niektórzy autorzy przyjmują za krytyczną smukłość powyżej 35. Badania Hoffmana, przeprowadzone na 3000 drzew z kilku kontynentów, wykazały, że graniczną wartość H/D, powyżej której drzewo łamie się lub wywraca, jest 50.

Istotną wadą sylwetki drzewa jest jego pochylenie w odniesieniu do całego drzewa lub jego pnia. Przyjęto, iż niebezpieczne jest wychylenie drzewa o 10°. Duże znaczenie ma przyczyna pochylenia¹³. Pochylenie naturalne, związane z dużą konkurencją sąsiedztwa, nie stanowi takiego zagrożenia. Tu dopuszcza się wychylenie drzewa od pionu nawet do 45°.

Inną cechą ważną dla drzew rosnących samotnie jest kształt pnia. Wysoka zbieżystość strzały pnia, z charakterystycznym zgrubieniem w strefie odziomka, to pożądana forma jego budowy. Drzewa rosnące w zagęszczeniu mogą mieć pełny (gonny) pień.

Sylwetka drzewa ma znosić obciążenia nie tylko wiatrem, ale również śniegiem. Okiść może 30-krotnie podwyższyć ciężar gałęzi. Konary drzew, by znosić obciążenie śniegiem, powinny być prawidłowo odchyłone (nie więcej niż 40°) i rozmieszczone (w odstępach minimum 15-20 cm). Niekorzystne odchylenie konaru znajduje się w przedziale od 40 do 90°. Złamaniem mogą grozić również grube, horyzontalnie rosnące konary. Za grube uznaje się konary lub gałęzie osiagające średnicę grubszą niż 40-50% średnicy pnia w miejscu wyrastania konaru czy gałęzi. Ponadto przy ocenie stabilności sylwetki drzewa bierze się pod uwagę wszelkie nienaturalne krzywizny pnia i konarów (zwłaszcza w połączeniu z pęknięciem, rozległą raną lub ubytkiem), deformacje wynikłe z uszkodzenia lub usunięcia wierzchołka drzewa (również w połączeniu z innymi wadami) czy skrótny rozwój włókien drzewnych pnia i konarów.

W metodach oceny statyki istotne znaczenie ma sama wysokość drzewa i środek ciężkości korony. Wysoko osadzona korona, drzewa o wysokości pow. 15-20m są bardziej narażane na wiatr od drzew niskich (poniżej 8-10 m wysokości) i z pędami zwieszonymi do ziemi.

Podsumowanie

Na statykę drzew składa się wiele czynników. Różne symptomy świadczą o potencjalnym ryzyku złamania się lub wywrócenia drzewa. Jednak nie każda wada w takim samym stopniu osłabia wytrzymałość mechaniczną drzewa. Do cech/wad groźnych, których obecność już nawet w



Drone Power Hakaton Plus

POZnań*

niewielkim natężeniu może spowodować złamanie drzewa, zaliczyć można martwe drewno (nawet pojedynczych gałęzi) czy obecność owocników grzybów (np. ganodermy). Inne cechy (np. rany) muszą wystąpić w dużym natężeniu lub w połączeniu z innymi groźnymi wadami, by stanowiły istotny problem dla stabilności drzewa. Dopiero kompleksowa ocena w oparciu o przyjęty obiektywny system pozwoli na postawienie rzetelnej diagnozy o stanie drzewa. W krajach Unii Europejskiej i w Ameryce funkcjonuje wiele metod oceny statyki i identyfikacji drzew zagrażających bezpieczeństwu. W naszym kraju nie obowiązuje żadna metoda. Arboryści opracowują własne systemy oceny – jednym z nich jest WID – metoda powstała w 2006 r. Inni korzystają z funkcjonujących metod europejskich (SIA – metoda Wessollego). Ocena drzew przyulicznych powinna być przeprowadzana rutynowo. Rzetelnie prowadzony monitoring nie tylko poprawiłby bezpieczeństwo ruchu drogowego, ale również ochronił wiele drzew przed pochopnym usunięciem.

dr hab. inż. **Edyta Rosłon-Szeryńska**, Katedra Architektury Krajobrazu, SGGW, Warszawa

Źródła

1. Edyta Rosłon-Szeryńska, 2006. Opracowanie metody oceny drzew zagrażających bezpieczeństwu, praca doktorska, maszynopis, SGGW w Warszawie
2. Worobiec K.: *Nieprawidłowości związane z usuwaniem drzew przydrożnych. NIK kontroluje wycinki. Aleje przydrożne*. Wyd. Borussia. Kadzidłowo-Olsztyn 2009.
3. Mattheck C., Hötzel H.J.: *Baumkontrolle mit VTA*. Rombach Verlag, Freiburg 1997.
4. Rosłon-Szeryńska E.: *Opracowanie metody oceny zagrożenia powodowanego przez drzewa o osłabionej statyce*. Rozprawa doktorska. SGGW. Warszawa 2006.
5. Harris R.W., Clark J.R., Matheny N.P.: *Tree Hazard Management. Arboriculture*. Prentice Hall. New Jersey 1999.
6. Eiber T.: *Forest Insects and Disease* 1998. <http://www.dnr.state.mn.us/fild/june98/06309816.html>.
7. Johnson G.R.: *Protecting Trees from Construction Damage. A Homeowner's Guide*. University of Minnesota Extension Service
8. Szczepanowska H.B.: *Drzewa w mieście*. Wyd. Hortpress. Warszawa 2001.
9. Sierota Z.: *Zdrowotność a żywotność – próba definicji*. „Sylwan” 2/1995.
10. Read, H.J.: *Veteran Trees. A guide to good management*. Veteran Trees Initiative. English Nature, Peterborough 2000. <http://www.english-nature.org.uk/pubs/handbooks/upland.asp?id=6>.
11. Sinn T.: *Biostatistische Baumkontrolle fachgerecht, schnell und sicher*. T. 1. *Pilze und ihre Bedeutung für die Baumstatik*. „Stadt und Grün“ 7/2000: **oraz**.. Sinn T.: *Biostatistische Baumkontrolle fachgerecht, schnell und sicher*. T. 2. *Hinweisende Symptome*. „Stadt und Grün“ 7/2000
12. Wagener W.W.: *Judging Hazards from Native Trees in California Recreational Areas: A Guide for Professional Foresters*. USFS Research Paper PSW-P1. 1963.
13. Stebnicka E.: *Wady drewna*. PWRiL. Warszawa 1951.
14. Siewniak M., Kusche D.: *Baumpfleger heute*. Platzer Verlag. Berlin-Hannover 1996.



Drone Power Hakaton Plus

POZnań*

15. Kubiak M., Laurow Z.: *Surowiec drzewny*. Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa. 1994.
16. Reinartz H., Schlag M.: *Visuelle Baumkontrolle*. 2005. <http://sag.baumwert.de/artikel/1115715933126.pdf>.
17. Kane B., Ryan D.: *Tree roots and hazard tree evaluation*. "Tree Care Industry" 8(12)/2002.
18. Johnson D.W.: *Tree hazards, recognition and reduction in recreation sites*. Technical Report R2-1. USDA Forest Service, Forest Pest Management Denver. 1981
http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/hazardtrees/treehazards/thazards_toc.htm.
19. Coder K.D.: *Tree Biomechanics Series*. University of Georgia. School of Forest Resources. Extension Publications FOR 00-13 to 32, 2000.
<http://www.forestry.uga.edu/warnell/service/library/index.php3>.
20. Wessolly L.: *Metody bezinwazyjnego określania statyki drzew. Sztuka ogrodów w krajobrazie miasta*. Konferencja Naukowa VI Targi Zieleni Miejskiej. 20-22.06.1997.
21. Smiley E.T., Fraedrich B.R.: *Hazardous Tree Evaluation and Management*. Bartlett Tree Research Laboratories. Charlotte, NC. S. 36. 1993.
22. Albers J., Pokorny J., Johnson G.R., How to Detect and Assess Hazardous Defects in Trees. (w:) *Urban Tree Risk Management*. USDA Forest Service Northeastern Area: 41-107. 2003.
23. ROSŁON-SZERYŃSKA E., GAWŁOWSKA A. 2018. Principles of tree risk management plan in Poland. *Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW. Horticulture and Landscape Architecture*, No38: 95-104
24. ROSŁON-SZERYŃSKA E. 2009. Using logic diagrams to determine a method for evaluation of probability of tree fall or break. *Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW. Horticulture and Landscape Architecture* 2009, nr 30, s. 173-181
25. ROSŁON-SZERYŃSKA E., KOSMAŁA M., 2007. Shape Analysis for Broken and Fallen Trees. *Annals of Warsaw Agricult. Univ. - SGGW, Horticult. Land. Architect.* No 28 : 211-219
26. ROSŁON-SZERYŃSKA E., 2004. Species resistance and tree stability. *Annals of Warsaw Agricultural University-SGGW, Horticult. Land. Architect.* No 25: 253-264
27. KOSMAŁA M., ROSŁON-SZERYŃSKA E. 2003. The analysis of visual methods of low stability tree hazard assessment. *Annals of Warsaw Agricultural University-SGGW, Horticult. Land. Architect.* No 24: 117-125
28. ROSŁON-SZERYŃSKA E., 2012. Ocena zagrożenia bezpieczeństwa ludzi i mienia powodowanego przez drzewa o osłabionej statyce. *Uprawa i Ochrona drzew. Czasopismo Międzynarodowego Towarzystwa Uprawy i Ochrony Drzew, Kluczbork, Zeszyt nr 27, ss:89*
29. ROSŁON-SZERYŃSKA E., 2012. Ocena zagrożenia bezpieczeństwa ludzi i mienia powodowanego przez drzewa o osłabionej statyce. *Uprawa i Ochrona drzew. Czasopismo Międzynarodowego Towarzystwa Uprawy i Ochrony Drzew, Kluczbork, Zeszyt nr 27, ss:89*
30. Kimbar R., Rosłon-Szeryńska E. 2017. Słowniczek terminów drzewnych : zgnilizna w 30 odsłonach. *Drwal*, nr 9: 68-70.



Drone Power Hakaton Plus

POZnań*

31. Kimbar R., Rosłon-Szeryńska E. 2017. Słowniczek terminów drzewnych : garbniki / . Drwal, nr 6: 74-75.
32. Rosłon-Szeryńska E, Gawłowska A. 2017. Eksperymentalne ogrody szkolne dla dzieci / Przegląd Komunalny, nr 9: 63-66.
33. Rosłon-Szeryńska E. 2017 Uszkodzenia i wady drzew na terenach zurbanizowanych – przyczyny powstania i wskazania do diagnozy. Część 2, Drogi Gminne i Powiatowe, wrzesień-październik: 55-62.
34. Rosłon-Szeryńska E. 2017. Rozkład drewna powodowany przez grzyby – wskazania do diagnozy drzew, Drogi Gminne i Powiatowe, listopad-grudzień: 54-62.
35. Rosłon-Szeryńska E. 2017. Uszkodzenia drzew na terenach zurbanizowanych – wskazania do diagnozy, Drogi Gminne i Powiatowe, lipiec-sierpień: 54-61.
36. Rosłon-Szeryńska E., Kimbar R. 2016. Rynna, pierścień i wargi. Drwal 12: 70-71.
37. Rosłon-Szeryńska E., Kimbar R. 2016. Słowniczek terminów drzewnych: Rozkład drewna przez grzyby. Drwal 9/2016, s:64-66.
38. Rosłon-Szeryńska E., Kimbar R. 2016. Portki na drzewie Drwal 7: 70-71.
39. Rosłon-Szeryńska E., Kimbar R. 2016. Dziupła. Drwal 5: 68-69.
40. Rosłon-Szeryńska E., Kimbar R. 2016. Słowniczek terminów drzewnych: Rak. Drwal 4: 65-67.
41. Rosłon-Szeryńska E., Kimbar R. 2016. Słowniczek terminów drzewnych: Uszkodzenia piorunowe Drwal 3: 70-71.
42. Rosłon-Szeryńska E., Kimbar R. 2016. Rynna, pierścień i wargi. Drwal 12: 70-71.
43. Rosłon-Szeryńska E., Kimbar R. 2016. Słowniczek terminów drzewnych: Rozkład drewna przez grzyby. Drwal 9/2016, s:64-66.
44. Rosłon-Szeryńska E., Kimbar R. 2016. Portki na drzewie Drwal 7: 70-71.
45. Rosłon-Szeryńska E., Kimbar R. 2016. Dziupła. Drwal 5: 68-69.
46. Rosłon-Szeryńska E., Kimbar R. 2016. Słowniczek terminów drzewnych: Rak. Drwal 4: 65-67.
47. Rosłon-Szeryńska E., Kimbar R. 2016. Słowniczek terminów drzewnych: Uszkodzenia piorunowe Drwal 3: 70-71.
48. Rosłon-Szeryńska E. 2014. Problem wykrotów i wiatrołomów w Polsce. Przegląd Komunalny nr 1: .67-71.
49. Rosłon-Szeryńska E. 2014. Problem wiatrołomów i wykrotów w Polsce cz. II, Przegląd Komunalny nr 2: 65-67.

Drone Power Hakaton Plus

POZnań*

50. Rosłon-Szeryńska E., Kimbar R. 2014. Wady drewna a cechy drzew miejskich. Przegląd Komunalny, nr 5: 54-56
51. Rosłon-Szeryńska E., Kimbar R. 2014. Wady drewna a cechy drzew miejskich. Przegląd Komunalny, nr 5: 54-56
52. Rosłon-Szeryńska E., Kimbar R. 2014. Wady drewna a cechy drzew miejskich. Przegląd Komunalny, nr 5: 54-56

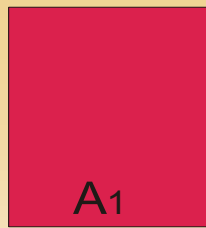
Uszkodzenia drzewa wg Eibera (tabela opracowana dla potrzeb zarządzania ryzykiem wypadków wywołanych przez drzewa w stanie Minnesota)

Klasa uszkodzeń	Siła wiatru [m/s]	Uszkodzenia drzew
1	20-29	Uszkodzenia drobnych gałęzi (najczęściej drzew iglastych); złamania drobnych gałęzi klonów srebrzystych w rozwidleniach z zakorkiem; możliwe złamanie u drzew z poważną wadą lub kilkoma wadami
2	29-33	Duże ryzyko złamania pni drzew z kilkoma wadami; złamania gałęzi z rozkładem i zakorkiem; 50-procentowe ryzyko złamań drzew z poważnymi pęknięciami zależnie od ekspozycji; przedłużanie i poszerzanie dotychczasowych pęknięć średnich rozmiarów u drzew samotnych; łamanie średnich gałęzi w rozwidleniach z zakorkiem klonów srebrzystych; losowe jesiony i świerki mogą się wyrwać przy średniej ekspozycji wiatrowej (otwarcie od strony najczęściej wiejących wiatrów); drzewa liściaste tracą gałęzie średnich i grubych rozmiarów
3	33-42	Wysokie ryzyko złamania drzew z pojedynczymi wadami pnia, zwłaszcza w strefach o dużym obciążeniu mechanicznym; złomy gałęzi ze średnich rozmiarów rozkładem w miejscach słabych rozwidleń z zakorkiem; złamania pozostałych drzew z pęknięciami średnich rozmiarów; częste wykroty jesionów i świerków (szczególnie rosnących na trawnikach)
4	42-51	Najwięcej złomów u drzew z ważnymi wadami; liczne złomy drzew z wadami średniej kategorii
5	> 50	Bardzo częste złomy samotnych drzew z wadami; drzewa z wadami rzadko zostają nieuszkodzone

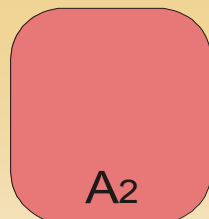
Ryc. 1. Powierzchnia oporu koron drzew. Współczynniki oporu określone dla różnych sylwetek w nawiązaniu do kształtu cylindra (A_1). Optywowe kształty mają korony A_6 - A_{10} . (przy współczynniku oporu w zakresie 0,5-0,125). Opracowanie własne na podstawie K. Codera (2000).

Drone Power Hakaton Plus

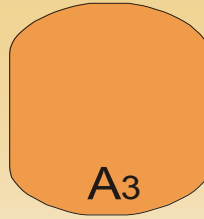
POZnań*



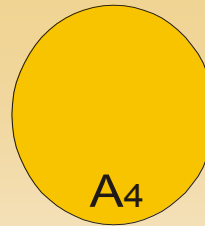
A1
1.00



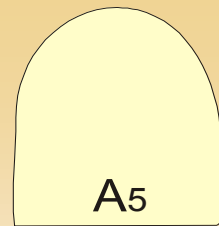
A2
0,875



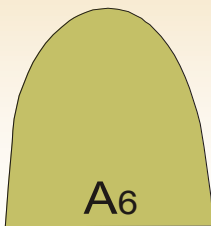
A3
0,75



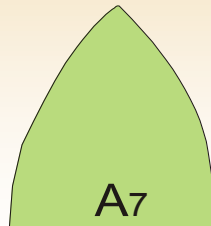
A4
0,667



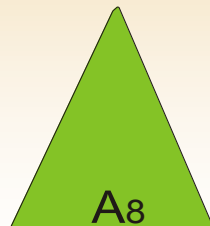
A5
0,625



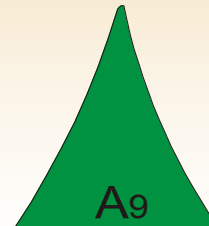
A6
0.5



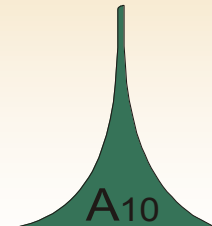
A7
0,375



A8
0,333



A9
0,25



A10
0,125