

LIDIA BANASZCZYK¹ , **MAŁGORZATA KAPUSTA²** ,
MAŁGORZATA KOZIERADZKA-KISZKURNO¹ 

Autor korespondencyjny: lidia.banaszczyk@ug.edu.pl

¹ Katedra Biologii Eksperymentalnej i Biotechnologii Roślin, Pracownia Cytologii i Embriologii Roślin, Wydział Biologii, Uniwersytet Gdański, ul. Wita Stwosza 59, 80-308 Gdańsk

Department of Plant Experimental Biology and Biotechnology, Laboratory of Plant Cytology and Embryology, Faculty of Biology, University of Gdańsk, Wita Stwosza 59, 80-308 Gdańsk

² Laboratorium Bioobrazowania, Wydział Biologii, Uniwersytet Gdański, Wita Stwosza 59, 80-308 Gdańsk

Bioimaging Laboratory, Faculty of Biology, University of Gdańsk, Wita Stwosza 59, 80-308 Gdańsk

Gatunki roślin wydmych w regionie Morza Bałtyckiego: zagrożenia i perspektywy ochrony

Coastal dune plants in the Baltic Sea region: threats and conservation perspectives

DOI: <https://doi.org/10.12775/KOSMOS.2024.001>

Abstrakt

Gatunki roślin wydmych są narażone na wiele zagrożeń, zarówno naturalnych, jak i spowodowanych przez człowieka. Zmiany klimatu skutkują erozją wydm i zaburzeniami w naturalnej sukcesji tych ekosystemów. Do czynników antropogenicznych należą m.in. wprowadzanie gatunków obcych, nadmierna eksploatacja turystyczna oraz urbanizacja. Celem artykułu jest przedstawienie zagrożeń i form ochrony gatunków roślin wydmych regionu bałtyckiego. Gatunki te pełnią kluczową rolę w utrzymaniu stabilności wydmy i różnorodności biologicznej. Przedstawione zostały główne czynniki wpływające na degradację roślinności wydmy, takie jak erozja, zanieczyszczenie środowiska, inwazja obcych gatunków, zmiany klimatu i pre-

sja turystyczna oraz możliwe sposoby ochrony tych gatunków roślin, opierając się na przykładach z różnych krajów nadbałtyckich. Artykuł ma charakter przeglądowy i podkreśla potrzebę współpracy międzynarodowej w tej dziedzinie.

Słowa kluczowe: bioróżnorodność, erozja wydm, ochrona środowiska, rośliny wydymowe, zmiany klimatyczne

Abstract

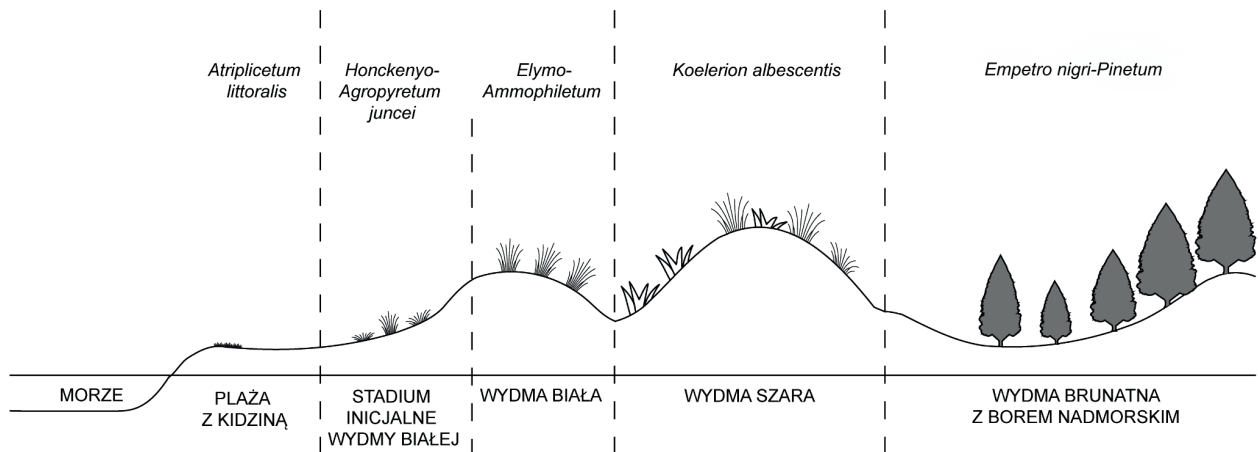
Coastal dune plants are exposed to many threats, both natural and anthropogenic. Climate change result in dune erosion and disruption of the natural succession of these ecosystems. Anthropogenic factors include the introduction of foreign species, excessive tourist exploitation and urbanization. The aim of this article is to present the threats and forms of protection of dune plants of the Baltic region. These plants play a key role in maintaining dune stability and biodiversity. The main factors affecting the degradation of dune vegetation, such as erosion, pollution, invasion by alien species, climate change and tourism pressure, and possible ways to protect and manage these plants will be presented, based on examples from different Baltic countries. The article is an overview and emphasizes the need for international co-operation in this field.

Key words: biodiversity, climate change, dune erosion, dune plants, environmental protection

WSTĘP

Wydmę nadmorskie są efektem procesów eolicznych, spowodowanych intensywnym działaniem wiatru. Dzięki roślinności, która zatrzymuje piasek, wytwarzają się specyficzne wały (Ryc. 1). Najbliżej brzegu, w miejscach gromadzenia się szczątków organicznych, tworzy się kiczka. Porastają ją gatunki nitrofilne i odporne na zasolenie, m.in. rukwiel nadmorska (*Cakile maritima*) i solanka kolczysta (*Salsola kali*). Wydma biała to nasyp luźnego piasku, który porośnięty jest psammofilnymi gatunkami traw, np. piaskownicą zwyczajną (*Ammophila arenaria*) czy wydmuchrzycą piaskową (*Leymus arenarius*). Inicjalne stadia wydmy białej tworzą się na plaży górnej ze zgromadzonego piasku, zatrzymującego się na pierwszych od strony brzegu roślinach pionierskich (Kostrzewski i współaut. 2021). Współcześnie zjawisko to obserwuje się bardzo rzadko, z powodu silnej

antropopresji. W późniejszej fazie sukcesji na wydmy białej pojawiają się rośliny odporne na intensywne zasypywanie piaskiem, takie jak turzyca piaskowa (*Carex arenaria*) i linia wonna (*Linaria loeselii*). Naturalnie powstała wydma biała ma nieregularny kształt, poprzez odkładanie się piasku eolicznego. Zaplecze wydmy białej zaczynają porastać rośliny, które stabilizując podłoże, tworzą wydmy szare. Jest ona osłonięta przed wiatrem przez wydmy białe, co stwarza warunki do kolejnych etapów sukcesji naturalnej. Na wydmy szare pojawiają się rośliny, które są mniej odporne na zasypywanie przez piasek, np. kocanka piaskowa (*Helichrysum arenarium*) i mikołajek nadmorski (*Eryngium maritimum*) (Tab. 1) (Piotrowska 1988; Łabuz 2009, 2013; Afranowicz-Cieślak i Łabuz 2021). Za wydmami szarymi występuje tzw. wydma brunatna, na której rozwija się las nadmorski (Ryc. 2) (Piotrowska 2002; Łabuz 2005).



Ryc. 1. Typowy układ wydym nadmorskich w Polsce. Podział na formy rzeźby terenu oraz zbiorowiska roślinne wydym (na podstawie Piotrowska 2002 i Łabuz 2005)



Ryc. 2. Fazy sukcesji wydym nadmorskich: A. Plaża z kidziną. B. Wydma biała. C. Wydma szara. D. Las nadmorski. Zdjęcia A–D wykonane w Sobieszewie (Gdańsk, woj. pomorskie), fot. Banaszczyk

Tab. 1. Strefy roślinności na wydmach nadmorskich podzielone na poszczególne fazy sukcesji (*synonim – *Linaria odora* (M. Bieb) Fisch.)

Faza sukcesji	Zespół roślinny	Typowe gatunki roślin	Warunki	Odwwołanie
Plaża z kizdzą	<i>Atriplicetum littoralis</i>	Łoboda zdobna (<i>Atriplex calotheca</i>); Łoboda nadbrzeżna (<i>Atriplex littoralis</i>); Maruna nadmorska typowa (<i>Matricaria maritima</i> ssp. <i>maritima</i>); Solanka kolczysta (<i>Salsola kali</i>); Rukwiel nadmorska (<i>Cakile maritima</i>);	Gleba bogata w azot i sól, narażona na niszczenie okresowe przez fale przypliwów lub sztormy	Matuszkiewicz 2006; Łabuz i Wochna-Bartnik 2013
Stadium inicjalne wydmy białej	<i>Honckenyo-Agropyretum juncei</i>	Honkenia piaszkowa (<i>Honckenya peploides</i>); Piaszkownica zwyczajna (<i>Ammophila arenaria</i>); Perz sitowy (<i>Elymus farctus</i>); Wydmuchrzyca piaszkowa (<i>Leymus arenarius</i>); Kostrzewa kosmata (<i>Festuca villosa</i>); Kostrzewa czerwona (<i>Festuca rubra</i> subsp. <i>arenaria</i>); Turzyca piaszkowa (<i>Carex arenaria</i>); Lnica wonna (<i>Linaria loeselii</i> *); Groszek nadmorski (<i>Lathyrus japonicus</i> subsp. <i>maritimus</i>); Mikołajek nadmorski (<i>Eryngium maritimum</i>);	Intensywne zasypywanie piaskiem. Piasek kwarcowy pozbawiony substancji organicznych	Piotrowska 2002
Wydma biała	<i>Elymo-Ammophiletum</i>			
Wydma szara	<i>Koelerion albescentis</i>	Szczotlicha siwa (<i>Corynephorus canescens</i>); Turzyca piaszkowa (<i>Carex arenaria</i>); Kocanki piaskowe (<i>Helichrysum arenarium</i>); Groszek nadmorski (<i>Lathyrus japonicus</i> subsp. <i>maritimus</i>); Mikołajek nadmorski (<i>Eryngium maritimum</i>); Porosty; Mchy;	Inicjalne gleby z cienką warstwą wykształcającą się próchnicy	Fałtynowicz 2008
Wydma brunatna z borem nadmorskim	<i>Empetro nigri-Pinetum</i>	Sosna zwyczajna (<i>Pinus sylvestris</i>); Dąb szypułkowy (<i>Quercus robur</i>); Paprotka zwyczajna (<i>Polypodium vulgare</i>); Bazyna czarna (<i>Empetrum nigrum</i>); Borówka czarna (<i>Vaccinium myrtillus</i>);	Lasy mieszane. Wzrost próchnicy i stabilizacja podłoża wpływa na rozwój typowej roślinności	Matuszkiewicz 2006; Łabuz 2019; Afranowicz-Cieślak i Lazarus 2021

CHARAKTERYSTYKA PRZYSTOSOWAŃ ROŚLIN WYDMOWYCH DO EKSTREMALNYCH WARUNKÓW

Gatunki roślin wydmowych wyspecjalizowały różne strategie przetrwania w trudnych warunkach, takich jak silny wiatr, wysokie nasłonecznienie, niska żyzność gleby czy zasolenie (Elmas 2017; Sorce i współaut. 2021). Niektóre z nich mają grube i mięsiste liście, które magazynują wodę i chronią przed parowaniem, np. rozchodnik ostry czy sałata morską. Inne mają włoski lub kutner na liściach i łodygach, które zmniejszają straty wody i odbijają promieniowanie słoneczne, np. lepnica wąskopłatkowa czy nicennica drobna. Jeszcze inne mają silnie rozwinięty system korzeniowy, który zapewnia stabilność i pobieranie wody z głębszych warstw podłoża, np. turzyca piaszkowa. Dodatkowo rośliny wydmore wykształciły specyficzne strategie reprodukcyjne. Nasiona są lekkie i mogą być przenoszone przez wiatr. Występuje też rozmnażanie wegetatywne przez rozłogi (np. Inica wonna, mikołajek nadmorski). Gatunki roślin wydmowych często współpracują z grzybami mikoryzowymi, które pomagają im wchłaniać składniki odżywcze z ubogich gleb wydmowych (fakultatywnie np. u mikołajka nadmorskiego). Innym przykładem jest symbioza z bakteriami brodawkowymi, która umożliwia zaopatrzenie roślin w azot (np. u groszku nadmorskiego) (Piotrowska 2002; Tikhonovich i Provorov 2007; Hafid 2011; Spanò i współaut. 2013; Isermann i Rooney 2014; Elkharbotly 2016; Demétrio i współaut. 2023).

ZAGROŻENIA DLA ROŚLIN WYDMOWYCH

Obecnie, gatunki roślin, które występują na wydmach nadmorskich są narażone na zmiany klimatyczne i antropopresję. Prowadzi to do zmniejszenia stanowisk tych gatunków i bioróżnorodności występującej w tych charakterystycznych ekosystemach (Menicagli i współaut. 2020). Poznanie tych zagrożeń jest kluczowe nie tylko dla zachowania różnorodności biologicznej na wydmach, ale także dla opracowania skutecznych strategii ochrony i zrównoważo-

nego zarządzania tymi unikalnymi gatunkami roślin.

ZAGROŻENIA NATURALNE

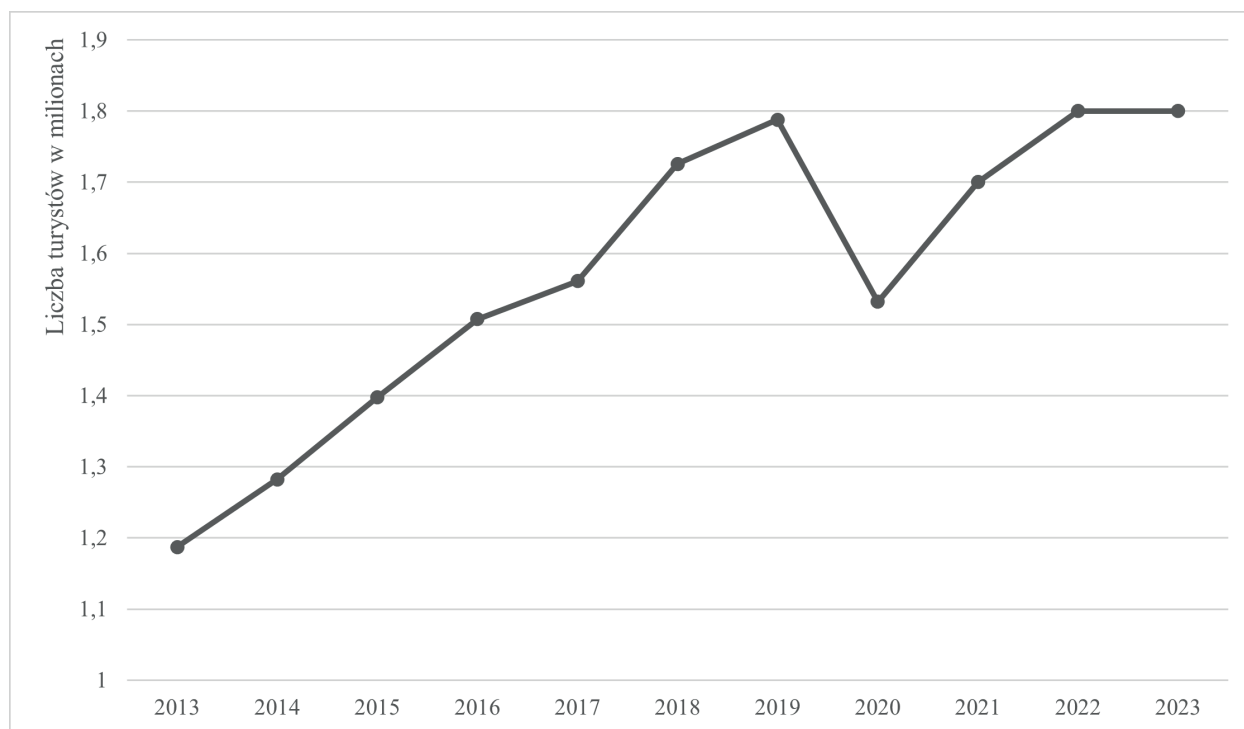
Degradacja siedlisk wydmowych to proces, w którym ekosystemy te tracą swoje naturalne cechy, a ich funkcje ekologiczne nie są poprawne (Figlus i Armitage 2014). Przykładem degradacji może być erozja wydm. Jest to proces, który odgrywa kluczową rolę w kształtowaniu krajobrazów nadmorskich. Wiatr może przemieszczać piasek na duże odległości, co prowadzi do ciągłych zmian w topografii (Judge i współaut. 2003). Zwiększone spiętrzenia sztormowe, które mają miejsce ze względu na zmiany klimatyczne, powodują niszczenie stanowisk roślinności, która nie nadąża odbudowywać populacji. Prowadzi to do jej utraty, co skutkuje destabilizacją struktury tych ekosystemów (Łabuz 2020).

ZAGROŻENIA ANTROPOGENICZNE

Obszary przybrzeżne są bardzo delikatne i szczególnie podatne na skutki działalności człowieka (Rai 2016). Gatunki roślin wydmowych są narażone na wiele zagrożeń związanych z urbanizacją nad Bałtykiem. Wraz z rozwojem miast, portów i budownictwa, naturalne siedliska roślin są niszczone lub ograniczane (Belloulou i współaut. 2023). Ponadto zmiany w ukształtowaniu terenu wpływają na właściwości podłoża i poziom wód gruntowych (Gumuła-Kawęcka i współaut. 2024). Zmieniają one warunki środowiskowe dla wzrostu i przetrwania roślin, prowadząc do znacznych zmian w zbiorowiskach roślinnych i potencjalnej utraty różnorodności biologicznej (Remke i Blindow 2011). Problemem staje się czyszczenie plaż, ze względu na obecność turystów w większych miejscowościach przybrzeżnych. Podczas czyszczenia plaż niszczona jest kiczina. Brakuje także wydm inicjalnych, ponieważ turyści oraz mieszkańcy tworzą wydeptane ścieżki na wydmach oraz piknikują, w miejscach występowania roślinności (Tokarska-Guzik i współautorzy 2012; Perzanowska i współautorzy 2016; Żółkoś i współaut. 2017). Dosadza-

nie monokultur różnych gatunków roślin (m.in. piaskownicy zwyczajnej), a wcześniej gatunków inwazyjnych (m.in. wierzby ostrolistnej i róży pomarszczonej), koordynowane przez Urząd Morski, wpływa na naturalny skład gatunkowy wydmy (Mruk i Łabuz 2020). W lipcu i sierpniu nad polskim wybrzeżem przebywa najwięcej turystów, którzy korzystają z sezonowych obiektów gastronomicznych i rozrywkowych (Ryc. 3). Zwiększa to ilość odpadów, a nieumiejętne korzystanie z obiektów gastronomicznych i rozrywkowych, może zaburzać naturalne kształtowanie się wydmy (Banaszek 2023). Zanieczyszczenia wydmy nadmorskich w Polsce stanowią poważny problem ekologiczny, który wpływa na naturalne siedliska

i bioróżnorodność. Negatywny wpływ mają także substancje emitowane do atmosfery, zanieczyszczające cieki wodne oraz podłoże. Substancje te mogą być fizyczne, chemiczne i biologiczne. Przykładem takich zanieczyszczeń mogą być odpady plastikowe i szklane (butelki, słomki, kubki itp.), odpady organiczne (między innymi resztki jedzenia), odpady budowlane (kawałki drewna, metalu czy plastiku) oraz oleje i chemikalia wyciekające z łodzi i statków, oraz te używane na większą skalę w miejscowościach nadmorskich, które mogą przedostać się do morza. Wszystko to skutkuje w zmianie równowagi ekosystemów, degradacji siedlisk oraz zmianami klimatu (Tylkowski 2019; Krasowska i Paszkowski 2023).



Ryc. 3. Liczba turystów w gminach nadmorskich w lipcu i sierpniu w Polsce na przestrzeni lat według Głównego Urzędu Statystycznego (GUS)

ZNACZENIE DLA BIORÓŻNORODNOŚCI

Gatunki roślin wydmy są kluczowym czynnikiem utrzymania różnorodności biologicznej i funkcjonowania przyrody na wybrzeżu. Większość gatunków tych roślin jest objęta

ochroną prawną, ponieważ liczebność ich stanowisk maleje, a degradacja wydmy nadmorskich wpływa na ograniczenie ich odtwarzania w sposób naturalny (Tab. 2) (Rozporządzenie Ministra Środowiska 2014; Mirek i współaut. 2020).

Tab. 2. Rozmieszczenie wybranych roślin charakterystycznych dla wydm nadmorskich na Pomorzu Gdańskim (* synonim – *Linaria odora* (M. Bieb) Fisch.) (według Czerwonej księgi roślin naczyniowych pomorza gdańskiego i literatury tam cytowanej)

Gatunek	Najliczniejsze Notowania	Odwolanie
Honkenia piaszkowa (<i>Honckenia peploides</i>)	Na terenie Półwyspu Helskiego, w tym rezerwatu „Helskie Wydmy” oraz nad Zatoką Pucką (rezerwat „Beka” i „Mechelińskie Łąki”)	Afranowicz-Cieślak 2021
Rukwiel nadmorska (<i>Cakile maritima</i>)	Na terenie Półwyspu Helskiego, w tym rezerwatu „Helskie Wydmy” oraz nad Zatoką Pucką od Władysławowa do Mechelinek	Afranowicz-Cieślak i Markowski 2021
Perz sitowy (<i>Elymus farctus</i>)	W okolicach Rewy, w rezerwacie „Mechelińskie Łąki” oraz w rezerwacie „Beka”	Wszalek-Rożek 2021
Lnica wonna (<i>Linaria loeselii</i> *)	Na terenie Słowińskiego Parku Narodowego, rezerwatu „Helskie Wydmy” oraz Mierzei Wiślanej	Korybut-Orłowska i Afranowicz-Cieślak 2021
Groszek nadmorski (<i>Lathyrus japonicus</i> subsp. <i>maritimus</i>)	Na terenie rezerwatu „Helskie Wydmy”, rezerwatu „Beka” oraz Mierzei Wiślanej	Afranowicz-Cieślak 2021
Mikołajek nadmorski (<i>Eryngium maritimum</i>)	Na terenie rezerwatu „Helskie Wydmy”, rezerwatu „Mechelińskie Łąki”, Mierzei Wiślanej oraz w granicach Słowińskiego Parku Narodowego	Borzyszkowska i Lazarus 2021

METODY OCHRONY PRZYRODY W POLSCE

Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (Dz.U. 2004 nr 92 poz. 880) definiuje formy i metody ochrony przyrody. Formy ochrony przyrody w Polsce obejmują: parki narodowe, rezerваты przyrody, parki krajobrazowe, obszary chronionego krajobrazu i obszary Natura 2000, pomniki przyrody, stanowiska dokumentacyjne, użytki ekologiczne, zespoły przyrodniczo-krajobrazowe oraz ochronę gatunkową. Formy te odgrywają kluczową rolę w zachowaniu bioróżnorodności. Umożliwia to zachowanie naturalnych środowisk, poprzez ograniczenie wpływu czynników antropogenicznych (Barabasz i Pikulicka 2012).

Metody ochrony przyrody to działania, które zakładają ingerencję człowieka w środowisko. W niektórych przypadkach mogą odgrywać kluczową rolę w zachowaniu i przywracaniu równowagi ekologicznej. Obejmują one szeroki zakres

działań, od reintrodukcji gatunków zagrożonych wyginięciem, przez odbudowę ekosystemów, aż po usuwanie gatunków inwazyjnych. Wyróżnić można także metody *in situ* i *ex situ*. Metody ochrony *in situ* roślin wydmowych to zbiór działań mających na celu zachowanie i poprawę stanu siedlisk tych gatunków przybrzeżnych. Polega to głównie na ochronie i odtwarzaniu naturalnej roślinności, stabilizacji piasku, usuwaniu gatunków inwazyjnych i ograniczaniu dostępu do wydm (Johnston i współaut. 2023). Monitorowanie populacji roślin wydmowych jest kolejnym ważnym zadaniem dla ochrony różnorodności biologicznej i stabilności ekosystemów nadmorskich (Kombiadou i współaut. 2023; Suir i współaut. 2023). W Polsce przykładem ochrony *in situ* obszarów wydmowych jest ustanowienie rezerwatów i parków narodowych, m.in. Słowiński Park Narodowy, Woliński Park Narodowy, rezerwat „Helskie Wydmy” i rezerwat „Ptasi Raj” (Rozporządzenie Wojewody

Pomorskiego Nr 91/06 2006; Duda 2008; Łabuz 2009).

Metody ochrony *ex situ* roślin wydmowych to zbiór działań mających na celu zachowanie różnorodności biologicznej i genetycznej gatunków roślin występujących na wydmach. Ochrona *ex situ* polega na przeniesieniu roślin lub ich części (np. nasion, sadzonek, kultur tkankowych) z naturalnego środowiska do specjalnych miejsc, takich jak ogrody botaniczne, szkółki leśne, banki tkanek czy laboratoria. Celem takiej ochrony jest zapewnienie warunków do wzrostu i rozmnażania roślin, a także ich badania i monitorowania (Unal i współaut. 2023). Ochrona *ex situ* jest stosowana w sytuacjach, gdy ochrona *in situ* jest niewystarczająca lub niemożliwa, np. z powodu zagrożenia wyginięciem, degradacji siedlisk, zmian klimatu czy chorób (Krigas i współaut. 2012). Przykładami roślin wydmowych objętych ochroną *ex situ* są m.in. piaskownica zwyczajna, lnicza wonna, mikołajek nadmorski czy kosaciec syberyjski (Dubova i współaut. 2010). Edukacja i świadomość społeczna na temat ochrony roślin wydmowych są kluczowe dla zachowania różnorodności biologicznej i krajobrazowej wybrzeża (Kombiadou i współaut. 2023; Rosmalen i współaut. 2023). Dlatego ważne jest, aby edukować społeczeństwo o wartości i potrzebach roślin wydmowych, a także o sposobach ich ochrony i zrównoważonego korzystania. W tym celu można organizować warsztaty i wystawy informacyjne. Tylko poprzez podnoszenie świadomości i angażowanie społeczności lokalnych można skutecznie chronić rośliny wydmore (Sanderman i współaut. 2022).

WYZWANIA ZWIĄZANE Z OCHRONĄ ROŚLIN WYDMOWYCH

Ochrona gatunków roślin wydmowych jest ściśle związana z ochroną ich siedlisk. Istnieją trudności, które wpływają na skuteczność działań związanych z ochroną tych gatunków (Maximiliano-Cordova i współaut. 2021; Mendes i współaut. 2021). Brakuje danych i badań na temat skutecznych metod ochrony roślin wydmowych przed szkodnikami, chorobami

i zmianami klimatu. Potrzebne są zatem dalsze prace badawcze, aby zrozumieć biologię i ekologię roślin wydmowych, a także wpływ różnych czynników na ich wzrost i rozmnażanie. Ochrona roślin wydmowych wymaga współpracy między naukowcami, władzami lokalnymi, organizacjami pozarządowymi i społecznościami lokalnymi (Sandacz i współaut. 2023).

Konflikty interesów między ochroną roślin wydmowych a rozwojem gospodarczym są częstym problemem na polskim wybrzeżu, wynikającym z konieczności pogodzenia ochrony unikalnych ekosystemów z potrzebami rozwoju infrastruktury turystycznej i gospodarczej (Bołtromiuk 2003). Dlatego konieczne jest wypracowanie kompromisów między potrzebami ochrony przyrody a zrównoważonym rozwojem, poprzez dialog i współpracę między różnymi podmiotami zaangażowanymi w zarządzanie wybrzeżem (przede wszystkim Regionalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, parki narodowe i krajobrazowe, Urząd Morski i władze lokalne) (Głogowska i współaut. 2013). Niektóre z możliwych rozwiązań to: wprowadzenie systemu monitoringu i oceny stanu roślin wydmowych, ograniczenie lub regulacja dostępu do obszarów chronionych, promowanie edukacji ekologicznej i świadomości społecznej, wspieranie działań adaptacyjnych i restauracyjnych, czy rozwijanie form turystyki zrównoważonej i przyjaznej dla środowiska (Gwiazdowicz 2008; Łabuz 2019).

PERSPEKTYWY DLA STRATEGII OCHRONY GATUNKÓW ROŚLIN WYDMOWYCH

Kluczowe dla ochrony gatunków roślin wydmowych może być zintegrowane podejście, polegające na monitorowaniu stanu fizycznego roślin wydmowych i identyfikowanie potencjalnych zagrożeń. Ważne jest stosowanie progów szkodliwości, które określają, kiedy należy podjąć działania ochronne (Marcantonio i współaut. 2014). Należy także uwzględnić wpływ na środowisko, ludzi i zwierzęta przy wyborze odpowiednich i skutecznych metod ochrony. Powinno się wybierać przede wszystkim metody zapobiegawcze i biologiczne nad chemicznymi,

o ile jest to możliwe i opłacalne (Green i Kenneth 2001). Bardzo istotna jest także współpraca z podmiotami zaangażowanymi w ochronę roślin wydmych, takimi jak naukowcy, doradcy, organizacje pozarządowe i władze lokalne (Krall i współaut. 1997; Biso i 2023).

Współpraca międzynarodowa w celu ochrony roślin wydmych jest niezwykle ważna dla zachowania różnorodności biologicznej i krajobrazowej wybrzeża Bałtyku (Prisco i współaut. 2021; Souza-Alonso i współaut. 2022). Przykładem działań na skalę światową są oprócz UNESCO i rezerwatów biosfery także miejsca wyznaczone na mocy Konwencji Berneńskiej oraz obszary Natura 2000 (Doody 2013).

Aby zapewnić skuteczną ochronę roślin wydmych, należy stosować metody ekologiczne i biologiczne, które nie zakłócają naturalnej równowagi ekosystemu. Wprowadzenie tych innowacyjnych metod ochrony roślin na obszarach wydmych ma na celu nie tylko zminimalizowanie wpływu na środowisko, ale także promowanie trwałego i zrównoważonego zarządzania tymi unikalnymi ekosystemami (van de Walle i współaut. 2022; Johnston i współaut. 2023).

Ważnym aspektem przy ochronie roślin wydmych jest także szczegółowe zbadanie mechanizmów adaptacyjnych roślin wydmych do stresu abiotycznego. Możliwe jest zbadanie bezpośredniego wpływu intensywnego promieniowania UV, temperatury, stężenia soli i innych czynników stresowych na rozwój i wzrost roślin w warunkach kontrolowanych. W niektórych przypadkach mogą one hamować lub stymulować kwitnienie, różnicowanie narządów generatywnych, aktywować cytomiksję i zwiększać ziarno pyłku z objawami autofagii, w zależności od natężenia czynnika stresowego (Cramer i współaut. 2011; Kravets i współaut. 2022).

PODSUMOWANIE

Gatunki roślin wydmych pełnią kluczową rolę w utrzymaniu stabilności i różnorodności biologicznej wybrzeża. Są one zagrożone przez wiele czynników, takich jak:

- wiatr, fale i działalność ludzką, które powodują erozję wydmy i brzegu

- inwazja obcych gatunków, które konkurują z roślinami wydmych o przestrzeń i zasoby
- zmiany klimatu, które wpływają na temperaturę, wilgotność, poziom morza i częstotliwość ekstremalnych zjawisk pogodowych
- nadmierny i niekontrolowany ruch turystyczny, który niszczy roślinność

Aby ochronić rośliny wydmy, potrzebne są następujące działania:

- monitorowanie stanu roślinności i zagrożeń na wydmych
- edukacja społeczności lokalnych i turystów o wartości i znaczeniu roślin wydmych
- ograniczenie dostępu do wydmy i wprowadzenie systemu znakowania i informowania o obszarach chronionych
- współpraca międzynarodowa i wymiana doświadczeń w zakresie ochrony roślin wydmych
- wdrażanie działań adaptacyjnych i łagodzących skutki zmian klimatu na siedliska roślinności wydmy
- promowanie dobrych praktyk w zakresie gospodarowania odpadami, nawożenia i stosowania pestycydów na terenach przybrzeżnych

PODZIĘKOWANIA

Autorzy pracy dziękują dr Magdalenie Lazarus z Katedry Taksonomii Roślin i Ochrony Przyrody Wydziału Biologii Uniwersytetu Gdańskiego za pomoc merytoryczną w przygotowaniu artykułu.

BIBLIOGRAFIA

- Afranowicz-Cieślak R., Lazarus M. 2021. *Zagrożone gatunki nadmorskich plaż, wydmy i solnisk oraz wód słonawych strefy przymorskiej*. [W:] *Czerwona księga roślin naczyniowych pomorza gdańskiego*. Lazarus M., Afranowicz-Cieślak R. (red.). Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego.
- Banaszek K. 2023. *Tourist accommodation establishments in coastal areas in July and August 2023*. Główny Urząd Statystyczny.

- Barabasz W., Pikulicka A. 2012. *Ochrona biosfery i bioróżnorodności*. Inżynieria Ekologiczna 30, 7–17.
- Belloulou B., Bachari Houma F., Geubabi S. 2023. *Impact of urbanization on the dune ecosystem case of the city of ECHATT and sidi Mbarek (EL TARF)*. AJLP&GS 6(2), 2657–2664. Doi: <https://doi.org/10.48346/IMIST.PRSM/ajlp-gs.v6i2.34413>.
- Bisoi K. 2023. *Health hazards due to environmental impacts*. Cienc. Engenh. 11 (1), 780–791. <https://doi.org/10.52783/cien-cengv11i1.183>.
- Bołtomiuk A. 2003. *Ekonomiczne aspekty funkcjonowania obszarów chronionych*. Wydawnictwo Uniwersytetu w Białymstoku.
- Cramer G.R., Urano K., Delrot S., Pezzotti M., Shinozaki K. 2011. *Effects of abiotic stress on plants: a systems biology perspective*. BMC Plant Biol. 11. Doi: <https://doi.org/10.1186/1471-2229-11-163>.
- Demétrio A.M., Rodrigues A.C., de Athayde A.E., Biavatti M.W., Oliveira, F. i współaut. 2023. *Structural, histochemical, and phytochemical characterization of Mikania cordifolia (L. f.) Willd. (Asteraceae) in a coastal dune environment*. Flora 305, 152318. <https://doi.org/10.1016/J.FLORA.2023.152318>.
- Doody J.P. 2013. *Sand dune conservation management and restoration*. COASTALRL 4, Springer.
- Dubova I., Šmite D., Kļaviņa D., Rila R. 2010. *First results of ex situ conservation of endangered wild plants of Latvia in the National Botanic Garden*. Env. Exp. Biol. 8, 75–80.
- Duda J. 2008. *Słowiński Park Narodowy*. [W:] *Polskie parki narodowe*. Videograf II. 7–9.
- Elkharbotly A.A. 2016. *Studies on some anatomical features of selected plant species grown in sand dune areas of North Sinai, Egypt*. Acta Ecol. Sin. 36(4), 246–251. <https://doi.org/10.1016/J.CHNAES.2016.03.004>.
- Elmas E. 2017. *Ecophysiological characteristics and CSR strategies of four dune species*. Ann. Bot. Fenn. 54(4–6), 353–360. Doi: <https://doi.org/10.5735/085.054.0617>.
- Fałtynowicz W. (2008). *Szata roślinna Słowińskiego Parku Narodowego*. [W:] *Słowiński Park Narodowy. 40 lat unikatowej przyrody i kultury*. Florek W. (red.). Smóldzino. 71–86.
- Figlus J., Armitage A.R. 2014. *Coastal sand dunes and dune vegetation: Restoration, erosion, and storm protection*. Shore & Beach 82(4), 5–12.
- Figlus J., Sigren J.M., Feagin R.A., Armitage A.R. 2022. *The unique ability of fine roots to reduce vegetated coastal dune erosion during wave collision*. Front. Built Environ. 8, 904837. Doi: <https://doi.org/10.3389/fbuilt.2022.904837>.
- Głogowska M., Szendera W., Chmielewski W. 2013. *Konflikty społeczne na obszarach Natura 2000 w Polsce*. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. 13, 31–4.
- Green T., Kenneth M. 2001. *Environmental assessment requirements*. The World Bank
- Gumula-Kawęcka A., Jaworska-Szulc B., Jefimow M. 2024. *Climate change impact on groundwater resources in sandbar aquifers in southern Baltic coast*. Sci. Rep. 14, 1–15. Doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-62522-0>.
- Gwiazdowicz M. 2008. *System ochrony przyrody w Polsce – regulacje prawne i instytucje*. [W:] *Ochrona przyrody*. Gwiazdowicz M. (red.). Biuro Analiz Sejmowych Kancelarii Sejmu.
- Hafid E.L. 2011. *The contribution of the study of the bordering dunes vegetation in the Moulouya Embochure: The Marram Grass (Ammophila arenaria L.) case*. Environ. Sci. 2(S1), 552–555.
- Hanley N. 2015. *Understanding conservation conflicts: an economic perspective*. [W:] *Conflicts in conservation: navigating towards solutions*. ecological reviews. Redpath S. M., Gutiérrez R.J., Wood K.A., Young J.C. (red.). Cambridge: Cambridge University Press 79–93. Doi: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139084574.007>.
- Isermann M., Rooney P. 2014. *Biological flora of the British Isles: Eryngium maritimum*. J. Ecol. 102(3), 789–821.
- Johnston K.K., Dugan J.E., Hubbard D.M., Emery K.A., Grubbs M.W. 2023. *Using dune*

- restoration on an urban beach as a coastal resilience approach. *Front. Mar. Sci.* 10, 1187488. Doi: <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1187488>.
- Judge E.K., Overton M.F., Fisher J.S. 2003. *Vulnerability indicators for coastal dunes*. *J. Waterw. Port, Coast. Ocean Eng.* 129(6), 270–278. Doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-950X\(2003\)129:6\(270\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-950X(2003)129:6(270)).
- Kombiadou K., Costas S., Roelvink D. *Exploring controls on coastal dune growth through a simplified model*. *JGR Earth Surface*. 128(9), e2023JF007080. Doi: <https://doi.org/10.1029/2023JF007080>.
- Kostrzewski A., Musielak S., Furmańczyk K., Dudzińska-Nowak J., Osadczuk K., Winowski M., Wolski T., Zwoliński Z. 2021. *Współczesna ewolucja rzeźby wybrzeża Bałtyku Południowego*. [W:] *Współczesne przemiany rzeźby Polski*. Doi: <https://doi.org/10.12657/9788379863822-10>.
- Krall S., Peveling R., Ba Diallo D. 1997. *Results and recommendations of the working group environmental impact*. [W:] *New Strategies in Locust Control*. Krall S., Peveling R., Ba Diallo D. (red.). Birkhäuser Basel. 395–397. Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-0348-9202-5_58.
- Krasowska K., Paszkowski Z.W. 2023. *The need to maintain sustainability in the dynamic anthropogenic changes in the natural landscape of the Bay of Pomerania in Poland*. *Sustainability*. 15(3), 1928. Doi: <https://doi.org/10.3390/su15031928>.
- Kravets E.A., Plokhovska S.G., Yemets A.I., Blume Y.B. 2022. *UV-B Stress and Plant Sexual Reproduction*. [W:] *UV-B Radiation and Crop Growth. Plant Life and Environment Dynamics*. Kataria S., Singh V.P. (red.). Springer, Singapore. 293–317. Doi: https://doi.org/10.1007/978-981-19-3620-3_14.
- Krigas N., Papadimitriou K., Mazaris A.D., Krigas N., Papadimitriou K. i współaut. 2012. *GIS and ex situ plant conservation*. [W:] *Application of Geographic Information Systems*. Alam B. M. (red.). InTech. Doi: <https://doi.org/10.5772/50525>.
- Łabuz T. 2005. *Brzeży wydmowe polskiego wybrzeża Bałtyku*. *Czasopismo Geograficzne*. 76(1–2), 19–47.
- Łabuz T. 2009. *The increase of the coastal dune area of the Świna Gate Sandbar, West Polish coast*. *Z. Dtsch. Ges. Geowiss.* 160(2), 123–135. Doi: <https://doi.org/10.1127/1860-1804/2009/0160-0123>.
- Łabuz T. 2009. *The west pomerania coastal dunes – alert state of their development*. *Z. Dtsch. Ges. Geowiss.* 160(2), 113–122. Doi: <https://doi.org/10.1127/1860-1804/2009/0160-0113>.
- Łabuz T. 2013. *Polish coastal dunes – affecting factors and morphology*. *Landform Analysis*. 22, 33–59. Doi: <https://doi.org/10.12657/landfana.022.004>.
- Łabuz T. 2019. *Rośliny wydm i plaż nadmorskich polskiego wybrzeża: znaczenie środowiskowe, zagrożenia, zanik siedlisk, potrzeba ochrony i edukacji*. [W:] *Problematyka z zakresu nauk o środowisku – przegląd i badania*. Janiszewska M. (red.). Wydawnictwo Naukowe TYGIEL, 232–249.
- Łabuz T. 2020. *Wpływ spiętrzeń sztormowych na erozję plaż i ich sztuczne zasilanie w Łebie*. *Inżynieria Morska i Geotechnika*. 2, 58–66.
- Łabuz T., Wochna-Bartnik S. 2013. *Charakterystyka współczesnych siedlisk roślin pionierskich na wydmach przednich polskiego wybrzeża w badaniach projektu FOMOB*. [W:] *Współczesne problemy badań geograficznych*. Borówka R., Cedro A., Kavetsky I. (red.). PPH ZAPOL. 141–154.
- Marcantonio M., Rocchini D., Ottaviani G. 2014. *Impact of alien species on dune systems: A multifaceted approach*. *Biodivers. Conserv.* 23(11), 2645–2668. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10531-014-0742-2>.
- Matuszkiewicz W. 2006. *Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski*. Warszawa. Wydawnictwo Naukowe PWN 3.
- Maximiliano-Cordova C., Martínez M.L., Silva R., Hesp P.A., Guevara R. i współaut. 2021. *Assessing the impact of a winter storm on the beach and dune systems and erosion mitigation by plants*. *Front. Mar. Sci.*

- 8, 734036. Doi: <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.734036>.
- Mendes S.B., Timóteo S., Loureiro J., Castro S. 2021. *The impact of habitat loss on pollination services for a threatened dune endemic plant*. *Oecologia* 198(1), 279–293. Doi: <https://doi.org/10.1007/S00442-021-05070-Y>.
- Menicagli V., Balestri E., Vallerini F., Castelli A., Lardicci C. 2020. *Combined effect of plastic litter and increased atmospheric nitrogen deposition on vegetative propagules of dune plants: a further threat to coastal ecosystems*. *Environ. Pollut.* 266, 115281. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2020.115281>.
- Mirek Z., Piękoś-Mirkowa H., Zając A., Zając M. 2020. *Rośliny naczyniowe Polski: adnotowany wykaz gatunków*. Kraków. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences.
- Mruk E., Łabuz T. 2020. *Ochrona środowiska wydym nadmorskich na polskim wybrzeżu – obszary, formy i efekty*. [W:] *Najnowsze doniesienia z zakresu ochrony środowiska i nauk pokrewnych*. Danielewska A., Maciag M. (red). Wydawnictwo Naukowe TYGIEL, 206–239.
- Perzanowska J., Korzeniak J., Król W., Cierlik G., Tworek S. 2016. *Występowanie wybranych, obcych geograficznie gatunków roślin na terenie Wolińskiego Parku Narodowego i jego otuliny*. *Chrońmy Przyr. Ojcz.* 72(5), 337–351.
- Piotrowska H. 1988. *The dynamics of the dune vegetation on the Polish Baltic coast*. *Veg. etatio.* 77, 169–175. <https://doi.org/10.1007/BF00045762>.
- Piotrowska H., *Zbiorowiska psammofilne na wydymach polskiego brzegu Bałtyku*. *Acta Bot. Cassubica* 3, 2002, 5–47.
- Prisco I., Acosta A.T.R., Stanisci A. 2021. *A bridge between tourism and nature conservation: boardwalks effects on coastal dune vegetation*. *J. Coast. Conserv.* 25(1): 1–12. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11852-021-00809-4>.
- Rai P.K. 2016. *Impacts of particulate matter pollution on plants: implications for environmental biomonitoring*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 129, 120–136. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.ECOENV.2016.03.012>.
- Remke E.S., Blindow I. 2011. *Site specific factors have an overriding impact on Baltic dune vegetation change under low to moderate N-deposition-a case study from Hiddensee island*. *Journal of Coastal Conservation*, 15: 87–97. Doi: <https://doi.org/10.1007/S11852-010-0123-2/FIGURES/3>.
- Rosmalen S., Homberger J.-M., Riksen M., Limpens J. 2023. *Recreation impact on establishment of dune building species*. EGU23. Doi: <https://doi.org/10.5194/EGU-SPHERE-EGU23-2771>.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 października 2014 r. w sprawie ochrony gatunkowej roślin. Ministerstwo Środowiska.
- Rozporządzenie Wojewody Pomorskiego Nr 91/06 z dnia 5 grudnia 2006 w sprawie uznania za rezerwat przyrody. Dziennik Urzędowy Województwa Pomorskiego.
- Sandacz D., Vitt P., Knight T.M., CaraDonna P., Havens, K. 2023. *The effects of the decline of a keystone plant species on a dune community plant-pollinator network*. *Front. Conserv. Sci.* 4, 1183976. Doi: <https://doi.org/10.3389/FCOSC.2023.1183976/BIBTEX>.
- Sanderman J., Hengl T., Fiske G. i współaut. 2022. *Evaluation of knowledge and perception of locals toward the conservation effort in mangrove forest at Delta Tumpat, Kelantan, Malaysia*. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. 1102(1), 012086. Doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1102/1/012086>.
- Sorce C., Nannipieri F., Ciccarelli D. 2021. *Ecophysiological and morpho-functional responses of mediterranean plants on coastal dunes: how they vary across seasons*. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 259, 107480. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.ECSS.2021.107480>.
- Souza-Alonso P., Lechuga-Lago Y., Guisande-Collazo A., González L. 2022. *Evidence of functional and structural changes in the microbial community beneath a succulent invasive plant in coastal dunes*. *J. Plant. Ecol.* 15(6): 1154–1167. Doi: <https://doi.org/10.1093/JPE/RTAC026>.

- Spanò C., Bruno M., Bottega S. 2013. *Calystegia soldanella: dune versus laboratory plants to highlight key adaptive physiological traits*. Acta Physiol. Plant. 35(4), 1329–1336. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11738-012-1173-x>.
- Suir G.M., Jackson S., Saltus C., Reif M. 2023. *Multi-temporal trend analysis of coastal vegetation using metrics derived from hyperspectral and LiDAR data*. Remote Sens. 15(8), 2098. Doi: <https://doi.org/10.3390/RS15082098>.
- Tikhonovich I.A., Provorov N.A. 2007. *Beneficial plant–microbe interactions*. [W:] *Studies in plant science, comprehensive and molecular phytopathology*. Dyakov Yu. T., Dzhavakhiya V.G., Korpela T. (red.). Elsevier, 365–420. Doi: <https://doi.org/10.1016/B978-044452132-3/50018-3>.
- Tokarska-Guzik B., Dajdok Z., Zając M., Zając A., Urbisz A., Danielewicz W., Hołdyński C. 2012. *Rośliny obcego pochodzenia w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem gatunków inwazyjnych*. Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska.
- Tylkowski J., Hojan M. 2019. *Time decomposition and short-term forecasting of hydrometeorological conditions in the South Baltic Coastal Zone of Poland*. Geosciences. 9(2), 68. Doi: <https://doi.org/10.3390/geosciences9020068>.
- Uchwała nr 213 Rady Ministrów z dnia 6 listopada 2015 r. w sprawie zatwierdzenia "Programu ochrony i zrównoważonego użytkowania różnorodności biologicznej wraz z Planem działań na lata 2015-2020".
- Unal B. T., Turker H., Ozturk M. 2023. *Ex-situ conservation of medicinal and aromatic plants using in vitro techniques*. [W:] *Plants as Medicine and Aromatics. Pharmacognosy, Ecology and Conservation*. Ansari M.K.A, Unal B. T., Ozturk M. i Owens G. (red). CRC Press 1, 13–22. Doi: <https://doi.org/10.1201/9781003226925-2>.
- Ustawa nr 92 poz. 880 Rady Ministrów z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody.
- van de Walle R., Massol F., Vandegehuchte M.L., Bonte D. 2022. *The distribution and impact of an invasive plant species (Senecio inaequidens) on a dune building engineer (Calamagrostis arenaria)*. NeoBiota 72: 1–23. Doi: <https://doi.org/10.3897/NEOBIOTA.72.78511>.
- Żółkoś K., Fojcik M., Mazurowicz M., Pilacki W., Sadowska, A. 2017. *Koncepcja utworzenia i założeń gospodarki wydmy przedniej w pasie nadmorskim w Gdańsku na odcinku od wejścia nr 61 do 54*. Gdańska Polityka Wodna.