



Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

ul. Wojska Polskiego 28

60-637 Poznań

tel. +48 61 848 70 01

e-mail: rektorat@up.poznan.pl

WYDZIAŁ LEŚNY  
I TECHNOLOGII DREWNA

Poznań, 04 września 2023 r.

dr hab. inż. Kinga Drzewiecka  
Katedra Chemii  
Ul. Wojska Polskiego 75  
60-625 Poznań  
T: 61 848-78-53  
E: kinga.drzewiecka@up.poznan.pl

## R E C E N C J A

rozprawy doktorskiej mgr inż. Justyny Pelc  
pt.: „Zastosowanie kwasu askorbinowego celem ograniczenia  
toksyczności związków fluoru w glebie i w roślinie”

Podstawą opracowania recenzji jest pismo Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska Górnictwo i Energetyka Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, dr hab. inż. Joanny Podlasińskiej, prof. ZUT z dnia 3 lipca 2023 r. w związku z uchwałą RD IŚGiE ZUT w Szczecinie z dnia 30 czerwca 2023 r. o powołaniu mnie na recenzenta w postępowaniu o nadanie stopnia doktora mgr inż. Justynie Pelc.

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska wykonana została na Wydziale Kształtowania Środowiska i Rolnictwa Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, pod kierunkiem dr hab. inż. Beaty Smolik, prof. ZUT pełniącej funkcję promotora oraz dr inż. Martyny Śnioszek pełniącej funkcję promotora pomocniczego.

### **Przedmiot i cel pracy**

Zanieczyszczenie powietrza i gleby fluorem jest problemem ogólnoświatowym, który niekorzystnie wpływa na rośliny uprawne, w tym na kiełkowanie, wzrost, odżywianie mineralne, fotosyntezę, oddychanie, aktywność enzymów komórkowych, rozmnażanie i w konsekwencji na wielkość plonów. Fluor hamuje aktywność enzymów antyoksydacyjnych jak dysmutaza ponadtlenkowa i zakłóca pracę układów sygnałowych komórki. Objawy toksyczności fluoru u roślin obejmują, oprócz zahamowania wzrostu i rozwoju, chlorozę, nekrozę i odpadanie liści, przedwczesne opadanie kwiatów i owoców oraz zmniejszoną produkcję nasion. Stąd konieczność prowadzenia prac nad skutkami zanieczyszczenia środowiska związkami fluoru, mechanizmami ich toksyczności i metodami łagodzenia negatywnego wpływu tego pierwiastka na rośliny uprawne na poziomie

fizjologicznym, biochemicznym i molekularnym.

Celem ogólnym badań przedstawionych w rozprawie było określenie, czy egzogeny kwas L-askorbinowy (Asc) wpływa na zmniejszenie toksyczności jonów fluorkowych względem roślin uprawnych i czy poprawia stan gleby zanieczyszczonej fluorkami. Ocena tę Doktorantka przeprowadzała na podstawie analizy wybranych parametrów morfologicznych, fizjologicznych i biochemicznych roślin oraz pomiaru aktywności enzymów glebowych. Jako cele szczegółowe pracy obrano: i) ocenę wrażliwości 10 gatunków roślin uprawnych i wybór gatunku wrażliwego do dalszych badań, ii) określenie stopnia łagodzenia stresu fluorkowego u gatunku wrażliwego przez kwas askorbinowy podany dokorzeniowo w warunkach *in vitro* i doświadczeniu wazonowym, iii) określenie wpływu egzogenego kwasu askorbinowego na aktywność enzymatyczną gleby zanieczyszczonej fluorkami oraz iv) ocenę skuteczności Asc w zależności od sposobu jego aplikacji.

Cel i zakres badań zostały prawidłowo określone a tematyka badań wpisuje się w zakres dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Tytuł rozprawy w pełni odpowiada jej zakresowi.

#### **Charakterystyka i ocena pracy**

Rozprawa doktorska mgr inż. Justyny Pelc liczy łącznie 129 stron i zawiera kolejno spis treści, streszczenie w j. polskim i angielskim, spis skrótowców, wstęp, cel i zakres badań. Część zasadnicza obejmuje przegląd literatury, metodologię badań, opis wyników i ich dyskusję i zawiera 38 tabel oraz 12 rysunków. Całość rozprawy kończą wnioski i bibliografia zawierająca 187 pozycji literaturowych. Liczba stron rozprawy, długość rozdziałów i ich wzajemne proporcje odpowiadają klasycznym zasadom redakcji prac doktorskich.

Studium literaturowe podzielono na 7 podrozdziałów (punktów), w których w sposób syntetyczny przedstawiono obecny stan wiedzy dotyczącej podjętego w pracy zagadnienia badawczego. W punkcie 1 przeglądu literatury Doktorantka opisuje właściwości fizykochemiczne fluoru, wartości tła, zakres i średnią zawartość w glebach w zależności od rodzaju i kraju oraz wskazuje naturalne źródła tego pierwiastka w środowisku. W dalszej części w sposób bardziej szczegółowy omawia antropogeniczne źródła fluoru podkreślając narastający problem zanieczyszczenia środowiska glebowego tym pierwiastkiem wynikający z działalności człowieka, w tym przemysłu hutniczego, nawozowego, farmaceutycznego czy agrotechnicznego. Punkt 2 przeglądu literatury Doktorantka poświęca toksyczności fluoru wobec roślin, opisując drogi narażenia, czynniki wpływające na biodostępność, objawy i mechanizmy toksyczności bezpośredniej jonów fluorkowych. W kolejnym punkcie omawia zjawisko stresu oksydacyjnego oraz wymienia mechanizmy detoksykujące reaktywne formy tlenu. Wybrane przeciwutleniacze enzymatyczne (katalaza, peroksydazy) i nieenzymatyczne (kwas L-askorbinowy) szczegółowo



przedstawia w punkcie 4 skupiając się na związkach oznaczanych w części eksperymentalnej pracy. Szczególną uwagę Doktorantka poświęca funkcji kwasu askorbinowego w reakcji obronnej roślin, w tym jako kofaktora enzymów biorących udział w procesie fotosyntezy i biosyntezy fitohormonów kluczowych w odpowiedzi roślin na czynniki stresowe. Ponadto wskazuje na sygnałowe i przeciwutleniające właściwości askorbinianu w mechanizmie zmiatania wolnych rodników w warunkach stresu uzasadniając potrzebę badań nad jego aplikacją w celu ograniczenia toksyczności jonów fluorkowych wobec roślin. W punktach 5 i 6 krótko omawia funkcje pozostałych związków analizowanych w części doświadczalnej pracy (barwników roślinnych i proliny) oraz powstawanie dialdehydu malonowego (MDA) jako produktu peroksydacji lipidów i powszechnie stosowanego wskaźnika nasilenia stresu oksydacyjnego. Część literaturową rozprawy kończy punkt 7 opisujący enzymy glebowe (dehydrogenazy i fosfatazy), których aktywność pozwala na ocenę stanu gleby i posłużyła Doktorantce za wskaźnik toksycznego działania fluorków na środowisko glebowe.

W rozdziale 2 „Materiały i metody” liczącym 9 stron, Doktorantka dość szczegółowo opisuje przebieg prac o charakterze etapowym, przy czym każdy z 4 etapów badań przedstawia przy pomocy schematu i formułuje jego cel. Sekwencja prac została dobrze zaplanowana począwszy od 10-dniowych eksperymentów modelowych do badań wazonowych w dłuższej perspektywie czasowej. Badania rozpoczyna doświadczenie *in vitro*, w którym analizowano 10 gatunków reprezentujących 6 rodzin roślin uprawnych, których siewki wyprowadzano z nasion w obecności 10 mM roztworu NaF. Po 10 dniach wzrostu w warunkach kontrolowanych określano wpływ fluorków na parametry biometryczne siewek oraz fizjologiczne i biochemiczne liści przez porównanie z układem kontrolnym. Na podstawie uzyskanych wyników do dalszych etapów (2-4) wybrano pszenicę jarą (*Triticum aestivum* L. cv. 'Bryza') jako gatunek wrażliwy na obecność jonów fluorkowych w podłożu. W etapie 2 badań, również w warunkach *in vitro* oceniono stopień łagodzenia toksyczności NaF (w stężeniach 10 i 20 mM) u wybranego gatunku poprzez równoległy dodatek kwasu L-askorbinowego w stężeniach 0,5; 1,0 i 2,0 mM. Podobnie jak w etapie 1 przeprowadzono analizę biometryczną siewek oraz analizowano zawartość barwników, wolnej proliny i dodatkowo poziom MDA w liściach. Kolejne etapy badań obejmowały doświadczenia wazonowe, przy czym ostatnie przeprowadzono w dwóch sezonach wegetacyjnych. W etapie 3 oceniano wpływ egzogenego Asc (1 i 2 mM) zastosowanego doglebowo na toksyczność jonów fluorkowych względem pszenicy stosowanych w stężeniach 25 i 50 mM. Po 14, 21 i 28 dniach uprawy przeprowadzono pomiary parametrów fizjologicznych i biochemicznych, poszerzone o oznaczenie aktywności oksydoreduktaz w liściach. Przez cały okres trwania eksperymentu, w tygodniowych interwałach analizowano również aktywność enzymatyczną i mierzono wartość pH gleby. Celem ostatniego etapu badań było określenie wpływu egzogenego Asc na toksyczność jonów fluorkowych w zależności od sposobu jego aplikacji w dawce 50 mM

(moczenie nasion, dolistnie - oprysk, doglebowo - podlewanie). Pomiary parametrów fizjologicznych i biochemicznych liści wykonano w terminach czterech faz rozwoju roślin, w tym jako dodatkowy parametr oznaczano poziom endogennego Asc. W kolejnych podrozdziałach części metodycznej rozprawy Doktorantka podaje charakterystykę gleby użytej w etapach 3 i 4 badań oraz warunki atmosferyczne towarzyszące dwuletniemu doświadczeniu wazonowemu (etap 4), opisuje także metody pomiaru parametrów biometrycznych, fizjologicznych oraz biochemicznych roślin i gleby, jak również użyte metody analizy statystycznej danych liczbowych.

W kolejnym rozdziale liczącym 63 strony, Doktorantka omawia wyniki badań etapowych przedstawiając dane liczbowe w formie tabel. W opisie etapów 1 i 2 dane te uzupełniają zdjęcia siewek badanych gatunków w wariantach eksperymentalnych. Najszersze badania etapu 1 wykazały negatywny aczkolwiek zróżnicowany wpływ NaF w stężeniu 10 mM na wzrost siewek wszystkich analizowanych 10 gatunkach roślin uprawnych oraz na parametry fizjologiczne i biochemiczne liści. W oparciu o uzyskane wyniki, 5 gatunków uznano jako nietolerancyjne a 3 za tolerancyjne na zastosowane stężenie jonów fluorkowych. W etapie 2 w warunkach *in vitro*, stwierdzono łagodzący wpływ roztworu kwasu L-askorbinowego na toksyczność NaF stosowanego w stężeniach 10 i 20 mM względem pszenicy zwyczajnej. Wpływ ten był szczególnie wyraźny dla niższej dawki fluorków i zależny od stężenia roztworu Asc (w zależności od analizowanego parametru siewek). W kolejnym doświadczeniu, wazonowym z użyciem gleby wtórnie zanieczyszczonej jonami fluorkowymi, równoczesny dodatek Asc obniżał zawartość proliny w liściach pszenicy, w szczególności przy niższym stężeniu NaF wynoszącym 25 mM oraz silnie obniżał stopień utlenienia kwasów tłuszczowych przyjęty za miarę uszkodzenia komórek. Dodatek kwasu L-askorbinowego łagodził również negatywny wpływ fluorków na zawartość barwników fotosyntetycznych, szczególnie chlorofilu a w końcowej fazie eksperymentu. Pod wpływem fluorków wraz ze wzrostem roślin obserwowano regenerację syntezy chlorofilu wzmożoną pod wpływem Asc. Egzogenny Asc obniżał aktywność enzymów przeciwutleniających, w szczególności peroksydaz, w mniejszym stopniu katalazy u roślin narażonych na działanie fluorków. Dodatek 50 mM roztworu NaF wpływał istotnie na akumulację kwasu L-askorbinowego w liściach pszenicy po 28 dniach uprawy, natomiast Asc stosowany doglebowo nie zwiększał puli tego metabolitu. Dodatek NaF do gleby wpływał negatywnie na aktywność enzymatyczną gleby, w szczególności w przypadku fosfatazy zasadowej. Uzyskane wyniki nie wskazują jednak na łagodzący wpływ równoległego dodatku Asc na stan gleby, a sam kwas askorbinowy powodował nieznaczny spadek aktywności oznaczanych enzymów, z największym spadkiem dla fosfatazy zasadowej. W podsumowaniu Doktorantka stwierdza, że zastosowanie kwasu L-askorbinowego doglebowo w stężeniach 25 i 50 mM łagodzi stres oksydacyjny u pszenicy jarej, natomiast wpływ na aktywność enzymatyczną gleby nie jest jednoznaczny. W etapie 4 stwierdzono istotny wpływ egzogenego Asc na obniżenie zawartości proliny w liściach



pszenicy w każdej z 4 faz rozwoju roślin, silniejszy w przypadku moczenia nasion i podlewania roślin, nieco słabszy przy oprysku liści z użyciem 0,5 mM roztworu. Obserwowano również obniżenie zawartości MDA w liściach narażonych na działanie fluorków przy oprysku i podlewaniu stosowanych jako metod aplikacji Asc, poza fazą trzeciego liścia. Podlewanie w największym stopniu łagodziło negatywny wpływ fluorków na zawartość chlorofilu a, natomiast oprysk i podlewanie na poziom chlorofilu b i karotenoidów w liściach pszenicy. Sam egzogenny Asc wpływał pozytywnie na poziom chlorofilu b i karotenoidów we wczesnych fazach rozwoju siewek. Egzogenny Asc istotnie obniżał aktywność katalazy, a skuteczność aplikacji była uzależniona od jej sposobu oraz od fazy rozwoju roślin i peroksydaz (przy podlewaniu). Dodatek NaF do gleby indukował akumulację endogennego kwasu L-askorbinowego a równolegle podany egzogenny Asc nieznacznie obniżał ten efekt, najsilniej w przypadku aplikacji dolistnej. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że podlewanie siewek pszenicy 0,5 mM roztworem Asc łagodzi stres wywołany jonami fluorkowymi w stężeniu 50 mM niezależnie od fazy rozwojowej roślin.

Kolejny punkt rozprawy stanowi dyskusja uzyskanych wyników, prowadzona w sposób rzeczowy, bez zbędnego rozciągania tekstu. Doktorantka prowadzi tę część wg przemyślanego toku, rozpoczynając od omówienia toksyczności fluorków względem roślin i mechanizmów prowadzących do zmian w poziomie badanych parametrów biomasy, fizjologicznych i biochemicznych siewek. Następnie płynnie przechodzi do dyskusji wpływu egzogenego Asc na poziom stresu u roślin uprawnych, głównie pod wpływem suszy, uwzględniając stosowaną dawkę i sposób aplikacji. W dalszej części omawia wpływ jonów fluorkowych na aktywność enzymatyczną gleby i nawiązuje do danych literaturowych dotyczących zastosowania, poza badanym kwasem askorbinowym, innych substancji biologicznie czynnych (w tym kwasu salicylowego, chitozanu, polifenoli czy lignin) wprowadzanych do gleby i łagodzących działanie czynników stresowych takich jak zasolenie, niedobór wody czy jony metali.

Pracę kończą wnioski, które odpowiadają celom wyznaczonym dla kolejnych etapów badań i potwierdzają przyjętą hipotezę o przydatności kwasu askorbinowego do łagodzenia toksyczności fluoru względem roślin uprawnych na przykładzie gatunku wrażliwego *Triticum aestivum* L. cv. 'Bryza'.

Bibliografia rozprawy jest bogata, trafnie dobrana do poruszanych zagadnień. Obejmuje 165 pozycji anglojęzycznych i 30 w j. polskim, w tym oryginalne artykuły naukowe, prace przeglądowe, monografie i 1 stronę internetową. Większość to prace wydane po 2000 roku a połowę cytowanej literatury stanowią pozycje wydane po 2010 roku. Starsze pozycje mają charakter fundamentalny lub stanowią prace metodyczne.

Pod względem językowym uważam pracę za przygotowaną poprawnie, szczególnie w Dyskusji odczuwalna jest spójność językowa i lekkość wypowiedzi świadczące o dużym rozeznaniu Doktorantki w literaturze przedmiotu badań. Nie napotkano fragmentów

zbędnych czy powtórzeń. Występujące błędy mają charakter głównie edytorski i nie wpływają na ocenę merytoryczną rozprawy.

### **Komentarze i uwagi do pracy**

Recenzja rozprawy doktorskiej wymaga sformułowania uwag i pytań. Komentarze stanowią mniej istotne spostrzeżenia recenzenta, nie wymagają ustosunkowania się Doktorantki i w większości mają służyć przy przygotowaniu manuskryptów publikacji, natomiast uwagi szczegółowe wymagają komentarza/odpowiedzi.

#### **KOMENTARZE**

1. Punkt „Cel i zakres badań” w mojej opinii powinien znaleźć się po przeglądzie literatury (przedstawieniu problemu naukowego), chyba że wymogi redakcyjne stanowią inaczej.
2. „Przegląd literatury” - str. 16: pkt. 1.2 dotyczy, podobnie jak całość rozprawy, toksyczności fluorków, nie fluoru jako pierwiastka jak sugeruje tytuł tego punktu; str. 18: „forma chemiczna” zamiast „rodzaj”; str. 20: „objawów toksyczności/uszkodzeń” zamiast „obrażeń”.
3. „Materiały i metody” – str. 32, pkt. 2.2: brak informacji o długości trwania doświadczenia i liczbie powtórzeń w opisie etapu 2 badań; str. 33, pkt. 2.3: aktywność enzymatyczną gleby oznaczano w odstępach tygodniowych a nie „kilkunastotygodniowych”; str. 37, pkt. 2.8.3: zawartość barwników w liściach wyznaczano korzystając z krzywych wzorcowych czy na podstawie równań Arnona?; str. 38, pkt. 2.9 i 2.10: proszę o weryfikację poprawności zapisu jednostek aktywności enzymów glebowych.
4. „Wyniki” – uwagi ogólne: zbyt długie tytuły podpunktów w spisie treści można zastąpić dodając spis tabel i rysunków, który ułatwiłby ich lokalizację w pracy; dużym ułatwieniem dla czytelnika i dodatkowym atutem pracy byłoby przedstawienie części uzyskanych wyników w formie wykresów w miejsce tabel; tabele 10, 18, 23-27 wymagają dokładnego sprawdzenia istotności różnic i grup jednorodnych, np. tab. 10 – czy wyniki świeżej masy dla wariantów 2 mM Asc i 10 mM NaF+1 mM Asc różnią się statystycznie?, podobnie w tab. 18 – 21 dzień: aktywność katalazy dla wariantu 50 mM NaF i 25 mM NaF+1 mM Asc; tab. 23 – rok 2016, faza strzelania w źdźbło: poziom proliny był najwyższy (a) dla wariantu „50 mM NaF” a nie dla „50 mM NaF + 0,5 mM Asc oprysk”; brak sprecyzowanych czynników uwzględnionych w analizie wariancji i różnice między tabelami o tym samym układzie znacznie utrudnią ich interpretację (np. tabele 23 i 25, 24 i 26); str. 68 – stwierdzenie „Gleba zanieczyszczona NaF ale z dodatkiem Asc charakteryzowała się wyższą aktywnością fosfatazy kwaśnej niż gleba z samym NaF” stanowi zbyt duże uogólnienia i jest niezgodne z danymi przedstawionymi



w tabeli 21; str. 84: nieprawdą jest, że „0,5 mM Asc w formie moczenia nasion DWUKROTNIE zwiększył zawartość chlorofilu a odpowiednio: w fazie trzeciego liścia oraz kłoszenia”; brak wyników analizy wariancji (przedstawiono jedynie wyniki testów post-hoc).

5. Cała praca: Zastosowane terminy oraz skróty naukowe powinny być objaśnione w tekście przy pierwszym ich użyciu a te pochodzące z angielskiego powinny być poprzedzone nazwą oryginalną; sugerowałabym: zastąpienie sformułowania „łagodzenie stresu” słowem „toksyczności” fluoru, szczególnie w odniesieniu do gleby oraz zachowanie chronologii opisu wyników i ich dyskusji zgodnej z kolejnością przedstawioną w celu badań i części metodycznej pracy (biometria, fizjologia, biochemia).

#### UWAGI SZCZEGÓŁOWE

1. Jakie kryteria i metody porównawcze obrano przy podziale badanych gatunków na tolerancyjne i nietolerancyjne (wrażliwe) i wyborze pszenicy jako gatunku wrażliwego do badań etapów 2-4? Dlaczego żyto i ogórek pozostawiono bez klasyfikacji?
2. Czy przeprowadzono dodatkowe obliczenia względnych zawartości barwników roślinnych (np. chl a/b, chl(a+b)/karotenoidy), które mogłyby posłużyć do oceny kondycji roślin?
3. Proszę o uzasadnienie dlaczego w etapach 3 i 4 nie przeprowadzono pomiarów biometrycznych roślin? Czy obserwowano uszkodzenia typu chlorozy, nekrozy liści wywołane fluorem?
4. Czy rozważano przeprowadzenie analizy parametrów biochemicznych w korzeniach i odniesienia ich do obserwowanej obniżonej wartości indeksu kiełkowania i zahamowania wzrostu korzeni pod wpływem fluorków?
5. Czy rozważano przeprowadzenie analizy zawartości fluoru, np. metodą potencjometryczną, w korzeniach i części nadziemnej roślin w zależności od dawki NaF oraz celem oceny wpływu egzogenego kwasu askorbinowego na pobieranie i translokację tego pierwiastka?
6. Na jakiej podstawie wyznaczono dawki doglebowe NaF w doświadczeniach wazonowych etapów 3 i 4? Ile wynoszą zastosowane dawki podane w mM w przeliczeniu na suchą masę gleby i jak te wartości kształtują się względem wartości tła i zakresu zawartości fluoru w glebach.
7. W przeglądzie literatury (str. 21) Doktorantka cytując literaturę, pisze, że „fluor powoduje inaktywację enzymów niezbędnych do rozkładu RFT”. Jak Pani tłumaczy wykazany w części doświadczalnej pracy wzrost aktywności oksydoreduktaz w odpowiedzi na NaF?

### **Podsumowanie**

Podjęta w rozprawie tematyka jest aktualna i oryginalna a uzyskane wnioski uzupełniają dotychczasowy stan wiedzy w zakresie toksyczności fluorków i sposobów jej łagodzenia. Mając na uwadze nowatorskość badań, ich szeroki zakres i logiczną sekwencję kolejnych etapów stwierdzam, że przedłożona do recenzji rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Doktorantka wykazała się zarówno wiedzą teoretyczną, jak również umiejętnością planowania i przeprowadzenia eksperymentów, opanowała niezbędne techniki laboratoryjne i umiejętność wnioskowania.

Podsumowując stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Justyny Pelc pt.: „Zastosowanie kwasu askorbinowego celem ograniczenia toksyczności związków fluoru w glebie i roślinie” spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim określonym w art. 13 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2017 r. poz. 1789), uwzględniając rozporządzenie MNiSW z dnia 19 stycznia 2018 roku w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz.U. z 2018 r. poz. 261), zgodnie z art. 179 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. - Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2018 r. poz. 1669) i wnoszę do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie o dopuszczenie Pani mgr inż. Justyny Pelc do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Kinga Dzwiecka', is written in a cursive style.