

Opracowanie wg stanu na 1 października 2011r. pt.:

**„Przeprowadzenie badań zanieczyszczenia metalami
ciężkimi gleb terenów zieleni przylegających do
ciągów komunikacyjnych i ocena stopnia zasolenia
wraz z oznaczeniem poziomu pH gleby”**

**Zamawiający: Gmina Miejska z siedzibą w Krakowie – Urząd Miasta Krakowa
Plac Wszystkich Świętych 3-4**

**Wykonawca: prof. dr hab. Anna Bach
Uniwersytet Rolniczy im Hugona Kołłątaja w Krakowie**

Kraków, 2011r.

Spis treści

1. Wstęp.....	3
2. Materiał i metody.....	4
<u>Badania terenowe</u>	
2.1. Ocena stanu drzew i pobierania próbek gleby do badań.....	4
2.2. Dokumentacja fotograficzna badanych drzew.....	6
2.3. Opis sytuacji meteorologicznej w Krakowie w okresie wegetacji 2011 roku.....	6
<u>Badania laboratoryjne</u>	
2.4. Zasolenie, pH, zawartość makro- i mikroelementów (wapń, magnez, potas, fosfor, siarka, sód, bor, miedź, żelazo, mangan, molibden, cynk), zanieczyszczenie gleby metalami ciężkimi (kadm, cynk, miedź, nikiel, ołów, chrom).....	7
3. Zestawienie wyników badań.....	8
3.1. Wyniki badań w formie opisowej.....	8
3.1.1. Drzewa.....	8
3.1.2. Gleba.....	13
3.2. Wyniki badań w formie tabelarycznej.....	39
3.2.1. Zestawienie tabelaryczne wyników obserwacji wizualnych drzew wg lokalizacji.....	39
3.2.2. Zestawienie tabelaryczne wyników analizy laboratoryjnej gleby wg lokalizacji.....	83
4. Podsumowanie wyników i opracowanie wniosków oraz zaleceń pielęgnacyjnych, ochronnych i zasad nawożenia gleby.....	88
5. Tabelaryczne porównanie wyników obserwacji z 2011 roku z wynikami z lat 2005-6.....	90
6. Bibliografia.....	95

1. Wstęp

Roślinność w miastach poprawia jakość życia ich mieszkańców. Korzyści wynikają nie tylko z aktywnego kontaktu poprzez prace w ogrodach, ale przede wszystkim z pozytywnego oddziaływania roślin na samopoczucie człowieka (Błaszczuk i Kosmala 2008, Nowak i in. 2004). Drzewa oczyszczają także powietrze poprzez wychwytywanie cząsteczek pyłów, wśród nich znacznej ilości metali ciężkich (Gawroński 2009).

Pożądanym jest, aby wygląd drzew i krzewów rosnących na terenach miejskich był jak najkorzystniejszy. Głównymi problemami dla roślin egzystujących w środowisku miejskim jest jego kseryzacja (susza) i toksyzacja. Do podstawowych czynników wywierających szkodliwy wpływ na roślinność w miastach zalicza się zniszczenie naturalnej gleby i rodzimej roślinności, zasolenie gleby oraz inne czynniki, np. stałe, mechaniczne oddziaływanie na rośliny (Szczepanowska 2001, Wysocki 2008).

Gleby ulegają zanieczyszczeniu pierwiastkami chemicznymi wskutek opadania pyłów atmosferycznych, spływu ścieków, wodnej migracji pierwiastków ze zwałowisk odpadów stałych, zapyłania z rozwiewanych hałd lub osadników ściekowych oraz w wyniku stosowania nawozów mineralnych i wapniowych. Szczególny przypadek stanowią gleby miejskie silnie zdegradowane wskutek antropopresji. Wzdłuż ciągów komunikacyjnych gleby narażone są na zanieczyszczenie przewożonymi, łatwo pyłącymi materiałami, substancjami pochodzącymi ze spalania paliw, ścierania opon, nawierzchni dróg i przewodów trakcji elektrycznych oraz środkami chemicznymi stosowanymi w okresie zimy do likwidowania gołoledzi. Do ważnych elementów powodujących degradację gleb i zamieranie drzew oraz krzewów w miastach należą także pogarszająca się struktura i porowatość gleb oraz naruszenie równowagi chemicznej (Breś 2008). Poprzez degradację rozumie się pogorszenie właściwości chemicznych, fizycznych i biologicznych oraz spadek aktywności biologicznej gleb. Powoduje ona zmniejszenie ilości oraz jakości biomasy roślin.

Kraków jest miastem o największej skali zagrożenia emisją zanieczyszczeń powietrza przemysłowych, komunikacyjnych i sektora bytowego. Skażenie jest dodatkowo potęgowane przez niekorzystne warunki klimatyczne (słabe wiatry, cisze wiatrowe, inwersje temperatury) oraz lokalne warunki rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń (wyżynno-górskie ukształtowanie terenu). Emitowane zanieczyszczenia dostają się do gleby wraz z opadem mokrym i suchą depozycją.

W związku z masowym zamieraniem drzew w centrum Krakowa, obserwowanym i monitorowanym wcześniej w latach 2004-2010, w bieżącym roku wykonano obserwacje nad wpływem czynników abiotycznych (pH, stężenie soli, metale ciężkie) na stan zieleni miejskiej przylegającej do wybranych ciągów komunikacyjnych.

2. Materiał i metody

Badania terenowe

2.1. Ocena stanu drzew i pobieranie próbek gleby do badań

W celu określenia stopnia zawartości soli i pH gleby, zawartości makro- i mikroelementów oraz pierwiastków śladowych (w tym metali ciężkich) oraz oceny stanu drzew przy głównych szlakach komunikacyjnych centrum Krakowa wybrano 35 stanowisk pomiarowych – ulic, o największym ruchu samochodowym oraz 1 stanowisko kontrolne zlokalizowane w Parku Jordana. Wykaz stanowisk pomiarowych zamieszczono poniżej.

Zieleńce Miasta Krakowa:

1. Plac Biskupi
2. Plac Axentowicza
3. Plac Słowiański
4. Plac Centralny

Ciągi komunikacyjne ulic:

5. Ul. Kościuszki
6. Ul. 3 Maja
7. Ul. Czarnowiejska
8. Ul. Kazimierza Wielkiego
9. Ul. Nawojki
10. Al. Juliusza Słowackiego
11. Ul. Królewska
12. Plac Matejki
13. Ul. Daszyńskiego
14. Ul. Dietla
15. Ul. Westerplatte (od strony Plant)
16. Al. Andersa
17. Ul. Basztowa (od strony Plant)
18. Ul. Basztowa (przy Małopolskim Urzędzie Wojewódzkim)
19. Al. Beliny - Prażmowskiego
20. Ul. Łopackiego (na odcinku od Ronda Hipokratesa do Szpitala Rydygiera gdzie rosną młode lipy)
21. Ul. Okulickiego (od strony os. Kalinowego)
22. Al. Pokoju

23. Ul. Opolska - w miejscu wzrostu pnączy
24. Ul. Św. Marka (skrzyżowanie z ul. Reformacką) – skwer
25. Ul. Struga
26. Ul. Księcia Józefa (w rejonie nowo wybudowanej ulicy)
27. Ul. Brodowicza
28. Ul. Wielicka (w pobliżu Paru Jerzmanowskiego)
29. Ul. Mazowiecka
30. Ul. Senatorska
31. Ul. Wrocławska
32. Ul. Jugowicka
33. Al. Dygasińskiego

Ronda:

34. Rondo Mogiłskie
35. Rondo Grzegórzeckie

Stanowisko kontrolne:

36. Park Jordana

Na każdym stanowisku pomiarowym przebadano po jednym obiekcie, wyznaczając jego współrzędne za pomocą systemu GPS, którym było charakterystyczne drzewo dla danego szlaku komunikacyjnego, rosnące w pasach drogowych i pobrano próbki gleby, z terenu bezpośrednio przylegającego do badanego drzewa.

Drzewa

Określano rodzaj i gatunek drzew, obwód pnia na wysokości 130 cm (pierśnica), stan kory, pędów, liści, owoców, stopień występowania suszu (w % korony), obecność ewentualnych uszkodzeń mechanicznych. Ogółem oceniono 40 wybranych okazów drzew dwukrotnie, w terminie wiosenno-letnim (czerwiec) i jesiennym (wrzesień), wykazujących objawy typowych dla danego ciągu komunikacyjnego uszkodzeń, najczęściej w postaci posuszu konarów, przedwczesnego opadania liści, nekrotycznego zbrunatnienia blaszek liściowych i zamierania pędów.

Gleba

Próbki gleby (po 3-4 z każdego stanowiska pomiarowego) pobrano jednorazowo, w czerwcu 2011 r., z 35 stanowisk zlokalizowanych na pasach zieleni, przy ruchliwych ciągach komunikacyjnych i placach miasta Krakowa i Nowej Huty. Pobrano także próbkę gleby z Parku Jordana traktując to stanowisko, jako obiekt kontrolny w przeprowadzonych badaniach. Próbki pobierano łaską Egnera z warstwy próchnicznej, z głębokości od 0-20 cm.

2.2. Dokumentacja fotograficzna badanych drzew

Dla każdego z obiektów wykonano dokumentację fotograficzną obejmującą co najmniej dwa ujęcia: widok całego drzewa i szczegółowy fragment liści. Zdjęcia umieszczono w podrozdziale 3.2.1., to jest w zestawieniu tabelarycznym, ilustrującym wyniki obserwacji wizualnych drzew według lokalizacji.

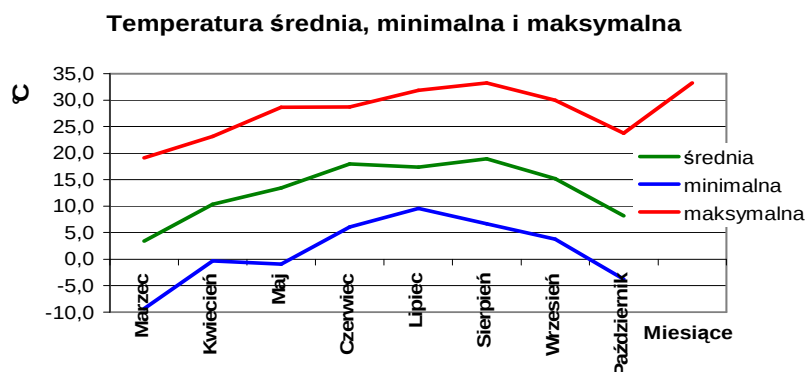
Ponadto sporządzono obszerny zbiór fotografii, łącznie 119 sztuk, ilustrujących badane obiekty na każdym z 36 stanowisk pomiarowych w okresie wegetacji, w dwu terminach: wiosna/lato oraz jesień. Ten zestaw umieszczono w sprawozdaniu z badań w postaci zapisu elektronicznego, w programie Power Point.

2.3. Opis sytuacji meteorologicznej w Krakowie w okresie wegetacji 2011 roku

Poniżej zamieszczono opis sytuacji meteorologicznej w okresie wegetacji w Krakowie, w 2011r., wykonanej na podstawie pomiarów w stacji meteorologicznej Katedry Ekologii, Klimatologii i Ochrony Powietrza Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, w Garlicy Murowanej. Analiza obejmuje osiem miesięcy 2011 roku - od marca do października.

Średnia rzeczywista temperatura (z pomiarów godzinnych w każdej dobie) w tym okresie wynosiła 13,1°C. Najniższa średnia temperatura, 3,4°C, wystąpiła w marcu, a najwyższa średnia, 19,0 °C, w sierpniu. Temperaturę minimalną zanotowano w marcu (8 marca) i wynosiła -9,3°C.

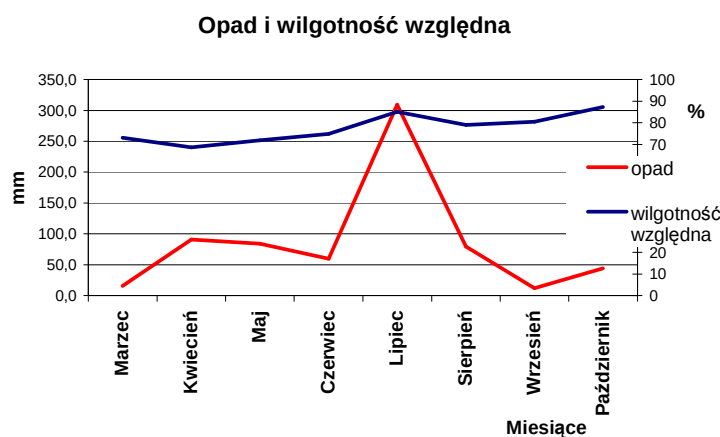
Temperatura maksymalna wystąpiła w sierpniu (27 sierpnia) i wynosiła 33,3°C.



Przebieg temperatury powietrza w Krakowie, w okresie wegetacji
roślin w 2011 r.

Średnia wilgotność względna powietrza za dany okres wyniosła 78% i wahała się od 69% w kwietniu do 87% w październiku.

Suma opadów w badanym okresie wyniosła 694,3 mm. Najniższy opad, 11,6 mm, zanotowano we wrześniu, a najwyższy, 309,1 mm, w lipcu. Również niewielki opad, 15,4 mm, wystąpił w marcu.



Ilość opadów i wilgotność względna powietrza w Krakowie, w okresie wegetacji roślin w 2011 r.

Badania laboratoryjne

2.4. Zasolenie, pH, zawartość makro- i mikroelementów (wapń, magnez, potas, fosfor, siarka, sód, bor, miedź, żelazo, mangan, molibden, cynk), zanieczyszczenie gleby metalami ciężkimi (kadm, cynk, miedź, nikiel, ołów, chrom)

W pobranych próbkach glebowych o naturalnej wilgotności oznaczono: odczyn (pH) i stężenie soli (EC) w zawiesinie wodnej przy stosunku gleby do wody 1:2 oraz rozpuszczalne formy składników pokarmowych: wapnia (Ca), magnezu (Mg), potasu (K), fosforu (P), siarki (S) oraz sodu (Na) w wyciągu 0,03 mol dm⁻³ CH₃COOH według metody uniwersalnej (Nowosielski 1988).

Pomiar zasolenia w mS.cm⁻¹ (EC) wykonano przy użyciu mikrokomputerowego konduktometru CC-311 (ELMETRON) i elektrody Eurosens EPS-2ZE, natomiast pomiar

pH przeprowadzono przy użyciu pehametru mikrokomputerowego CI-316 i elektrody Eurosensor ESAP-301 W.

Ponadto w glebach wysuszonych i przetartych przez sito o średnicy 1 mm oznaczono mikroelementy: bor (B), miedź (Cu), żelazo (Fe), mangan (Mn), molibden (Mo), cynk (Zn) oraz pierwiastki śladowe: arsen (As), kadm (Cd), chrom (Cr), nikiel (Ni) i ołów (Pb) według metody Rinkisa w 1 mol dm⁻³ HCl (Ostrowska i in. 1991). Względnie "agresywny" ekstraktor w metodzie Rinkisa przeprowadza do roztworu rozpuszczalne, wymienne i słabo adsorbowane przez glebę formy metali (więcej niż przyswajalne dla roślin formy składnika). W Polsce poleca się tą procedurę, jako pierwszy poziom skanowania skażenia gleby metalami ciężkimi (Korzeniowska i Stanisławska-Głubiak 2008).

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie stosując statystyki podstawowe w module Anova programu Statistica 9,0.

3. Zestawienie wyników badań

3.1. Wyniki badań w formie opisowej

3.1.1. Drzewa

W okresie od czerwca do września 2011r. objęto obserwacjami makroskopowymi 40 wybranych okazów roślin (łącznie 11 taksonów), w tym 39 szt. drzew (należących do 10 taksonów) i jedno pnącze, na 36 stanowiskach pomiarowych, zlokalizowanych przy szlakach komunikacyjnych Krakowa. Były to: lipa drobnolistna, lipa szerokolistna, lipa drobnolistna 'Greenspire' lipa holenderska, lipa srebrzysta 'Varsaviensis', dąb szypułkowy 'Fastigiata', jesion wyniosły, klon jawor, klon pospolity, klon jesionolistny oraz 1 pnącze (winobluszcz pięciolistkowy). Do obserwacji wybrano okazy roślin, które reprezentowały typowe cechy morfologiczne dotyczące pokroju konarów, liści, pędów oraz uszkodzeń organów dla drzew rosnących w danym rodzaju ciągu komunikacyjnego.

Udział procentowy poszczególnych taksonów wynosił odpowiednio: lipa drobnolistna (9 okazów), lipa drobnolistna 'Greenspire' (2 okazy), lipa szerokolistna (1 okaz), lipa holenderska (5 okazów), lipa srebrzysta 'Varsaviensis' (1 okaz), dąb szypułkowy 'Fastigiata'

(1 okaz), jesion wyniosły (4 okazy), klon jawor (3 okazy), klon pospolity (12 okazów), klon jesionolistny (1 okaz) oraz 1 pnącze: winobluszcz pięciolistkowy.

W wyniku przeprowadzenia obserwacji wizualnych stanu roślin drzewiastych, których szczegółowe wyniki zamieszczono w rozdziale 3.2.1. „Zestawienie tabelaryczne – drzewa” i w postaci dokumentacji fotograficznej, a wyniki zbiorcze poniżej, stwierdzono występowanie u większości badanych drzew (niezależnie od gatunku) podobnych objawów uszkodzeń w postaci posuszu młodych pędów. Ta cecha słabiej występowała u lip, natomiast była szczególnie nasilona u klonów i jesionów. Notowano ją w obu terminach obserwacji, to jest na przełomie czerwca i lipca oraz jesienią 2011 r., przy czym ilość zaschniętych pędów w koronach drzew obserwowana jesienią zazwyczaj podwajała się w porównaniu do obserwacji wiosennych.

Zamieranie pędów występowało zwłaszcza w środkowej i wierzchołkowej części koron drzew, w obrębie najmłodszych pędów. Wiosenno/letnie obserwacje, wykonywane w czerwcu, wykazały występowanie posuszu u drzew w stosunkowo niewielkim zakresie ilościowym, średnio na poziomie u 5-10% pędów. Natomiast w okresie jesiennym susz nasilał się intensywnie i obejmował już niejednokrotnie 60-90% konarów i gałęzi, dając charakterystyczny symptom korony drzewa „z rogami”.

Ponadto, w czasie wykonywania obserwacji w drugim terminie „jesiennym”, na przełomie sierpnia i września 2011 r., zaobserwowano, że na niektórych uszkodzonych drzewach klonów pozostawało niewiele z liści spośród tych, które rozwinęły się na wiosnę 2011 r. Większość z nich, mocno uszkodzonych opadła lub została częściowo zastąpiona młodymi liśćmi, o niewielkiej powierzchni blaszki, barwy jasnozielonej, które w miarę wzrostu i rozwoju natychmiast wykazywały objawy uszkodzenia nekrozą. W okresie jesiennym nekrotyczne, brzeżne zbrunatnienie blaszek liściowych, obejmowało od 10 do 80% powierzchni blaszki. Symptomów takich nie notowano na drzewach rosnących na stanowisku kontrolnym. Kontrolne drzewa (lipy i klony), rosnące w Parku Jordana, z dala od ciągów komunikacyjnych, charakteryzowały się zdrowymi pędami i korą, bez uszkodzeń, ich liście były zielone i nieuszkodzone. Podobnie lipy rosnące na terenie zieleńców (Plac Biskupi, Axentowicza, Centralny i Słowiański) wykazywały niewielki stopień posuszu, zwykle 5-10% wiosną i 10-20% jesienią.

Omawiając szczegółowo stan różnych gatunków stwierdzono, że większość badanych klonów pospolitych (*Acer platanoides*) rosnących przy szlakach komunikacyjnych wykazywała jesienią objawy nekrozy na około 80% liści, i zamieranie 60-90% pędów. W górnej części korony często stwierdzano brak, przedwcześnie opadłych liści.

Klony jawory (*Acer pseudoplatanus*) charakteryzowały się nekrozą brzeżną, zaawansowaną w różnym stopniu. Widoczne były nowe, młode liście, które rozwijały się na nielicznych gałęziach, wykazując pierwsze objawy nekrozy. Jesienią susz był obserwowany w obrębie już 40-90% konarów i gałęzi.

Rosnące w pasie drogowym (ul. 3 Maja) jesiony wyniosłe (*Fraxinus excelsior*) wykazywały zamieranie około 70-90% konarów w koronie, a ich liście miały nekrotyczną obwódkę i zasychały od wierzchołka. W podobnym stopniu notowano występowanie uszkodzeń w nasadzeniach młodych jesionów, zlokalizowane w pobliżu ciągu komunikacyjnego ul. Księcia Józefa. W tym przypadku młode drzewa zostały prawdopodobnie uszkodzone (zalne wodą korzenie) w czasie wiosennej powodzi w 2010 r. Natomiast ten sam gatunek rosnący w lepszych warunkach glebowych, w pasach zieleni (ul. Westerplatte) charakteryzował się mniejszym stopniem uszkodzenia pędów i liści w porównaniu do drzew przy ul. 3 Maja. Ponadto jesiony posadzone przy ul. Księcia Józefa nie były objęte prawidłową pielęgnacją. Zaniedbania dotyczyły nadmiernego rozrastania się roślinności synantropijnej w miejscu nasadzeń, co spowodowało ograniczenie wzrostu i rozwoju badanych drzew.

Lipy: drobnolistna i srebrzysta (*Tilia cordata*, *T. tomentosa* 'Varsaviensis') charakteryzowały się mniejszym w porównaniu do klonów stopniem posuszu koron (5-10% wiosną i 10-20% jesienią), zwłaszcza gdy rosły na zieleńcach i na trawnikach (Rondo Mogiłskie, Rondo Grzegórzeckie). Natomiast lipy rosnące w pobliżu szlaków komunikacyjnych i przy chodnikach (ul. Nawojki, ul. Daszyńskiego) wykazywały wysoki procent zaschniętych konarów i obecność liści z wyraźną nekrozą brzeżną. Rosnące od strony skwerów, liście tych drzew wykazywały mniejszą nekrozę w porównaniu do liści wyrosłych na gałęziach lip usytuowanych od strony ulicy.

W czasie wiosenno-letnich obserwacji zauważono na liściach wszystkich gatunków lip bardzo obfite występowanie spadzi, a jesienią powierzchnia liści pokryta była ciemną warstwą grzybów sadzaków oraz pyłem przylegającym do spadzi. Poza tym liście wykazywały objawy żerowania przez różne owady: minowanie, gołożer.

Jedyną pnącza objętą badaniami tj. winobluszcz pięciolistkowy, badane wiosną i jesienią (ul. Opolska), nie wykazywało objawów uszkodzeń pędów i liści w obu terminach obserwacji.

Wyniki tegorocznych obserwacji są zbieżne z dotychczas obserwowanymi zmianami pokroju i uszkodzeniami organów drzew, które zanotowano w latach 2004-2009. Większość gatunków, z wyjątkiem pnącza wykazuje podobne uszkodzenia, najczęściej posusz młodych pędów i nekrozę brzeżną liści. Należy jednak podkreślić zarysowującą się różnicę odporności

na trudne warunki wzrostu zieleni miejskiej między klonami i lipami. Pierwszy wspomniany rodzaj masowo zamiera, natomiast lipy, zwłaszcza kiedy mają stworzone dobre warunki wzrostu i są właściwie pielęgnowane (nawadniane w okresie suszy) stosunkowo dobrze znoszą zanieczyszczenia miejskiego klimatu.

***Zbiornicze zestawienie wyników wizualnych obserwacji makroskopowych badanych drzew
przy szlakach komunikacyjnych:***

Zieleńce:

1. Plac Biskupi - lipa szerokolistna, posusz 5% wiosną i 5% jesienią
2. Plac Axentowicza – lipa drobnolistna, posusz 10 % wiosną i 10% jesienią
3. Plac Słowiański- lipa drobnolistna, posusz 10% wiosną, jesienią plamy nekrotyczne
4. Plac Centralny- lipa drobnolistna, posusz 5% wiosną i 15% jesienią, nekrozy jesienią

Ciągi komunikacyjne:

5. Ul. Kościuszki, lipa drobnolistna ‘Greenspire’ posusz 5% do 15% wiosną i 10% jesienią, spadz i minowanie liści
6. Ul. 3 Maja, jesion wyniosły, stopień posuszu zmienny u różnych okazów, od 10% do 70% wiosną i jesienią analogicznie od 20% pędów do okazów prawie całkowicie pozbawiony liści
7. Ul. Czarnowiejska, klon pospolity, posusz 20% wiosną do 35% jesienią, nekrozy liści
8. Ul. Kazimierza Wielkiego, klon pospolity posusz 25% wiosną i 35% jesienią, nekroza brzeżna intensywna jesienią
9. Ul. Nawojki, lipa holenderska, posusz 20% i spadz wiosną, 30% posuszu jesienią u młodych pędów, nekroza
10. Al. Juliusza Słowackiego, lipa holenderska, posusz 10% i spadz wiosną, 15% pędów posuszu jesienią, nekrozy liści
11. Ul. Królewska, klon pospolity, posusz 20% wiosną, 30% jesienią i nekroza liści
12. Plac Matejki, klon jawor, posusz 20% wiosną, 30% jesienią i nekroza liści
13. Ul. Daszyńskiego, lipa drobnolistna posusz 20% i spadz wiosną i 40% jesienią, chloroza i nekroza liści jesienią
14. Ul. Dietla, klon pospolity, posusz 30% wiosną i 60-90% jesienią, nekroza brzeżna jesienią
15. Ul. Westerplatte (od strony Plant), jesion wyniosły, posusz 35% pędów wiosną i 40% jesienią i nekrozy
16. Al. Generała Andersa, klon pospolity, posusz pędów 50-60% wiosną, jesienią ok. 90% pędów zamiera
17. Ul. Basztowa (od strony Plant), lipa gat. nieoznaczony, wiosna 5% pędów uschniętych i spadz, jesienią 15% posusz, minowanie, gołozę
18. Ul. Basztowa, klon pospolity, posusz wiosną i jesienią na podobnym poziomie 5-10% pędów, jesienią dodatkowo nekrozy brzeżne liści

19. Al. Beliny-Prażmowskiego, jesion wyniosły, posusz 5% młodych pędów wiosną, a jesienią większość pędów w górnej części korony zaschnięta, dąb szypułkowy 'Fastigiata' 60% posuszu, i jesienią plamy chlorotyczne, nekrozy liści
20. Ul. Łopackiego, lipa holenderska, wiosną posuszu brak, jesienią 70% pędów bez liści, gołóżer, nekrozy, spadź
21. Ul. Okulickiego klon jawor, 10% pędów posuszu wiosną, spadź, jesienią posusz 20%, b. dużo spadzi, nekrozy
22. Al. Pokoju, klon jawor, 'Atropurpurea' wiosną 10% posuszu, jesienią 20% posuszu, nekroza brzeżna liści
23. Ul. Opolska, winobluszcz pięciolistkowy, wiosną-zdrowe, jesienią-niewielkie nekrozy
24. Ul. Św. Marka, klon pospolity, wiosną 30 % posuszu pędów, podobnie jesienią, większość liści w tym okresie wykazuje objawy nekrozy brzeżnej
25. Ul. Struga, klon pospolity, przeciętnie 15% posuszu pędów, jesienią 25-30% pędów, i ponadto minowanie liści, drobne nekrozy
26. Ul. Księcia Józefa, jesion wyniosły, posusz 60% młodych pędów na wiosnę, jesienią ten stan się pogorszył, pojawiły się nekrozy
27. Ul. Brodowicza, klon pospolity, posusz wiosną u 20% pędów, a jesienią 60-80% pędów jest pozbawiona liści, na pozostałych liściach widoczne są nekrozy
28. Ul. Wielicka, klon jesionolistny, posusz u 5% pędów wiosną, nieliczne nekrozy, jesienią 10% uschniętych pędów, liczne nekrozy
29. Ul. Mazowiecka, klon pospolity, wiosną 10% posuszu a jesienią 15-20% posuszu i nekrozy liści
30. Ul. Senatorska, lipa drobnolistna, wiosną 5% posuszu, jesienią 10% pędów zasycha, nieliczne nekrozy
31. Ul. Wrocławska, klon pospolity, wiosną 10-20% posuszu pędów, odchodzi kora, jesienią oprócz posuszu widoczne nekrozy liści
32. Ul. Jugowicka, lipa holenderska, posusz pędów wiosną 10% i nieliczne nekrozy, a jesienią 30% pędów jest zaschnięta, na pozostałych pędach liście wykazują nekrozy
33. Al. Dygańskiego, lipa holenderska, wiosną dobry stan drzew, niewielka spadź na liściach, ślady gołóżeru, a jesienią 10% pędów wykazuje objawy posuszu, na liściach liczne nekrozy

Ronda:

34. Rondo Mogiłskie, lipa srebrzysta 'Varsaviensis', stan dobry, wiosną spadź na liściach, a jesienią 5% posuszu pędów
35. Rondo Grzegórzeckie, lipa drobnolistna, wiosną dobry stan i spadź na liściach jesienią 5% posuszu i niewielkie nekrozy

Stanowisko kontrolne:

36. Park Jordana, lipa drobnolistna, zdrowe liście wiosną, brak posuszu, jesienią niewielkie nekrozy, minowanie liści; k. pospolity zdrowe liście wiosną i jesienią, brak posuszu.

3.1.2. Gleba

Odczyn i zasolenie

Odczyn jest podstawowym wskaźnikiem żyzności gleby i powinien być utrzymywany w granicach właściwych dla uprawianych roślin i składu granulometrycznego gleby. Uregulowany odczyn zapewnia prawidłowy przebieg wszystkich procesów mikrobiologicznych i chemicznych w glebie decydujących o dostępności składników pokarmowych dla uprawianych roślin. Optymalny z punktu widzenia przyswajalności makroskładników pokarmowych jest odczyn słabo kwaśny do obojętnego, a dla mikroelementów, za wyjątkiem molibdenu kwaśny do słabo kwaśnego.

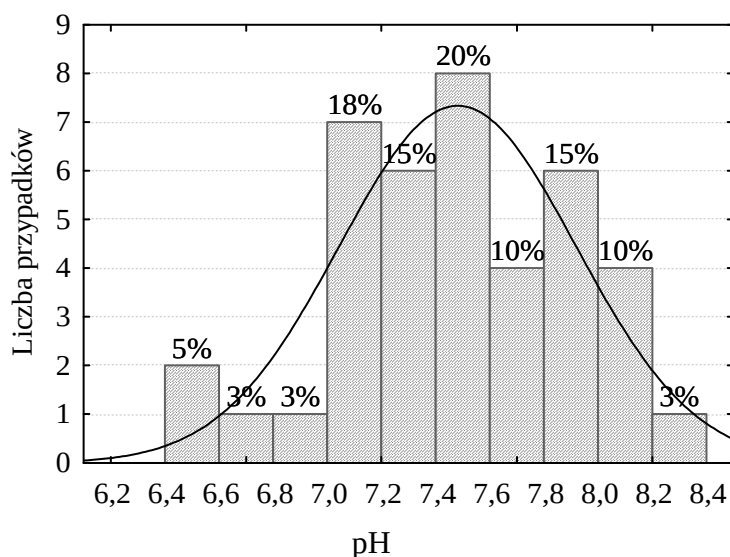
W przeprowadzonych badaniach odczyn gleb mierzony w zawiesinie wodnej wahał się w granicach pH 6,52 (stanowisko kontrolne park Jordana) – 8,21 (ul. Wrocławska – klon pospolity) (tab. 1). Dominował odczyn zasadowy (73% analizowanych gleb) i obojętny (21%) (wykres 1).

Słabo kwaśny odczyn posiadała jedynie gleba z Parku Jordana II i z Placu Axentowicza (lipa drobnolistna). Najwyższe wartości pH ($>8,0$) oznaczono w glebach pobranych z ulic: Kościuszki i Jugowickiej (lipy), Królewskiej, Brodowicza, Wrocławskiej (klony).

Stężenie soli (EC) mierzone konduktometrycznie w zawiesinie wodnej przy stosunku gleby do wody wynoszącym 1:2 mieściło się w zakresie $0,14 - 0,65 \text{ mS cm}^{-1}$ (tab. 1). Najwyższe wartości EC zmierzono w glebach pobranych przy ulicy Nawojki ($0,65 \text{ mS cm}^{-1}$) (lipa), Czarnowiejskiej ($0,52 \text{ mS}$) (klon pospolity) oraz Dietla ($0,46 \text{ mS}$) (klon pospolity). Ogólnie przyjmuje się, że zakres dopuszczalny stężenia soli w roztworze glebowym wynosi do 2 mS cm^{-1} . Podwyższone stężenie soli w glebie przy ulicy Nawojki było skorelowane z wysoką zawartością na tym stanowisku wapnia, magnezu, potasu i sodu.

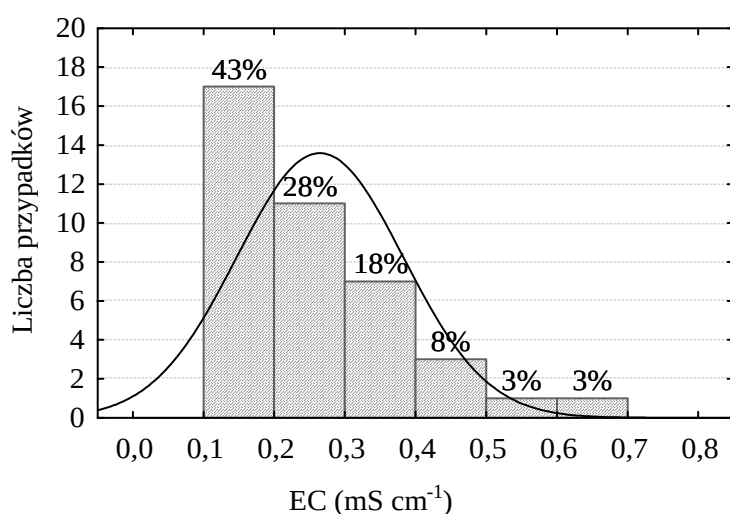
Tabela 1. Odczyn gleby (pH), stężenie soli (EC mS cm⁻¹) oraz zawartość rozpuszczalnych makroelementów (mg dm⁻³ gleby) oznaczona metodą uniwersalną w glebach pochodzących z terenów zieleni Krakowa i Nowej Huty

Nr	Oznaczenie	pH	EC	Ca	K	Mg	Na	P	S
1	Pl. Biskupi	7,15	0,25	4681	227,7	94,1	64,4	68,8	22,8
2	Pl. Axentowicza	6,54	0,24	2755	132,4	85,6	35,6	110,1	10,1
3	Pl. Słowiański	7,06	0,17	2670	242,4	123,6	40,8	497,7	14,9
4	Pl. Centralny	7,12	0,16	2115	135,8	176,0	46,0	98,8	8,6
5	Ul. Kościuszki	8,16	0,36	4899	88,1	111,9	493,2	16,1	23,0
5b	Ul. Kościuszki II	7,63	0,41	12834	206,1	319,7	961,0	45,6	56,2
6	Ul. 3-Maja	7,42	0,27	6217	124,6	149,0	146,9	14,5	20,7
6B	Ul. 3-Maja II	7,70	0,24	5521	126,6	216,1	94,6	10,3	21,7
7	Ul. Czarnowiejska	7,96	0,52	4236	240,4	143,4	294,3	88,0	46,6
8	Ul. K. Wielkiego	7,20	0,26	4854	133,3	80,7	91,9	43,2	15,4
9	Ul. Nawojki	7,41	0,65	14893	311,0	405,3	1082,8	14,0	121,8
10	Al. Słowackiego	7,25	0,32	3687	334,0	152,8	71,9	126,0	16,3
11	Ul. Królewska	8,07	0,17	5110	99,1	91,7	251,3	37,4	17,9
12	Pl. Matejki	7,04	0,32	5520	239,4	158,6	61,9	40,0	20,9
13	Ul. Daszyńskiego	7,60	0,23	5006	178,1	120,1	73,7	17,3	25,5
14	Ul. Dietla	7,18	0,46	5144	205,8	153,5	113,1	80,2	35,9
15	Ul. Westerplatte	6,96	0,42	5145	226,4	85,9	127,3	22,6	22,0
16	Ul. Andersa	7,88	0,19	3579	177,1	140,7	89,6	25,6	16,3
17	Ul. Basztowa	7,95	0,17	5408	104,1	109,3	233,8	10,5	17,5
18	Ul. Basztowa II	7,25	0,29	5162	133,2	108,0	79,4	18,2	15,1
19	Ul. Prażmowskiego	7,99	0,40	1870	164,7	172,0	366,2	111,7	28,6
19b	Ul. Prażmowskiego II	7,41	0,33	4820	102,5	282,1	732,3	69,2	18,2
20	Ul. Łopackiego	7,86	0,16	5616	130,7	160,6	28,7	2,0	42,8
21	Ul. Okulickiego	7,02	0,16	929	108,7	101,3	34,5	45,6	6,8
22	Al. Pokoju	7,41	0,19	2415	124,1	170,8	43,6	53,2	13,7
23	Ul. Opolska	7,55	0,17	5400	84,8	122,1	100,4	18,9	8,7
24	Ul. Marka	7,30	0,30	1876	122,3	54,4	400,7	143,8	12,3
25	Ul. Struga	7,34	0,14	2930	9,0	119,4	48,9	41,9	10,9
26	Ul. Księcia Józefa	7,52	0,20	5470	238,4	129,9	16,0	3,6	10,8
27	Ul. Brodowicza	8,01	0,14	4053	212,5	129,2	108,9	33,2	23,6
28	Ul. Wielicka	7,71	0,24	2895	127,0	109,4	43,5	64,9	7,7
29	Ul. Mazowiecka	7,42	0,15	5381	148,4	125,8	73,8	32,6	36,3
30	Ul. Senatorska	7,40	0,29	4540	89,0	106,5	365,9	22,3	28,3
31	Ul. Wrocławska	8,21	0,26	4916	78,4	138,5	286,9	9,3	40,3
32	Ul. Jugowicka	8,20	0,38	4284	77,8	84,9	18,4	23,0	28,6
33	Ul. Dygasińskiego	7,85	0,15	5691	74,4	145,5	64,2	14,7	20,4
34	Rondo Mogiłskie	7,68	0,15	2541	253,6	135,7	49,8	70,1	19,3
35	Rondo Grzegórzeckie	6,68	0,32	1839	63,0	75,9	6,1	33,5	6,8
36	Park Jordana	7,37	0,15	957	53,0	65,1	8,5	10,3	5,8
36b	Park Jordana II	6,52	0,15	957	53,0	65,1	8,5	10,3	5,8
Średnia		7,47	0,26	4470	149,5	138,0	181,5	55,0	23,1
Minimum		6,52	0,14	926	9,0	54,4	6,1	2,0	5,8
Maksimum		8,21	0,65	14893	334,0	405,3	1082,8	497,7	121,8
Odchylenie standardowe		0,43	0,12	2664	74,1	68,1	249,2	80,4	19,8
Optymalny zakres			1-2	1000-2000	150-250	90-120	do 100	30-60	-



Wykres 1. Odczyn gleb pochodzących z terenów zieleni Krakowa i Nowej Huty – histogram gęstości rozkładu zmiennej

Rośliny wieloletnie, a szczególnie drzewa należą do roślin najbardziej wrażliwych na zasolenie. O zasoleniu decydują przede wszystkim jony niezwiązane lub słabo związane z fazą stałą gleby tj. Cl^- , NO_3^- , Na^+ i inne. Jony te są podatne na wymywanie przez wody opadowe i dość łatwo przemieszczają się w głąb profilu glebowego. Stężenie jonów mierzone w glebach pobieranych do badań w pełni wegetacji było niskie i nie przekraczało dopuszczalnego zakresu. Większość gleb posiadała EC w granicach $0,1\text{--}0,3 \text{ mS cm}^{-1}$ (71% analizowanych gleb) (wykres 2).

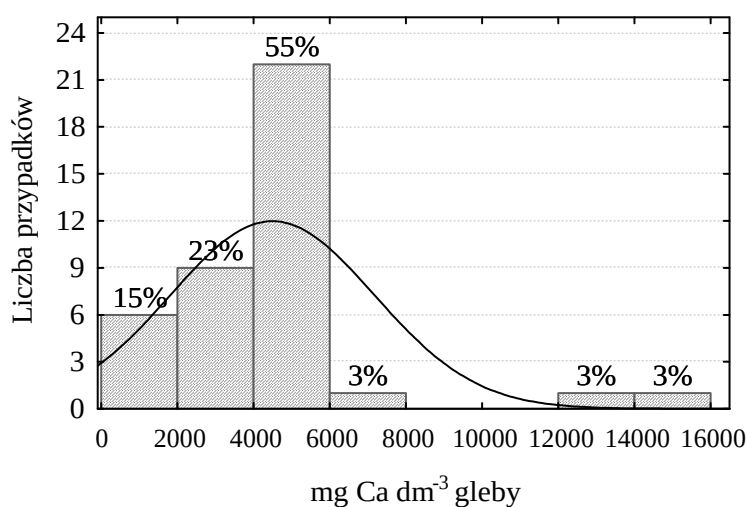


Wykres 2. Stężenie soli (EC) w glebach pochodzących z terenów zieleni Krakowa i Nowej Huty - histogram gęstości rozkładu zmiennej

Zawartość makroelementów

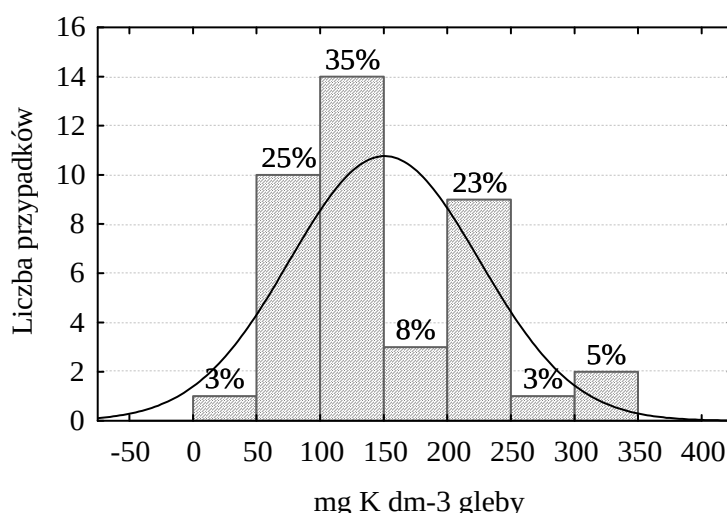
Zrównoważony i właściwy poziom składników pokarmowych w glebie wpływa na prawidłowy wzrost i rozwój roślin. Zarówno niedobór jak i nadmiar składników odżywczych w glebie może być czynnikiem ograniczającym wzrost roślin oraz zmniejszającym ich odporność na czynniki stresowe abiotyczne (niedobór wody, mróz) oraz biotyczne (porażenie przez choroby i szkodniki).

W podjętych badaniach zawartość rozpuszczalnego **wapnia** (Ca) mieściła się w przedziale 929 – 14893 mg Ca dm⁻³ gleby (tab. 1). Według metody uniwersalnej, wykorzystanej do analizy gleb, optymalna dla roślin uprawnych zawartość rozpuszczalnego wapnia wynosi 1000 – 2000 mg Ca dm⁻³ gleby. Spośród badanych stanowisk największy udział miały gleby o zawartości Ca mieszczącej się w przedziale 4000 – 6000 mg (55% analizowanych gleb) (wykres 3). Najwyższe stężenia Ca oznaczono w glebach pobranych z ulic: Nawojki (14893 mg Ca dm⁻³) i Kościuszki II (12834 mg Ca dm⁻³) na których obserwowano lipy holenderską i drobnolistną. Nadmierna zawartość wapnia w glebie może prowadzić do uwstecznienia fosforu oraz mikroelementów metalicznych (żelaza, manganu, cynku i miedzi), które stają się wówczas nieprzyswajalne dla roślin. Wapń jest także antagonistą w stosunku do potasu i magnezu. Przy braku równowagi pomiędzy tymi składnikami mogą ujawniać się niedobory K i Mg na liściach roślin, nawet przy optymalnej zawartości tych makroskładników w formie dostępnej w glebie.



Wykres 3. Zawartość rozpuszczalnego wapnia (mg dm⁻³ gleby) w glebach pochodzących z terenów zieleni Krakowa i Nowej Huty - histogram gęstości rozkładu zmiennej

W badanych glebach zawartość **potasu** (K) dostępnego dla roślin była bardzo zróżnicowana i mieściła się w granicach 9,0 (ul. Struga) (klon pospolity) – 334,0 mg K dm⁻³ gleby (Al. Słowackiego) (lipa holenderska) (tab. 1). Według metody uniwersalnej optymalna zawartość potasu rozpuszczalnego w glebach uprawnych powinna wynosić 150 – 250 mg K dm⁻³ (mniej w glebach średnich a więcej w glebach ciężkich). Poniżej tego zakresu znajdowało się 63% badanych gleb (wykres 4). Niskie stężenia potasu (<100 mg K) oznaczono w glebach pobranych z pasów zieleni przy ulicach: Kościuszki, Opolskiej, Struga, Senatorskiej, Wrocławskiej, Jugowickiej, Dygasińskiego oraz przy Rondzie Grzegórzeckim i w Parku Jordana (na wszystkich stanowiskach obserwowano lipy z wyjątkiem klonu pospolitego przy ul. Struga).

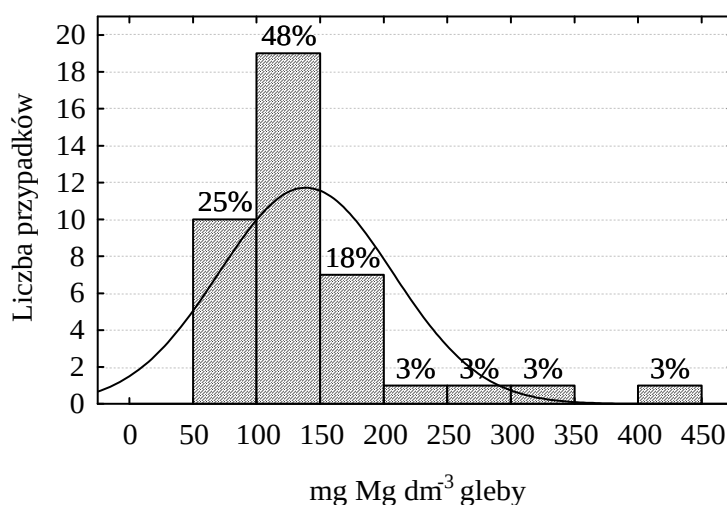


Wykres 4. Zawartość rozpuszczalnego potasu (mg dm⁻³ gleby) w glebach pochodzących z terenów zieleni Krakowa i Nowej Huty - histogram gęstości rozkładu zmiennej

Dobre zaopatrzenie w potas wpływa na gospodarkę wodną roślin, zwiększenie turgoru poprzez regulację transpiracji, zwiększenie odporności na suszę, mróz, wzrost zdrowotności (większa odporność na choroby grzybowe i łagodzenie skutków porażeń wirusowych) (Grzebisz 2008). Objawy niedoboru potasu są obserwowane głównie na liściach starszych (potas ulega reutilizacji). Widoczne są wówczas chlorozy i przebarwienia brzegów liści i miejsc między żyłkami. Narastający niedobór K prowadzi do przekształcenia chloroz w nekrotyczne rdzawobrunatne plamy. Brzegi liści zwijają się i zasychają. Liście więdną i obumierają, często pozostając na łodydze (Barker i Pilbeam 2006). Nadmierna zawartość

wapnia w glebie (antagonizm) oraz susza pogłębiają objawy niedoboru tego składnika u roślin.

Stężenie oznaczanego **magnezu** na wyznaczonych stanowiskach zawierało się w przedziale 54,5 (ul. Marka) – 405,4 mg Mg dm⁻³ gleby (ul. Nawojki) (tab. 1). Zawartość Mg była w większości badanych gleb odpowiednia, tj. mieściła się w zakresie 90-120 mg Mg dm⁻³ przyjętym za optymalny dla metody uniwersalnej (73% analizowanych gleb) (wykres 5).

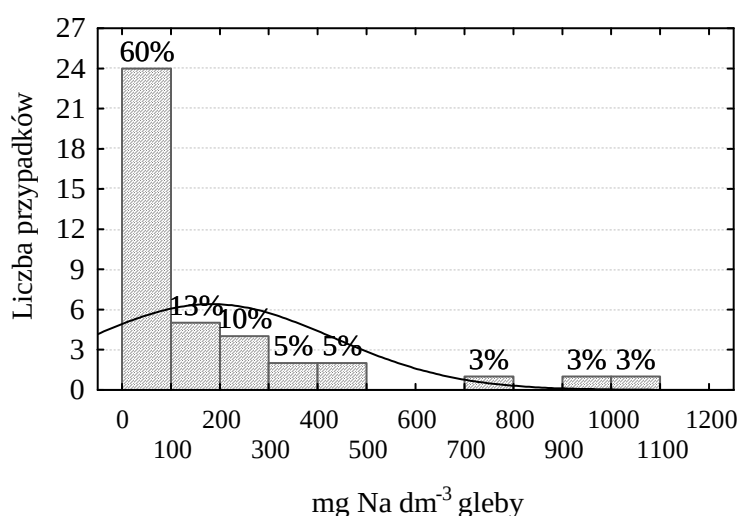


Wykres 5. Zawartość rozpuszczalnego magnezu (mg dm⁻³ gleby) w glebach pochodzących z terenów zieleni Krakowa i Nowej Huty - histogram gęstości rozkładu zmiennej

W standardowym modelu glebowego kompleksu sorpcyjnego magnez powinien stanowić 10% sumy wymiennych kationów, a stosunek udziału kationów Ca : Mg powinien wynosić 6,5 – 1. Nadmierna zawartość wapnia w glebie może prowadzić do naruszenia równowagi chemicznej i powodować trudności w zaopatrzeniu się roślin w Mg pomimo jego odpowiedniej zawartości w glebie w formie rozpuszczalnej. Według definicji składnik dostępny dla roślin to składnik rozpuszczalny w roztworze glebowym (forma jonowa), znajdujący się w miejscu, z którego może być pobrany przez korzenie roślin oraz pozostający w równowadze z innymi składnikami roztworu glebowego (Grzebisz 2008).

W przeprowadzonych badaniach stężenie **sodu** (Na) w glebach mieściło się w granicach 6,1 (Rondo Grzegórzeckie-lipa) – 1083 mg Na dm⁻³ gleby (ul. Nawojki-lipa) (tab. 1). Większość badanych gleb zawierała poniżej 100 mg Na (60% analizowanych stanowisk) (wykres 6).

Sód nie jest dla roślin niezbędnym składnikiem pokarmowym, ale zaliczany jest do pierwiastków korzystnych dla niektórych gatunków. Może on częściowo zastępować potas (wpływ na ciśnienie osmotyczne w komórce) a także usprawniać zamykanie i opóźniać otwieranie aparatów szparkowych. Pomaga to regulować gospodarkę zasobami wody w roślinie. Jednak jego nadmierna zawartość w glebach prowadzi do niekorzystnych zmian we właściwościach fizycznych i chemicznych. Udział sodu w glebowym kompleksie sorpcyjnym powyżej 25% prowadzi do utraty przez glebę struktury w wyniku peptyzacji koloidów glebowych. W glebach klimatu umiarkowanego koncentracja sodu w roztworze glebowym wynosi najczęściej 0,1 – 1 mmola (2,3 – 23 mg dm³). Stężenie kationów sodowych i chlorkowych przekraczające 100 mmoli, wywołuje zjawisko zasolenia (Grzebisz 2008). Rośliny rosnące w środowisku zasolonym podlegają działaniu stresu jonowego (toksyczność Na) i osmotycznego (zakłócenie gospodarki wodnej). Przy nadmiernych zawartościach sodu w roślinie obserwuje się nekrozy wierzchołków blaszek, zwłaszcza liści starszych (lipa - ul. Kościuszki, ul. Nawojki, ul. Senatorska, klon- ul. Św. Marka) .

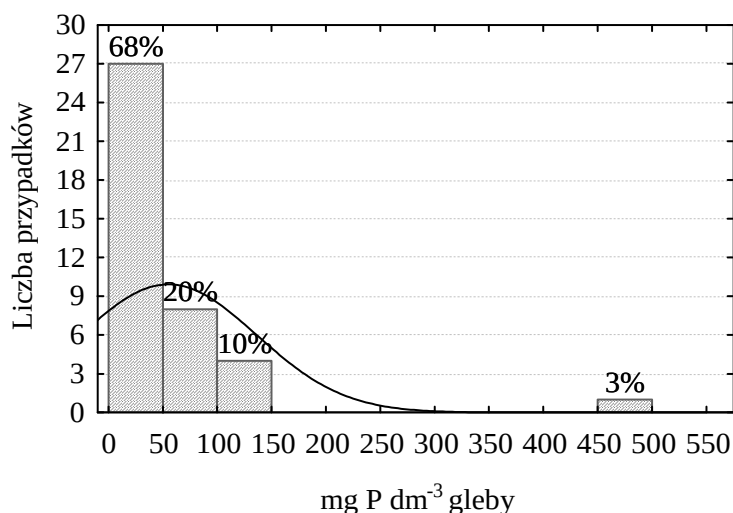


Wykres 6. Zawartość rozpuszczalnego sodu (mg dm⁻³ gleby) w glebach pochodzących z terenów zieleni Krakowa i Nowej Huty - histogram gęstości rozkładu zmiennej

Jednowartościowy kation sodowy (Na⁺) jest silnym antagonistą potasu (K⁺). Zachodzące pomiędzy tymi kationami relacje mają ogromne znaczenie dla wzrostu roślin w warunkach zasolenia wynikającego z obecności jonów sodowego i chlorkowego. Przy

wysokich stężeniach sodu w glebie ograniczone jest pobieranie potasu przez rośliny. W procesach pobierania i transportu sodu w roślinie ważną rolę (ochronną) odgrywa wapń. Kationy wapnia aktywnie blokują transport sodu do komórki przez nośniki i kanały jonowe.

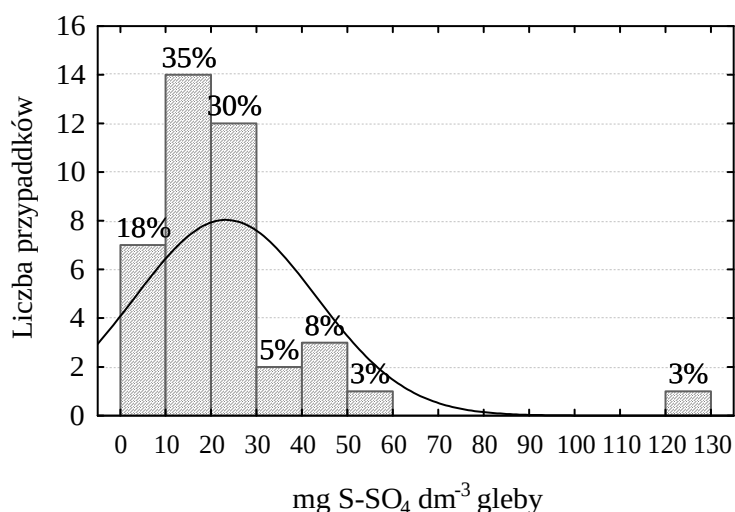
Zawartość przyswajalnego **fosforu** (P) w glebach pobieranych z pasów zieleni przy drogach śródmieścia Krakowa i Nowej Huty była bardzo zróżnicowana i mieściła się w granicach 2,0 (ul Opackiego-lipa drobnolistna) – 497,7 mg P dm⁻³ (Plac Słowackiego-lipa drobnolistna) (tab. 1). Za optymalne stężenie fosforu dostępnego dla roślin oznaczonego metodą uniwersalną przyjmuje się zawartość 30-60 mg P dm⁻³. Według tego kryterium niskie stężenia P wykazano w glebach przy ulicach: Kościuszki, 3 Maja, Nawojki, Daszyńskiego, Basztowej, Łopackiego, Opolskiej, Brodowicza, Wrocławskiej, Dygasińskiego oraz w Parku Jordana. Zasobność średnią, tj. do 50 mg P dm⁻³ wykazano w przypadku 63% analizowanych gleb (wykres 7). Bardzo wysokim stężeniem rozpuszczalnego P charakteryzowały się gleby pobrane spod lip przy placach: Axentowicza, Słowiańskim i Centralnym oraz przy ulicach: Czarnowiejskiej i św. Marka (klon pospolity), Słowackiego (lipa), Beliny-Prażmowskiego (jesion, dąb). Tak wysokie wzbogacenie gleb na tych stanowiskach w fosfor rozpuszczalny mogło być spowodowane pozostawianiem przez ptaki dużych ilości odchodów bogatych w ten składnik (obserwacje podczas pobierania próbek gleb).



Wykres 7. Zawartość rozpuszczalnego fosforu (mg dm⁻³ gleby) w glebach pochodzących z terenów zieleni Krakowa i Nowej Huty - histogram gęstości rozkładu zmiennej

Siarka w formie siarczanowej ($S-SO_4$) oprócz azotu, fosforu, potasu i magnezu jest podstawowym składnikiem pokarmowym dla roślin, a zatem decyduje o wzroście i rozwoju roślin. Jest również wskaźnikiem antropogenicznym zanieczyszczenia środowiska glebowego. Zawartość siarki siarczanowej w glebach może wahać się w szerokich granicach od 3 do 500 $mg\ kg^{-1}$ s.m. gleby. W Polsce wyróżnia się cztery stopnie zawartości siarki siarczanowej w glebach. Stopnie I ($<20\ mg\ S$ dla gleb średnich i $<25\ mg\ S\ kg^{-1}$ dla gleb ciężkich), II (21-30 $mg\ S$ dla gleb średnich i 26-35 $mg\ S\ kg^{-1}$ dla gleb ciężkich), III (31-40 $mg\ S$ dla gleb średnich i 36-50 $mg\ S$ dla gleb ciężkich) określają niską, średnią i wysoką zawartość $S-SO_4$, natomiast stopień IV (>40 i $>50\ mg\ S$ odpowiednio dla gleb średnich i ciężkich) - zawartość podwyższoną wskutek antropopresji. Informuje ona o aktualnym lub dawnym oddziaływaniu nadmiernej emisji SO_2 ze źródeł lokalnych bądź dalekiego transportu.

Zawartość siarki w formie $S-SO_4$ w glebach z analizowanych stanowisk mieściła się w granicach 5,8 – 121,8 $mg\ kg^{-1}$ (tab.1) Wyniki oznaczeń wskazują, że powyżej 50 $mg\ S-SO_4\ dm^{-3}$ zawierały gleby spod lip rosnących na stanowiskach przy ulicach: Kościuszki i Nawojki (tab. 1). Ponadto wysoką zawartość tego składnika ($>40\ mg\ S-SO_4$) oznaczono przy ulicach Czarnowiejskiej, Łopackiego i Wrocławskiej. Większość badanych gleb (83% z analizowanych stanowisk, wyk. 8) charakteryzowała się średnią zawartością siarki siarczanowej, tj. do 30 $mg\ S-SO_4$.



Wykres 8. Zawartość siarki siarczanowej ($mg\ dm^{-3}$ gleby) w glebach pochodzących z terenów zieleni Krakowa i Nowej Huty - histogram gęstości rozkładu zmiennej

W warunkach wysokiego odczynu gleby i wysokiej zawartości wapnia wzrasta tempo mineralizacji organicznych związków siarki w glebie. W tych warunkach obecność jonów OH^- powoduje także uwalnianie anionów siarczanowych związanych z koloidami glebowymi do roztworu glebowego (Grzebisz 2008). W badaniach na stanowiskach z najwyższą zawartością wapnia w glebie (przy ul. Nawojki i Kościuszki) oznaczono najwięcej siarki siarczanowej, odpowiednio 121,8 i 56,2 mg S.

Siarka nie podlega zasadniczo akumulacji w roślinie. Pobieranie siarki z gleby lub z atmosfery podlega wewnętrznej regulacji przez rośliny. Przy nadmiernej podaży S roślina hamuje pobieranie tego składnika z gleby.

Mikroelementy

W badaniach przyswajalne dla roślin formy mikroskładników (B, Cu, Fe, Mn, Mo i Zn) oznaczano w roztworze Rinkisa, tj. w 1 mol dm^{-3} HCl. W ocenie zasobności gleb tą metodą w mikroskładniki wyróżnia się trzy klasy zasobności: niską, średnią i wysoką. W przypadku miedzi i cynku dodatkowo uwzględnia się kategorię agronomiczną gleby a dla przyswajalnego boru i manganu odczyn gleby.

Tabela 2. Zawartość mikroelementów (mg kg⁻¹ s.m. gleby) oznaczona metodą Rinkisa w glebach pochodzących z terenów zieleni Krakowa i Nowej Huty

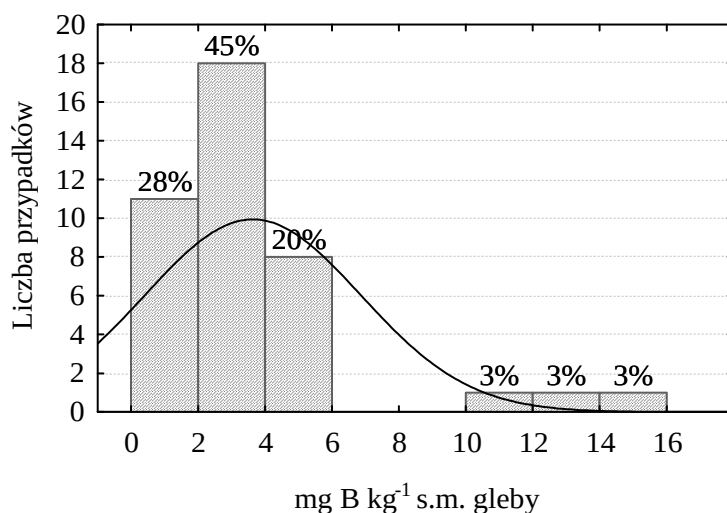
Nr	Oznaczenie	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
1	Pl. Biskupi	3,93	16,1	1426	206,1	0,053	92,3
2	Pl. Axentowicza	3,66	17,4	1616	160,5	0,038	143,7
3	Pl. Słowiański	2,31	14,2	1677	247,8	0,051	87,5
4	Pl. Centralny	2,45	25,5	2174	321,4	0,043	304,2
5	Ul. Kościuszki	5,12	38,5	4248	317,7	0,079	168,1
5b	Ul. Kościuszki II	2,40	30,8	3419	301,1	0,052	159,3
6	Ul. 3-Maja	4,20	49,7	3076	292,7	0,029	128,8
6B	Ul. 3-Maja II	4,94	52,2	3315	392,9	0,047	153,8
7	Ul. Czarnowiejska	2,65	23,3	1704	218,4	0,050	119,8
8	Ul. K. Wielkiego	1,47	13,8	1376	138,0	0,043	90,4
9	Ul. Nawojki	3,77	27,0	1919	247,5	0,050	170,8
10	Al. Słowackiego	4,00	13,8	1736	195,3	0,039	80,1
11	Ul. Królewska	1,96	32,0	3332	205,4	0,057	95,4
12	Pl. Matejki	2,24	19,3	1773	222,4	0,049	100,1
13	Ul. Daszyńskiego	13,02	38,3	2725	259,1	0,070	341,5
14	Ul. Dietla	4,56	33,2	2679	350,8	0,065	143,3
15	Ul. Westerplatte	1,63	12,1	2893	246,4	0,049	158,5
16	Ul. Andersa	1,74	13,5	1266	238,3	0,039	92,0
17	Ul. Basztowa	4,47	55,7	5412	311,3	0,060	198,7
18	Ul. Basztowa II	4,76	78,8	5936	339,7	0,068	241,5
19	Ul. Prażmowskiego	1,79	9,6	1382	240,7	0,042	57,9
19b	Ul. Prażmowskiego II	3,09	21,2	1548	240,9	0,068	95,1
20	Ul. Łopackiego	1,06	7,0	946	224,3	0,025	50,9
21	Ul. Okulickiego	0,49	4,5	1235	180,6	0,025	37,3
22	Al. Pokoju	2,94	19,0	3310	361,6	0,042	77,3
23	Ul. Opolska	5,35	14,1	1514	249,6	0,048	190,3
24	Ul. Marka	2,26	33,0	2176	235,8	0,052	165,3
25	Ul. Struga	0,81	20,6	2369	404,1	0,063	198,2
26	Ul. Księcia Józefa	3,35	17,4	3657	433,1	0,044	114,7
27	Ul. Brodowicza	3,37	20,4	2752	315,7	0,091	320,5
28	Ul. Wielicka	2,12	10,5	1226	231,4	0,027	54,4
29	Ul. Mazowiecka	2,25	23,6	1980	233,9	0,048	150,1
30	Ul. Senatorska	11,86	44,0	3297	361,0	0,082	273,7
31	Ul. Wrocławska	5,06	37,1	2307	297,7	0,068	118,7
32	Ul. Jugowicka	2,18	58,7	1589	366,3	0,078	140,3
33	Ul. Dygasińskiego	2,50	75,6	1911	350,4	0,076	142,7
34	Rondo Mogiłskie	0,83	5,7	1257	166,4	0,040	22,7
35	Rondo Grzegórzeckie	15,97	53,8	3996	380,4	0,109	610,8
36	Park Jordana	1,52	14,7	1968	303,3	0,035	87,5
36b	Park Jordana II	0,71	12,9	2273	261,6	0,042	108,1
Średnia		3,62	27,7	2410	276,9	0,053	152,1
Minimum		0,49	4,5	946	138,0	0,025	22,7
Maksimum		16,0	78,8	5936	433,1	0,109	610,8
Odchylenie standardowe		3,21	18,5	1139	72,3	0,018	105,2
Optymalny zakres		0,8 – 7,2	2,3–6,7 g. średnie 5 – 15 g. ciężkie	-	110-1100 pH >5,6 g. ciężkie	0,03-0,08 pH >6,6	4-20,5 g. średnie 11,5-51,1 g. ciężkie

W grupie mikroelementów oprócz żelaza, manganu, boru, chloru i molibdenu znajdują się także pierwiastki, które równocześnie są zaliczane do metali ciężkich, tj. miedź i cynk. Organizmy żywe potrzebują tych składników w śladowych ilościach a ich nadmierne stężenie w środowisku odżywczym być toksyczne dla roślin i mikroorganizmów glebowych (Tayler i in. 1989).

Za krytyczną zawartość **boru** ekstrahowanego 1 mol dm^{-3} HCl przyjmuje się 0,8 mg B dla gleb bardzo kwaśnych oraz $<2,2 \text{ mg B kg}^{-1}$ s.m. gleby dla gleb o odczynie słabokwaśnym i obojętnym. Bor w nadmiernych stężeniach może być toksyczny dla roślin. Przedział między zawartością niską i nadmierną jest wąski i zamyka się w granicach 0,8 mg – 7,2 mg B kg^{-1} s.m. gleby (Fotyma i Mercik 1992).

W przeprowadzonych badaniach oznaczano od 0,49 – 15,97 mg B kg^{-1} s.m. gleby (tab. 2, wykres 9). Spośród analizowanych gleb bardzo wysoką (toksykzną) zawartością boru dostępnego dla roślin charakteryzowały się gleby pobrane z obrzeży ulic: Daszyńskiego (lipa) (13,02 mg B kg^{-1} s.m. gleby), Senatorskiej (lipa) (11,86 mg B) oraz z Ronda Grzegórzeckiego (lipa) (15,97 mg B).

Popioły węgla obok ścieków przemysłowych i komunalnych są istotnym źródłem tego pierwiastka w glebach położonych w sąsiedztwie elektrowni węglowych i składowisk popiołu. Główne źródło boru w powietrzu atmosferycznym w Polsce związane jest właśnie ze spalaniem węgla. Według Kabata-Pendias i Pendias (1999) roczny opad boru w Polsce sięga 100 g ha^{-1} .



Wykres 9. Zawartość rozpuszczalnego boru (mg kg^{-1} s.m. gleby) w glebach pochodzących z terenów zieleni Krakowa i Nowej Huty - histogram gęstości rozkładu zmiennej

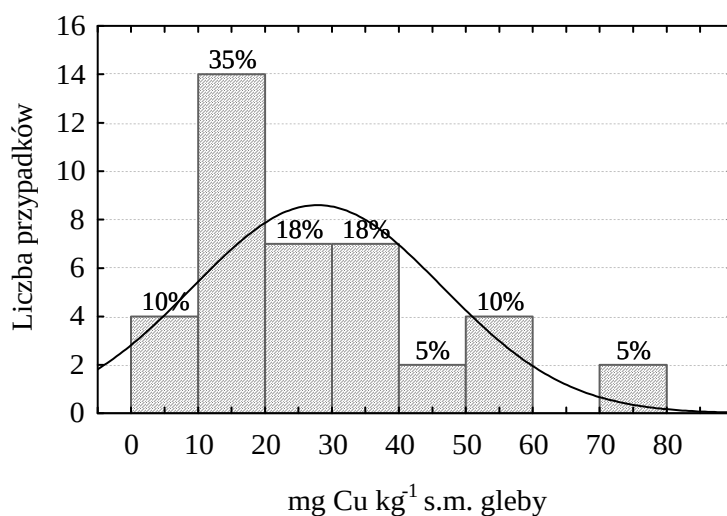
Dobra rozpuszczalność związków boru (B) ułatwia ich wymywanie z gleby. Dlatego w grupie gleb o niskiej zawartości boru największy odsetek stanowią gleby lekkie i bielcowe, a najmniejszy gleby ciężkie (Kabata-Pendias 2011). Ilość przyswajalnego boru w glebach zależy także m.in. od odczynu, zawartości próchnicy, nawożenia oraz ilości opadów. W glebach zasadowych przyswajalność B dla roślin ulega zmniejszeniu (Fotyma i Mercik 1992). Nawet na glebach zasobnych w bor jego dostępność dla roślin zależy od zawartości wody w glebie. Susza powoduje drastyczny spadek zaopatrzenia roślin w ten składnik.

Zarówno niedobór jak i nadmiar boru jest dla roślin szkodliwy. Wśród objawów niedoboru boru wymienia się zamieranie stożka wzrostu, zniekształcenia liści, pękanie łodyg i ogonków liściowych oraz zaburzenia w rozwoju generatywnym. Nadmiar boru prowadzi najczęściej do chloroz i zamierania starszych liści (Kopcewicz i Lewak 2002). Rośliny tolerancyjne na zasolenie gleby są także odporne na podwyższone stężenia boru w środowisku odżywczym.

Miedź (Cu) należy do mikroelementów o najmniejszej ruchliwości w glebie, zależnej silnie od składu mineralogicznego, odczynu gleby i zawartości próchnicy. Zwykle gromadzi się w górnych warstwach gleby, nie migrując w dół profilu glebowego. Im cięższe gleby tym więcej zawierają miedzi. Stężenie przyswajalnej miedzi w roztworze glebowym jest niewielkie (3 – 135 μmol) i zależne głównie od odczynu gleby. Miedź ruchoma stanowi zaledwie 1-2% miedzi całkowitej (Kabata-Pendias 2011). Im wyższe pH gleby tym silniejsze wiązanie miedzi w glebie (Fotyma i Mercik 1992). Za średnie - optymalne stężenie tego mikroelementu dla roślin (oznaczonego w ekstrakcie 1 mol dm^{-3} HCl) przyjmuje się zawartość 2,3 – 6,7 (gleby średnie) oraz 5 – 15 mg Cu kg^{-1} s.m. gleby (gleby ciężkie).

W przeprowadzonych badaniach zawartość Cu w glebach mieściła się w zakresie 4,5 (ul Okulickiego – klon jawor) – 78,8 mg Cu kg^{-1} s.m. gleby (ul Basztowa II- klon pospolity) (tab. 2). Ponad 60% analizowanych stanowisk glebowych zawierało powyżej 15 mg Cu (wykres 10). Oprócz ulicy Basztowej, bardzo wysokie (>40 mg Cu) zawartości rozpuszczalnej miedzi stwierdzono w glebach pobranych z ulic: 3 Maja (jesion), Senatorskiej, Jugowickiej, Dygasińskiego oraz z Ronda Mogińskiego (na wzmiankowanych stanowiskach badano lipy). Dwukrotnie wyższe stężenia Cu (>30 mg Cu) niż optymalne dla roślin (liczby graniczne dla gleb ciężkich) wykazano w glebach pochodzących z pasów zieleni przy ulicach: Kościuszki (lipa), Królewskiej (klon), Daszyńskiego (lipa), Dietla, Marka i Wrocławskiej – klony pospolite.

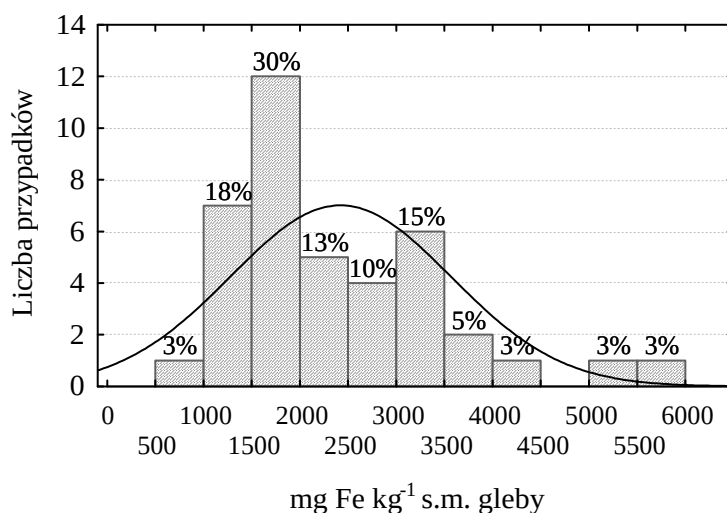
Źródłem miedzi w glebach, poza nawozami mineralnymi i organicznymi, odpadami i osadami komunalnymi może być opad pyłów wzbogaconych w miedź. Wzrost zawartości tego metalu w glebach powoduje duże zmiany w biologicznej aktywności. Szczególnie wrażliwe są mikroorganizmy biorące udział w nitryfikacji (Kabata-Pendias i Pendias 1999). Zarówno niedobór jak i nadmiar miedzi jest dla roślin szkodliwy. Nadmiar miedzi ogranicza pobieranie żelaza i cynku powodując wtórne chlorozy żelazowe. Pierwsze objawy to zgrubienie i skrócenie korzeni roślin oraz ciemna zieleń liści.



Wykres 10. Zawartość rozpuszczalnego miedzi (mg kg^{-1} s.m. gleby) w glebach pochodzących z terenów zieleni Krakowa i Nowej Huty - histogram gęstości rozkładu zmiennej

W przeprowadzonych badaniach zawartość przyswajalnego **żelaza** ekstrahowanego z gleb 1 mol dm^{-3} HCl mieściła się w szerokim przedziale od 946 – 5936 mg Fe kg^{-1} s.m. gleby (tab. 2, wykres 11).

Źródłem tego pierwiastka są minerały glebowe zawarte w skałach macierzystych oraz różne związki organiczne i mineralne doprowadzane do gleby np. z nawozami.

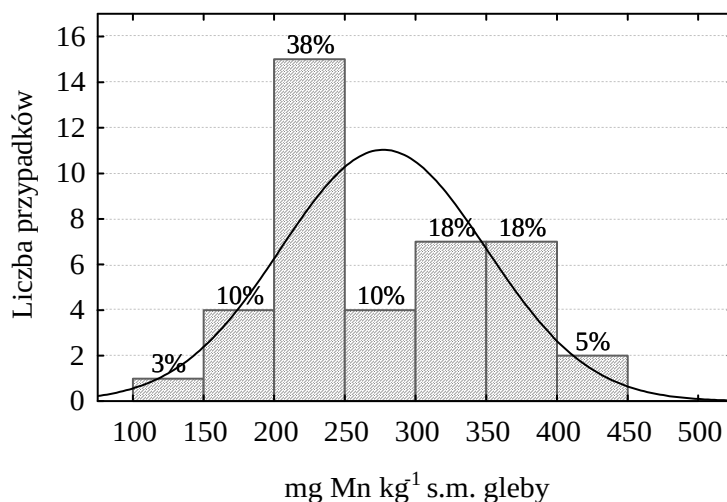


Wykres 11. Zawartość rozpuszczalnego żelaza (mg kg^{-1} s.m. gleby) w glebach pochodzących z terenów zieleni Krakowa i Nowej Huty - histogram gęstości rozkładu zmiennej

Przyswajalność żelaza dla roślin zależy od odczynu gleby i zmniejsza się wraz ze wzrostem pH. Im bardziej alkaliczny odczyn gleby tym większe trudności mają rośliny w zaopatrzeniu się w ten niezbędny mikroskładnik. Chlorozy młodych liści mogą występować na glebach o $\text{pH} > 6,5$ (Fotyma i Mercik 1992). Dodatkowo na pojawienie się chlorozy wpływ mają również w połączeniu z wysokim odczynem – wysoka zawartość metali ciężkich (antagonizm), niskie temperatury gleby na wiosnę oraz stres wodny.

Głównym źródłem **manganu** (Mn) jest skała macierzysta gleby. Najuboższe w mangan są gleby wytworzone z piasków i piaskowców. Na glebach ciężkich o odczynie $\text{pH} > 5,6$ za wysoką zawartość manganu przyjmuje się stężenie $> 1100 \text{ mg Mn kg}^{-1}$. Zawartość optymalna mieści się w zakresie $110\text{--}1100 \text{ mg Mn kg}^{-1}$ s.m. gleby.

Według tego kryterium w przeprowadzonych badaniach wszystkie analizowane gleby posiadały optymalne stężenie manganu. Wartości oznaczanych stężeń Mn mieściły się w przedziale $138,0\text{--}433,1 \text{ mg Mn kg}^{-1}$ s.m. gleby (tab. 2). Największy odsetek stanowiły gleby o zawartości manganu od 200 do $400 \text{ mg Mn kg}^{-1}$ gleby (wykres 12).

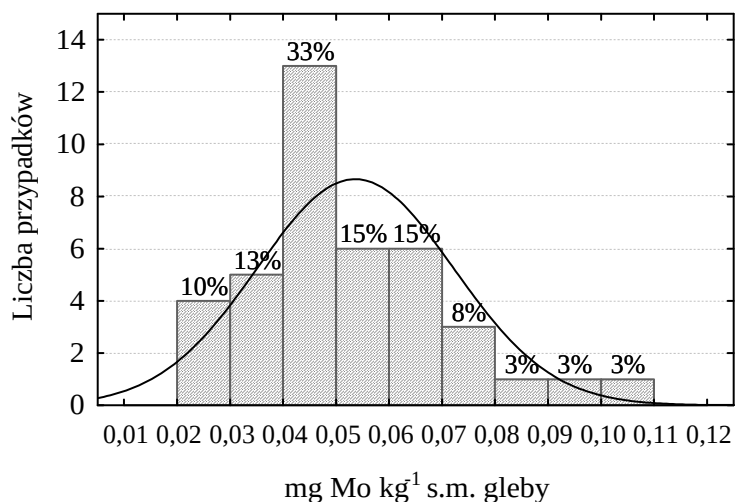


Wykres 12. Zawartość rozpuszczalnego manganu (mg kg^{-1} s.m. gleby) w glebach pochodzących z terenów zieleni Krakowa i Nowej Huty - histogram gęstości rozkładu zmiennej

Im wyższy jest odczyn gleby tym mniej przyswajalnych form manganu znajduje się w roztworze glebowym. Objawy niedoboru manganu (chlorozy międzyżyłkowe liści młodszych, ale w pełni rozwiniętych) ujawniają się już w glebach o odczynie $\text{pH} > 6,3$ oraz o kompleksie sorpcyjnym bogatym w wapń (Grzebiś 2008). W miarę pogłębiania się niedoborów, chlorozy na liściach powstałe w wyniku degradacji chlorofilu, przechodzą w nekrozy, które stopniowo niszczą całą blaszkę liściową (Barker i Pilbeam 2006).

Ocena zawartości gleb w **molibden** (Mo) oznaczony w wyciągu 1 mol dm^{-3} HCl uwzględnia pH gleby oraz jej zasobność w fosforany. Przy zawartości fosforu około $30\text{--}50 \text{ mg P kg}^{-1}$ gleby - średnia (przyjęta za optymalną) zawartość Mo wynosi dla gleb o $\text{pH} > 6,6$ $0,03\text{--}0,08 \text{ mg Mo kg}^{-1}$ s.m. gleby. Wysoka zawartość Mo na tych glebach to zawartość powyżej $0,08 \text{ mg Mo}$. Dostępność dla roślin molibdenu rośnie wraz z odczynem gleby. Rośliny wykazują dużą tolerancję na toksyczny poziom składnika (reakcja gatunkowa) od $0,1$ do 1000 mg kg^{-1} gleby.

W przeprowadzonych badaniach gleby z sześciu stanowisk, tj. przy ulicy Dygasińskiego ($0,076 \text{ Mo kg}^{-1}$ s.m. gleby) (lipa), Jugowickiej ($0,078 \text{ mg}$) (lipa), Kościuszki ($0,079 \text{ mg}$) (lipa), Senatorskiej ($0,082 \text{ mg}$) (lipa), Brodowicza ($0,091 \text{ mg}$) (klon posp) i przy Rondzie Grzegórzeckim ($0,109 \text{ mg}$) (lipa) charakteryzowały się wysoką zawartością molibdenu dostępnego dla roślin (tab. 2). W pozostałych przypadkach stężenie tego składnika mieściło się w zakresie $0,025\text{--}0,068 \text{ mg Mo kg}^{-1}$ s.m. gleby (66% analizowanych gleb) (wyk. 13).

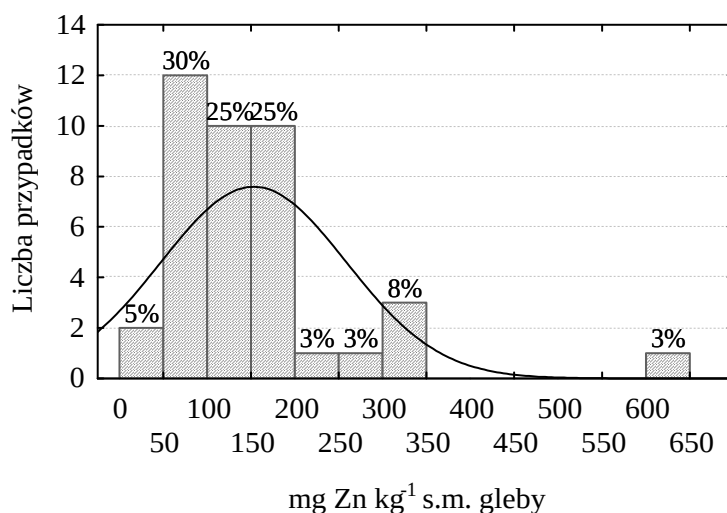


Wykres 13. Zawartość rozpuszczalnego molibdenu (mg kg^{-1} s.m. gleby) w glebach pochodzących z terenów zieleni Krakowa i Nowej Huty - histogram gęstości rozkładu zmiennej

Stężenie przyswajalnych form **cynku** (Zn) stanowi tylko niewielką część ogólnej ilości tego składnika w glebach. Nadmierne stężenia cynku w glebach występują najczęściej w sąsiedztwie hut lub kopalń cynku (emisje przemysłowe). Wysokie stężenia cynku stwierdza się w powietrzu w rejonach przemysłowych i w dużych aglomeracjach miejskich. Emisja cynku z kompleksu hutniczego im. Sendzimira wynosiła w 1982 r. około 160 t na rok (Kabata-Pendias i Pendias 1999).

Wysoka zawartość cynku ekstrahowanego roztworem Rinkisa wynosi w przypadku gleb średnich $>20,5 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ s.m. gleby, a dla gleb ciężkich, które przeważały w przeprowadzonych badaniach, $>51,1 \text{ mg Zn kg}^{-1}$.

W analizowanych glebach oznaczano od 22,7 (klon jawor-ul Okulickiego) do 610,8 (lipa-Rondo Grzegórzeckie) mg Zn kg^{-1} s.m. gleby (tab. 2). Większość badanych gleb charakteryzowała się zawartością dostępnego cynku powyżej $51,1 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ gleby (95%) (wykres 14). Oprócz gleby przy Rondzie Grzegórzeckim bardzo wysoką zawartością rozpuszczalnego cynku (około 300 mg Zn) charakteryzowały się gleby pobrane do badań z okolic Placu Centralnego oraz ulic: Daszyńskiego, Brodowicza i Senatorskiej.



Wykres 14. Zawartość rozpuszczalnego cynku (mg kg^{-1} s.m. gleby) w glebach pochodzących z terenów zieleni Krakowa i Nowej Huty - histogram gęstości rozkładu zmiennej

Zawartość cynku w roztworze glebowym zmniejsza się wraz ze wzrostem odczynu. Niedobory cynku występują najczęściej na glebach alkalicznych. Główne objawy niedoboru cynku obejmują tworzenie małych liści, skrócenie międzywęzli (rozetkowatość pędów), chlorozy liściowe i karłowacenie roślin (Grzebisz 2008). Nawet przy wysokim odczynie stwierdza się proporcjonalne pobieranie cynku do jego stężeń w glebach. Objawami nadmiernych stężeń Zn w roślinach są zmiany chlorotyczne i nekrotyczne na liściach oraz ograniczenie wzrostu (Barker i Pilbeam 2006). Jednak tolerancja roślin na wysokie stężenia tego składnika w glebie i powietrzu atmosferycznym jest dość powszechna w terenach zanieczyszczonych.

Pierwiastki śladowe

Całkowita zawartość pierwiastków śladowych w glebie zależy przede wszystkim od rodzaju skały macierzystej oraz od czynników glebotwórczych, przy czym ilość tych pierwiastków (w poszczególnych jej poziomach) ulega zmianom wskutek oddziaływania czynników antropogenicznych i klimatycznych (Kabata-Pendias 2011). Wśród pierwiastków śladowych są takie, które w nadmiarze mogą być toksyczne dla roślin lub mikroorganizmów, tj. arsen, chrom, cynk, kadm, miedź, nikiel czy ołów. Wizualne symptomy toksycznych stężeń tych pierwiastków różnią się nie tylko pomiędzy gatunkami, ale nawet w obrębie roślin tego samego gatunku. Najczęściej opisywane objawy fitotoksyczności pierwiastków śladowych to

zahamowanie wzrostu, chlorotyczne lub nekrotyczne plamy na liściach lub ich brzegach (chlorozy brzegowe) oraz brunatnienie, uszkodzenia i zamieranie korzeni.

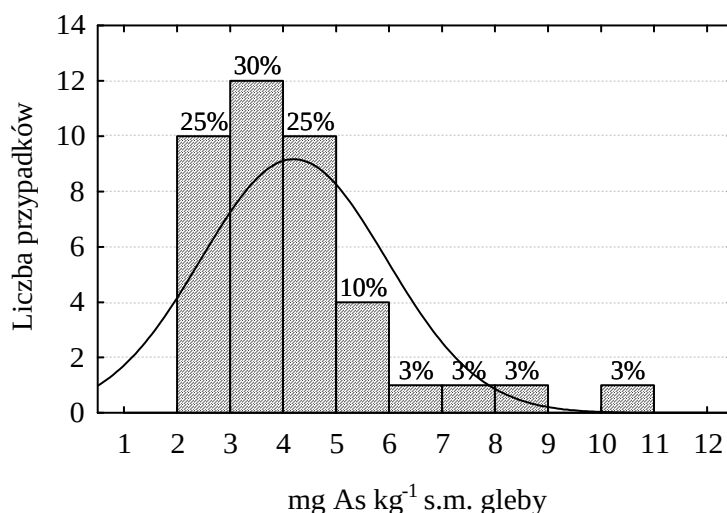
Istnieją ogólne prawidłowości określające zależność stopnia skażenia roślin pierwiastkami śladowymi od właściwości gleb. Gleby o wysokiej pojemności sorpcyjnej w stosunku do kationów, a więc gleby ciężkie o dużej zawartości minerałów ilastych oraz gleby o dużej zawartości materii organicznej, wykazują zdolność silnego wiązania pierwiastków śladowych i zatrzymywania ich w poziomach powierzchniowych. Do grupy tej należą również gleby wapienne, o odczynie alkalicznym. Stopień pobrania metali przez rośliny jest w przypadku takich gleb niski. Ryzyko dużych koncentracji pierwiastków śladowych w glebie wiąże się z ogólnym zachwianiem równowagi chemicznej, wpływającej niekorzystnie na ekosystem glebowy. Rozporządzenie Ministra Środowiska z 9 września 2002 (w/s standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi) określa wartości dopuszczalne około 50 substancji, w tym metali ciężkich i różnych zanieczyszczeń organicznych w glebach. W rozporządzeniu tym wyodrębnia się 3 kategorie sozologiczne obszarów: A, B (grunty użytków rolnych, zabudowane i zurbanizowane) i C uwzględniające głębokość oraz przepuszczalność gruntu. Przy określeniu wartości dopuszczalnych nie uwzględniono właściwości gleby - takich jak: odczyn, zawartość próchnicy czy pojemność sorpcyjna, które decydują o zagrożeniu ekologicznym wynikającym z ruchliwości i dostępności pierwiastków śladowych dla roślin.

Zawartość **arsenu** w glebach jest dość zróżnicowana, a zakres średnich dla Polski południowo-wschodniej wynosi od 0,9 do 3,4 mg As kg⁻¹ s.m. gleby. Kabata-Pendias i Pendias (1999) podają, że zanieczyszczenie gleb arsenem jest powszechne, a szczególnie na obszarach uprzemysłowionych (przetwórstwo metali, przemysł chemiczny bazujący na minerałach zawierających S i P, spalanie węgla), dużych miast a także terenach użytków rolnych na skutek stosowania wycofanych obecnie pestycydów zawierających arsen. Dopuszczalne ilości arsenu w glebach użytkowanych rolniczo ustalono na 20 mg kg⁻¹ s.m. (Dz. U. 2002, Nr 165 poz. 1359). W glebach Polski najczęściej całkowita zawartość As wynosi od 2 do 13 mg As kg⁻¹ s.m. gleby.

Wszystkie związki i minerały arsenu są łatwo rozpuszczalne, szczególnie w glebach kwaśnych o warunkach redukcyjnych. Wysoka zawartość węglanu wapnia ogranicza ruchliwość tego składnika i jego dostępność dla roślin. Zagrożenie ekologiczne w warunkach, w których arsen występuje w formach trudno dostępnych wydaje się niewielkie.

Poddane analizom chemicznym gleby pobrane spod lip w pasach zieleni miasta Krakowa i Nowej Huty charakteryzowały się zawartością rozpuszczalnego arsenu w

granicach od 2,05 (Rondo Mogilskie) do 10,9 mg As kg⁻¹ s.m. gleby (Rondo Grzegórzeckie) (tab. 3). Większość gleb pobranych do badań (80%) wykazywała zawartość arsenu w granicach 2 – 5 mg As kg⁻¹ s.m. gleby (wyk. 15). Oprócz próbki gleby pobranej przy Rondzie Grzegórzeckim także gleby pobrane przy ulicach: Daszyńskiego i Brodowicza zawierały podwyższone stężenia rozpuszczalnego As, odpowiednio 6,73 i 8,48 mg As kg⁻¹ s.m. gleby.



Wykres 15. Zawartość rozpuszczalnego arsenu (mg kg⁻¹ s.m. gleby) w glebach pochodzących z terenów zieleni Krakowa i Nowej Huty - histogram gęstości rozkładu zmiennej

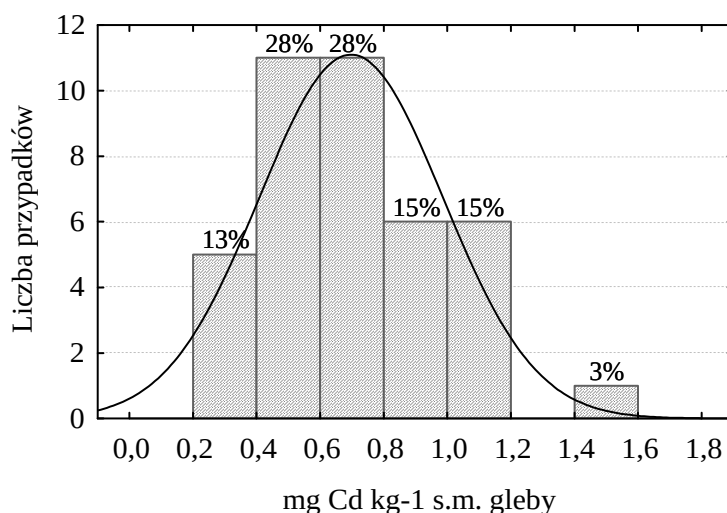
Objawy toksyczności arsenu dla roślin uwidaczniają się w postaci zahamowania wzrostu, więdnienia liści, fioletowych przebarwień liści (wzrost antocyjanów) oraz uszkodzenia systemu korzeniowego (Kabata-Pendias 2011). Wysokie stężenia As w glebach mogą zaburzać również równowagę mikrobiologiczną działając szkodliwie na mikroorganizmy glebowe.

Naturalne zawartości **kadmu** (Cd) w glebach Polski są zróżnicowane i uzależnione od geologicznego pochodzenia skał macierzystych, intensywności procesów glebotwórczych, wieku gleb oraz różnych czynników antropogenicznych. W powierzchniowych warstwach gleb średnich i ciężkich naturalne zawartości (tzw. tło) tego pierwiastka wynoszą najczęściej 0,3 mg Cd ogółem na kg suchej masy gleby (Kabata-Pendias i Pendias 1999). Trelak i in. (1997) podają, że średnia zawartość kadmu w glebach Polski wynosi 0,22 ppm przy zakresie 0,01 – 50 ppm. W badaniach Gambusia (1993) średnia zawartość kadmu ogółem w glebach byłego województwa krakowskiego wynosiła około 0,8 mg Cd kg⁻¹. Dopuszczalna, całkowita

zawartość tego metalu w glebach grupy B została określona jako $4 \text{ mg kg}^{-1} \text{ s.m.}$ (Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi Dz.U. nr 165/2002 poz. 1359).

Tylko niewielka ilość całkowitej zawartości kadmu w glebach tzw. frakcja rozpuszczalna (jony Cd^{2+} w roztworze glebowym, jony słabo skompleksowane przez materię organiczną i nieorganiczne ligandy) jest dostępna dla roślin. Są to najczęściej ilości wyrażane w nanomolach. W glebach obojętnych i o zasadowym odczynie (większość gleb w przeprowadzonych badaniach) wytrącają się węglany i fosforany kadmu. Jednak w miarę wzrostu alkaliczności obniża się równocześnie sorpcja kadmu w wyniku wypierania go z kompleksu sorpcyjnego przez wapń i magnez (Sady i Rożek 2002).

W przeprowadzonych badaniach zawartość rozpuszczalnego kadmu mieściła się w granicach $0,209$ (Rondo Mogiłskie) – $1,539 \text{ mg Cd kg}^{-1} \text{ s.m.}$ gleby (Rondo Grzegórzeckie) (tab. 3). Większość poddanych analizom stanowisk glebowych posiadała zawartość kadmu w przedziale $0,4 - 0,8 \text{ mg Cd}$ (wykres 16). Bardzo wysokie zawartości tego składnika w formie rozpuszczalnej wykazano, oprócz okolic Ronda Grzegórzeckiego-lipa, dla stanowisk przy Placu Centralnym-lipa oraz ulicach: Daszyńskiego (lipa), Basztowej (lipa), Opolskiej (pnące-winobluszcz), Księcia Józefa (jesion), Brodowicza (klon pospolity) i Senatorskiej (lipa).



Wykres 16. Zawartość rozpuszczalnego kadmu ($\text{mg kg}^{-1} \text{ s.m.}$ gleby) w glebach pochodzących z terenów zieleni Krakowa i Nowej Huty - histogram gęstości rozkładu zmiennej

Główne źródło skażenia kadmem stanowi przemysł metalurgiczny. Emisja kadmu z huty Sendzimira w 1982 r. wyniosła 10 t na rok (Kabata-Pendias i Pendias 1999).

Kadm jest pobierany przez rośliny łatwo zarówno przez korzenie jak i przez liście. Wizualne symptomy nadmiaru kadmu u roślin narażonych na jego wysokie stężenie w glebie i powietrzu to zahamowanie wzrostu i chlorozy liściowe. W tych warunkach zaburzeniu ulega gospodarka wodna roślin oraz otwieranie się aparatów szparkowych, co zwiększa wrażliwość roślin na stres wodny (Clemens 2006).

Dopuszczalne ilości **chromu** (Cr) w glebach kategorii B wynoszą 100 mg kg^{-1} s.m. (Dz.U. nr 165/2002 poz. 1359). Chrom rozpuszczalny stanowi zazwyczaj około 0,5% chromu ogółem w glebach. W warunkach Polski zawartość chromu zależy w dużym stopniu od składu granulometrycznego gleb. W glebach piaszczystych średnia zawartość tego metalu wynosi 7 mg, w glebach średnich do 15 mg, a ciężkich do 24 mg kg^{-1} .

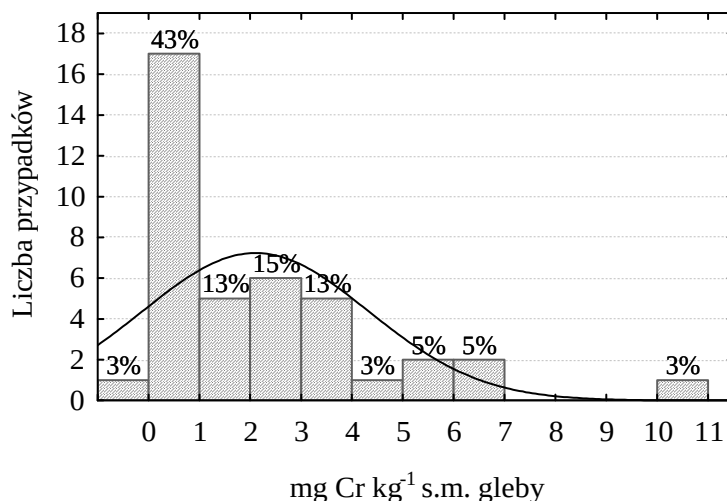
Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że gleby z analizowanych stanowisk zawierały od śladowych ilości (ul. Okulickiego) do $10,23 \text{ mg Cr}$ rozpuszczalnego na kg^{-1} s.m. gleby (ul. Basztowa) (tab. 3, wykres 17). Wysokie stężenia dostępnych form tego składnika ($>5 \text{ mg Cr}$) oznaczono w glebach pobranych przy ulicach: Basztowej, Kościuszki i Rondzie Grzegórzeckim.

Osady i emisje przemysłowe są głównym źródłem zanieczyszczenia gleby chromem. Chrom jest na ogół trudno dostępny dla roślin, słabo przemieszcza się w roślinach i gromadzi głównie w korzeniach.

Tabela 3. Zawartość metali ciężkich oznaczona metodą Rinkisa w glebach pochodzących z terenów zieleni Krakowa i Nowej Huty

Nr	Oznaczenie	As	Cd	Cr	Ni	Pb
1	Pl. Biskupi	3,01	0,417	0,070	1,22	49,0
2	Pl. Axentowicza	3,35	0,641	0,409	1,79	60,6
3	Pl. Słowiański	3,18	0,469	0,691	1,95	36,5
4	Pl. Centralny	3,60	0,984	2,481	2,15	54,0
5	Ul. Kościuszki	3,79	0,775	6,117	4,70	68,3
5b	Ul. Kościuszki II	3,25	0,734	5,889	3,95	104,8
6	Ul. 3-Maja	3,88	0,800	2,023	3,30	88,2
6B	Ul. 3-Maja II	4,27	0,814	4,175	3,29	109,9
7	Ul. Czarnowiejska	3,33	0,507	0,842	1,88	66,5
8	Ul. K. Wielkiego	2,48	0,346	0,136	1,25	45,8
9	Ul. Nawojki	3,83	0,767	1,572	2,51	92,9
10	Al. Słowackiego	2,90	0,411	0,409	1,32	45,7
11	Ul. Królewska	2,97	0,569	3,556	2,66	49,8
12	Pl. Matejki	2,96	0,445	0,535	2,00	49,5
13	Ul. Daszyńskiego	6,73	1,120	3,294	3,13	133,2
14	Ul. Dietla	4,29	0,484	3,076	2,53	82,1
15	Ul. Westerplatte	3,43	0,631	2,249	2,68	79,9
16	Ul. Andersa	2,70	0,435	0,653	1,34	60,6
17	Ul. Basztowa	5,10	0,887	10,37	6,38	118,8
18	Ul. Basztowa II	5,08	1,073	6,045	4,86	142,8
19	Ul. Prażmowskiego	2,71	0,517	0,533	1,68	23,8
19b	Ul. Prażmowskiego II	3,38	0,523	0,594	2,04	65,8
20	Ul. Łopackiego	2,50	0,260	0,085	2,02	15,8
21	Ul. Okulickiego	2,57	0,299	śl.	1,47	15,2
22	Al. Pokoju	4,39	0,616	1,625	3,57	45,6
23	Ul. Opolska	4,25	1,145	0,292	2,09	52,0
24	Ul. Marka	4,21	0,540	0,902	2,03	86,6
25	Ul. Struga	4,83	0,849	1,960	3,49	58,9
26	Ul. Księcia Józefa	5,40	1,108	1,491	5,10	39,4
27	Ul. Brodowicza	8,48	1,022	2,061	3,42	78,3
28	Ul. Wielicka	2,89	0,352	0,197	1,18	28,4
29	Ul. Mazowiecka	4,22	0,794	2,285	2,03	65,2
30	Ul. Senatorska	7,65	1,026	3,615	4,58	103,4
31	Ul. Wrocławska	5,23	0,610	1,572	3,21	100,4
32	Ul. Jugowicka	4,11	0,729	2,934	1,07	41,5
33	Ul. Dygasińskiego	4,97	0,807	3,013	4,19	60,7
34	Rondo Mogiłskie	2,05	0,209	0,212	1,13	11,1
35	Rondo Grzegórzeckie	10,90	1,539	5,290	6,25	142,3
36	Park Jordana	3,71	0,623	0,209	2,56	56,8
36b	Park Jordana II	4,72	0,860	0,310	3,64	61,0
Średnia		4,18	0,69	2,09	2,79	67,3
Minimum		2,05	0,21	śl.	1,07	11,1
Maksimum		10,9	1,54	10,23	6,38	142,8
Odchylenie standardowe		1,74	0,29	2,21	1,38	33,3

Objawy toksyczności chromu dla roślin dotyczą, więc przede wszystkim korzeni (uszkodzenia, zamieranie). Na liściach młodych mogą pojawiać się chlorozy. Mobilne formy chromu oddziałują także szkodliwie na mikroorganizmy glebowe.

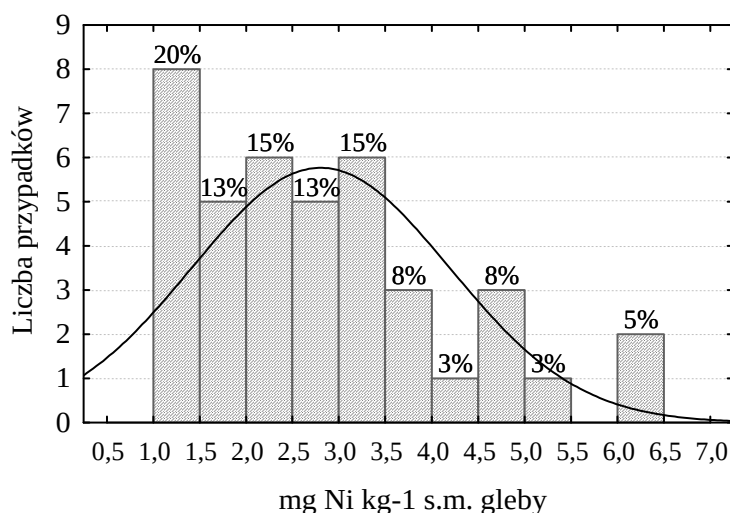


Wykres 17. Zawartość rozpuszczalnego chromu (mg kg^{-1} s.m. gleby) w glebach pochodzących z terenów zieleni Krakowa i Nowej Huty - histogram gęstości rozkładu zmiennej

W przeprowadzonych badaniach zawartość **niklu** oznaczona w wyciągu 1 mol dm^{-3} HCl zawierała się w granicach 1,07 do 6,38 mg Ni kg^{-1} s.m. gleby (tab. 3). Zdecydowana większość gleb (76%) charakteryzowała się stężeniem niklu rozpuszczalnego w przedziale 1,0 do 3,5 mg Ni kg^{-1} s.m. gleby (wykres 18). Najwyższe zawartości rozpuszczalnego niklu oznaczono w glebach pobranych przy ulicy Basztowej (6,38 mg), przy Rondzie Grzegórzeckim (6,25 mg) oraz przy ulicy Księcia Józefa (5,10 mg).

Trelak i in. (1997) podają, że całkowita zawartość niklu w glebach Polski mieści się w zakresie od 0,1 do 328 mg Ni kg^{-1} (średnio 6 mg Ni). Dopuszczalna zawartość tego pierwiastka w glebach kategorii B wynosi 100 mg kg^{-1} s.m. (Dz. U. 2002, Nr 165 poz. 1359). Rozpuszczalność niklu maleje wraz z wzrostem odczynu gleby. Ze względu jednak na łatwość tworzenia połączeń z substancją organiczną metal ten jest ruchliwy nawet w glebach obojętnych i alkalicznych. Zarówno emisje przemysłowe (przemysł metalurgiczny i spalanie paliw płynnych), jak i stosowanie osadów ściekowych ze ścieków komunalnych powodują wzrost zawartości tego metalu w glebach.

Nikiel jest łatwo przyswajalny przez rośliny, jeśli występuje w formach mobilnych. Najczęstszym objawem zatrucia roślin tym składnikiem są chlorozy liści młodszych, spowodowane wyłączeniem żelaza z funkcji fizjologicznych.

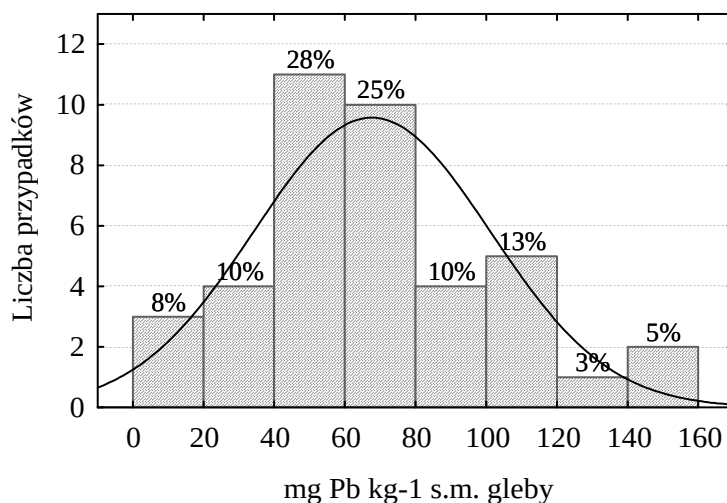


Wykres 18. Zawartość rozpuszczalnego niklu (mg kg^{-1} s.m. gleby) w glebach pochodzących z terenów zieleni Krakowa i Nowej Huty - histogram gęstości rozkładu zmiennej

Ołów (Pb) podobnie jak inne pierwiastki śladowe jest naturalnym składnikiem różnych skał macierzystych, z których wykształciły się gleby. Ilość ołowiu w glebach terenów niezanieczyszczonych uzależniona jest głównie od budowy mineralogicznej gleb, ich składu granulometrycznego oraz zawartości próchnicy. Zanieczyszczenie gleb ołowiem jest przede wszystkim wynikiem działalności przemysłowej (pyły metalonośne) oraz motoryzacyjnej. Dopuszczalne ilości ołowiu w glebach uprawnych i terenów zurbanizowanych wynoszą 100 mg kg^{-1} s.m. (Dz. U. 2002, Nr 165 poz. 1359). W glebach niezanieczyszczonych w warunkach polskich stężenie ołowiu ogółem wynosi najczęściej od 13 do 21 mg Pb kg^{-1} s.m. gleby. W glebach o odczynie $\text{pH} > 6,5$ następuje wytrącanie się ołowiu w postaci węglanów i fosforanów.

Oznaczona w badanych glebach zawartość ołowiu rozpuszczalnego zawierała się w przedziale 11,1 (Rondo Mogiłskie-lipa) – $142,8 \text{ mg Pb kg}^{-1}$ s.m. gleby (ul. Basztowa-lipa). Największy udział stanowiły gleby o zawartości ołowiu od 40 do 80 mg Pb (53%, wyk. 19). Najwyższe zawartości ołowiu rozpuszczalnego ($> 100 \text{ mg Pb}$) oznaczono w glebach przy

ulicach: Kościuszki (lipa), 3-Maja (jesion), Daszyńskiego (lipa), Basztowej (lipa), Senatorskiej (lipa), Wrocławskiej (klon pospolity) oraz przy Rondzie Grzegórzeckim (lipa).



Wykres 19. Zawartość rozpuszczalnego ołowiu (mg kg^{-1} s.m. gleby) w glebach pochodzących z terenów zieleni Krakowa i Nowej Huty - histogram gęstości rozkładu zmiennej

Antropogeniczne nagromadzenie ołowiu w glebie związane między innymi z emisją zanieczyszczeń motoryzacyjnych i przemysłowych doprowadziło do zanieczyszczenia gleb ogrodów działkowych w miastach i przy ruchliwych ciągach komunikacyjnych. W roku 1982 emisja ołowiu w wyniku działalności huty Sendzimir wyniosła około 35 t w skali roku (Kabata-Pendias i Pendias 1999). Wzrost zawartości ołowiu w powierzchniowych warstwach gleby wpływa niekorzystnie na mikroflorę glebową, hamując rozkład glebowej materii organicznej. Pobieranie ołowiu przez rośliny jest procesem biernym i proporcjonalnym do jego stężenia w środowisku odżywczym. Ołów gromadzi się głównie w korzeniach roślin. Źródłem skażenia części nadziemnych roślin jest opad pyłów bogatych w ołów. Drzewa, krzewy i rośliny zielne wykazują dużą tolerancję na nadmiar ołowiu w środowisku glebowym (odżywczym).

3.2. Wyniki badań w formie tabelarycznej

3.2.1. Zestawienie tabelaryczne wyników obserwacji wizualnych drzew wg lokalizacji

Zieleńce Miasta Krakowa:

1. Plac Biskupi
2. Plac Axentowicza
3. Plac Słowiański
4. Plac Centralny

1. PLAC BISKUPI

Stanowisko nr 1	
Współrzędne GPS	N 50.06762; E 19.93564
Gatunek	<i>Tilia platyphyllos</i> – lipa szerokolistna
Opis stanowiska	Drzewo rośnie w pasie zieleni między dwoma chodnikami. Pas ze wszystkich stron otoczony jest płotkiem o wysokości ok. 40 cm
Pierśnica	194 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Część bryły korzeniowej wystaje ponad powierzchnię gruntu, posusz pędów 5%, widoczne żerowanie mszyc, liście pokryte dużą ilością spadzi.
Obserwacje jesienne IX	Posusz pędów 5%, na liściach widoczny gołożer oraz minowanie, widać obecność wielu szkodników, na liściach widoczne grzyby sadzaki
Uwagi	-



A



C

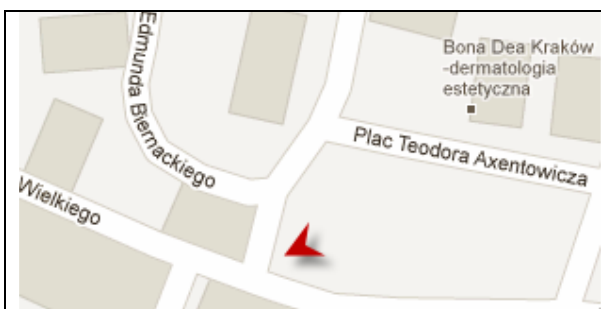


B

Ryc. 1. Lipa drobnolistna na stanowisku nr 1: A. lokalizacja drzewa, B. widok na koronę, C. uszkodzenia liścia

2. PLAC AXENTOWICZA

Stanowisko nr 2	
Współrzędne GPS	N 50.07206; E 19.92427
Gatunek	<i>Tilia cordata</i> – lipa drobnolistna
Opis stanowiska	Drzewo rośnie na trawniku w rogu placu, od ulicy Biernackiego, trawnik otoczony jest płotkiem o wysokości ok. 40 cm
Pierśnica	171 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Posusz pędów 10%, na liściach ślady gołożeru i minowania.
Obserwacje jesienne IX	Posusz pędów 10%, na liściach ślady gołożeru i minowania, znaczna część liści dotknięta nekrozą postępującą od brzegu blaszki liściowej do środka.
Uwagi	-



A



C

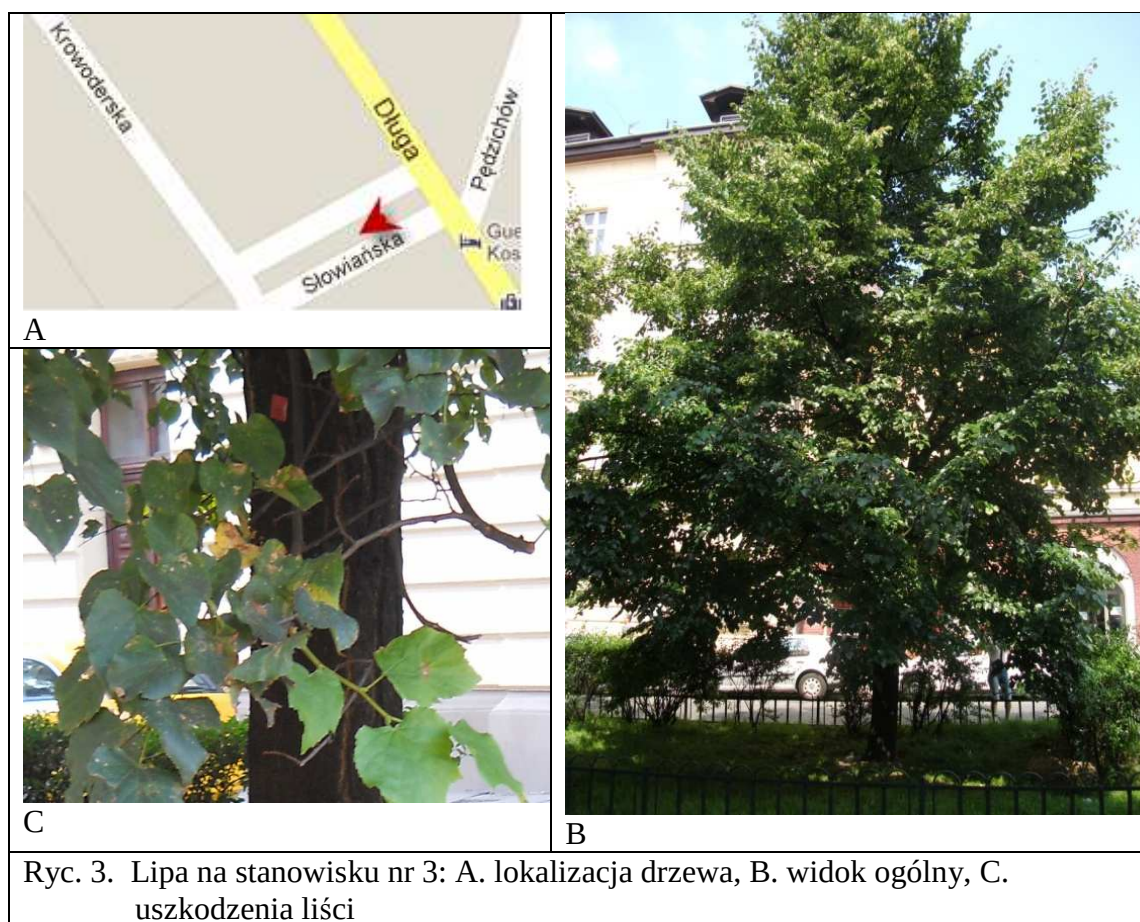


B

Ryc. 2. Lipa drobnolistna na stanowisku nr 2: A. lokalizacja drzewa, B. widok ogólny drzewa, C. nekrozy na liściach

3. PLAC SŁOWIAŃSKI

Stanowisko nr 3	
Współrzędne GPS	N 50.06898; E 19.93691
Gatunek	<i>Tilia cordata</i> – lipa drobnolistna
Opis stanowiska	Drzewo rośnie na środku trawnika pomiędzy dwoma pasami chodnika. Trawnik otoczony płotkiem ok. 40 cm wysokości oraz częściowo żywopłotem z ligustru.
Pierśnica	112 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Sporo pęknięć kory, połamane pędy, posusz pędów 10%, liście pokryte bardzo dużą ilością spadzi, stwierdzono obecność mszyc. Na liściach widoczny gołożer.
Obserwacje jesienne IX	Cześć liści pożółkniętych z bardzo dużymi plamami nekrotycznymi, znaczny gołożer.
Uwagi	-



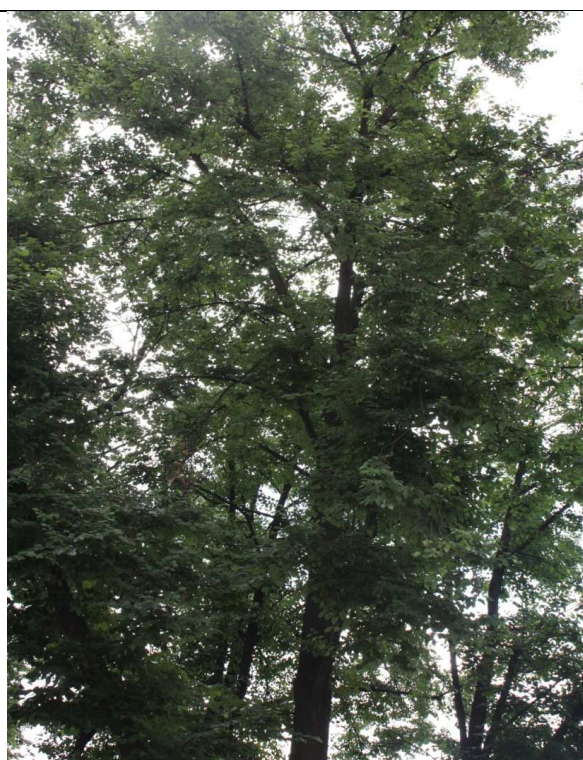
Ryc. 3. Lipa na stanowisku nr 3: A. lokalizacja drzewa, B. widok ogólny, C. uszkodzenia liści

4. PLAC CENTRALNY

Stanowisko nr 4	
Współrzędne GPS	N 50.07277; E 20.03752
Gatunek	<i>Tilia cordata</i> – lipa drobnolistna
Opis stanowiska	Stosunkowo szeroki pas trawnika między rondem a chodnikiem, od strony jezdni trawnik oddzielają róże.
Pierśnica	155 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Posusz młodych pędów 5%, na liściach występują ślady gołozeru oraz niewielkie plamy nekrotyczne.
Obserwacje jesienne IX	Posusz młodych pędów 15%. Bardzo dużo plam nekrotycznych na liściach, wyraźne minowanie – brak miękiszu między dolną a górną skórką.
Uwagi	-



A



B



C

Ryc. 4. Lipa na stanowisku nr 4: A, lokalizacja drzewa, B. widok ogólny korony drzewa, C. widok pnia

Ciągi komunikacyjne:

5. Ul. Kościuszki
6. Ul. 3 Maja
7. Ul. Czarnowiejska
8. Ul. Kazimierza Wielkiego
9. Ul. Nawojki
10. Al. Juliusza Słowackiego
11. Ul. Królewska
12. Plac Matejki
13. Ul. Daszyńskiego
14. Ul. Dietla
15. Ul. Westerplatte (od strony plant)
16. Al. Andersa
17. Ul. Basztowa (od strony plant)
18. Ul. Basztowa (przy Małopolskim Urzędzie Wojewódzkim)
19. Al. Beliny - Prażmowskiego
20. Ul. Łopackiego (na odcinku od Ronda Hipokratesa do Szpitala Rydygiera
gdzie rosną młode lipy)
21. Ul. Okulickiego (od strony os. Kalinowego)
22. Al. Pokoju
23. Ul. Opolska - w miejscu wzrostu pnączy
24. Ul. Św. Marka (skrzyżowanie z ul. Reformacką) – skwer
25. Ul. Struga
26. Ul. Księcia Józefa (w rejonie nowo wybudowanej ulicy)
27. Ul. Brodowicza
28. Ul. Wielicka (w pobliżu Paru Jerzmanowskiego)
29. Ul. Mazowiecka
30. Ul. Senatorska
31. Ul. Wrocławska
32. Ul. Jugowicka
33. Al. Dygasińskiego

5. ULICA KOŚCIUSZKI

Stanowisko nr 5a	
Współrzędne GPS	N 50.05370; E 19.92293
Gatunek	<i>Tilia cordata</i> 'Greenspire' – lipa drobnolistna 'Greenspire'
Opis stanowiska	Bardzo wąski pas zieleni między jezdnią a chodnikiem, otoczony płotkiem o wysokości 40 cm
Pierśnica	26 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Młode nasadzenie, drzewo wsparte palikami i taśmą - zabezpieczenie przed przechyleniem. Dobrze wykształcony pień, posusz pędów 5%, liście z wyraźnym minowaniem, pokryte spadzią, stwierdzono obecność mszyc.
Obserwacje jesienne IX	Posusz pędów 10%, liście pożółknięte z plamami nekrotycznymi, wyraźne ślady minowania i gołożeru.
Uwagi	-



A



B



C

Ryc. 5a. Lipa drobnolistna na stanowisku nr 5a: A. lokalizacja drzewa, B. widok ogólny drzewa, C. zabezpieczenie drzewa po posadzeniu

Stanowisko nr 5b	
Współrzędne GPS	N 50.05370; E 19.92291
Gatunek	<i>Tilia cordata</i> 'Greenspire' – lipa drobnolistna 'Greenspire'
Opis stanowiska	Bardzo wąski pas zieleni między jezdnią a chodnikiem, otoczony płotkiem o wysokości ok. 40 cm.
Pierśnica	24 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Posusz pędów 15%, liście drobniejsze niż u lipy na stanowisku 5a, szarozielone, blaszka liściowa zwijająca się do środka. Liście wykazują objawy stresu fizjologicznego.
Obserwacje jesienne IX	Posusz pędów znacznie się pogłębił (do 30%), liście pożółkłe z plamami nekrotycznymi.
Uwagi	-



A



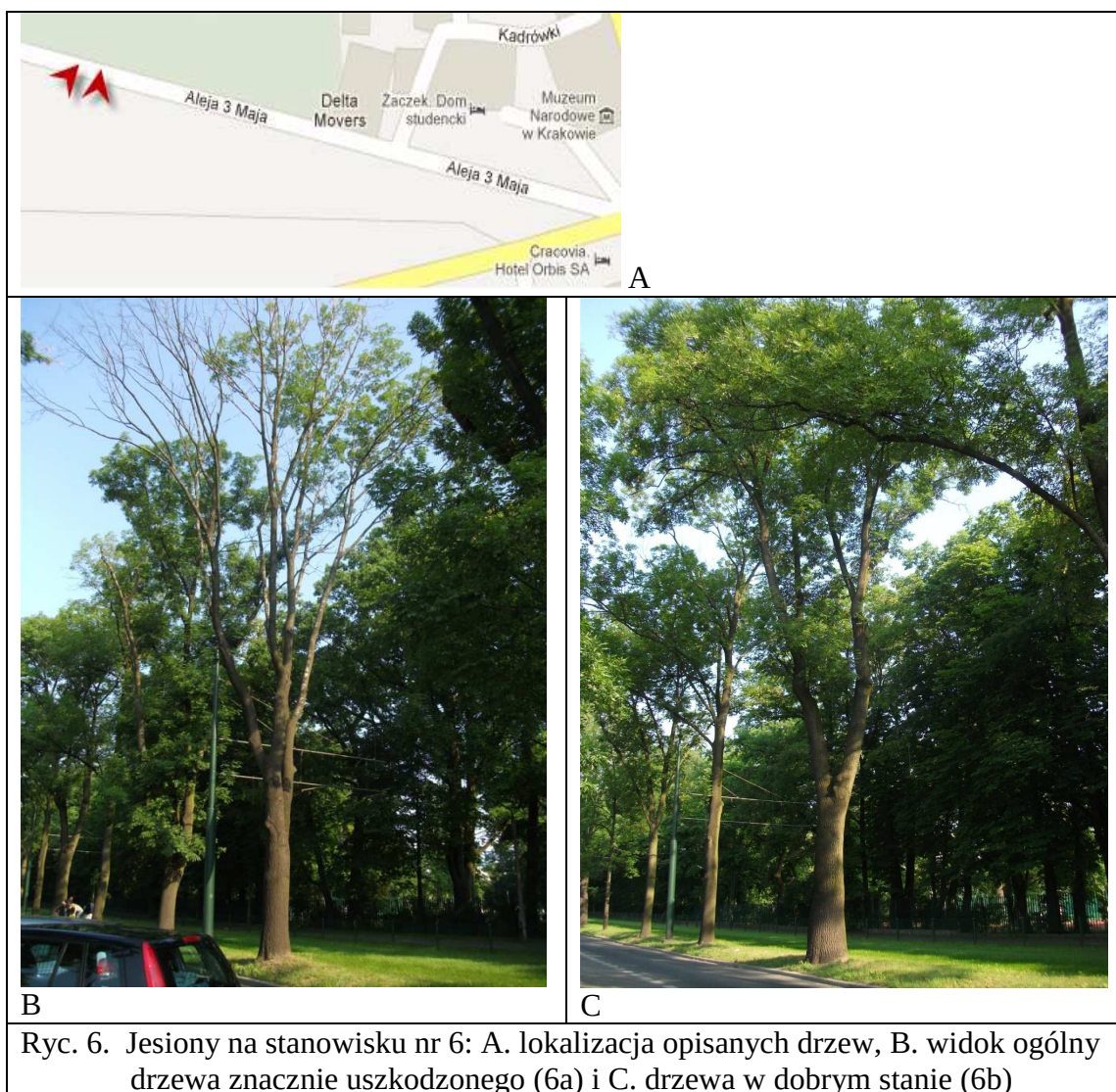
B

Ryc. 5b. Lipa drobnolistna na stanowisku nr 5b: A. lokalizacja drzewa, B. widok ogólny drzewa

6. ULICA 3 MAJA

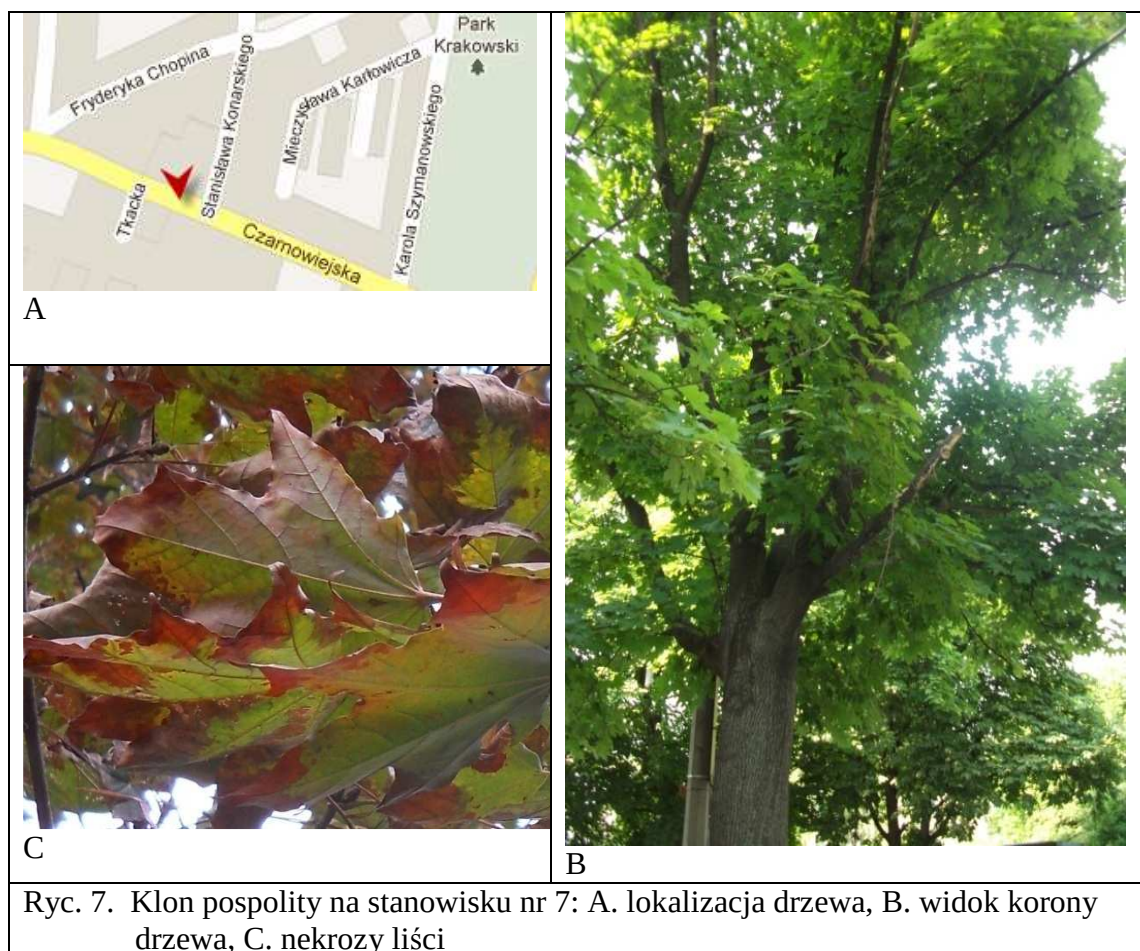
Stanowisko nr 6a	
Współrzędne GPS	N 50.06049; E 19.91630
Gatunek	<i>Fraxinus excelsior</i> – jesion wyniosły
Opis stanowiska	Drzewo rośnie w bardzo wąskim pasie zieleni między jezdnią a pasem przeznaczonym dla ruchu tramwajowego.
Pierśnica	149 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Kora odchodzi z drzewa płatami, na drzewie znajduje się jedynie 30% liści, posusz gałęzi 70%
Obserwacje jesienne IX	Stan drzewa znacznie się pogorszył, drzewo jest niemal całkowicie pozbawione liści.
Uwagi	-

Stanowisko nr 6b	
Współrzędne GPS	N 50.06052; E 9.91609
Gatunek	<i>Fraxinus excelsior</i> – jesion wyniosły
Opis stanowiska	Drzewo rośnie w bardzo wąskim pasie zieleni między jezdnią a pasem przeznaczonym dla ruchu tramwajowego.
Pierśnica	165 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Posusz młodych pędów ok. 10%.
Obserwacje jesienne IX	Posusz młodych pędów ok. 20%. Na liściach plamy nekrotyczne.
Uwagi	-



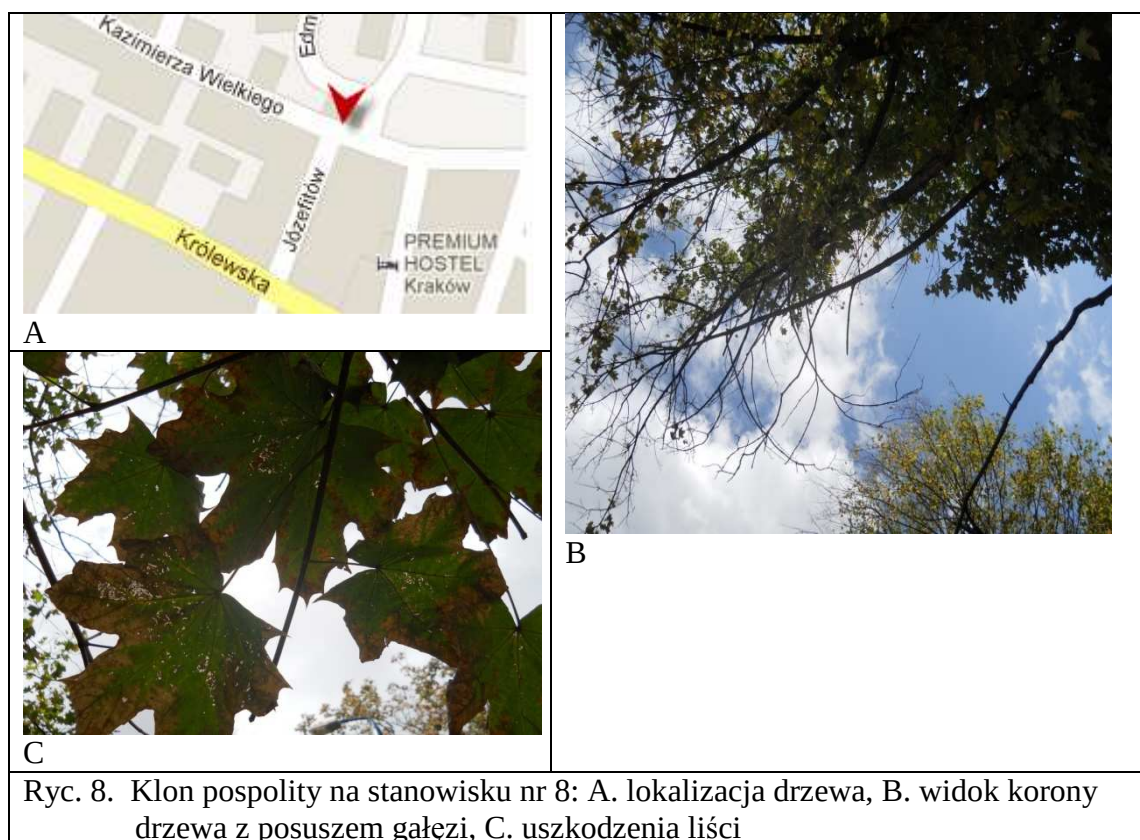
7. ULICA CZARNOWIEJSKA

Stanowisko nr 7	
Współrzędne GPS	N 50.06724; E 19.91971
Gatunek	<i>Acer platanoides</i> – klon pospolity
Opis stanowiska	Rośnie w pasie zieleni (ok. 3 m szerokości) między jezdnią a chodnikiem. Pas ten otoczony jest płotkiem o wysokości 40 cm
Pierśnica	156 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Kora odchodzi płatami, huba na pniu, kilka grubszych pędów połamanych, posusz młodych pędów 20%.
Obserwacje jesienne IX	Posusz pędów 35%, nekroza liści postępująca od brzegu blaszki liściowej do środka, nekroza występuje niemal na każdym liściu.
Uwagi	-



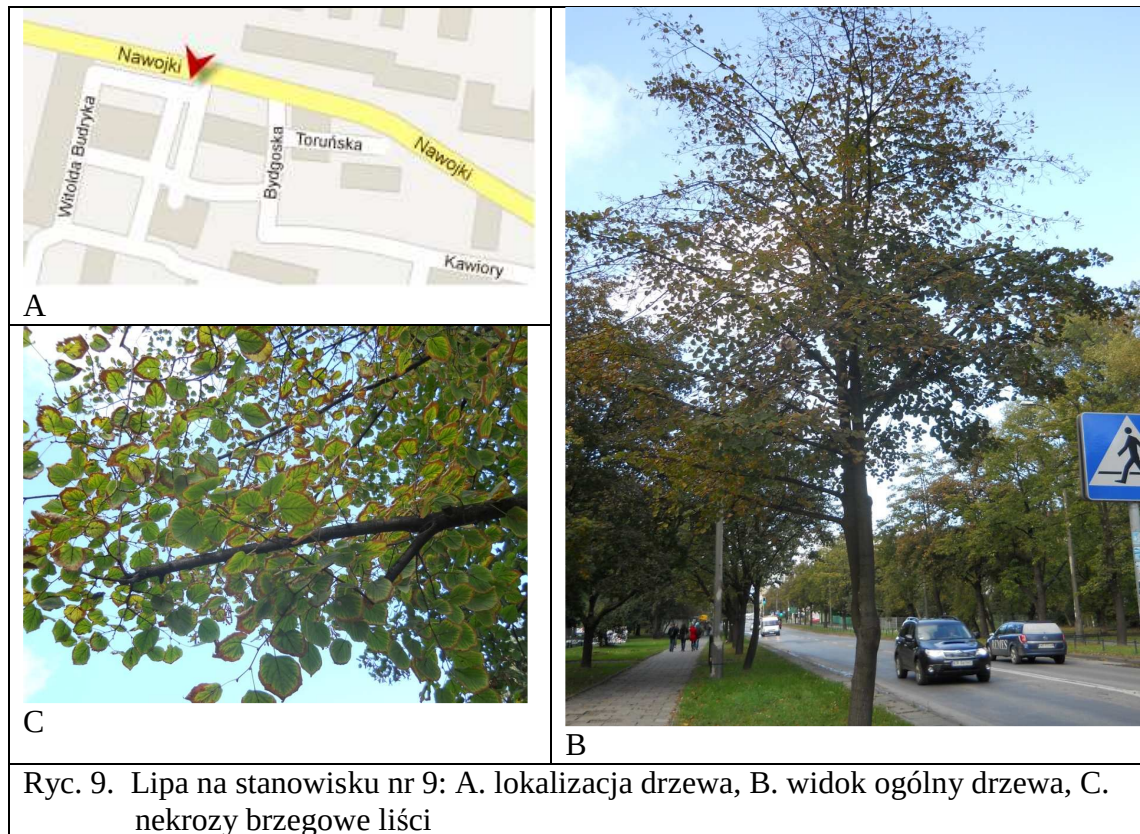
8. ULICA KAZIMIERZA WIELKIEGO

Stanowisko nr 8	
Współrzędne GPS	N 50.07210; E 19.92442
Gatunek	<i>Acer platanoides</i> – klon pospolity
Opis stanowiska	Drzewo rośnie w pasie trawnika (ok. 2 m szerokości) między jezdnią a chodnikiem. Trawnik osłonięty płotkiem wysokości ok. 40 cm.
Pierśnica	139 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Posusz pędów, także tych starszych 25%, pędy połamane. Liście mają częściowo wyjedzony miękisz między dolną a górną skórą.
Obserwacje jesienne IX	Posusz młodych pędów pogłębił się i wynosi 35%, powiększył się obszar minowania liści. Ponadto widać nekrozę liści postępującą od brzegu blaszki liściowej do środka.
Uwagi	



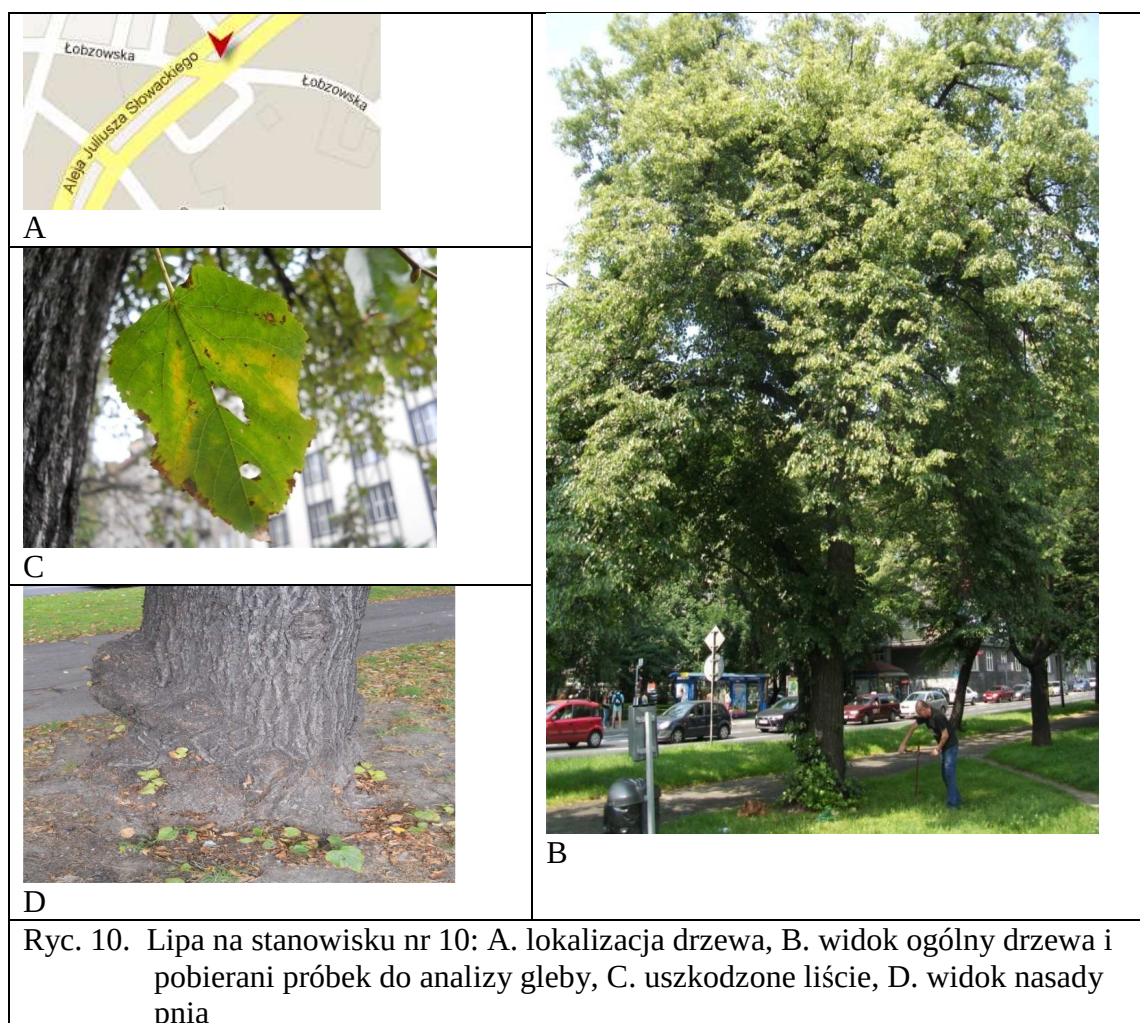
9. ULICA NAWOJKI

Stanowisko nr 9	
Współrzędne GPS	N 50.06913; E 19.90873
Gatunek	<i>Tilia x europaea</i> – lipa holenderska
Opis stanowiska	Drzewo rośnie w pasie zieleni, na trawniku (rząd lip) między jezdnią a chodnikiem, brak ogrodzenia trawnika
Pierśnica	75 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Drzewo zdrowe, jednak większość drzew w tym pasie zieleni ma posusz młodych pędów w granicach 10-20%, a także liście z dużą ilością spadzi.
Obserwacje jesienne IX	Stan drzewa pogorszył się. Posusz młodych pędów 30%, niemal wszystkie liście dotknięte nekrozą postępującą od brzegu blaszki liściowej do środka. Blaszka liściowa podwija się do środka.
Uwagi	



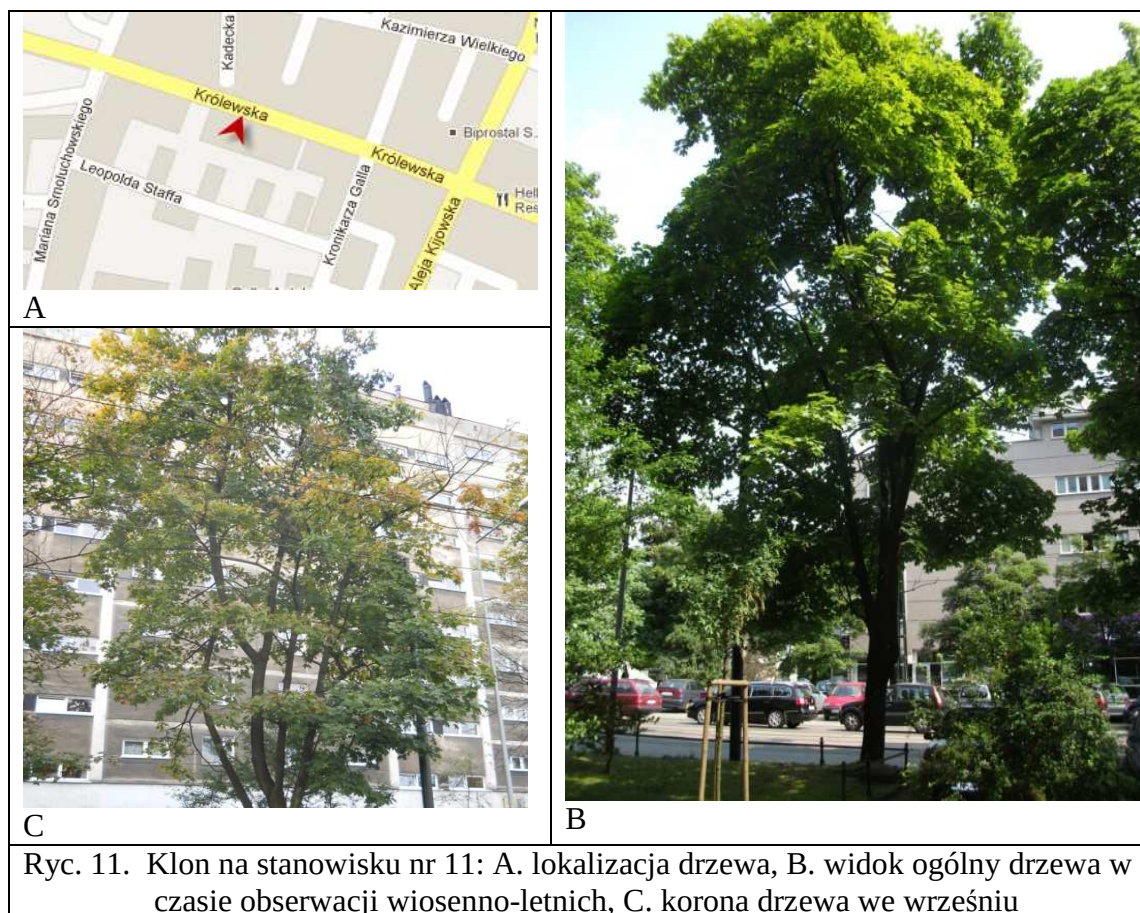
10. ALEJA JULIUSZA SŁOWACKIEGO

Stanowisko nr 10	
Współrzędne GPS	N 50.07140; E 19.92944
Gatunek	<i>Tilia x europaea</i> – lipa holenderska
Opis stanowiska	Drzewo rośnie w trawniku między dwoma pasami jezdni. Trawnik rozdziela asfaltowa ścieżka w pobliżu której rośnie obserwowana lipa.
Pierśnica	183 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	W dolnej części pnia wybijają młode odrosty, posusz młodych pędów 10%, na liściach gołożer, blaszka liściowa pokryta spadzią.
Obserwacje jesienne IX	Odrosty zostały usunięte, w dolnej części pnia widać duże przyrosty tkanki kambium. Posusz pędów 15% , pogłębiły się ślady gołożeru na liściach. Blaszki liściowe dotknięte nekrozą, widoczne też minowanie.
Uwagi	



11. ULICA KRÓLEWSKA

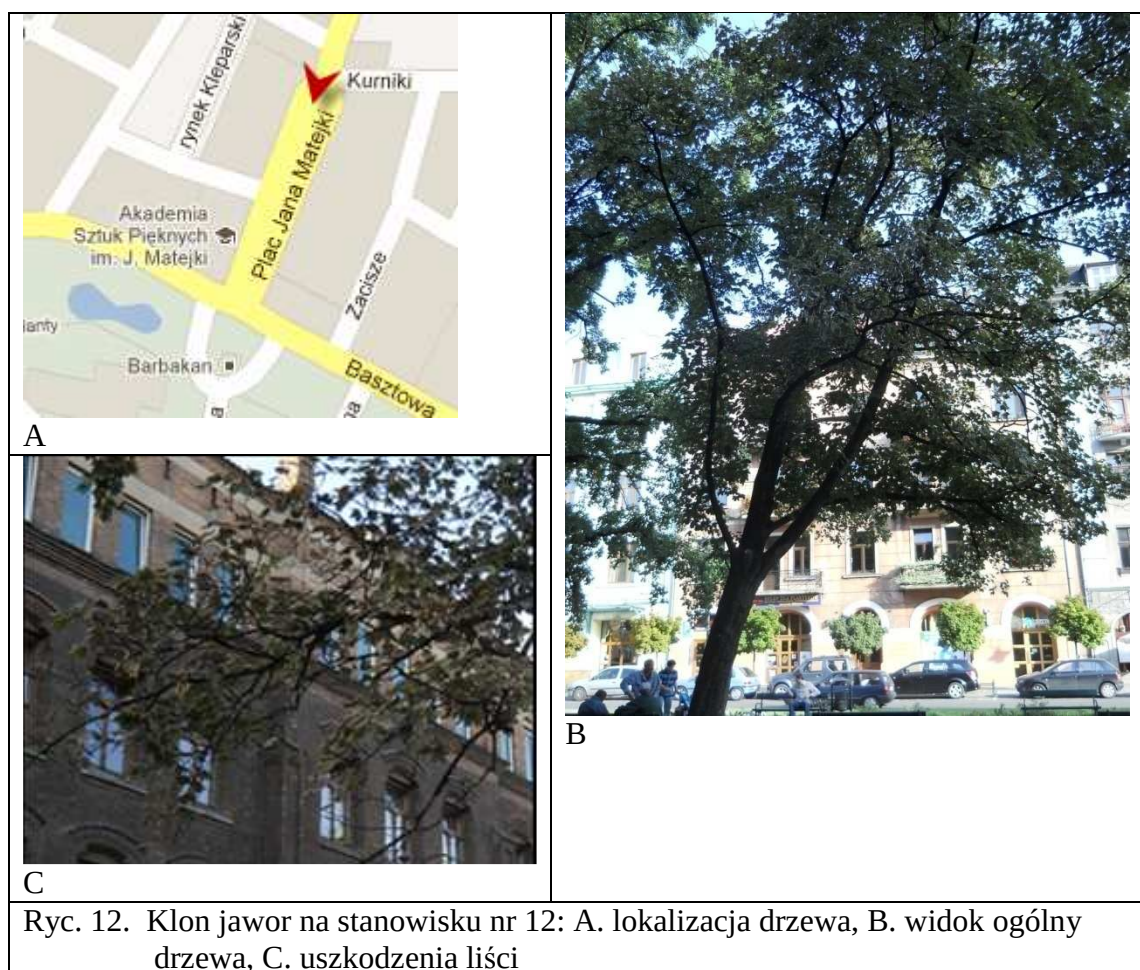
Stanowisko nr 11	
Współrzędne GPS	N 50.07371; E 19.91237
Gatunek	<i>Acer platanoides</i> – klon pospolity
Opis stanowiska	Drzewo posadzone bardzo blisko jezdni, trawnik odgradzony od jezdni niskim płotkiem
Pierśnica	131 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Posusz młodych pędów 20%.
Obserwacje jesienne IX	Posusz pędów zwiększył się do 30%. Część liści dotknięta nekrozą postępującą od brzegów blaszki liściowej.
Uwagi	



Ryc. 11. Klon na stanowisku nr 11: A. lokalizacja drzewa, B. widok ogólny drzewa w czasie obserwacji wiosenno-letnich, C. korona drzewa we wrześniu

12. PLAC MATEJKI

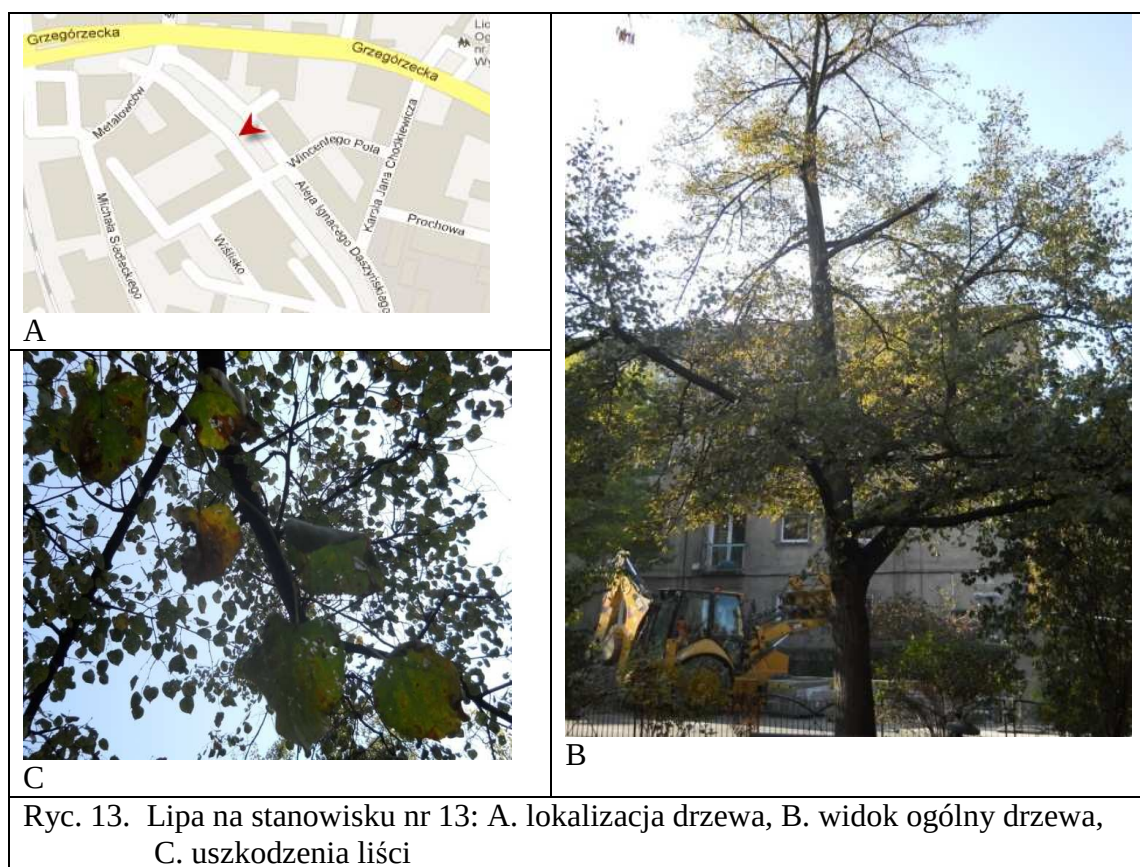
Stanowisko nr 12	
Współrzędne GPS	N 50.06699; 19.94236
Gatunek	<i>Acer pseudoplatanus</i> – klon jawor
Opis stanowiska	Drzewo rośnie w trawniku między jezdnią, a chodnikiem
Pierśnica	145 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Kora odchodzi, posusz młodych pędów 20%.
Obserwacje jesienne IX	Posusz pędów 30%, większość liści dotknięta nekrozą postępującą od brzegów blaszki liściowej, liście zwijają się do środka.
Uwagi	



Ryc. 12. Klon jawor na stanowisku nr 12: A. lokalizacja drzewa, B. widok ogólny drzewa, C. uszkodzenia liści

13. ULICA DASZYŃSKIEGO

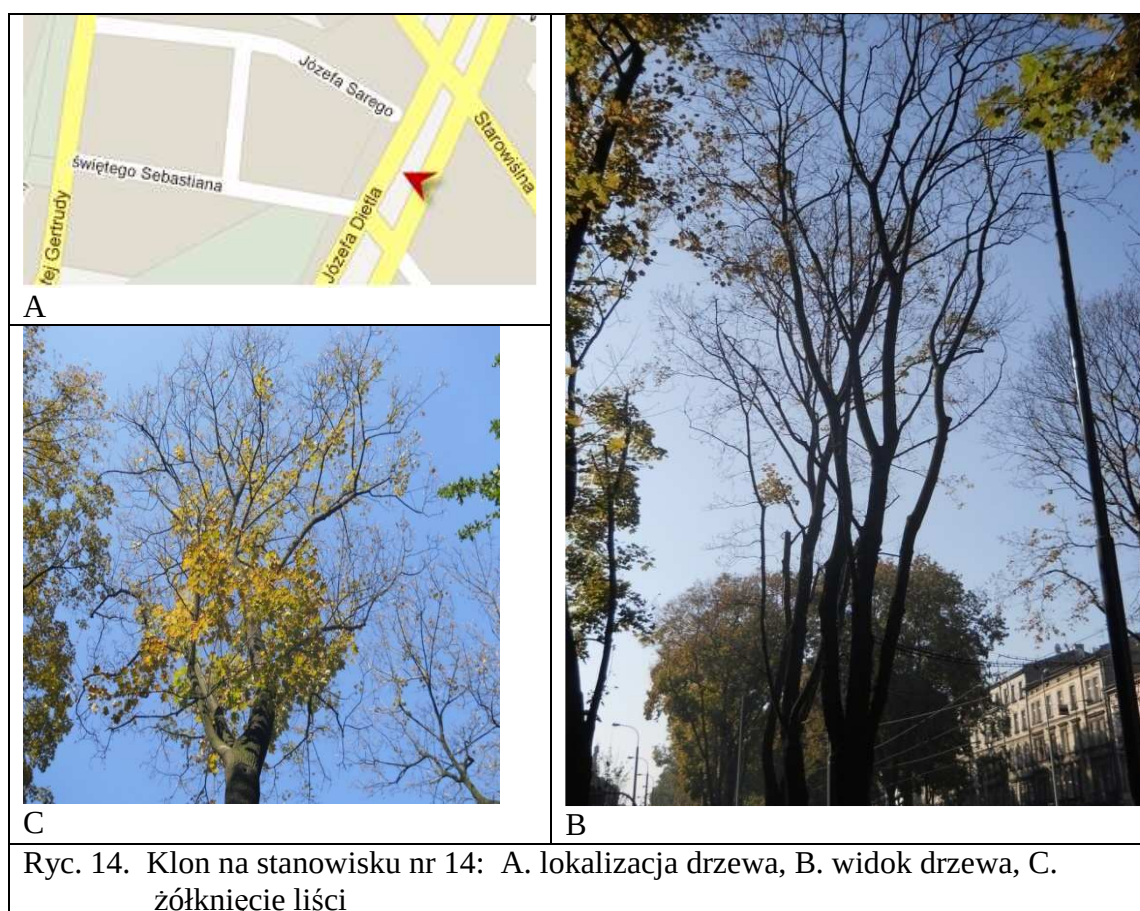
Stanowisko nr 13	
Współrzędne GPS	N 50.05689; E 19.95227
Gatunek	<i>Tilia cordata</i> – lipa drobnolistna
Opis stanowiska	Drzewo rośnie w podwójnym pasie zieleni rozdzielającym jezdnię, od strony ulicy odgradzony płotkiem
Pierśnica	149 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Posusz młodych pędów 20%, liście mają sporo wyjedzonego miększu i są oblepione spadzią.
Obserwacje jesienne IX	Górna część korony zdeformowana, pędy połamane. Posusz młodych pędów 40%, widoczny szczególnie w górnej części korony. Liście z objawami chlorozy i nekrozy, z dużymi śladami minowania i gołozeru.
Uwagi	



Ryc. 13. Lipa na stanowisku nr 13: A. lokalizacja drzewa, B. widok ogólny drzewa, C. uszkodzenia liści

14. ULICA DIETLA

Stanowisko nr 14	
Współrzędne GPS	N 50.05566; E 19.94526
Gatunek	<i>Acer platanoides</i> – klon pospolity
Opis stanowiska	Drzewo rośnie w wąskim trawniku między pasem jezdni przeznaczonym dla komunikacji miejskiej a asfaltową ścieżką dla ruchu pieszego. Pień drzewa oddalony od asfaltu o 20 cm.
Pierśnica	210 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Posusz pędów 30%. W pobliżu drzew duża ilość psich odchodów.
Obserwacje jesienne IX	Posusz pędów wynosi 60%, na sąsiednich klonach nawet 90%. Liście dotknięte nekrozą postępującą od brzegów blaszki liściowej.
Uwagi	



15. ULICA WESTERPLATTE

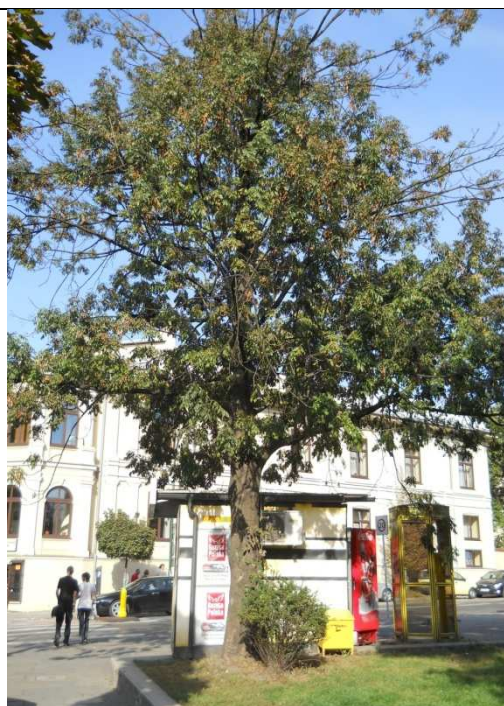
Stanowisko nr 15	
Współrzędne GPS	N 50.06115; E 19.94434
Gatunek	<i>Fraxinus excelsior</i> – jesion wyniosły
Opis stanowiska	Drzewo rośnie w dość dużym trawniku, jednak posadzone jest zbyt blisko chodnika.
Pierśnica	158 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Pękająca kora pnia, posusz młodych pędów 35%, szczególnie w górnej części korony.
Obserwacje jesienne IX	Posusz młodych pędów 40%, liście pozbawione wigoru, z plamami nekrotycznymi.
Uwagi	



A



C

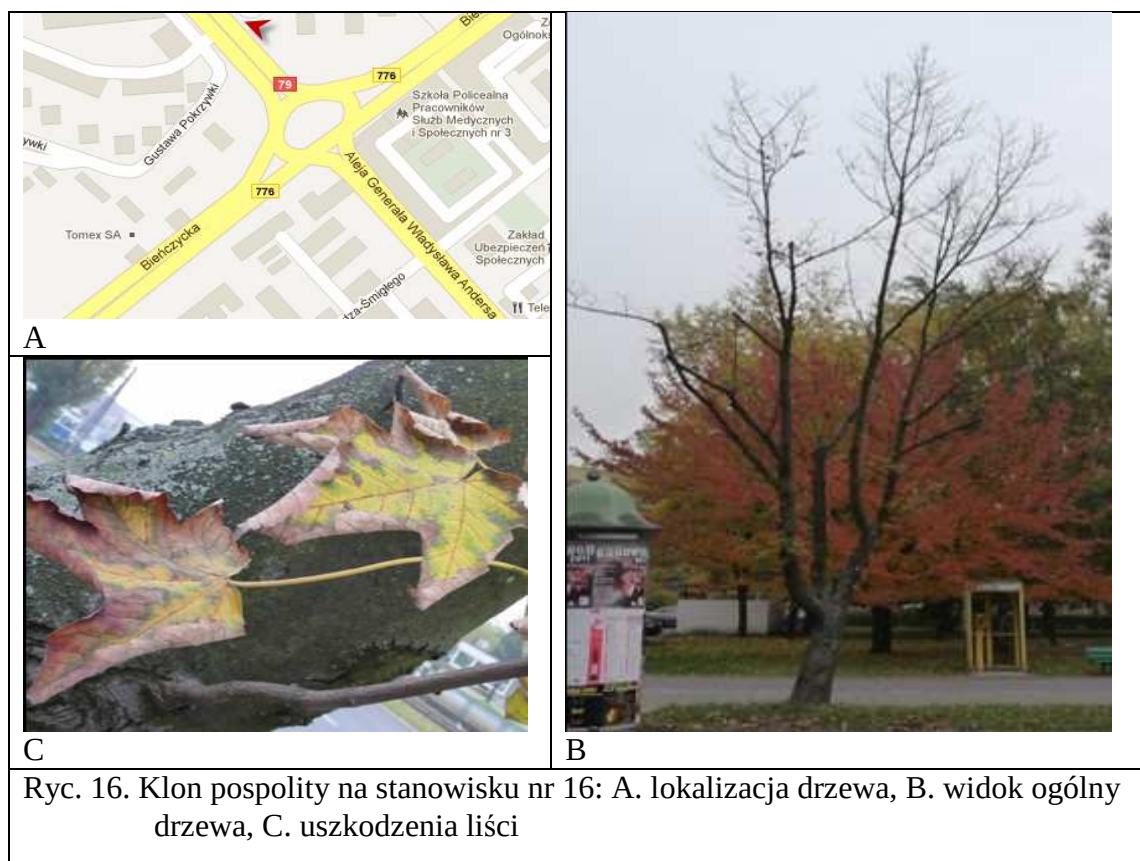


B

Ryc. 15. Jesion na stanowisku nr 15: A. lokalizacja drzewa, B. widok ogólny drzewa, C. uszkodzenia liści

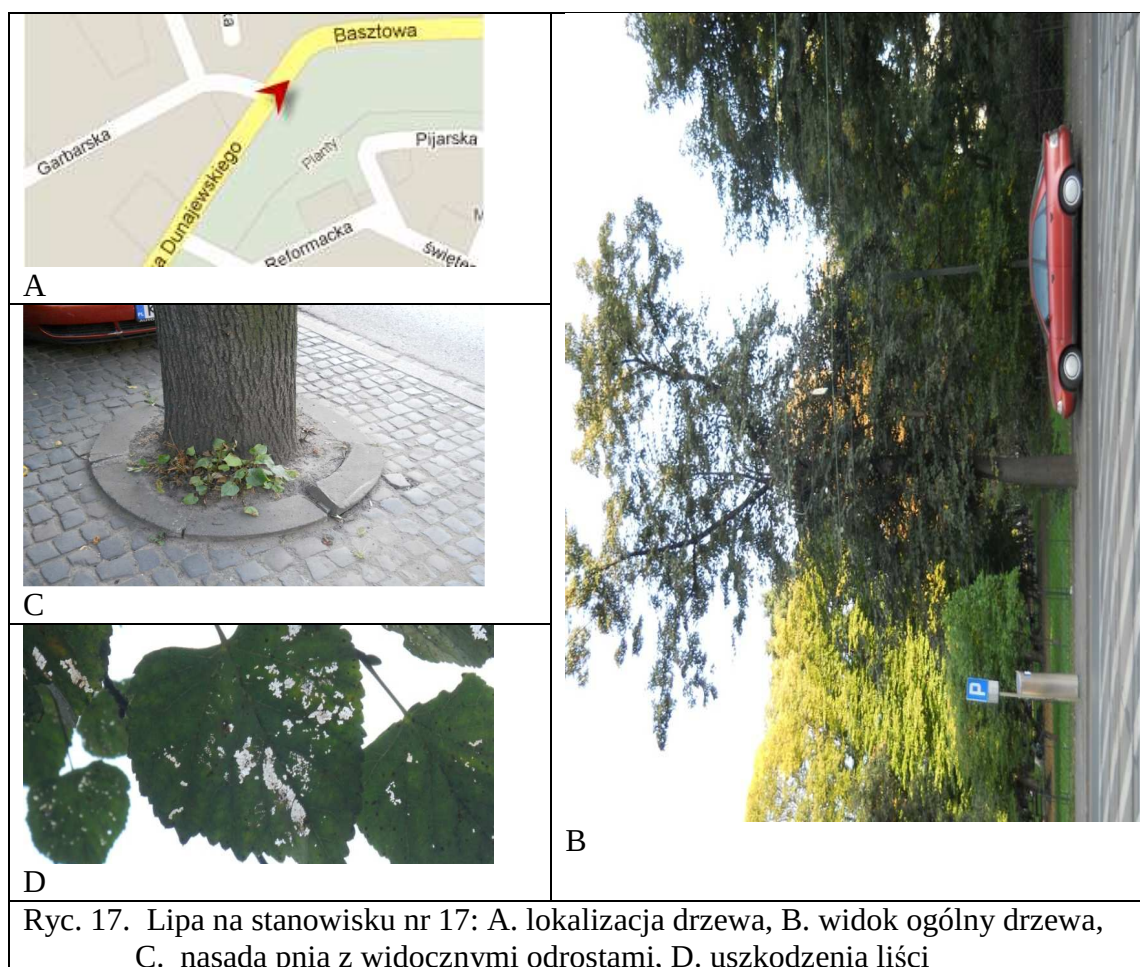
16. ALEJA GENERAŁA ANDERSA

Stanowisko nr 16	
Współrzędne GPS	N 50.08082; E 20.02602
Gatunek	<i>Acer platanoides</i> – klon pospolity
Opis stanowiska	Drzewo rośnie w wąskim pasie trawnika rozdzielającym chodnik.
Pierśnica	109 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Posusz pędów między 50-60%.
Obserwacje jesienne IX	Drzewo w 90% pozbawione liści. W stanie bezlistnym widać niewłaściwe ukształtowanie korony. Kora popękana, odchodzi małymi fragmentami. Liście, które pozostały na drzewie dotknięte w dużym stopniu nekrozą, zwijają się do środka.
Uwagi	



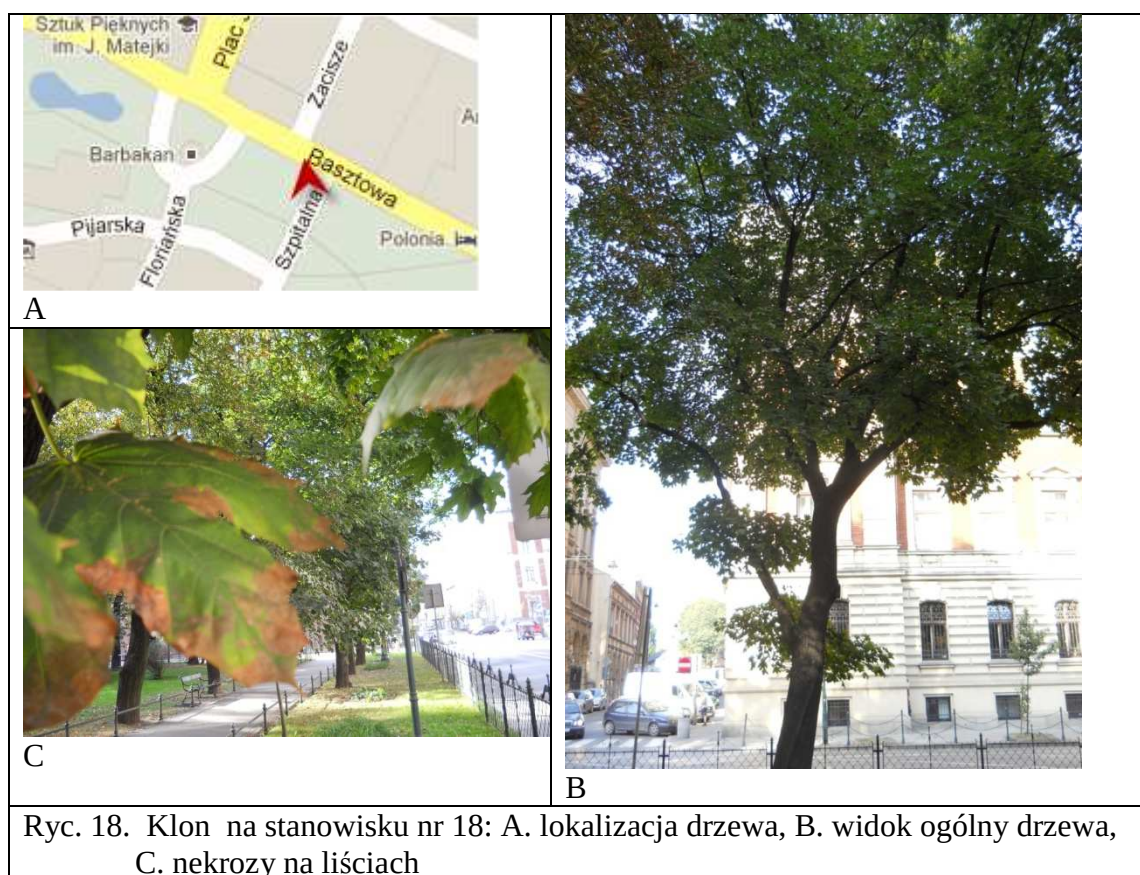
17. ULICA BASZTOWA (od strony Plant)

Stanowisko nr 17	
Współrzędne GPS	N 50.06584; E 19.93562
Gatunek	<i>Tilia</i> sp. - lipa
Opis stanowiska	Drzewo rośnie pośrodku chodnika wyłożonego kostką. Promień misy wokół pnia wynosi ok. 20 cm. Gleba w misie bardzo mocno ubita.
Pierśnica	135 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Przy podstawie pnia odrosty. Posusz młodych pędów 5%, liście pokryte dużą ilością spadzi.
Obserwacje jesienne IX	Posusz pędów ok. 15%. Na liściach widoczne intensywne minowanie i ślady gołożeru, a także plamy nekrotyczne.
Uwagi	



18. ULICA BASZTOWA (przy Miejskim Urzędzie Wojewódzkim)

Stanowisko nr 18	
Współrzędne GPS	N 50.06538; E 19.94280
Gatunek	<i>Acer platanoides</i> – klon pospolity
Opis stanowiska	Drzewo rośnie w pasie zieleni o ok. 3 metrach szerokości, między jezdnią a asfaltową ścieżką, z obu stron oddzielony płotkiem.
Pierśnica	161 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Posusz młodych pędów 5-10%.
Obserwacje jesienne IX	Posusz młodych pędów 5-10%, część liści dotknięta nekrozą postępującą od brzegu blaszki liściowej, ponadto na liściach niewielkie ślady gołożeru.
Uwagi	

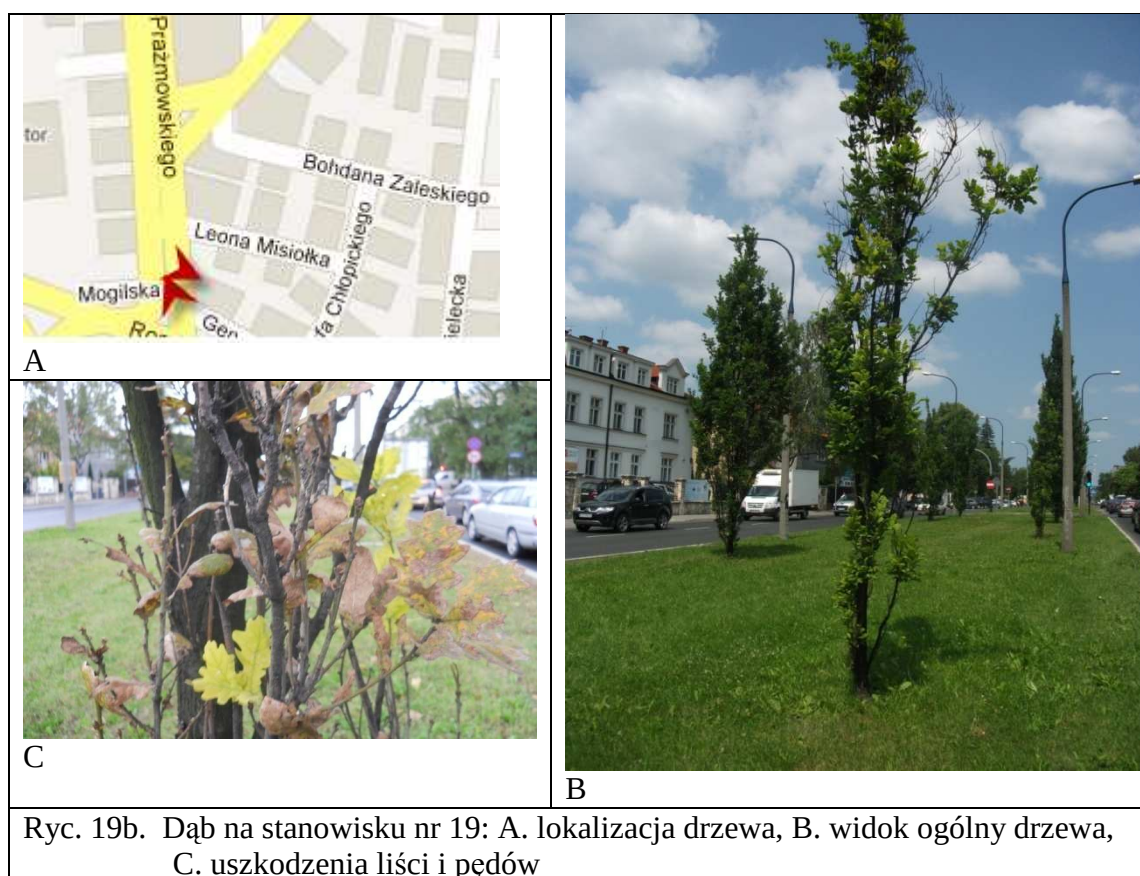


19. ALEJA BELINY – PRAŻMOWSKIEGO

Stanowisko nr 19a	
Współrzędne GPS	N 50.06749; E 19.95945
Gatunek	<i>Fraxinus excelsior</i> – jesion wyniosły
Opis stanowiska	Drzewo rośnie w niewielkiej misie kwadratowej oddzielonej od chodnika
Pierśnica	137 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Drzewo ma przechylony pień. Posusz młodych pędów 5%.
Obserwacje jesienne IX	Górna część korony w dużym stopniu pozbawiona liści.
Uwagi	



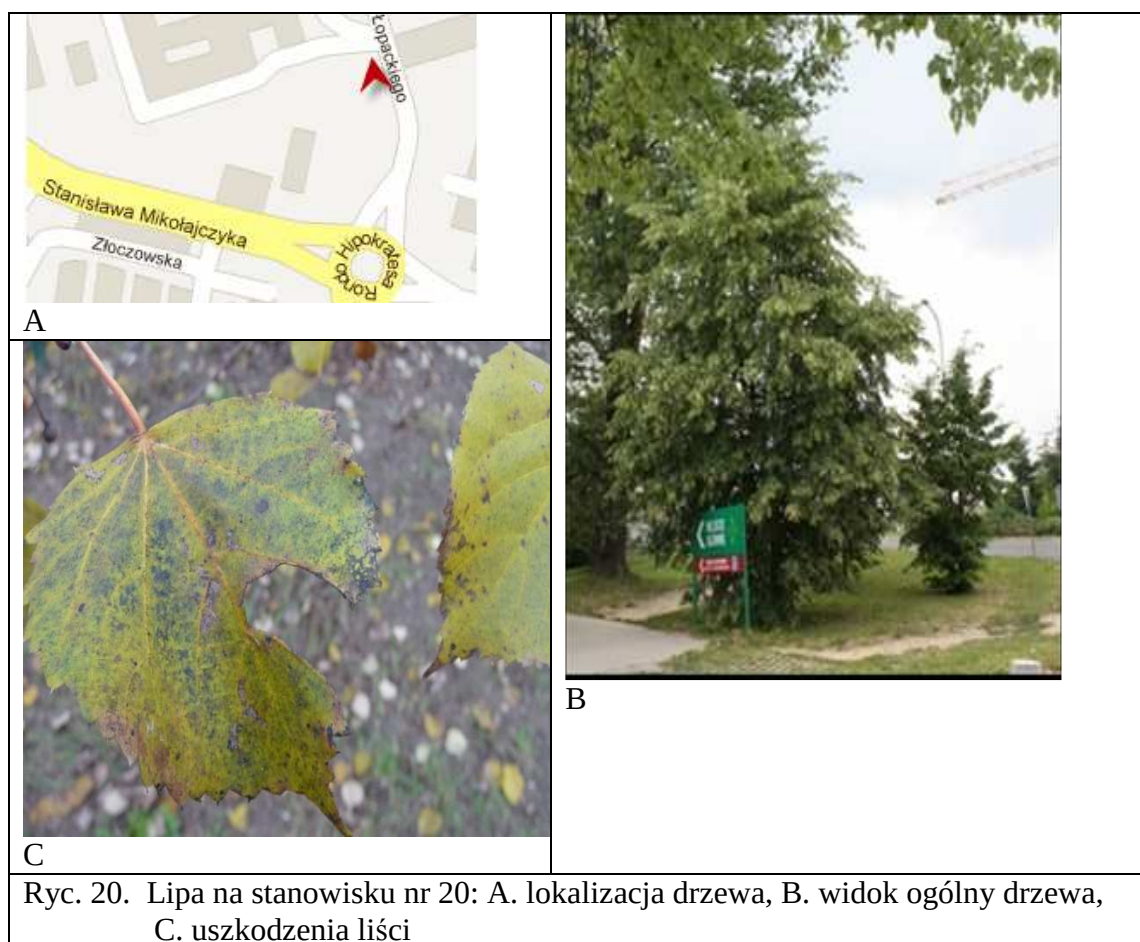
Stanowisko nr 19b	
Współrzędne GPS	N 50.06749; E 19.95951
Gatunek	<i>Quercus robur</i> 'Fastigiata' – dąb szypułkowy
Opis stanowiska	Drzewo rośnie w pasie zieleni między dwoma pasami jezdni. Dąb ten należy do ciągu młodych nasadzeń, mających utworzyć podwójną aleję.
Pierśnica	37 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Posusz pędów 60%, korona słabiej wykształcona niż u sąsiednich dębów, drzewa te charakteryzują się niewyrównanym wzrostem, widać brak pielęgnacji po posadzeniu.
Obserwacje jesienne IX	Posusz pędów zwiększył się, liście z plamami chlorotycznymi, w dużym stopniu dotknięte nekrozą.
Uwagi	



Ryc. 19b. Dąb na stanowisku nr 19: A. lokalizacja drzewa, B. widok ogólny drzewa, C. uszkodzenia liści i pędów

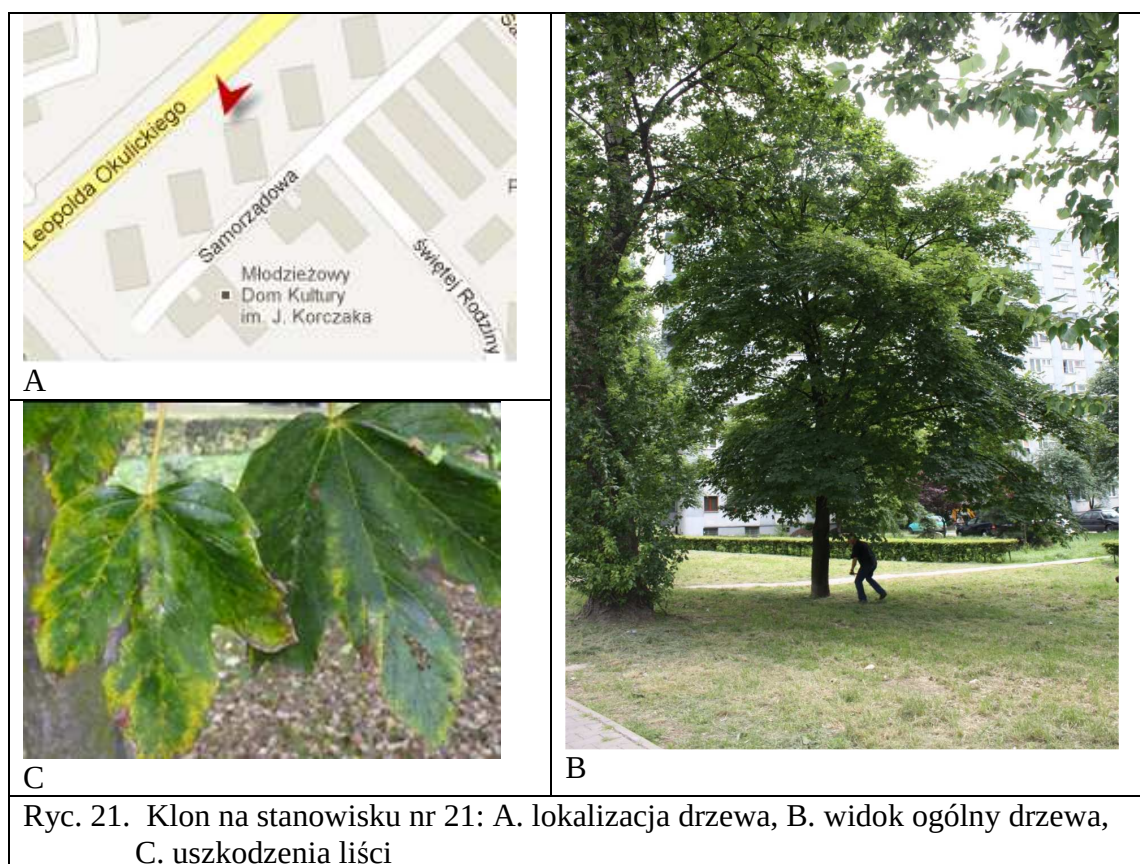
20. ULICA ŁOPACKIEGO

Stanowisko nr 20	
Współrzędne GPS	N 50.09214; E 20.021179
Gatunek	<i>Tilia x europaea</i> – lipa holenderska
Opis stanowiska	Drzewo rośnie w dość dużej przestrzeni trawnika, jednak posadzone jest zbyt blisko chodnika.
Pierśnica	83 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Dobra kondycja drzewa , drzewo posiada bardzo dużo odrostów.
Obserwacje jesienne IX	Drzewo w 70% pozbawione liści. Na liściach, które pozostały widoczne plamy nekrotyczne, duże ślady gołożeru. Liście prawie czarne, oblepione pyłem ulicznym i sadzakami.
Uwagi	



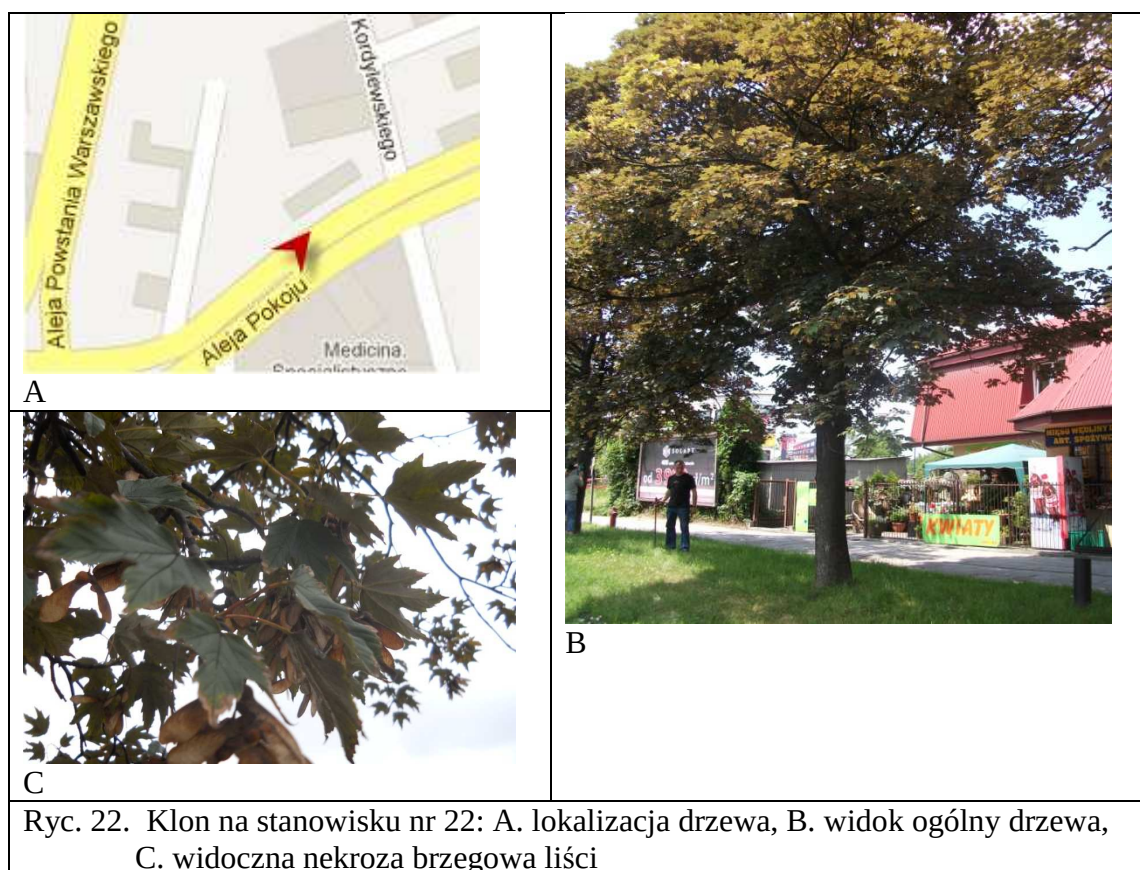
21. ULICA OKULICKIEGO

Stanowisko nr 21	
Współrzędne GPS	N 50.09224; E 20.01156
Gatunek	<i>Acer pseudoplatanus</i> – klon jawor
Opis stanowiska	Drzewo rośnie na dużym obszarze trawnika, ale jest posadzone zbyt blisko chodnika
Pierśnica	93 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Posusz młodych pędów 10%, na liściach widoczne minowanie, liście lepkie od spadzi.
Obserwacje jesienne IX	Posusz młodych pędów 20%. Liście oblepione spadzią, bardzo dużo mszyc. Widoczne także minowanie oraz plamy nekrotyczne.
Uwagi	



22. ALEJA POKOJU

Stanowisko nr 22	
Współrzędne GPS	N 50.05929; E 19.96299
Gatunek	<i>Acer pseudoplatanus</i> 'Atropurpureum' – klon jawor odm. ciemnopurpurowa
Opis stanowiska	Rośnie w pasie zieleni między jezdnią a chodnikiem.
Pierśnica	96 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Posusz młodych pędów 10%, na liściach obecność mszyc.
Obserwacje jesienne IX	Posusz młodych pędów 20%. Brzegi blaszki liściowej dotknięte nekrozą, widać niewielkie ślady gołożeru.
Uwagi	



23. ULICA OPOLSKA

Stanowisko nr 23	
Współrzędne GPS	N 50.08978; E 19.94447
Gatunek	<i>Parthenocissus quinquefolia</i> –winobluszcz pięciolistkowy
Opis stanowiska	Rosną od strony chodnika przy ekranach przyulicznych
Pierśnica	Pnącze
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Roślina w bardzo dobrym stanie
Obserwacje jesienne IX	Sporo grubych pędów połamana. Liście mają niewielkie plamy nekrotyczne. Opadają dużo szybciej niż okazy <i>Parthenocissus</i> rosnące z dala od jezdni.
Uwagi	



A



C

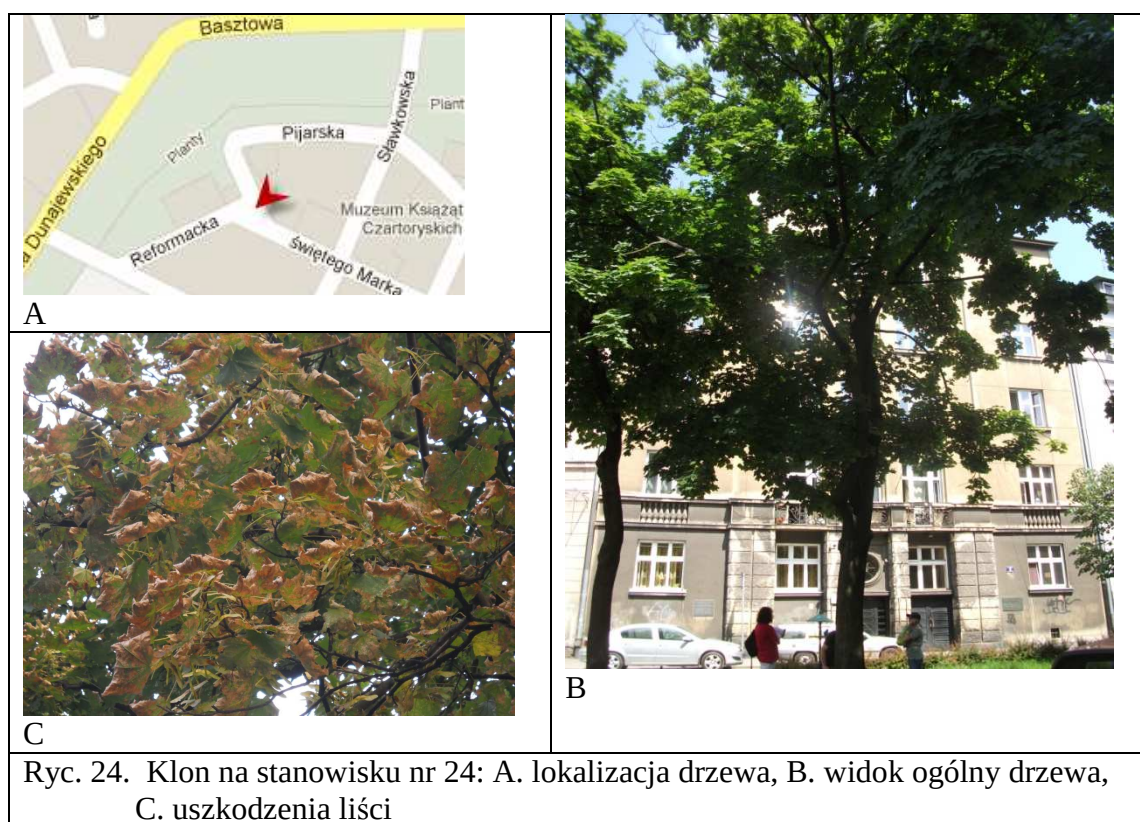


B

Ryc. 23. Winobluszcz na stanowisku nr 23: A. lokalizacja pnącza, B. widok ogólny pnącza, C. nasada pędów

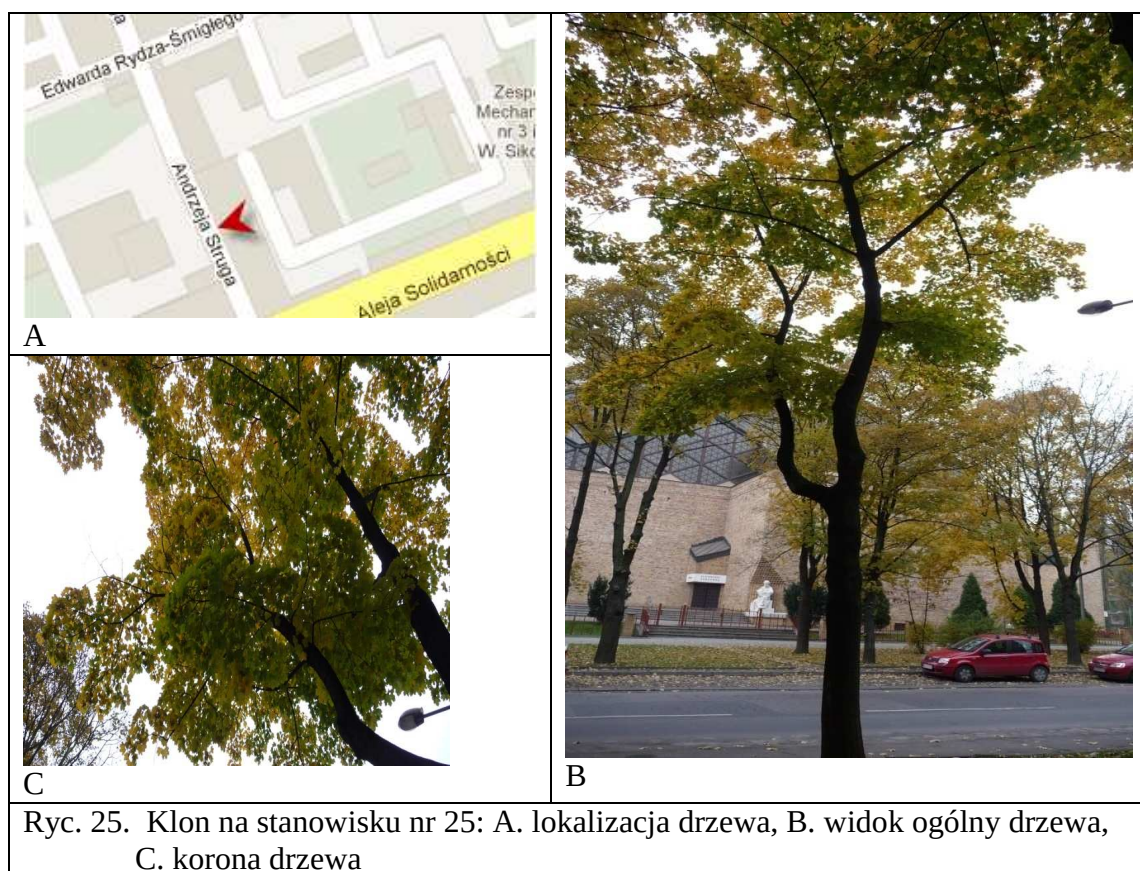
24. ULICA ŚW. MARKA

Stanowisko nr 24	
Współrzędne GPS	N 50.06483; E 19.93685
Gatunek	<i>Acer platanoides</i> – klon pospolity
Opis stanowiska	Drzewo rośnie na trawniku, bardzo blisko chodnika.
Pierśnica	134 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Posusz pędów 30%, liście zaczynają się marszczyć.
Obserwacje jesienne IX	Górna część korony pozbawiona liści. Liście w bardzo dużym stopniu dotknięte nekrozą postępującą od brzegów blaszki, mocno zwijają się do środka. Widać także ślady gołożeru.
Uwagi	



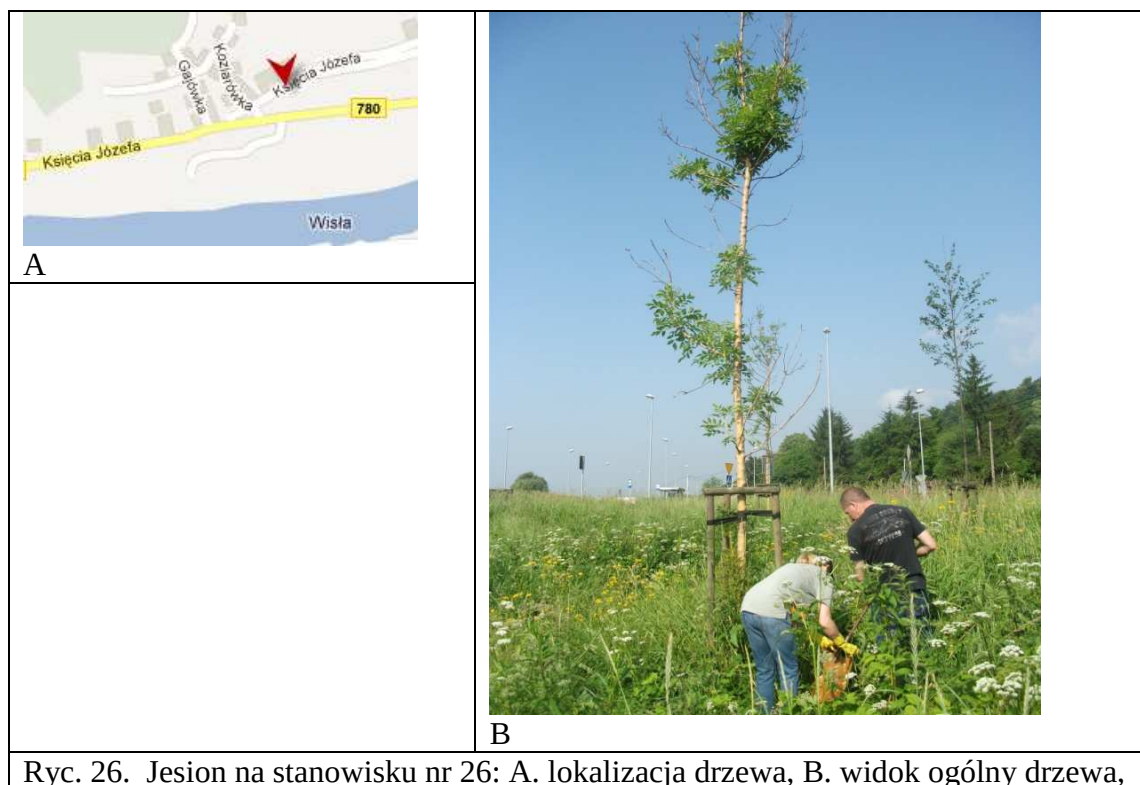
25. ULICA STRUGA

Stanowisko nr 25	
Współrzędne GPS	N 50.07577; E 20.04620
Gatunek	<i>Acer platanoides</i> – klon pospolity
Opis stanowiska	Drzewo rośnie w pasie zieleni między jezdnią a chodnikiem, posadzone w niewielkiej odległości od jezdni.
Pierśnica	106 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Posusz młodych pędów 15%,
Obserwacje jesienne IX	Posusz młodych pędów 25-30%, liście z objawami intensywnego minowania oraz widocznymi niewielkimi plamami nekrotycznymi.
Uwagi	



26. ULICA KSIĘCIA JÓZEFA

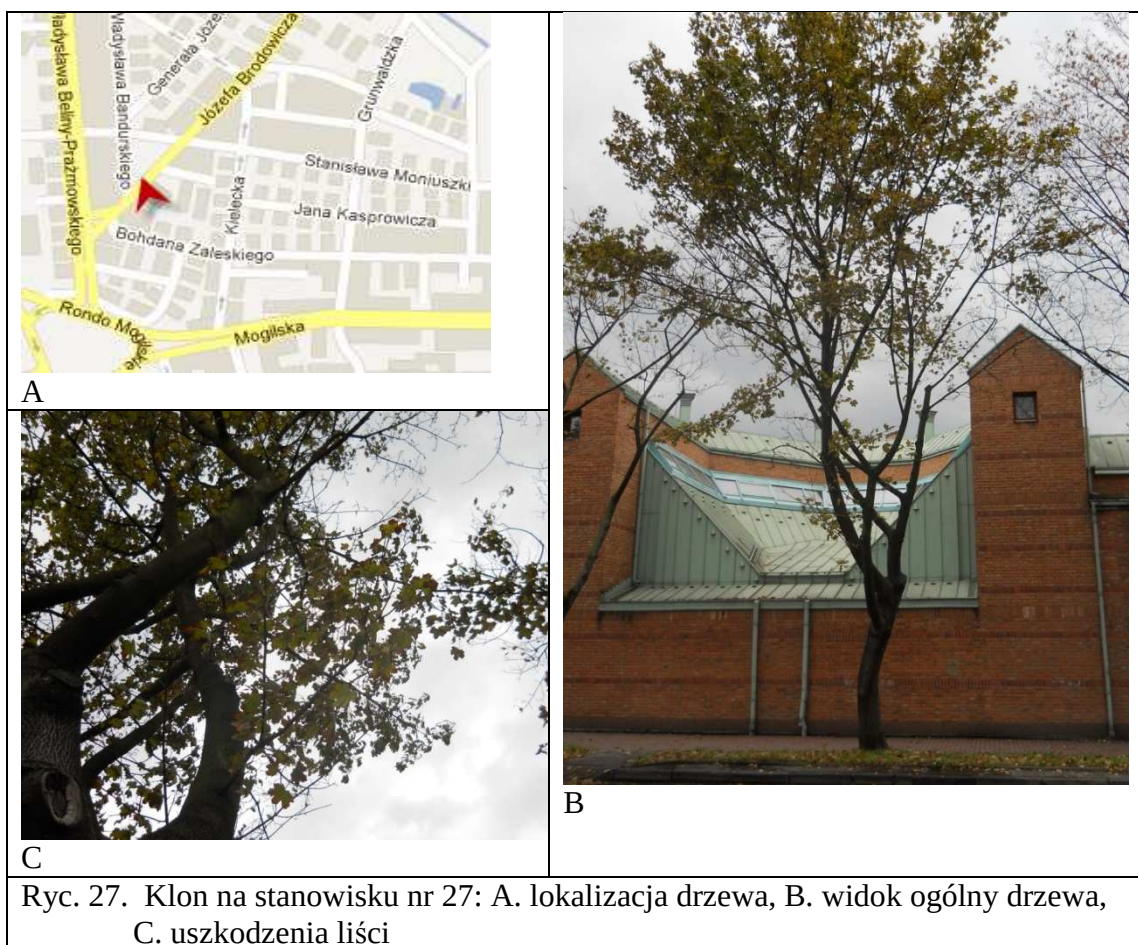
Stanowisko nr 26	
Współrzędne GPS	N 50.04577; E 19.86048
Gatunek	<i>Fraxinus excelsior</i> – jesion wyniosły
Opis stanowiska	Drzewo rośnie w szerokim pasie zieleni między jezdniami, Wokół roślinność ruderalna: podagrycznik, szczaw, przymiotno, pokrzywa, żywokost, starzec, wrotycz. Rośliny te są bardzo wysokie i stanowią dużą konkurencję dla młodych drzew. Teren ten był w 2010 roku mocno zalany w czasie powodzi.
Pierśnica	23 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Drzewo wykazuje ok. 60% posuszu młodych pędów.
Obserwacje jesienne IX	Stan drzewa pogorszył się , zwiększył się posusz młodych pędów, na liściach pojawiły się plamy nekrotyczne.
Uwagi	



Ryc. 26. Jesion na stanowisku nr 26: A. lokalizacja drzewa, B. widok ogólny drzewa,

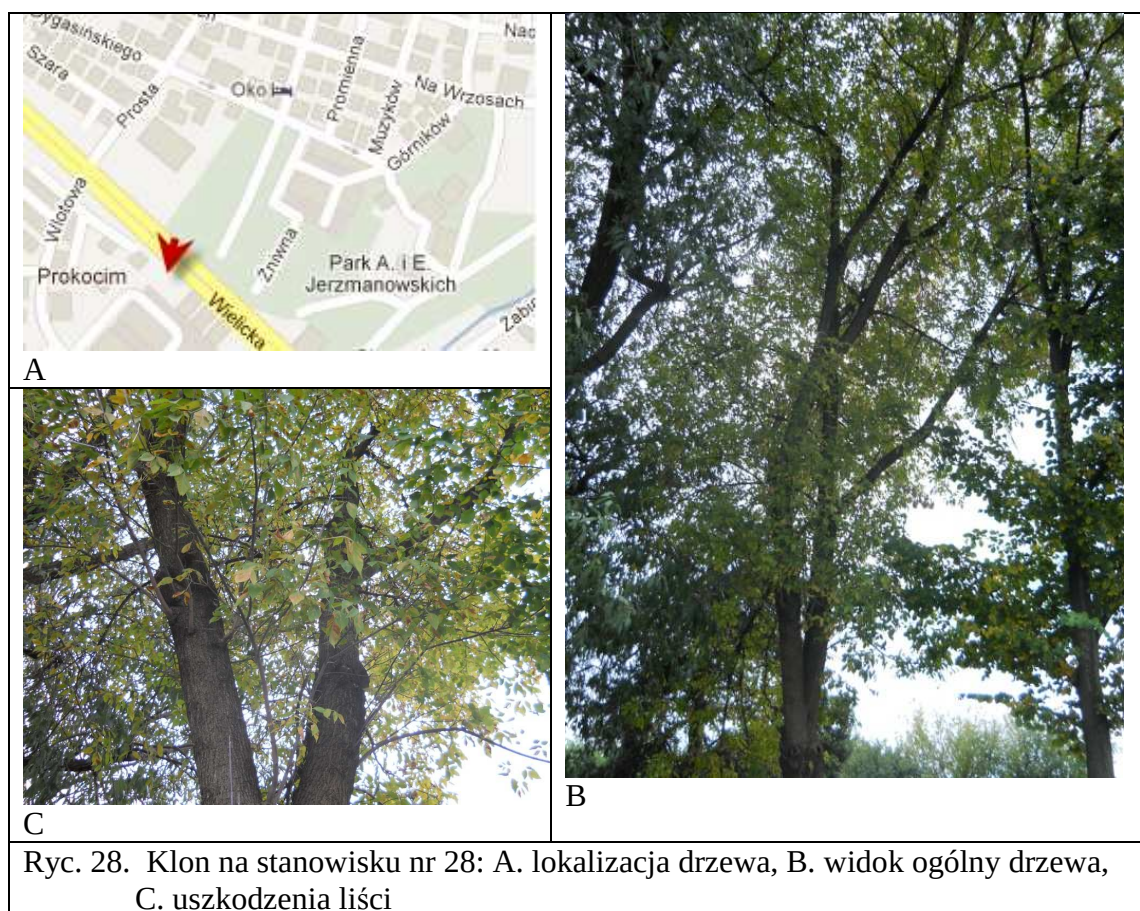
27. ULICA BRODOWICZA

Stanowisko nr 27	
Współrzędne GPS	N 50.06890; E 19.96088
Gatunek	<i>Acer platanoides</i> – klon pospolity
Opis stanowiska	Drzewo rośnie w wąskim pasie trawnika między jezdnią a chodnikiem.
Pierśnica	145 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Posusz młodych pędów 20%
Obserwacje jesienne IX	Drzewo straciło sporo liście w dolnej części korony. Sąsiadujące drzewa zachowały zaledwie po 10-20% liści. Liście pozostałe na drzewie mają objawy minowania i widoczne ślady nekrozy postępującej od brzegów blaszki liściowej.
Uwagi	



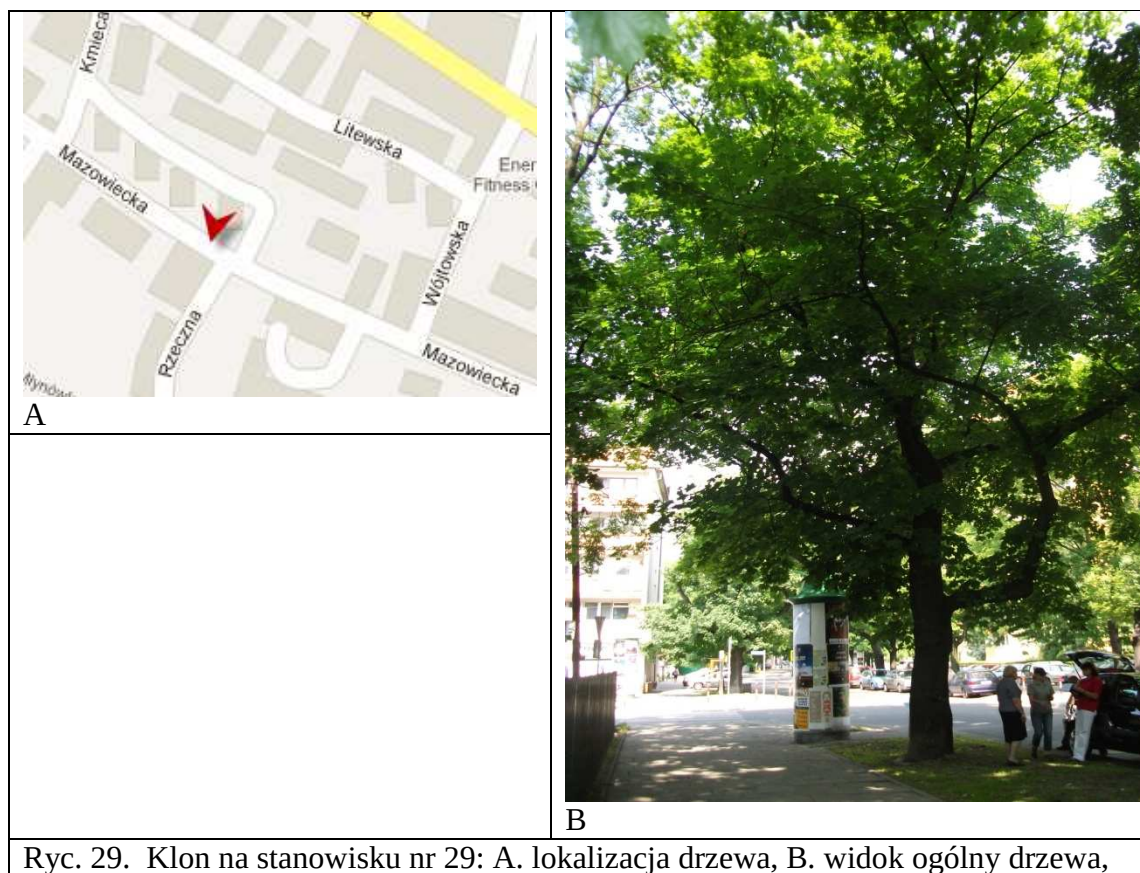
28. ULICA WIELICKA

Stanowisko nr 28	
Współrzędne GPS	N 50.01732; E 19.99106
Gatunek	<i>Acer negundo</i> – klon jesionolistny
Opis stanowiska	Drzewo rośnie w pasie zieleni między chodnikiem a prywatną posesją
Pierśnica	125 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Posusz młodych pędów 5%. Na liściach chlorotyczne i nekrotyczne plamy.
Obserwacje jesienne IX	Posusz młodych pędów 10%. Zwiększyła się ilość plam na liściach, ponadto widać ślady gołożeru.
Uwagi	



29. ULICA MAZOWIECKA

Stanowisko nr 29	
Współrzędne GPS	N 50.07571; E 19.92426
Gatunek	<i>Acer platanoides</i> – klon pospolity
Opis stanowiska	Drzewo rośnie w pasie trawnika (szerokim na ok. 2 m.) między jezdnią a chodnikiem.
Pierśnica	163 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Posusz młodych pędów 10%, niewielkie ślady gołożeru.
Obserwacje jesienne IX	Posusz młodych pędów 15 – 20%, część liści dotknięta nekrozą postępującą od brzegów blaszki.
Uwagi	



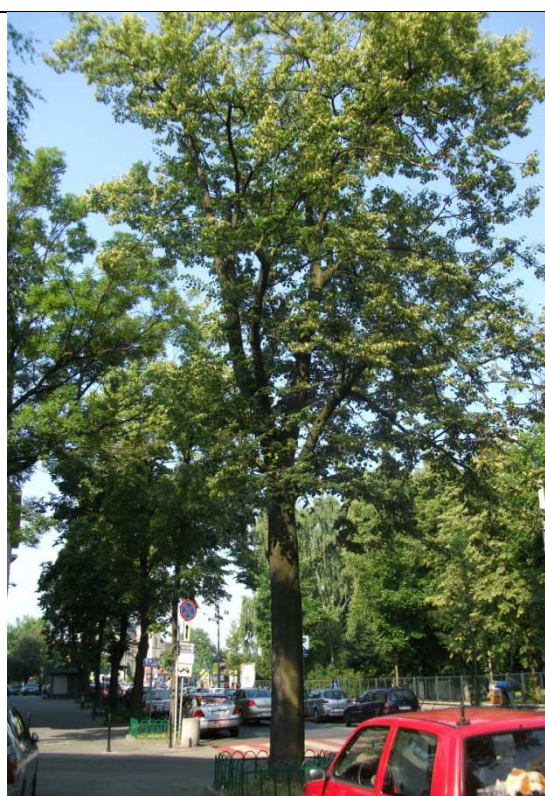
Ryc. 29. Klon na stanowisku nr 29: A. lokalizacja drzewa, B. widok ogólny drzewa,

30. ULICA SENATORSKA

Stanowisko nr 30	
Współrzędne GPS	N 50.05370; E 19.91770
Gatunek	<i>Tilia cordata</i> – lipa drobnolistna
Opis stanowiska	Drzewo rośnie między jezdnią a chodnikiem w kwadratowej misie, otoczonej płotkiem
Pierśnica	149 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Posusz młodych pędów 5%, liście bez uszkodzeń.
Obserwacje jesienne IX	Posusz młodych pędów 10%, na liściach niewielkie plamy nekrotyczne
Uwagi	



A

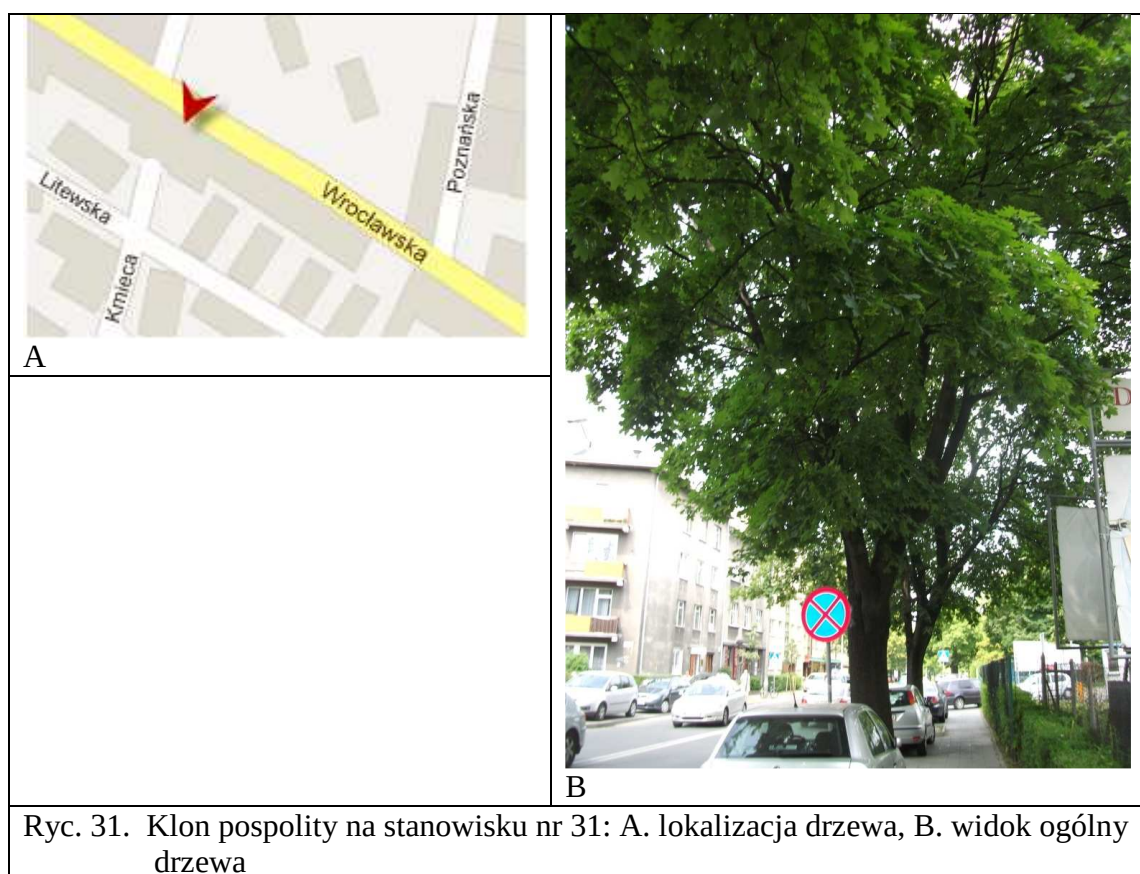


B

Ryc. 30. Lipa drobnolistna na stanowisku nr 30: A. lokalizacja drzewa, B. widok ogólny drzewa

31. ULICA WROCŁAWSKA

Stanowisko nr 31	
Współrzędne GPS	N 50.07845; E 19.92316
Gatunek	<i>Acer platanoides</i> – klon pospolity
Opis stanowiska	Drzewo rośnie między jezdnią a chodnikiem w kwadratowej misie, nie odgradzonej niczym od trawnika
Pierśnica	171 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Kora popękana, odchodzi w kilku miejscach, posusz pędów 10 – 20%.
Obserwacje jesienne IX	Liście dotknięte nekrozą postępującą od brzegów blaszki liściowej.
Uwagi	



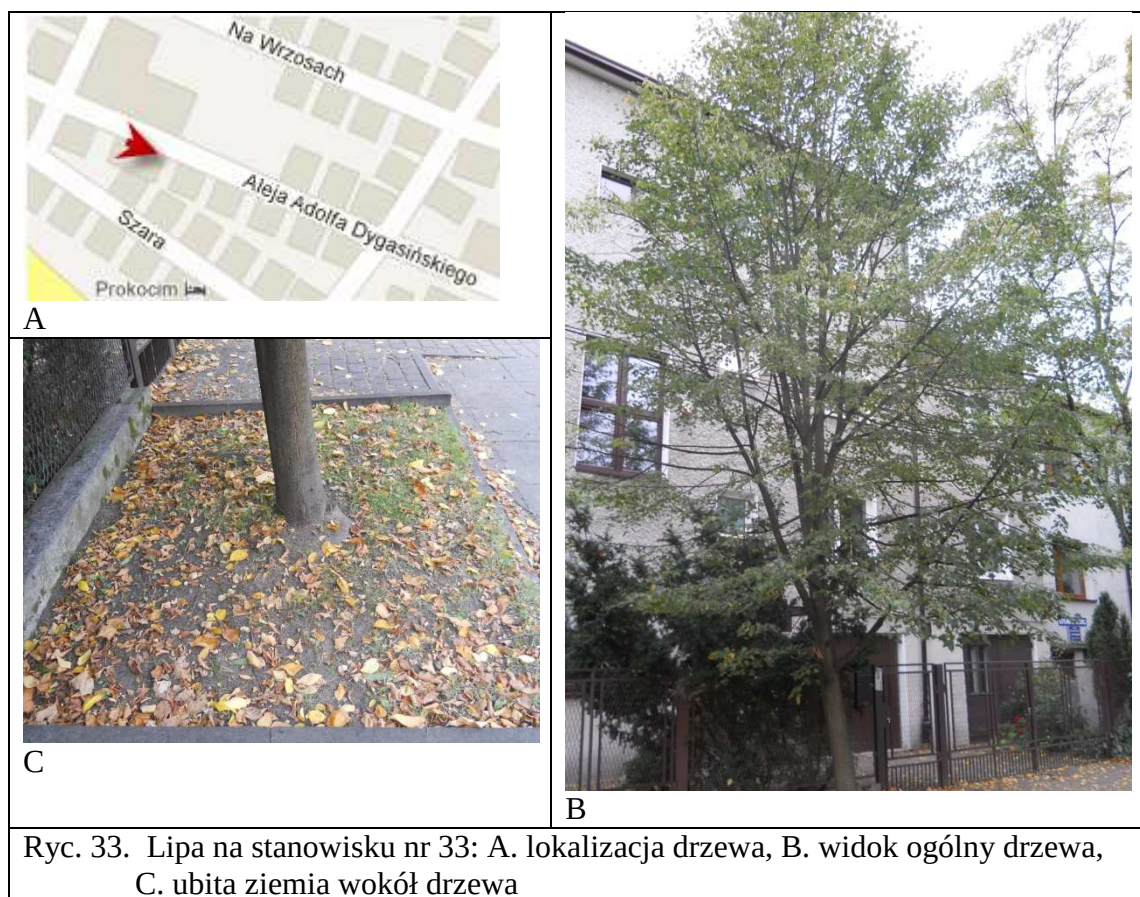
32. ULICA JUGOWICKA

Stanowisko nr 32	
Współrzędne GPS	N 50.00745; E 19.92920
Gatunek	<i>Tilia x europaea</i> – lipa holenderska
Opis stanowiska	Drzewo rośnie na niewielkim wzniesieniu w pobliżu jezdni.
Pierśnica	192 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Sporo odrostów u nasady pnia. Posusz pędów 10%. Śladowe ilości spadzi na liściach, ponadto ślady gołożeru i niewielkie plamy nekrotyczne .
Obserwacje jesienne IX	Posusz pędów 30%. Odrosty u nasady pnia w dalszym ciągu nie zostały usunięte. Zwiększyła się ilość plam nekrotycznych oraz śladów gołożeru.
Uwagi	



33. ALEJA DYGASIŃSKIEGO

Stanowisko nr 33	
Współrzędne GPS	N 50.02167' E 19.98611
Gatunek	<i>Tilia x europaea</i> – lipa holenderska
Opis stanowiska	Drzewo rośnie w misie prostokątnej między wybrukowanym placem prywatnej posesji a chodnikiem. Z braku miejsc parkingowych pod wieloma drzewami na tej ulicy stoją auta, przez co gleba jest mocno ubita.
Pierśnica	149 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Kora popękana, połamane pędy. Liście pokryte spadzią, ślady gołożeru, liście pomarszczone, zwijają się do środka.
Obserwacje jesienne IX	Posusz pędów 10%. Dużo plam nekrotycznych na liściach.
Uwagi	

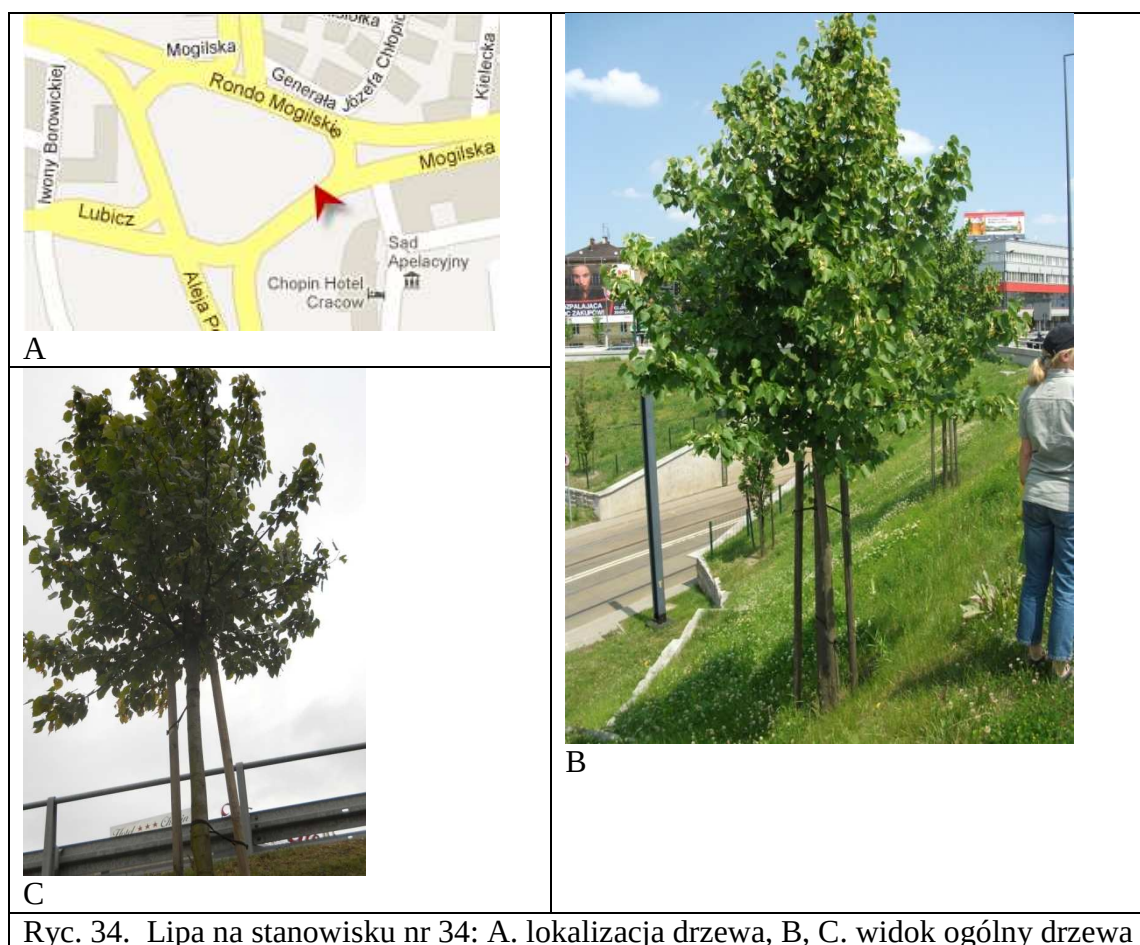


Ronda:

- 34. Rondo Mogiłskie
- 35. Rondo Grzegórzeckie

34. RONDO MOGILSKIE

Stanowisko nr 34	
Współrzędne GPS	N 50.06592; E 19.96118
Gatunek	<i>Tilia tomentosa</i> 'Varsaviensis' – lipa srebrzysta, odmiana warszawska
Opis stanowiska	Rośnie na skarpie Ronda Mogilskiego na dużej powierzchni trawnika
Pierśnica	47 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Pęknięcia kory w dolnej części pnia, liście pokryte dużą ilością spadzi.
Obserwacje jesienne IX	Posusz młodych pędów do 5%, liście mają niewielką ilość wyjedzonego miękiszu między dolną a górną skórką.
Uwagi	



35. RONDO GRZEGÓRZECKIE

Stanowisko nr 35	
Współrzędne GPS	N 50.05808; E 19.95793
Gatunek	<i>Tilia cordata</i> - lipa drobnolistna
Opis stanowiska	Rośnie w obrębie dużego trawnika
Pierśnica	343 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	Liście oblepione dużą ilością spadzi, plamy wyjedzonego miękiszu między dolną a górną skórką.
Obserwacje jesienne IX	Posusz młodych pędów niewielki, do 5%. Znacznie zwiększyła się powierzchnia minowania, liście są niemal przezroczyste, ponadto występują na liściach plamy nekrotyczne.
Uwagi	



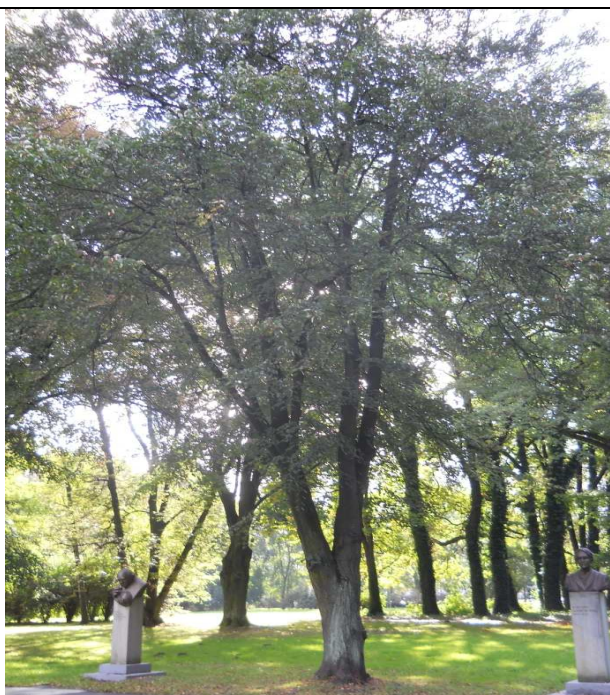
Ryc. 35. Lipa na stanowisku nr 35: A. lokalizacja drzewa, B. widok ogólny drzewa, C. uszkodzenia liści

Stanowisko kontrolne:

36. Park Jordana

36. PARK JORDANA

Stanowisko nr 36a	
Współrzędne GPS	N 50.06092; E 19.91834
Gatunek	<i>Tilia cordata</i> - lipa drobnolistna
Opis stanowiska	Rośnie w dużym trawniku, bardzo blisko asfaltowej alejki
Pierśnica	203 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	100% zachowanych liści, brak uszkodzeń mechanicznych.
Obserwacje jesienne IX	Duże ślady gołozęru na liściach oraz niewielkie plamy nekrotyczne.
Uwagi	



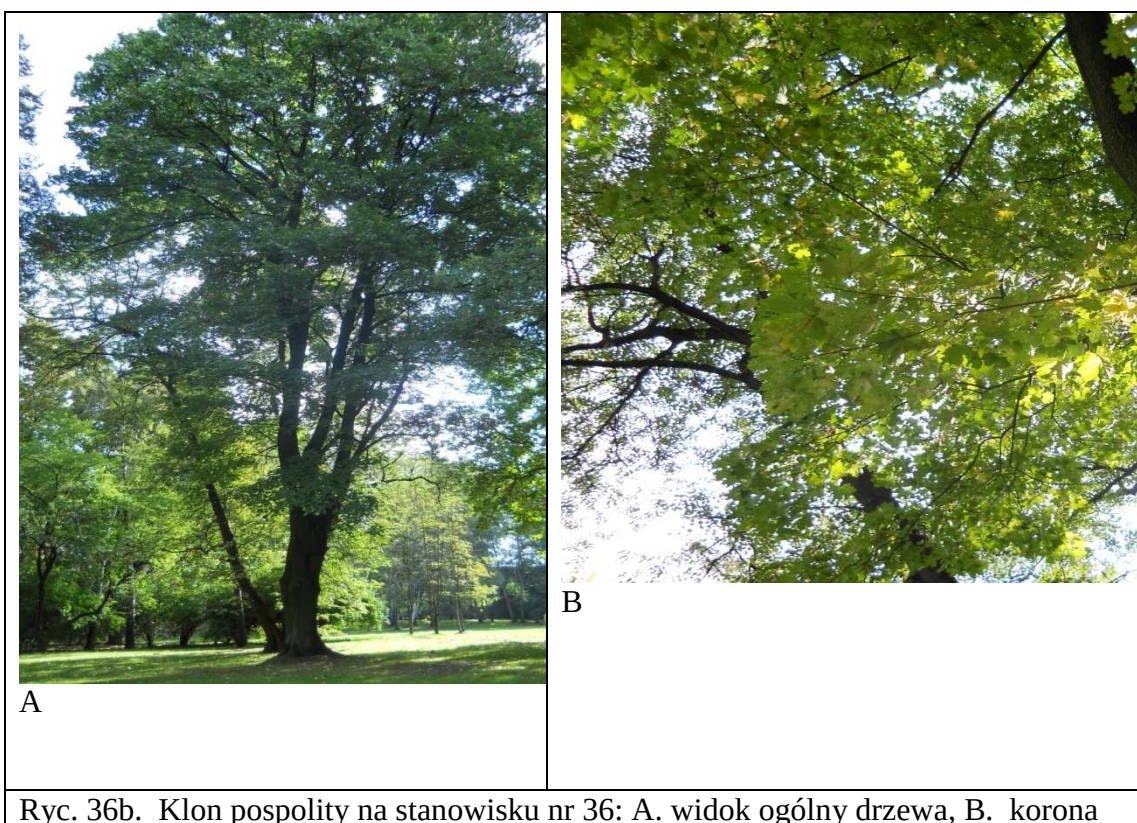
A



B

Ryc. 36a. Lipa na stanowisku nr 36: A. widok ogólny drzewa, B. uszkodzenia liści

Stanowisko nr 36b	
Współrzędne GPS	N 50.06083; E 19.91806
Gatunek	<i>Acer platanoides</i> – klon pospolity
Opis stanowiska	Rośnie na dużym trawniku, z dala od ścieżki
Pierśnica	323 cm
Obserwacje wiosenno-letnie VI/VII	100% zachowanych liści
Obserwacje jesienne IX	100% zachowanych liści, niewielkie ubytki miękiszu w blaszce liściowej oraz plamy nekrotyczne
Uwagi	



3.2.2. Zestawienie tabelaryczne wyników analizy laboratoryjnej gleby wg lokalizacji

Poniżej, w tabelach zbiorczych 4-6, zestawiono wyniki odczynu gleby, stężenie soli (EC mS cm^{-1}) oraz zawartości rozpuszczalnych makroelementów (mg dm^{-3} gleby), mikroelementów (mg kg^{-1} s.m. gleby) oraz metali ciężkich (mg/kg^{-1} s.m. gleby), w glebach terenów zieleni, zlokalizowanych przy szlakach komunikacyjnych Krakowa.

Tabela 4. Odczyn gleby, stężenie soli (EC mS cm⁻¹) oraz zawartość rozpuszczalnych makroelementów (mg dm⁻³ gleby) oznaczona metodą uniwersalną w ekstrakcie 0,03 mol dm⁻³ CH₃COOH w glebach pochodzących z terenów zieleni w Krakowie

Nr	Oznaczenie	pH	EC	Ca	K	Mg	Na	P	S
1	Pl. Biskupi	7,15	0,25	4681	227,7	94,1	64,4	68,8	22,8
2	Pl. Axentowicza	6,54	0,24	2755	132,4	85,6	35,6	110,1	10,1
3	Pl. Słowiański	7,06	0,17	2670	242,4	123,6	40,8	497,7	14,9
4	Pl. Centralny	7,12	0,16	2115	135,8	176,0	46,0	98,8	8,6
5	Ul. Kościuszki	8,16	0,36	4899	88,1	111,9	493,2	16,1	23,0
5b	Ul. Kościuszki II	7,63	0,41	12834	206,1	319,7	961,0	45,6	56,2
6	Ul. 3-Maja	7,42	0,27	6217	124,6	149,0	146,9	14,5	20,7
6B	Ul. 3-Maja II	7,70	0,24	5521	126,6	216,1	94,6	10,3	21,7
7	Ul. Czarnowiejska	7,96	0,52	4236	240,4	143,4	294,3	88,0	46,6
8	Ul. K. Wielkiego	7,20	0,26	4854	133,3	80,7	91,9	43,2	15,4
9	Ul. Nawojki	7,41	0,65	14893	311,0	405,3	1082,8	14,0	121,8
10	Al. Słowackiego	7,25	0,32	3687	334,0	152,8	71,9	126,0	16,3
11	Ul. Królewska	8,07	0,17	5110	99,1	91,7	251,3	37,4	17,9
12	Pl. Matejki	7,04	0,32	5520	239,4	158,6	61,9	40,0	20,9
13	Ul. Daszyńskiego	7,60	0,23	5006	178,1	120,1	73,7	17,3	25,5
14	Ul. Dietla	7,18	0,46	5144	205,8	153,5	113,1	80,2	35,9
15	Ul. Westerplatte	6,96	0,42	5145	226,4	85,9	127,3	22,6	22,0
16	Ul. Andersa	7,88	0,19	3579	177,1	140,7	89,6	25,6	16,3
17	Ul. Basztowa	7,95	0,17	5408	104,1	109,3	233,8	10,5	17,5
18	Ul. Basztowa II	7,25	0,29	5162	133,2	108,0	79,4	18,2	15,1
19	Ul. Prażmowskiego	7,99	0,40	1870	164,7	172,0	366,2	111,7	28,6
19b	Ul. Prażmowskiego II	7,41	0,33	4820	102,5	282,1	732,3	69,2	18,2
20	Ul. Łopackiego	7,86	0,16	5616	130,7	160,6	28,7	2,0	42,8
21	Ul. Okulickiego	7,02	0,16	929	108,7	101,3	34,5	45,6	6,8
22	Al. Pokoju	7,41	0,19	2415	124,1	170,8	43,6	53,2	13,7
23	Ul. Opolska	7,55	0,17	5400	84,8	122,1	100,4	18,9	8,7
24	Ul. Marka	7,30	0,30	1876	122,3	54,4	400,7	143,8	12,3
25	Ul. Struga	7,34	0,14	2930	9,0	119,4	48,9	41,9	10,9
26	Ul. Księcia Józefa	7,52	0,20	5470	238,4	129,9	16,0	3,6	10,8
27	Ul. Brodowicza	8,01	0,14	4053	212,5	129,2	108,9	33,2	23,6
28	Ul. Wielicka	7,71	0,24	2895	127,0	109,4	43,5	64,9	7,7
29	Ul. Mazowiecka	7,42	0,15	5381	148,4	125,8	73,8	32,6	36,3
30	Ul. Senatorska	7,40	0,29	4540	89,0	106,5	365,9	22,3	28,3
31	Ul. Wrocławska	8,21	0,26	4916	78,4	138,5	286,9	9,3	40,3
32	Ul. Jugowicka	8,20	0,38	4284	77,8	84,9	18,4	23,0	28,6
33	Ul. Dygasińskiego	7,85	0,15	5691	74,4	145,5	64,2	14,7	20,4
34	Rondo Mogiłskie	7,68	0,15	2541	253,6	135,7	49,8	70,1	19,3
35	Rondo Grzegórzeckie	6,68	0,32	1839	63,0	75,9	6,1	33,5	6,8
36	Park Jordana	7,37	0,15	957	53,0	65,1	8,5	10,3	5,8
36b	Park Jordana II	6,52	0,15	957	53,0	65,1	8,5	10,3	5,8
Optymalny zakres			1-2	1000-2000	150-250	90-120	do 100	30-60	-

** W Polsce wyróżnia się cztery stopnie zawartości siarki siarczanowej w glebach. Stopnie I (<20 mg S dla gleb średnich i <25 mg S kg⁻¹ dla gleb ciężkich), II (21-30 mg S dla gleb średnich i 26-35 mg S kg⁻¹ dla gleb ciężkich), III (31-40 mg S dla gleb średnich i 36-50 mg S dla gleb ciężkich) określają niską, średnią i wysoką zawartość S-SO₄, natomiast stopień IV - zawartość podwyższoną wskutek antropopresji.

Tabela 5. Zawartość mikroelementów (mg kg⁻¹ s.m. gleby) oznaczona metodą Rinkisa w 1 mol dm⁻³ HCl w glebach pochodzących z terenów zieleni w Krakowie

Nr	Oznaczenie	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
1	Pl. Biskupi	3,93	16,1	1426	206,1	0,053	92,3
2	Pl. Axentowicza	3,66	17,4	1616	160,5	0,038	143,7
3	Pl. Słowiański	2,31	14,2	1677	247,8	0,051	87,5
4	Pl. Centralny	2,45	25,5	2174	321,4	0,043	304,2
5	Ul. Kościuszki	5,12	38,5	4248	317,7	0,079	168,1
5b	Ul. Kościuszki II	2,40	30,8	3419	301,1	0,052	159,3
6	Ul. 3-Maja	4,20	49,7	3076	292,7	0,029	128,8
6B	Ul. 3-Maja II	4,94	52,2	3315	392,9	0,047	153,8
7	Ul. Czarnowiejska	2,65	23,3	1704	218,4	0,050	119,8
8	Ul. K. Wielkiego	1,47	13,8	1376	138,0	0,043	90,4
9	Ul. Nawojki	3,77	27,0	1919	247,5	0,050	170,8
10	Al. Słowackiego	4,00	13,8	1736	195,3	0,039	80,1
11	Ul. Królewska	1,96	32,0	3332	205,4	0,057	95,4
12	Pl. Matejki	2,24	19,3	1773	222,4	0,049	100,1
13	Ul. Daszyńskiego	13,02	38,3	2725	259,1	0,070	341,5
14	Ul. Dietla	4,56	33,2	2679	350,8	0,065	143,3
15	Ul. Westerplatte	1,63	12,1	2893	246,4	0,049	158,5
16	Ul. Andersa	1,74	13,5	1266	238,3	0,039	92,0
17	Ul. Basztowa	4,47	55,7	5412	311,3	0,060	198,7
18	Ul. Basztowa II	4,76	78,8	5936	339,7	0,068	241,5
19	Ul. Prażmowskiego	1,79	9,6	1382	240,7	0,042	57,9
19b	Ul. Prażmowskiego II	3,09	21,2	1548	240,9	0,068	95,1
20	Ul. Łopackiego	1,06	7,0	946	224,3	0,025	50,9
21	Ul. Okulickiego	0,49	4,5	1235	180,6	0,025	37,3
22	Al. Pokoju	2,94	19,0	3310	361,6	0,042	77,3
23	Ul. Opolska	5,35	14,1	1514	249,6	0,048	190,3
24	Ul. Marka	2,26	33,0	2176	235,8	0,052	165,3
25	Ul. Struga	0,81	20,6	2369	404,1	0,063	198,2
26	Ul. Księcia Józefa	3,35	17,4	3657	433,1	0,044	114,7
27	Ul. Brodowicza	3,37	20,4	2752	315,7	0,091	320,5
28	Ul. Wielicka	2,12	10,5	1226	231,4	0,027	54,4
29	Ul. Mazowiecka	2,25	23,6	1980	233,9	0,048	150,1
30	Ul. Senatorska	11,86	44,0	3297	361,0	0,082	273,7
31	Ul. Wrocławska	5,06	37,1	2307	297,7	0,068	118,7
32	Ul. Jugowicka	2,18	58,7	1589	366,3	0,078	140,3
33	Ul. Dygasińskiego	2,50	75,6	1911	350,4	0,076	142,7
34	Rondo Mogiłskie	0,83	5,7	1257	166,4	0,040	22,7
35	Rondo Grzegórzeckie	15,97	53,8	3996	380,4	0,109	610,8
36	Park Jordana	1,52	14,7	1968	303,3	0,035	87,5
36b	Park Jordana II	0,71	12,9	2273	261,6	0,042	108,1
Optymalny zakres		0,8 – 7,2	2,3–6,7 g. średnie 5 – 15 g. ciężkie	-	110-1100 pH >5,6 g. ciężkie	0,03-0,08 pH >6,6	4-20,5 g. średnie 11,5-51,1 g. ciężkie

* W Polsce w uprawach rolniczych przyswajalne dla roślin formy mikroskładników oznacza się w roztworze Rinkisa (1mol dm⁻³ HCl). W ocenie zasobności gleb w mikroskładniki wyróżnia się trzy klasy zasobności: niską, średnią i wysoką. W przypadku miedzi i cynku dodatkowo uwzględnia się kategorię agronomiczną gleby a dla przyswajalnego boru i manganu odczyn gleby.

Za krytyczną zawartość **boru** przyjmuje się 0,8 mg B dla gleb bardzo kwaśnych oraz < 2,2 mg B kg⁻¹ dla gleb o odczynie słabokwaśnym i obojętnym.

W glebach średnich i ciężkich optymalne stężenie **miedzi** wynosi 2,3 – 6,7 (gleby średnie) oraz 5 – 15 mg Cu kg⁻¹ (gleby ciężkie).

Zawartość **żelaza** w glebach waha się w bardzo szerokich granicach. Źródłem tego pierwiastka są minerały glebowe zawarte w skałach macierzystych oraz różne związki organiczne i mineralne doprowadzane do gleby z nawozami. Przyswajalność żelaza dla roślin zależy od odczynu gleby i zmniejsza się wraz ze wzrostem pH.

Im niższy jest odczyn gleby tym więcej przyswajalnych form **manganu** znajduje się w roztworze glebowym. Na glebach ciężkich i kwaśnych (pH 4,6 – 5,5) za wysoką zawartość manganu przyjmuje się stężenie $>390 \text{ mg Mn kg}^{-1}$, a na glebach o odczynie pH $>5,6$ - wartość $>1100 \text{ mg Mn kg}^{-1}$.

Wysoka zawartość **cynku** wynosi w przypadku gleb średnich $>20,5 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ a dla gleb ciężkich $>51,1 \text{ mg Zn kg}^{-1}$.

Ocena zawartości gleb w **molibden** oznaczony w wyciągu Rinkisa uwzględnia pH gleby oraz jej zasobność w fosforany. Przy średniej zawartości fosforu tj. około $25\text{--}50 \text{ mg P kg}^{-1}$ gleby średnia (przyjęta za optymalną) zawartość Mo wynosi dla gleb o pH $> 6,6$ - $0,03 \text{--} 0,08 \text{ mg Mo kg}^{-1}$ gleby. Wysoka zawartość Mo na tych stanowiskach to stężenie powyżej $0,08 \text{ mg Mo na kg gleby}$.

Tabela 6. Zawartość metali ciężkich (mg/kg s.m. gleby), oznaczona metodą Rinkisa w 1 mol dm^{-3} HCl, w glebach pochodzących z terenów zieleni w Krakowie

Nr	Oznaczenie	As	Cd	Cr	Ni	Pb
1	Pl. Biskupi	3,01	0,417	0,070	1,22	49,0
2	Pl. Axentowicza	3,35	0,641	0,409	1,79	60,6
3	Pl. Słowiański	3,18	0,469	0,691	1,95	36,5
4	Pl. Centralny	3,60	0,984	2,481	2,15	54,0
5	Ul. Kościuszki	3,79	0,775	6,117	4,70	68,3
5b	Ul. Kościuszki II	3,25	0,734	5,889	3,95	104,8
6	Ul. 3-Maja	3,88	0,800	2,023	3,30	88,2
6B	Ul. 3-Maja II	4,27	0,814	4,175	3,29	109,9
7	Ul. Czarnowiejska	3,33	0,507	0,842	1,88	66,5
8	Ul. K. Wielkiego	2,48	0,346	0,136	1,25	45,8
9	Ul. Nawojki	3,83	0,767	1,572	2,51	92,9
10	Al. Słowackiego	2,90	0,411	0,409	1,32	45,7
11	Ul. Królewska	2,97	0,569	3,556	2,66	49,8
12	Pl. Matejki	2,96	0,445	0,535	2,00	49,5
13	Ul. Daszyńskiego	6,73	1,120	3,294	3,13	133,2
14	Ul. Dietla	4,29	0,484	3,076	2,53	82,1
15	Ul. Westerplatte	3,43	0,631	2,249	2,68	79,9
16	Ul. Andersa	2,70	0,435	0,653	1,34	60,6
17	Ul. Basztowa	5,10	0,887	10,227	6,38	118,8
18	Ul. Basztowa II	5,08	1,073	6,045	4,86	142,8
19	Ul. Prażmowskiego	2,71	0,517	0,533	1,68	23,8
19b	Ul. Prażmowskiego II	3,38	0,523	0,594	2,04	65,8
20	Ul. Łopackiego	2,50	0,260	0,085	2,02	15,8
21	Ul. Okulickiego	2,57	0,299	0	1,47	15,2
22	Al. Pokoju	4,39	0,616	1,625	3,57	45,6
23	Ul. Opolska	4,25	1,145	0,292	2,09	52,0
24	Ul. Marka	4,21	0,540	0,902	2,03	86,6
25	Ul. Struga	4,83	0,849	1,960	3,49	58,9
26	Ul. Księcia Józefa	5,40	1,108	1,491	5,10	39,4
27	Ul. Brodowicza	8,48	1,022	2,061	3,42	78,3
28	Ul. Wielicka	2,89	0,352	0,197	1,18	28,4
29	Ul. Mazowiecka	4,22	0,794	2,285	2,03	65,2
30	Ul. Senatorska	7,65	1,026	3,615	4,58	103,4
31	Ul. Wrocławska	5,23	0,610	1,572	3,21	100,4
32	Ul. Jugowicka	4,11	0,729	2,934	1,07	41,5
33	Ul. Dygasińskiego	4,97	0,807	3,013	4,19	60,7
34	Rondo Mogiłskie	2,05	0,209	0,212	1,13	11,1
35	Rondo Grzegórzeckie	10,90	1,539	5,290	6,25	142,3
36	Park Jordana	3,71	0,623	0,209	2,56	56,8
36b	Park Jordana II	4,72	0,860	0,310	3,64	61,0
Zakres* całkowitej zawartości (mg/kg s.m. gleby)		2,0-13,0 (dopuszczalna w glebach uprawnych 20)	0,2-0,5 (dopuszczalna w glebach uprawnych 3-5)	7,0-24,0 (dopuszczalna w glebach uprawnych 100)	5,0-23,0 (dopuszczalna w glebach uprawnych 100)	13,0-21,0 (dopuszczalna w glebach uprawnych 100)

* - zakresy zawartości całkowitej w glebach Polski według Kabata Pendias i Pendias (1999) – „Biogeochemia pierwiastków śladowych”

Względnie ”agresywny” ekstraktor (1 mol dm^{-3} HCl) w metodzie Rinkisa przeprowadza do roztworu rozpuszczalne, wymienne i słabo adsorbowane przez glebę formy metali (więcej niż przyswajalne dla roślin formy składnika). W Polsce poleca się tą procedurę, jako pierwszy poziom skanowania skażenia gleby metalami ciężkimi.

4. Podsumowanie wyników i opracowanie wniosków oraz zaleceń pielęgnacyjnych, ochronnych i zasad nawożenia gleby

Z przeprowadzonych badań wynika pilna potrzeba rekultywacji zdegradowanych terenów zieleni szlaków komunikacyjnych, w rejonie śródmieścia miasta Krakowa i Nowej Huty. Są to tereny na których gleba i rośliny znajdują się w zasięgu silnego oddziaływania dawnych i aktualnych emisji przemysłowych, komunikacyjnych i rozproszonych (niska emisja – spalanie węgla) i poddawane są silnej antropopresji (m.in. użycie środków chemicznych do likwidowania zimowego oblodzenia dróg i chodników - chlorku sodu oraz stosowanie drenażu odprowadzający wody opadowe).

Ponadto przyczyną złego stanu roślin drzewiastych rosnących przy ruchliwych ciągach komunikacyjnych (fały rozgrzanego spalinami powietrza, rozgrzane powierzchnie pokryte asfaltem lub betonem) oraz zdrenowanych obszarach miasta Kraków jest często stres wodny.

Przeprowadzone badania pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Gleby terenów zieleni śródmieścia Krakowa i Nowej Huty są przeważnie obojętne lub alkaliczne, o odczynie przekraczającym często pH 8,0. Może to być przyczyną uwsteczniania fosforu i mikroelementów metalicznych, które w tych warunkach stają się niedostępne dla roślin i powodują objawy nekroz na liściach.
2. Analizowane gleby charakteryzowały się zachwianą równowagą chemiczną wykazując nieprawidłowe proporcje pomiędzy składnikami pokarmowymi i pierwiastkami śladowymi.
3. Stwierdzono bardzo wysoką zawartość wapnia oraz sodu w glebach na wielu analizowanych stanowiskach. Przy równocześnie niskiej zawartości potasu może to prowadzić do ujawniania się objawów niedoboru tego makroskładnika (brzegowe nekrozy, zamieranie liści w okresie wegetacji, posusz) oraz zwiększać wrażliwość roślin na suszę i inne czynniki stresowe.
4. Wykazano bardzo duże zróżnicowanie zawartości poszczególnych pierwiastków śladowych w analizowanych glebach. Stężenia rozpuszczalnych form badanych składników mieściły się odpowiednio w zakresach: 2,05-10,9 mg As, 0,209-1,539 mg Cd, ilości śladowe do 10,23 mg Cr, 4,5-78,8 mg Cu, 1,07-6,38 mg Ni, 13-21 mg Pb oraz 22,7-610,8 mg Zn na kg^{-1} s.m. gleby.

5. Najbardziej zanieczyszczone pierwiastkami śladowymi były stanowiska przy Rondzie Grzegórzeckim (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb i Zn) oraz ulicach: Basztowej (Cd, Cr, Cu, Ni i Pb), Daszyńskiego (As, Cd, Cu, Pb i Zn) i Senatorskiej (As, Cd, Cu, Pb i Zn).
6. Podwyższona zawartość pierwiastków śladowych w glebach terenów zieleni stwarza zagrożenie dla roślin oraz mikroflory glebowej i może być przyczyną zachwiania równowagi chemicznej i mikrobiologicznej gleb.

Zalecenia

Podstawowe zalecenia poprawy warunków wzrostu roślin na tych terenach dotyczą:

- wprowadzenia substancji organicznej w postaci np. kompostów, torfu, węgla brunatnego oraz nawozów zielonych. Wzrost zawartości substancji organicznej przyczyni się do poprawy struktury gleb, porowatości, pojemności wodnej i sorpcyjnej gleb oraz zmniejszy mobilność pierwiastków śladowych,
- ściółkowania materiałami organicznymi (kora, trociny) kręgów pod krzewami i drzewami. Ściółki rozkładając się zwiększą zawartość próchnicy w glebie oraz przyczynią się do obniżenia odczynu gleb,
- usuwania zanieczyszczeń chemicznych np. poprzez stosowanie zwietrzelin ilastych, (bentonit), sorbentów syntetycznych i naturalnych-modyfikowanych (zeolit), czy fitoekstrakcji (uprawa rośliny akumulujące duże ilości pierwiastków śladowych),
- właściwego doboru nowych nasadzeń. W nowych nasadzeniach należy uwzględniać rośliny tolerancyjne na zanieczyszczenia w glebie, o słabej zdolności pobierania i translokacji metali czy innych szkodliwych związków z gleby do części nadziemnych, m.in. trawy, klon polny, bozodrzew gruczołkowaty, robinia biała, platan klonolistny, oliwnik wąskolistny, perełkowiec chiński, morwa biała, tamaryszek, kolcowój, róża pomarszczona i inne. Szczegółowe informacje zawarte są m. in. w pracach Łukasiewicza: „Drzewa i krzewy polecane do obsadzeń ulicznych w miastach” (2011), Gawrońskiego „Fitoremediacja a tereny zieleni” (2009), Bosiackiego i Zielezińskiego (2011) oraz Borowskiego i Pstragowskiej (2011).

Zakładanie nawodnień oraz regularne stosowanie ściółek zapobiegających parowaniu wody z powierzchni gleby należy uwzględnić w planowanych zabiegach pielęgnacyjnych. Niezwykle istotnym problemem jest zapewnienie optymalnej ilości wody nowo posadzonym drzewom. W budżecie miasta muszą znaleźć się fundusze, które pozwolą młodym drzewom rosnąć i rozwijać się bez narażenia na stres suszy.

Stres ten jest także wywołany stosowaniem chlorku sodu do odładzania szlaków komunikacyjnych. Używa się go często za dużo w stosunku do sytuacji klimatycznej. Zmniejszenie szkodliwego wpływu chlorku sodu stosowanego do likwidowania oblodzeń dróg można uzyskać stosując np. niskie ogrodzenia (murki, maty) chroniące glebę zielonych otulin dróg przed odrzucanym błotem śniegowym (Chachulski 1992).

5. Tabelaryczne porównanie wyników obserwacji z 2011 roku z wynikami z lat 2005-6

Poniżej porównano wyniki badań realizowanych w bieżącym roku z wynikami badań z lat 2005/2006 (tab. 7-9).

Uzyskane dane wskazują, że zawartość metali ciężkich w glebie badanych stanowisk pomiarowych jest podobna na tych samych stanowiskach, niezależnie od czasu przeprowadzania badań. Natomiast notuje się duże różnice między poszczególnymi stanowiskami badawczymi w zakresie poziomu badanych pierwiastków, pH i zasolenia.

Z porównania zawartości kadmu w glebie w latach 2005/6 i 2011 r. wynika, że tak jak poprzednio tak i obecnie, narażone na największą akumulację tego pierwiastka w glebie są drzewa rosnące przy ul. Basztowej, Grzegórzeckiej i Opolskiej i 3 Maja.

Odnosnie cynku stwierdzono ponownie jego najwyższe stężenie na stanowiskach zlokalizowanych przy ul. Basztowej, Grzegórzeckiej, Nawojki, Senatorskiej i na placu Centralnym.

Nikiel, toksyczny dla roślin pierwiastek, występował w 2011 r. w najwyższym stężeniu, (przekraczającym zawartość dopuszczalną), przy ul. Basztowej, 3 Maja, Senatorskiej, Kościuszki i Grzegórzeckiej. Były to te same miejsca, które 6 lat temu wskazywano jako tereny zieleni narażane najbardziej na obecność niklu w podłożu. W 2011 r. pojawiła się nowa lokalizacja, przy ul. Księcia Józefa, gdzie w badanych próbkach odnotowano zbyt wysoką zawartość niklu.

Podobnie jak 6 lat temu, dopuszczalna zawartość ołowiu została przekroczona w bieżącym roku przy ul. Grzegórzeckiej, Basztowej i 3 Maja. Z dużym prawdopodobieństwem

można założyć, że stworzenie parkingu samochodowego przy al. 3 Maja przyczyni się do jeszcze szybszej zagłady rosnących tan jesionów i lip.

Chrom występuje podobnie jak poprzednio w wysokim, choć nie toksycznym stężeniu na terenach zieleni przyulicznej przy al. 3 Maja, Basztowej, Grzegórzeckiej. Obecnie stwierdzono jego zbyt wysoka zawartość także przy ul. Kościuszki.

Miedź powoduje ograniczenie wzrostu korzeni. W poprzednim okresie stwierdzono jej występowanie w maksymalnym stężeniu przy ul. Basztowej, Nawojki, 3 Maja i Opolskiej. Obecnie maksymalne stężenie tego pierwiastka zanotowano przy ul. Basztowej, 3 Maja i Dygasińskiego.

Z przedstawionych danych wyłania się lista lokalizacji najbardziej narażonych na uszkodzenia metalami ciężkimi drzew, stanowiących tereny zieleni przy szlakach komunikacyjnych Krakowa. Są to miejsca charakteryzujące się b. intensywnym, lecz stosunkowo wolnym, ruchem komunikacyjnym, zwłaszcza autobusowym, np. ulice: Basztowa, Grzegórzecka, Nawojki, Czarnowiejska, Kościuszki, ulice – parkingi np. al. 3 Maja, ulice-pętle autobusowe np. Senatorska.

Drzewa rosnące we wskazanych miejscach, pozbawione należytej opieki i nie zabezpieczone przed niszczącym wpływem pojazdów samochodowych będą szybko zamierać.

Tabela 7. Zawartość kadmu, cynku i miedzi (mg/kg p.s.m.) w próbkach gleby pobranych z 20 wybranych stanowisk w Krakowie przed i po zimie 2005/2006 oraz wiosną 2011 r. (szare pola tabeli)

stanowisko	gatunek	sym bol	kadm		cynk		miedź	
			Jesień 2005	Wiosna 2006	Jesień 2005	Wiosna 2006	Jesień 2005	Wiosna 2006
Szlaki komunikacyjne								
Ul. Kościuszki	<i>Acer platanoides</i>	A1/1	1,08	1,03	254,50	> 200	58,94	47,87
				0,775		168,1		38,5
Ul. 3 Maja	<i>Fraxinus excelsior</i>	A2/1	1,77	2,20	397,83	> 200	66,50	60,47
				0,800		128,8		49,7
Ul. Czarnowiejska	<i>Acer platanoides</i>	A3/1	1,13	1,03	316,16	> 200	61,97	45,67
				0,507		119,8		23,3
Ul. Kazimierza Wielkiego	<i>Acer platanoides</i>	A4/1	1,60	1,17	418,66	> 200	53,37	39,30
				0,346		90,4		13,8
Ul. Nawojki	<i>Tilia x europaea</i>	A5/1	1,80	1,70	434,50	> 200	72,93	65,89
				0,767		170,8		27,0
Ul. Grzegórzecka	<i>Acer platanoides</i>	A9/1	1,14	0,70	432,83	> 200	76,90	54,87
Ul. Basztowa	<i>Acer platanoides</i>	A14/ 1	1,97	1,43	523,66	> 200	116,06	93,30
				0,887		198,7		55,7
Ul. Opolska	<i>Parthenocissus inserta</i>	A22/ 1	1,77	1,57	580,33	> 200	59,27	60,67
				1,145		190,3		14,1
Ul. Galicyska	<i>Robinia pseudoacacia</i>	A23/ 1	0,73	0,73	194,51	> 200	49,47	46,00
Ul. Księcia Józefa	<i>Robinia pseudoacacia</i>	A26/ 1	1,24	1,24	194,95	> 200	25,78	46,17
				1,108		114,7		17,4
Kontrola – parki Krakowa								
Planty Krakowskie	<i>Corylus avellana</i>	B1/2	0,63	1,13	136,20	> 200	23,07	61,07
Park Krakowski	<i>Fraxinus excelsior</i>	B2/1	1,40	1,07	242,86	> 200	108,46	84,06
Park Jordana	<i>Tilia cordata</i>	B3/2	0,73	0,93	150,36	184,83	15,33	20,13
				0,623		87,5		14,7
Park Dąbie	<i>Robinia pseudoacacia</i>	B6/2	0,57	0,50	128,70	93,16	16,93	13,70
Park Dębnicki	<i>Acer platanoides</i>	B7/2	1,00	0,72	298,70	> 200	38,60	33,48
Park Lilii Wenedy	<i>Robinia pseudoacacia</i>	B10/2	0,37	< 0,33	121,20	54,00	17,50	13,13
Park Szwedzki	<i>Tilia x europaea</i>	B14/2	2,87	1,73	993,72	> 200	28,13	18,27
Kontrola – zieleńce miasta Krakowa								
Plac Axentowicza	<i>Acer pseudopla tanus</i>	C16/2	1,23	0,97	248,73	189,0	36,43	29,73
				0,641		143,7		17,4
Plac Słowiański	<i>Tilia cordata</i>	C17/1	1,20	0,80	284,56	> 200	40,00	33,57
				0,469		87,5		14,2
Plac Centralny	<i>Tilia cordata</i>	C21/2	1,17	1,02	385,80	> 200	49,52	49,63
				0,984		304,2		25,5

Tabela 8. Zawartość niklu, ołowiu i chromu (mg/kg p.s.m.) w próbkach gleby pobranych z 20 wybranych stanowisk w Krakowie przed i po zimie 2005/2006 oraz wiosną 2011 r. (szare pola tabeli)

stanowisko	gatunek	sym bol	nikiel		ołów		chrom	
			Jesień 2005	Wiosna 2006	Jesień 2005	Wiosna 2006	Jesień 2005	Wiosna 2006
Szlaki komunikacyjne								
Ul. Kościuszki	Acer platanoides	A1/1	17,72	16,43	66,78	70,66	23,90	28,53
				4,70		68,3		6,117
Ul. 3 Maja	Fraxinus excelsior	A2/1	23,60	52,03	157,50	70,43	23,03	98,70
				3,3		88,2		2,023
Ul. Czarnowiejska	Acer platanoides	A3/1	18,83	11,70	107,50	81,30	19,90	19,83
				1,88		66,5		0,842
Ul. Kaz.Wielkiego	Acer platanoides	A4/1	17,07	20,43	163,33	> 100	19,50	51,60
				1,25		45,8		0,136
Ul. Nawojki	Tilia x europaea	A5/1	25,70	18,34	96,66	> 100	27,50	31,45
				2,51		92,9		1,572
Ul. Grzegórzecka	Acer platanoides	A9/1	27,64	24,93	216,25	> 100	21,45	27,70
Ul. Basztowa	Acer platanoides	A14/ 1	20,93	24,57	152,50	> 100	26,87	54,70
				6,38		118,8		10,227
Ul. Opolska	Parthenocissus inserta	A22/ 1	19,26	14,90	184,16	86,96	27,47	34,70
				2,09		52,0		0,292
Ul. Galiczyjska	Robinia pseudoacacia	A23/ 1	13,33	15,30	174,16	55,16	13,20	40,90
Ul. Księcia Józefa	Robinia pseudoacacia	A26/ 1	18,93	16,62	34,74	38,65	19,74	30,26
				5,10		39,4		1,491
Kontrola – parki Krakowa								
Planty Krakowskie	Corylus avellana	B1/2	14,03	16,60	55,87	24,53	15,10	24,70
Park Krakowski	Fraxinus excelsior	B2/1	17,60	16,13	363,33	> 100	16,23	21,20
Park Jordana	Tilia cordata	B3/2	13,33	13,73	42,70	> 100	19,30	18,47
				2,56		56,8		0,209
Park Dąbie	Robinia pseudoacacia	B6/2	23,06	14,53	25,27	56,13	25,53	18,27
Park Dębnicki	Acer platanoides	B7/2	24,52	18,78	74,40	22,97	24,46	37,86
Park Lilii Wenedy	Robinia pseudoacacia	B10/2	17,30	12,07	25,20	17,30	20,07	15,97
Park Szwedzki	Tilia x europaea	B14/2	17,33	11,07	82,33	54,27	38,37	23,47
Kontrola – zieleńce miasta Krakowa								
Plac Axentowicza	Acer pseudopla tanus	C16/2	14,80	13,97	87,53	86,96	20,70	16,00
				1,79		60,6		0,409
Plac Słowiański	Tilia cordata	C17/1	16,26	14,77	69,90	64,97	25,37	21,27
				1,95		36,5		0,691
Plac Centralny	Tilia cordata	C21/2	17,54	15,00	65,70	61,98	29,36	22,96
				2,15		54,0		2,481

Tabela 9. Zasolenie i pH gleby na wybranych stanowiskach w Krakowie przed i po zimie 2005/2006 oraz wiosna 2011 r. (szare pola tabeli)

Stanowisko	Gatunek	Symb ol stano wiska	pH			Zasolenie (mS)		
			jesień 2005	wiosna 2006		jesień 2005	wiosna 2006	
Szlaki komunikacyjne								
Ul. Kościuszki	<i>Acer platanoides</i>	A1/1	7,70	9,19* 8,32**	8,76***	0,392	0,605 0,395	0,500
					8,16			0,36
Ul. 3 Maja	<i>Fraxinus excelsior</i>	A2/1	7,46	8,66 7,90	8,28	0,361	0,607 0,259	0,433
					7,42			0,27
Ul. Czarnowiejska	<i>Acer platanoides</i>	A3/1	7,53	9,08 8,14	8,61	0,660	0,253 0,189	0,221
					7,96			0,52
Ul. Kaz.Wielkiego	<i>Acer platanoides</i>	A4/1	7,21	8,11 6,54	7,33	0,528	0,260 0,204	0,232
					7,20			0,26
Ul. Nawojki	<i>Tilia x europaea</i>	A5/1	8,13	8,77 8,74	8,76	0,586	1,098 0,435	0,767
					7,41			0,65
Ul. Grzegórzecka	<i>Acer platanoides</i>	A9/1	7,17	7,58 8,02	7,80	0,945	0,674 0,600	0,637
Ul. Basztowa	<i>Acer platanoides</i>	A14/ 1	7,01	7,81 7,22	7,52	0,383	0,338 0,144	0,241
					7,95			0,17
Ul. Opolska	<i>Parthenocissus inserta</i>	A22/ 1	8,01	8,77 8,29	8,53	0,464	0,310 0,284	0,297
					7,55			0,17
Ul. Galicyska	<i>Robinia pseudoacacia</i>	A23/ 1	8,08	7,95 8,04	7,99	0,132	0,104 0,091	0,098
Ul. Księcia Józefa	<i>Robinia pseudoacacia</i>	A26/ 1	8,00	8,02 8,07	8,03	0,320	0,188 0,522	0,355
					7,52			0,20
Kontrola – parki Krakowa								
Planty Krakowskie	<i>Corylus avellana</i>	B1/2	6,40	6,75 7,05	6,90	0,560	0,234 0,168	0,201
Park Krakowski	<i>Fraxinus excelsior</i>	B2/1	7,09	6,85 6,83	6,84	0,419	0,281 0,227	0,254
Park Jordana	<i>Tilia cordata</i>	B3/2	7,08	7,05 6,61	6,83	0,228	0,159 0,176	0,168
					7,37			0,15
Park Dąbie	<i>Robinia pseudoacacia</i>	B6/2	6,82	6,30 7,25	6,78	0,280	0,128 0,159	0,144
Park Dębnicki	<i>Acer platanoides</i>	B7/2	7,38	7,40 7,51	7,46	0,297	0,187 0,174	0,181
Park Lilii Wenedy	<i>Robinia pseudoacacia</i>	B10/2	6,89	7,11 6,72	6,92	0,232	0,172 0,090	0,131
Park Szwedzki	<i>Tilia x europaea</i>	B14/2	6,89	7,20 7,03	7,12	0,350	0,139 0,124	0,132
Kontrola – zieleńce miasta Krakowa								
Plac Axentowicza	<i>Acer pseudopla tanus</i>	C16/2	6,78	6,63 6,62	6,63	0,264	0,216 0,164	0,190
					6,54			0,24
Plac Słowiański	<i>Tilia cordata</i>	C17/1	6,89	6,82 6,07	6,45	0,374	0,580 1,275	0,928
					7,06			0,17

Plac Centralny	<i>Tilia cordata</i>	C21/2	7,30	6,12 6,73	6,43	0,409	0,395 1,078	0,737
					7,12			0,16

* - stanowisko bliżej chodnika
 ** - stanowisko bliżej jezdni
 *** - średnia

6. Bibliografia

1. Barker A.V., Pilbeam D.J. 2006. Handbook of Plant Nutrition. Taylor and Francis, London.
2. Błaszczuk M., Kosmala M. 2008. Społeczne znaczenie zieleni ulicznej i jej wpływ na ocenę możliwości i użytkowania przestrzeni. Nauka Przyroda Technologie, 2(4), # 29.
3. Borowski J., Pstrągowska M. 2011. Dobory i zastosowanie pnączy w wybranych miejscach miasta. W: „Rośliny do zadań specjalnych”. Sulechów-Kalsk.
4. Bosiacki M., Ł. Zieleziński. 2011. Fitoekstrakcja niklu przez wybrane gatunki traw gazonowych z podłoża zanieczyszczonych metalami ciężkimi. Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus 10(3), 155-173.
5. Breś W. 2008. Czynniki antropogeniczne powodujące zamieranie drzew w krajobrazie miejskim. Nauka Przyroda Technologie 2 (4) # 31.
6. Chachulski Z. 1992. Chirurgia drzew. Lerovil, Warszawa.
7. Clemens S. 2006. Toxic metal accumulation, response to exposure and mechanisms of tolerance in plant. Biochemie 88: 1707-1719.
8. Fotyma M., Mercik S. 1992. Chemia rolna. PWN Warszawa.
9. Gambuś F. 1993. Metale ciężkie w wierzchniej warstwie gleb i w roślinach regionu krakowskiego. Zesz. Nauk. AR w Krakowie. Rozprawy 179.
10. Gawroński S.W. 2009. Fitoremediacja a tereny zieleni. Zieleń miejska 10 (31), 28-29.
11. Grzebisz W. 2008. Nawożenie roślin uprawnych. PWRiL, Warszawa.
12. Kabata-Pendias A. 2011. Trace elements in soils and plants. CRC Press, Taylor & Frances Group, London.
13. Kabata-Pendias A., Pendias H. 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa.
14. Kopcewicz J., Lewak S. 2002. Fizjologia roślin. PWN, Warszawa.

15. Korzeniowska J., Stanisławska-Głubiak E. 2008. Przydatność roztworu 1 mol HCl dm⁻³ do oceny skażeń gleby miedzią, cynkiem i niklem. X Sympozjum Trace Elements In the Environment, Koszalin-Mielno 11-14 maja 2008, Book of Abstracts: 191-192.
16. Łukasiewicz Sz. 2011. Drzewa i krzewy polecane do obsadzeń ulicznych w miastach. W: „Rośliny do zadań specjalnych”. Sulechów-Kalsk.
17. Nowak A., Szopa E., Błaszak M.: 2004. Wpływ metali ciężkich (Cd, Cu, Pb, Hg) na ilość biomasy żywych mikroorganizmów w glebie. *Acta Agraria et Silvicultura*. XLII, 335–339.
18. Nowosielski O. 1988. Zasady opracowywania zaleceń nawozowych w ogrodnictwie. PWRiL Warszawa.
19. Ostrowska A., Gawliński S., Szczubiałka Z. 1991. Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin. Instytut Ochrony Środowiska Warszawa.
20. Sady W., Rożek S. 2002. The effect of physical and chemical soil properties on accumulation of cadmium in Carrot. *Acta Hort.* 571, 73-75.
21. Szczepanowska H.B. 2001. Drzewa w mieście. Hortpress, Warszawa.
22. Tyler G, Balsberg Pålsson A. M., Bengtsson G., Bååth E., Tranvik L. 1989. Heavy-metal ecology of terrestrial plants, microorganisms and invertebrates. *Water, Air and Soil Pollution*. 47: 189-215.
23. Trelak H., Stuczyński M., Piotrowska M. 1997. Heavy metals in agricultural soils in Poland. *Polish J. Soil Sci* 30/2: 35-42.
24. Wysocki Cz. 2008. Miasto jako specyficzne środowisko życia roślinności. 2 (4) # 25