


Torfowiska jako zbiorniki węgla – zamierzenie renaturyzacji torfowisk w Słowińskim Parku Narodowym

Katarzyna Bociąg, Izabela Chlost, Roman Cieśliński, Krzysztof Gos, Jolanta Kujawa-Pawlaczyk, Magdalena Makles, Paweł Pawlaczyk

Abstrakt. W pracy przedstawiono główne założenia międzynarodowego przedsięwzięcia „Ograniczenie emisji CO₂ poprzez renaturyzację zdegradowanych torfowisk na nizinach północnej Europy”, zorientowanego na ochronę torfowisk jako cennych ekosystemów i na zabezpieczenie zakumulowanych w nich zasobów węgla oraz na zapobieganie emisji z nich gazów cieplarnianych. Polską część zamierzenia realizuje Klub Przyrodników w obszarze trzech torfowisk Słowińskiego Parku Narodowego (Kluki, Ciemińskie Błota, Wielkie Bagno). Na torfowiskach tych funkcjonuje sieć odwadniająca, na znacznej ich powierzchni obniżony jest poziom wody gruntowej, obserwuje się murszenie powierzchniowych warstw torfu i degenerację fitocenoz torfowiskowych. Pozostająca poza granicami Parku część torfowiska Wielkie Bagno jest objęta eksploatacją torfu. Funkcjonująca tu kopalnia torfu przekazała obecnie Parkowi część terenów poeksploatacyjnych. Mają one charakter dużych zbiorników wodnych. Ze względu na znaczną powierzchnię lustra wody i jej falowanie spontaniczna regeneracja roślinności torfotwórczej jest tu utrudniona. W ramach projektu zaplanowano działania zmierzające do zahamowania odwadniania i dalszej degradacji torfowisk oraz próbę zainicjowania sukcesji roślinności torfotwórczej w obrębie zbiorników poeksploatacyjnych. Rowy odwadniające torfowiska będą zablokowane systemem przegród. W obrębie zbiorników poeksploatacyjnych będzie inicjowana sukcesja roślinności przez odpowiednie ukształtowanie ich dna i brzegów oraz przez instalowanie „pływających wysp” z roślinnością torfotwórczą. Planowanym działaniom towarzyszyć będzie szacowanie emisji gazów cieplarnianych z torfowisk, monitoring hydrologiczny oraz obserwacje zmian roślinności.

Słowa kluczowe: renaturyzacja torfowisk, ograniczenie emisji gazów cieplarnianych, Słowiński Park Narodowy, roślinność torfotwórcza, pływające wyspy, torfowiska a zmiany klimatu

Abstract. Peatlands as carbon sinks – peatlands’ restoration project in Słowiński National Park. The paper presents the key premises of the international project “Reduction of CO₂ emissions by restoring degraded peatlands in Northern European Lowlands” that aims to protect peatlands as a valuable ecosystem and to secure the accumulated carbon deposit, and to prevent greenhouse gases emission from them. The Polish part of this project is conducted by the Naturalists’ Club on three peatlands in Słowiński National Park (Kluki, Ciemińskie Błota, Wielkie Bagno). A drainage infrastructure is still operating



on those peatlands. On the significant part of their area lowered level of ground waters, decay of topmost peat and degradation of peatland communities can be observed. The part of the Wielkie Bagno peatland situated outside the borders of the National Park is used for the peat exploitation. The peat mine operating there has bequeathed the rights to the part of the post-excitation terrain to the Park. Those terrains are in the form of two large water basins. Due to the huge area of water table and its waving the spontaneous restoration of peat forming vegetation is blocked there. Within the frames of the project actions aiming at the inhibition of drainage and further peatland degradation, and the attempt to initiate the succession of peat forming vegetation in the area of the post-excitation water basins have been planned. The draining ditches will be blocked by the system of dams. In the post-excitation water basins the plant succession will be initiated through the appropriate formation of water basins' bottoms and banks and through the installation of "floating islands" with the peat forming vegetation. Those planned activities will be accompanied by the estimation of greenhouse gases emission from those peatlands, the hydrological monitoring and the constant observation of vegetation succession.

Key words: peatland restoration, GHG emission, LULUCF, peat forming vegetation, climatic changes mitigation, floating islands, peatlands vs climate change

Torfowiska w światowym bilansie gazów cieplarnianych

W obliczu światowych zmian klimatycznych oraz wpływu na klimat emisji tzw. gazów cieplarnianych do atmosfery, istotne na poziomie globalnym znaczenie mają procesy akumulacji i uwalniania węgla z naturalnych i przekształconych przez człowieka ekosystemów.

Torfowiska, akumulując materię organiczną w postaci torfu, na długi czas wycofują z obiegu znaczne ilości węgla. Yu i in. (2010) oraz Kleinen i in. (2016) szacują ilość węgla zakumulowanego w torfowiskach świata na ok. 500-615 Gt. W rezultacie, ekosystemy te, zajmując ok. 3,7-4,4 mln km², a zatem ok. 2,5-3% powierzchni lądów na kuli ziemskiej, gromadzą ok. 25-30% zasobów węgla zakumulowanego w ekosystemach (Ilnicki 2002, Strack 2008, Yu i in. 2010, Oleszczuk 2012). Odpowiada to szacunkowo 60-75% zasobów węgla w atmosferze i dwukrotności zasobów węgla zgromadzonych przez lasy. Nowsze prace (Gumbricht i in. 2017) wskazują, że dane te są prawdopodobnie zaniżone wskutek niedoszacowania torfowisk tropikalnych i subtropikalnych. Oczywiście jest więc, że gromadzenie i emisja węgla z torfowisk ma istotne znaczenie w światowym bilansie tego pierwiastka. Z tego względu istotne jest zapobieganie uwalnianiu węgla już zakumulowanego w torfowiskach, jak również wychwytywanie i akumulowanie przez torfowiska węgla z atmosfery w przyszłości.

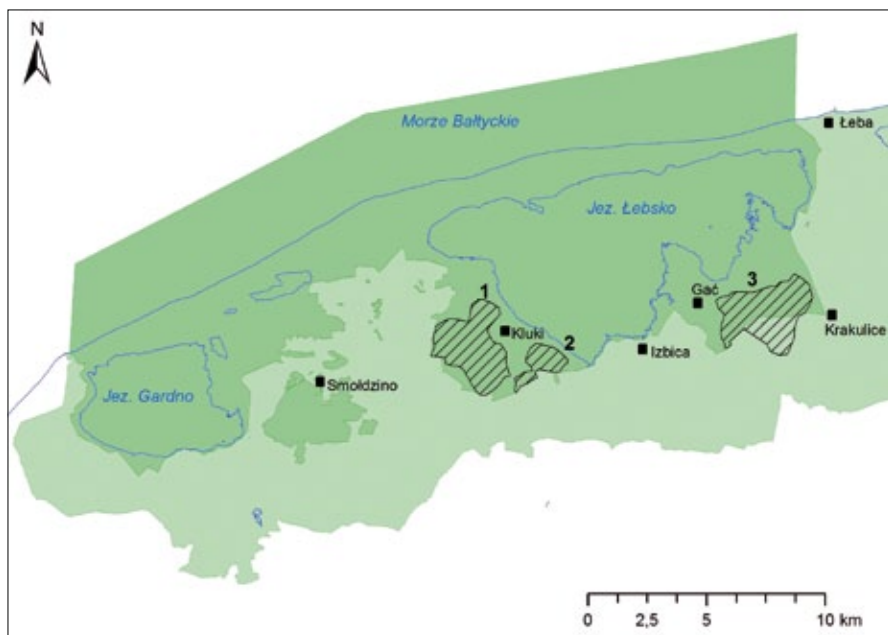
Torfowiska są emiterami dwutlenku węgla; wydzielają także metan i podtlenek azotu, które także są gazami cieplarnianymi, a ich wpływ na klimat jest szacowany odpowiednio jako 20-25 i 300-350 razy silniejszy niż dwutlenku węgla. Procesy emisji metanu są typowe dla naturalnych, dobrze uwodnionych torfowisk i – przeciwnie niż emisja dwutlenku węgla – są hamowane na torfowiskach przesuszonych i zdegradowanych. Bilans węgla konkretnego torfowiska jest cechą indywidualną i silnie zależną od ekohydrologii danego obiektu

(por. Pawlaczyk 2014 i lit. tam cyt.). Zestawienia średnich emisji gazów cieplarnianych z naturalnych i zdegradowanych torfowisk (por. zestawienia w: Byrne i in. 2004, Couwenberg 2009, Janssens i in. 2005, Lindroth i in. 2007, Klimkowska 2008, Bussel i in. 2010, Pawlaczyk 2014) sugerują jednak, że per saldo, dobrze zachowane torfowiska mają prawdopodobnie ograniczający wpływ na klimatyczny potencjał gazów cieplarnianych, podczas gdy torfowiska przesuszone i zdegradowane stają się znaczącymi emiterami tych gazów. Mimo znacznych niepewności (por. Beyer i Höper 2014), przypuszczać można, że renaturyzacja zdegradowanego torfowiska, o ile się powiedzie, może przywrócić jego naturalną rolę w bilansie gazów cieplarnianych, a z pewnością może ochronić przed rozkładem te zasoby węgla, które już są w torfie zakumulowane. Na tej podstawie postuluje się, by w ramach działań ograniczających zmiany klimatyczne, uwzględniać także ochronę i renaturyzację torfowisk.

Jest oczywiste, iż eksploatacja torfu skutkuje utratą zakumulowanych zasobów węgla. Dla bilansu gazów cieplarnianych ważny jest jednak także sposób rekultywacji powierzchni po eksploatacji. Dotychczas stosowane w Europie sposoby rekultywacji polegały albo na kształtowaniu zbiorników wodnych (co jest niekorzystne z punktu widzenia bilansu tych gazów, gdyż takie potorfowe zbiorniki są znaczącymi emiterami gazów cieplarnianych, por. szacunki w IPCC Wetland Supplement – Hiraischi i in. 2013), albo na rekultywacji w kierunku leśnym lub rolniczym (co oznaczało ciągłą emisję gazów cieplarnianych z murszejących pozostałości torfu). Potrzebne jest więc opracowanie metod rekultywacji powierzchni eksploatacyjnych, które prowadziłyby do przerwania emisji gazów cieplarnianych z takich powierzchni i do przywrócenia akumulacji węgla w procesie torfotwórczym. Na powierzchniach odsłoniętego torfu po eksploatacji frezerowej podejmowano np. próby introdukcji torfowców (w Polsce np. na Czarnym Bagnie w dolinie Łeby, Herbichowa i in. 2009, Herbichowa 2014). Metoda ta jednak nie znajduje zastosowania w przypadku powierzchni trwale zalanych wodą. Z punktu widzenia bilansu węgla, duże potorfowe zbiorniki wodne są niekorzystne, ponieważ są silnymi emiterami metanu. Skłania to do podjęcia, także w takich warunkach, innowacyjnych prób restytucji roślinności torfotwórczej, które – jeśli zakończyłyby się powodzeniem – docelowo zarówno poprawiłyby bilans gazów cieplarnianych, jak i dodatkowo zwiększyłyby walory przyrodnicze zbiorników poeksploatacyjnych.

Należy podkreślić, iż restytucja torfowisk w celu konserwacji zakumulowanych w nich zasobów węgla i w celu przywrócenia procesu akumulacji węgla jest synergiczna z ochroną i renaturyzacją torfowisk rozumianych jako cenne przyrodniczo ekosystemy i ostoje różnorodności biologicznej (Schumann i Joosten 2008, Ziebarth i in. 2009, Joosten i in. 2012, Hartje i in. 2014).

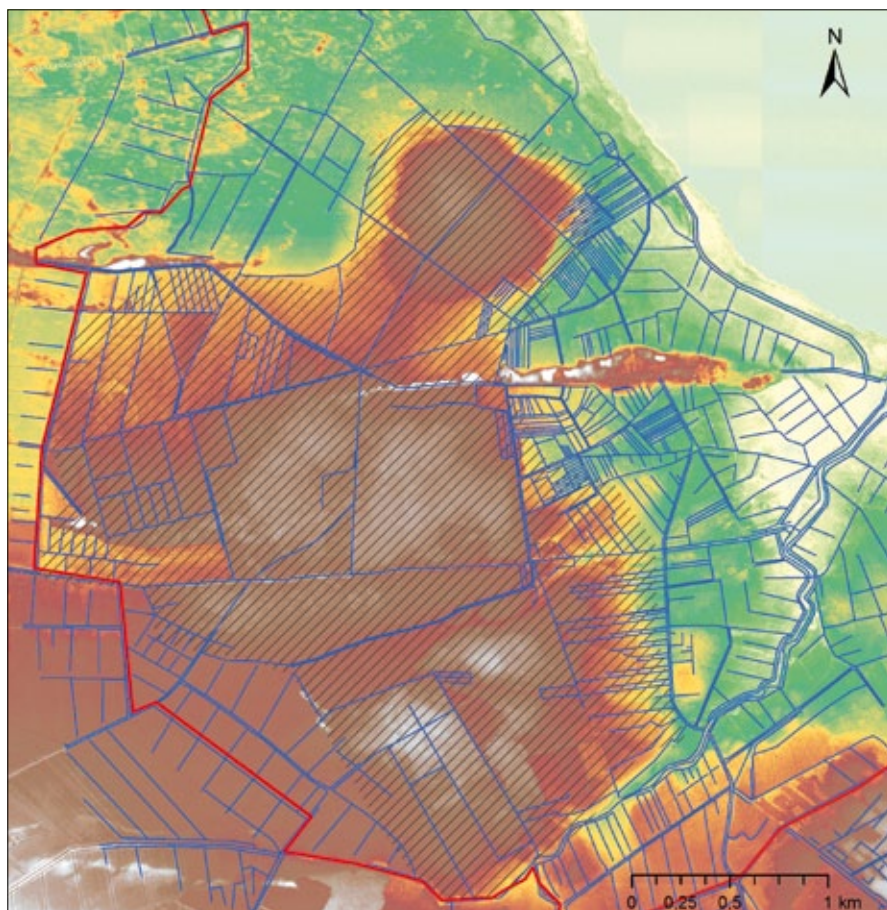
Międzynarodowe przedsięwzięcie „Ograniczenie emisji CO₂ poprzez renaturyzację zdegradowanych torfowisk na nizinach północnej Europy” wpisuje się w przedstawione powyżej zagadnienia. Jego celem jest demonstracyjna, pilotażowa renaturyzacja kilku torfowisk w pięciu krajach nadbałtyckich (Niemcy, Polska, Litwa, Łotwa, Estonia). Koordynatorem działań zaplanowanych na lata 2016-2021 jest organizacja The Nature and Biodiversity Conservation Union (NABU) z Niemiec, a finansowanie zapewnia unijny instrument finansowy LIFE w ramach gałęzi klimatycznej (LIFE 15 CCM/DE/000138) oraz instytucje współfinansujące działania w poszczególnych krajach. Polską część przedsięwzięcia realizuje Klub Przyrodników w obszarze trzech kompleksów torfowiskowych Słowińskiego Parku Narodowego (ryc. 1), a współfinansują ją: Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Gdańsku oraz Fundacja Ochrony Morza Bałtyckiego w Greifswaldzie.



Ryc. 1. Położenie torfowisk objętych przedsięwzięciem (1 – torfowisko Kluki, 2 – Ciemińskie Błota, 3 – Wielkie Bagno) na tle Słowińskiego Parku Narodowego (ciemna zielen) i jego otuliny (jasna zielen)
Fig. 1. Geographical situation of the peatlands within the project (1 – Kluki Peatland, 2 – Ciemińskie Błota, 3 – Wielkie Bagno) in relation to Słowiński National Park (dark green) and its buffer zone (light green)

Problemy ochrony objętych przedsięwzięciem torfowisk

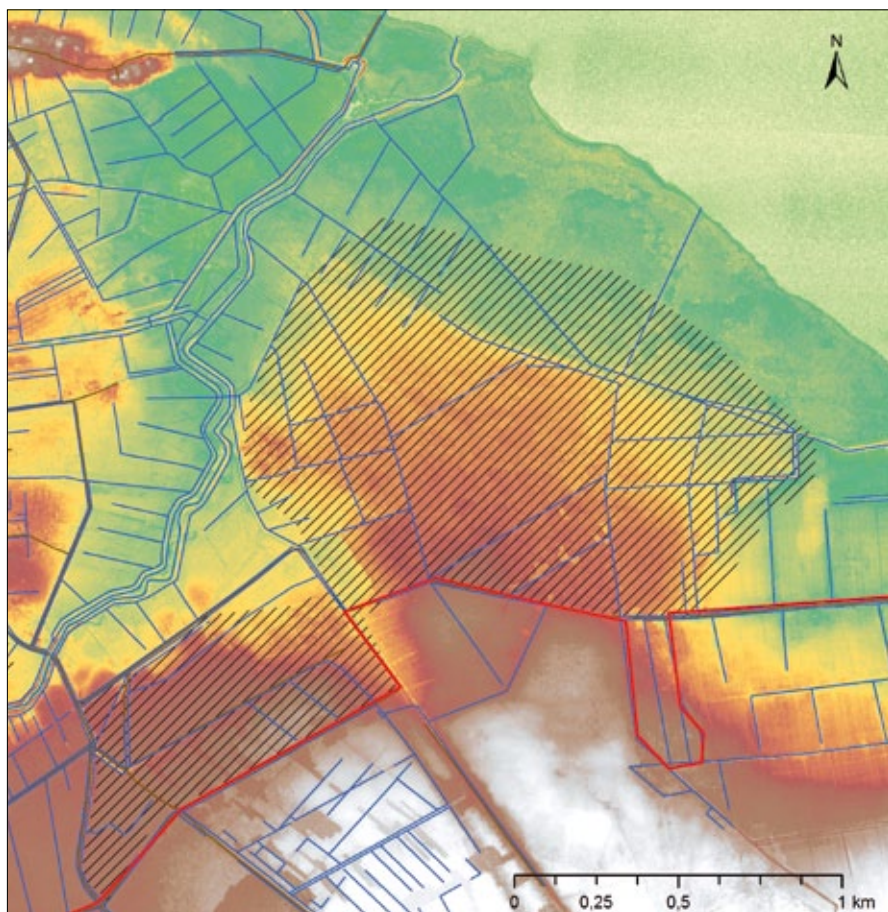
Południowa część Słowińskiego Parku Narodowego obejmuje fragment Niziny Gardneńsko-Łebskiej. Rzeźba terenu tego obszaru została w zasadniczy sposób ukształtowana przez łądólód skandynawski, a następnie zmodyfikowana w okresie holoceniście. Duży wpływ na morfogenezę miała tu faza gardnieńska zlodowacenia bałtyckiego i następująca później deglacjacja. Teren ten charakteryzował się wysokim poziomem wód gruntowych i co za tym idzie tendencją do zabagnień. Stąd też Nizinę Gardneńsko-Łebską budują głównie utwory organogeniczne. Warstwę powierzchniową stanowią torfy. Najwięcej jest tu torfów niskich, ale również występują torfy wysokie i przejściowe. Cały torfowiskowy obszar Niziny Gardneńsko-Łebskiej od ponad 200 lat był intensywnie odwadniany. Od II połowy XVIII wieku funkcjonuje tu sieć kanałów i rowów odwadniających. Część terenu zamieniono na łąki i pastwiska, a na pozostałych torfowiskach eksploatowano torf wysoki i przejściowy (Piotrowska 1997, Chlost 2010, Chlost i Sikora 2015). Przekształceniom tym podlegały również torfowiska położone obecnie w Słowińskim Parku Narodowym, które objęto opisywanym przedsięwzięciem: torfowisko Kluki (Kluciki Las; ryc. 2), Ciemińskie Błota (ryc. 3) i Wielkie Bagno (Żarnowska; ryc. 4).



Ryc. 2. Sieć melioracyjna na torfowisku Kluki na tle numerycznego modelu terenu ISOK. Skośnym szrafem zaznaczono obszar torfowiska objęty projektem, czerwoną linią – granice Słowińskiego Parku Narodowego (źródła danych: Słowiński Park Narodowy, geoportal.gov.pl)

Fig. 2. The drainage infrastructure on Kluki peatland in relation to the Digital Terrain Model ISOK (data source: Słowiński National Park, geoportal.gov.pl). The area of the peatland within the project has been marked with a diagonal hachure, with a red line – borders of the Słowiński National Park

W obrębie tych torfowisk nadal funkcjonuje sieć odwadniająca (ryc. 2-4). Mimo iż część rowów zarosła i zanikła, pozostałe nadal przynajmniej okresowo odprowadzają wodę, pogarszając bilans wodny. Na znacznej powierzchni torfowisk wskutek odwodnień obniżony jest poziom wody gruntowej. Postępującym procesem jest w związku z tym murszenie powierzchniowych warstw torfu i związane z tym uwalnianie dwutlenku węgla oraz innych gazów cieplarnianych. Biocenotycznym efektem odwodnienia i murszenia torfu są procesy



Ryc. 3. Sieć melioracyjna w północnej części torfowiska Ciemińskie Błota na tle numerycznego modelu terenu ISOK. Skośnym szrafem zaznaczono obszar torfowiska objęty projektem, czerwoną linią – granice Słowińskiego Parku Narodowego (źródła danych: Słowiński Park Narodowy, geoportal.gov.pl)

Fig. 3. The drainage infrastructure in the northern part of the Ciemińskie Błota peatland in relation to the Digital Terrain Model ISOK (data source: Słowiński National Park, geoportal.gov.pl). The area of the peatland within the project has been marked with a diagonal hachure colour; with a red line – borders of the Słowiński National Park

degeneracji fitocenozy, niekorzystne z punktu widzenia różnorodności biologicznej, w tym wkraczanie drzew i krzewów oraz ekspansywnych roślin zielnych jak trzęślica modra *Molinia coerulea*, rzadziej – sit rozpierzchły *Juncus effusus*. Rośliny te wypierają wilgociolubną i światłolubną roślinność torfowiskową. Zagrożone są przede wszystkim najcenniejsze fitocenozy wysokotorfowiskowe – w tym mszar kępowy z wrzoścem bagiennym (zespół *Erico-Sphagnetum medii*; siedlisko przyrodnicze 7110; fot. 1). W warunkach obniżonego poziomu



Ryc. 4. Sieć melioracyjna i zbiorniki poeksploatacyjne (A-C) na torfowisku Wielkie Bagno na tle numerycznego modelu terenu ISOK. Skośnym szrafem zaznaczono obszar torfowiska objęty projektem, czerwoną linią – granice Słowińskiego Parku Narodowego (źródła danych: Słowiński Park Narodowy, geoportal.gov.pl)
Fig. 4. The drainage infrastructure and post-exploitation water bodies (A-C) on the Wielkie Bagno peatland in relation to the Digital Terrain Model ISOK (data source: Słowiński National Park, geoportal.gov.pl). The area of the peatland within the project has been marked with a diagonal hachure colour, with a red line – borders of the Słowiński National Park

wody gruntowej w płatach obserwowana jest ekspansja drzew i stopniowe przekształcanie się fitocenoz mszarów w fitocenozy leśne. Odwodnienia wpływają także niekorzystnie na możliwość regeneracji roślinności wysokotorfowiskowej na powierzchniach w przeszłości eksploatowanych (fot. 2, siedlisko przyrodnicze 7120) oraz na stan torfowiskowych fitocenozy leśnych (fot. 3, siedlisko przyrodnicze 91D0).

W wyniku dotychczasowych działań ochrony czynnej podejmowanych przez Słowiński Park Narodowy, m. in. budowy przegród na rowach, warunki wodne w obrębie torfowiska Wielkie Bagno zostały już w części poprawione. Podobnie, Park realizuje działania polegające na usuwaniu drzew i krzewów wkraczających ze względu na obniżony poziom wody w nieleśne układy mszarne (fot. 1).

W południowej części torfowiska Wielkie Bagno, w pobliżu granicy Parku Narodowego, funkcjonuje kopalnia torfu. Znajdują się tutaj trzy rozległe wyrobiska potorfowe, w których zakończono pozyskiwanie torfu ok. 10 lat temu i które przekazano w zarząd Parku Narodowego. Wyrobiska te obecnie mają formę trzech dużych (16-20 ha) prostokątnych zbiorników wodnych (fot. 4, ryc. 4). Ze względu na ich powierzchnie, falowanie wiatrowe w ich obrębie praktycznie uniemożliwia sukcesję roślinności, a tym samym uruchomienie procesów torfotwórczych. Rozwój roślinności szuwarowej i torfowiskowej możliwy jest tylko przy ich brzegach, natomiast powierzchnia otwartego lustra wody nie jest możliwa do zasiedlenia przez rośliny szuwarowe czy nymfeidy. Nie ma też możliwości formowania się w ich obrębie zbiorowisk emersyjnych, w tym także mszarnych. Z kolei rozwój roślinności podwodnej jest nierealny ze względu na silne zabarwienie wody rozpuszczoną materią organiczną.



Fot. 1. Największy płat mszaru kępowego z wrzoścem bagiennym (*Erico-Sphagnetum medii*) na torfowisku Wielkie Bagno, zagrożony przez obniżony poziom wody na torfowisku i objęty zabiegiem okresowego usuwania drzew i krzewów (fot. P. Pawlaczyk)

*Phot. 1. The biggest patch of peat moss vegetation with a bog heather (*Erico-Sphagnetum medii*) endangered because of the lowered level of ground waters on the peatland and covered by the practice of the periodic trees and shrubbery removal*



Fot. 2. Zbiorowiska regeneracyjne roślinności mszarnej w torfiarkach na eksploatowanych w przeszłości powierzchniach na Wielkim Bagnie. Zacieniające je, rosnące na groblach drzewa planowane są do usunięcia (fot. K. Bociąg)

Phot. 2. The regeneration communities of peat moss vegetation in the post-excavation water bodies on the previously exploited surfaces on the Wielkie Bagno. Trees growing on dikes and shadowing this terrain are going to be removed



Fot. 3. Zdegradowany las bagienny na murszejącym torfie, torfowisko Kluki (fot. P. Pawlaczyk)

Phot. 3. The degraded bog forest on the decaying peat (Kluki peatland)



Fot. 4. Zbiornik poeksploatacyjny w południowej części Wielkiego Bagna (fot. P. Pawlaczyk)
Phot. 4. Post-exploitation water body in the southern part of Wielkie Bagno

Zadania realizowane w ramach przedsięwzięcia

Działania z zakresu ochrony czynnej

Celem zaplanowanych działań z zakresu ochrony czynnej jest zahamowanie odwadniania i degradacji złóż torfu. Zmierzają one do odtworzenia właściwych warunków rozwoju roślinności torfowiskowej i bagiennej, a przeciwdziałają rozwojowi roślinności w kierunku zbiorowisk degeneracyjnych. Działania te będą polegały na zablokowaniu wybranych rowów odwadniających w obrębie torfowisk przegrodami wykonanymi jako tamy torfowe, tamy torfowe wzmocnione drewnianą ścianką szczelną lub stałe przegrody drewniane w formie ścianki szczelnej.

Przy tworzeniu koncepcji tych działań przyjęto założenie, że przywracanie właściwych warunków wodnych w torfach (tj. warunków konserwujących torf i zabezpieczających go przed rozkładem), powinno być kilkusetapowe, aby dać czas na dostosowanie się roślinności do nowych warunków wodnych i nie powodować gwałtownych zmian, np. zamierania drzew na dużych powierzchniach. W związku z tym zaplanowane miejsca zablokowania rowów koncentrują się w obrębie centralnych części wierzchołów torfowisk. W związku z taką lokalizacją, wpływ przegród na warunki wodne będzie ograniczony przestrzennie, ale skoncentrowany w miejscach kluczowych. Łącznie w ramach przedsięwzięcia zakłada się wykonanie ok. 250 przegród, a ich szczegółowe rozmieszczenie zostanie zaplanowane po pierwszym roku monitoringu hydrologicznego.

Równoległe z poprawą warunków wodnych w wybranych płatach nieleśnych torfowisk mszarnych, w obrębie których, jako skutek odwodnień, obserwuje się silną ekspansję drzew, wykonane zostanie częściowe usunięcie drzew i krzewów. Ponadto na kilku hektarach powierzchni, w obrębie których pozyskiwany był w przeszłości torf, planuje się usunięcie

drzew i krzewów zacieniających zbiorowiska regeneracyjne roślinności mszarnej z grobli pomiędzy torfiankami (fot. 2). Z płatów torfowisk mszarnych będzie także usuwany nalot i podrost drzew i krzewów, jaki pojawił się po uprzednio wykonywanych przez Park Narodowy zabiegach ochrony czynnej (fot. 1). Celem tych działań jest utrzymanie lub przywrócenie procesu torfotwórczego w tych miejscach.

Kolejnym elementem przedsięwzięcia będzie testowanie innowacyjnych metod przywracania roślinności torfotwórczej na terenach zalanych wodą po eksploatacji torfu (fot. 4). Odbędzie się to za pomocą modelowania warunków siedliskowych w obrębie zbiorników po wydobyciu torfu, przekazanych Parkowi przez kopalnię torfu, w kierunku inicjującym/przyspieszającym uruchomienie procesów torfotwórczych. Realizowane to będzie w obrębie jednego zbiornika (ryc. 4, zbiornik A) poprzez modelowanie linii brzegowej, a w obrębie drugiego (ryc. 4, zbiornik B) – poprzez inicjowanie rozwoju potencjalnie torfotwórczej roślinności na drewnianych elementach pływających, kotwiczonych do dna.

W celu zainicjowania/umożliwienia/przyspieszenia sukcesji roślinności torfotwórczej w obrębie pierwszego zbiornika zostanie przemodelowana jego linia brzegowa oraz ukształtowanie dna, poprzez utworzenie – z materiału zgarniętego z dna zbiornika – grobli i wysp. Zwiększy to długość linii brzegowej zbiornika, a zatem strefy możliwej do zajęcia przez roślinność torfotwórczą. Zmniejszony zostanie w ten sposób wpływ falowania wiatrowego na warunki siedliskowe w wodzie, a przez to poprawią się warunki do rozwoju roślinności na całej powierzchni poeksploatacyjnej. Zróżnicowanie ukształtowania dna, poprzez stworzenie niewielkich przegłębień i wypłyceń zwiększy zróżnicowanie siedlisk potencjalnie do zajęcia przez roślinność. Prace ziemne prowadzone będą bez konieczności osuszenia zbiornika, aby uniknąć negatywnego oddziaływania przedsięwzięcia na przyległe torfowiska oraz jezioro Łebsko, stanowiące odbiornik wody z terenu torfowiska.

W obrębie drugiego zbiornika testowana będzie metoda oparta o koncepcję tzw. „pływających wysp” (por. m.in. White i in. 2012, Wu i in. 2015, Yeh i in. 2015). Będzie to polegało na zainstalowaniu w jego obrębie systemu pływających drewnianych konstrukcji, kotwiczonych w dnie i unoszących się na powierzchni wody. Konstrukcje te zasiedlone będą gatunkami typowymi dla torfowiskowych zbiorowisk emersyjnych.

W obu przypadkach podejmowane działania mają charakter testowania nowych metod – nie doprowadzą do szybkiego zładowienia zbiorników, ale co najwyżej zainicjują taki długofalowy proces. Spodziewamy się rozwoju roślinności szuwarowej oraz mszarno-emersyjnej. O ile podjęte działania przyniosą oczekiwane rezultaty, można będzie w dalszych krokach decydować się na objęcie nimi całych zbiorników, a także stosowanie tych metod na innych podobnych obiektach.

Działania poznawcze i monitoringowe

Do szacowania bilansu gazów cieplarnianych na torfowiskach wykorzystana zostanie metoda GEST (Greenhouse Gas Emission Site Type – Couwenberg i in. 2011, Silvestrum 2011). Jest to podejście metodyczne w głównych założeniach podobne do metody szacowania bilansu gazów cieplarnianych na użytek ich krajowych bilansów (IPCC Wetland Supplement – Hiraishi i in. 2013), jednak znacznie uszczegółowione w zakresie wyróżnianych typów „siedlisk torfowiskowych”. Metoda ta polega na prognozowaniu bilansu gazów cieplarnianych na podstawie prognozy dynamiki roślinności oraz prognozy warunków wodnych, dokonywanym dla alternatywnych scenariuszy: scenariusza podstawowego zakładającego

brak działań i scenariusza zakładającego wykonanie działań poprawiających stan torfowiska. W ramach działań kalibracyjnych uzgadniany jest w projekcie wspólny katalog jednostek GEST (typów „siedlisk torfowiskowych”), ustalane są szczegóły metodyczne zbioru danych, m.in. metody i gęstości próbkowania głębokości torfu, poziomu uwodnienia, wymagana dokładność mapy roślinności itp. Uaktualniony też zostanie katalog referencyjnych danych o bilansie gazów cieplarnianych dla poszczególnych „siedlisk torfowiskowych”. W celu ulepszenia kalibracji metody, w różnych jednostkach roślinności na poszczególnych obiektach, także w Polsce, wykonywane będą terenowe pomiary bilansu gazów cieplarnianych.

Dla torfowisk w Słowińskim Parku Narodowym wykonana będzie mapa roślinności w uzgodnionych jednostkach GEST, tak, by były porównywalne z obiektami z pozostałych państw i można było je odnieść do danych literaturowych o bilansach gazów cieplarnianych. Wykonane zostanie ponadto rozpoznanie miąższości i stratygrafii rozważanych złóż torfu, co dostarczy oszacowania, jakie ilości torfu zabezpieczone zostaną przed murszeniem. Będzie ono wzbogacone o datowania bezwzględne wieku wybranych próbek, co pozwoli poszerzyć wiedzę o historii torfowisk.

Istotnym elementem przedsięwzięcia są badania hydrologiczne. Pozwolą one w optymalny sposób zaplanować szczegóły i zrealizować działania wdrożeniowe, a następnie śledzić efekty tych działań. Ich celem jest zidentyfikowanie warunków wodnych na torfowiskach w odniesieniu do zróżnicowanych uwarunkowań hydrometeorologicznych, określenie stanu retencji torfowisk oraz określenie powiązań ich wód z wodami w utworach podłoża mineralnego, znajdującymi się pod złożem organicznym. Ponadto zweryfikowany zostanie wpływ istniejących rowów melioracyjnych na wielkość odwodnienia centralnej części torfowisk. Po zablokowaniu rowów monitoring hydrologiczny pozwoli na ocenę ich skuteczności. Wykonanie tak określonych zadań będzie możliwe w oparciu o instalację sieci piezometrów z urządzeniami rejestrującymi poziom wody oraz samorejestrujących łat wodowskazowych. Założono organizację 60 punktów pomiaru poziomu wody podziemnej, 17 punktów pomiaru poziomu wody w akwenach oraz jednej stacji meteorologicznej. W kanałach i ciekach mogących wpływać na objęte przedsięwzięciem obiekty będzie wykonywany pomiar przepływu. Sieć pomiarowa jest pomyślana w taki sposób, aby na każdym z badanych torfowisk otrzymać przekrój podłużny i poprzeczny zwierciadła wód podziemnych (od części kopułowej do okrajka), z uwzględnieniem ich wewnętrznego zróżnicowania.

Poza monitoringiem poziomu wody, będzie prowadzony monitoring cech fizyczno-chemicznych wody. Pozwoli on m.in. na określenie drogi zasilania obiektów w wodę (woda opadowa, woda podziemna, woda powierzchniowa), określenie zróżnicowania przestrzennego i czasowego składu chemicznego wód na torfowiskach, wyznaczenie podstawowych wskaźników hydrochemicznych wód, a także powiązanie składu chemicznego wód danego torfowiska z obiegiem wody na torfowisku, zmianami retencji oraz wahaniami poziomu wody.

W celu oceny skutków działań wdrożeniowych, które będą zrealizowane w projekcie, będzie prowadzony także monitoring botaniczny, polegający na powtarzalnej rejestracji fitosocjologicznej stanu roślinności w stałych punktach oraz na wykonaniu, na koniec realizacji przedsięwzięcia, mapy zmian roślinności rzeczywistej.

Podsumowanie

Przedstawione przedsięwzięcie, którego realizację właśnie rozpoczęto, nie ma oczywiście skali znaczącej dla bilansu gazów cieplarnianych. Jego celem jest demonstracja i zainicjowanie poszerzonego myślenia o torfowiskach – nie tylko jako o ostojach przyrody, ale także jako o elementach funkcjonalnych globalnego ekosystemu. Bieżąca wymiana doświadczeń pięciu krajów powinna ten efekt dodatkowo wzmocnić.

W Polsce powierzchnia torfowisk jest szacowana na 1211 tys. ha. Z szacunków Joosten (2010) wynika, iż roczna emisja CO₂ z wszystkich zdegradowanych torfowisk w Polsce wynosi 25,8 mln ton, czyli 7,5% w porównaniu do emisji ze spalania paliw kopalnych. Stawiałoby to Polskę w grupie 10 największych światowych emiterów CO₂ z powierzchni zdegradowanych torfowisk. Jest to już znaczący składnik bilansu gazów cieplarnianych. Na Litwie, Łotwie i w Estonii, ze względu na wyższy poziom zatorfienia, znaczenie torfowisk dla krajowych bilansów tych gazów jest jeszcze większe.

Jeżeli chcieć więc poważnie i ambitnie traktować zapobieganie zmianom klimatu, to – oprócz maksymalnego ograniczania emisji ze źródeł antropogenicznych – konieczne jest także odbudowanie na skalę masową mechanizmów akumulacji węgla w torfowiskach. Opisanie tu przedsięwzięcie jest drobnym przyczynkiem do gromadzenia niezbędnych do tego doświadczeń.

Literatura

- Beyer C., Höper H. 2014. Greenhouse gas emissions from rewetted bog peat extraction sites and a Sphagnum cultivation site in Northwest Germany. *Biogeosciences Discuss.* 11: 4493-4530.
- Bussell J., Jones D.L., Healey J.R., Pullin A.S. 2010. How do draining and re-wetting affect Carbon stores and greenhouse gas fluxes in peatland soils? *Environmental Evidence CEE* 08-012.
- Byrne K.A., Chojnicki B., Christensen T.R., Drösler M., Freibauer A., Friborg T., Froking S., Lindroth A., Mailhammer J., Malmer N., Selin P., Turunen J., Valentini R., Zetterberg L. 2004. EU Peatlands: Current Carbon Stocks and Trade Gas Fluxes, report 7/2004, Univ of Lund, Lund.
- Chlost I. 2010. Kartograficzny zapis zmian sieci wodnej Niziny Gardneńsko-Lębskiej w okresie XIX i XX wieku. W: Kaniecki A., Baczyńska A. (red.) *Zmiany stosunków wodnych w czasach historycznych. Studia i Prace z Geografii i Geologii nr 9*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, str. 17-31.
- Chlost I., Sikora M. 2015. The impact of anthropogenic pressure on the change of water relations in Gardno-Lęba lowland, *Quaestiones Geographicae* 34: 17-31.
- Couwenberg J. 2009. Emission factors for managed peat soils (organic soils, histosols). An analysis of IPCC default values. *Wetlands International*.
- Couwenberg J., Thiele A., Tanneberger F., Augustin J., Bärtsch S., Dubovik D., Liashchynskaya N., Michaelis D., Minke M., Skuratovich A., Joosten H. 2011. Assessing greenhouse gas emissions from peatlands using vegetation as a proxy. *Hydrobiologia* 674: 67-89.
- Gumbricht T., Roman-Cuesta R.M., Verchot L., Herold M., Wittmann F., Householder E., Herold N., Murdiyarso D. 2017. An expert system model for mapping tropical wetlands

- and peatlands reveals South America as the largest contributor. *Glob Change Biol.* 2017;1–19 DOI: 10.1111/gcb.13689.
- Hartje V., Wüstemann H., Bonn, A. (red). 2014. *Naturkapital und Klimapolitik: Synergien und Konflikte*. Technische Universität Berlin, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Berlin, Leipzig.
- Herbichowa M. 2014. *Renaturalizacja siedlisk i roślinności na zdegradowanych torfowiskach wysokich torfowiska pomorskiego*. Fundacja Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- Herbichowa M., Ćwiklińska P., Sadowska A. 2009. *Restytucja roślinności torfowiskowej po przemysłowym wydobyciu torfu – założenia, dotychczasowe doświadczenia i wyniki*. *Przegląd Przyrodniczy* 10: 43-53.
- Hiraishi T., Krug T. Tanabe K., Srivastava N., Jamsranjav B., Fukuda M., Troxler T. (red.) 2013. *2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. Methodological Guidance on Lands with Wet and Drained Soils, and Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*. IPPC.
- Ilnicki P. Iwaszyniec P. 2002. *Emissions of greenhouse gases (GHG) from peatland*. W: Ilnicki P., (red.). *Restoration of carbon sequestration capacity and biodiversity in abandoned grassland on peatland in Poland*. Wydawnictwo AR Poznań, Poznań: 19-57.
- Janssens, I. A., Freibauer, A., Schlamadinger, B., Ceulemans, R., Ciais, P., Dolman, A. J., Heimann, M., Nabuurs, G.-J., Smith, P., Valentini, R., Schulze, E.-D. 2005. *The carbon budget of terrestrial ecosystems at country-scale – a European case study*. *Biogeosciences* 2: 15-26.
- Joosten H. 2010. *The global peatland CO₂ picture. Peatland status and drainage related emissions in all countries of the world*. Wetlands International.
- Joosten H., Tapio-Biström M-L., Tol S. (red.) 2012. *Peatlands – guidance for climate change mitigation through conservation, rehabilitation and sustainable use*. FAO & Wetlands International.
- Kleinen T., Brovkin V., Munhoven G. 2016. *Modelled interglacial carbon cycle dynamics during the Holocene, the Eemian and Marine Isotope Stage (MIS) 11*. *Clim. Past* 12: 2145–2160.
- Klimkowska A. 2008. *Restoration of severely degraded fens: ecological feasibility, opportunities and constraints*. PhD thesis, University of Antwerp.
- Lindroth, A., Lund, M., Nilsson, M., Aurela, M., Christensen, T.R., Laurila, T., Rinne, J., Riutta, T., Sagerfors, J., Ström, L., Tuovinen, J.-P. 2007. *Environmental controls on the CO₂ exchange in north European mires*. *Tellus B* 59: 812–825.
- Oleszczuk R. 2012. *Wielkość emisji gazów cieplarnianych i sposoby jej ograniczania z torfowisk użytkowanych rolniczo. Współczesne problemy kształtowania i ochrony środowiska*, Monografie 3: 75-90.
- Pawłaczyk P. 2014. *Akumulacja i emisja węgla przez torfowiska, w tym przez torfowiska alkaliczne*. Klub Przyrodników, Świebodzin.
- Piotrowska H. (red). 1997. *Przyroda Słowińskiego Parku Narodowego*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Schumann M., Joosten H. 2008. *Global Peatland Restoration Manual*. Institute of Botany and Landscape Ecology, Greifswald University, Germany & International Mire Conservation Group, <http://www.imcg.net/pages/topics/projects/global-peatland-restoration-manual.php>, dostęp 17.07.2017.

- Silvestrum 2011. Baseline and monitoring methodology for the rewetting of drained peatlands used for peat extraction, forestry or agriculture based on GESTs. Verified Carbon Standard Methodology, version 3,
<http://database.v-c-s.org/sites/vcs.benfredaconsulting.com/files/PRC%20RDP%20GEST%20methodology.pdf>, dostęp 17.07.2017.
- Strack M. (red.) 2008. Peatlands and Climate Change. International Peat Society, Jyväskylä.
- Yeh N., Yeh P., Chang Y.-H. 2015. Artificial floating islands for environmental improvement. *Renewable and Sustainable Energy Rew.* 47: 616-622.
- Yu Z., Loisel J., Brosseau D. P., Beilman D. W., Hunts. J 2010. Global peatland dynamics since the Last Glacial Maximum. *Geophys. Res. Lett.* 37, L13402.
- White S.A., Taylor M.D., Damrel D.Z. Floral colonization of free-water surface constructed wetland system in Grady County, Georgia. 2012. *Castanea* 77: 159-171.
- Wu H., Zhang J., Ngo H.H., Guo W., Hu Z., Liang S., Fan J., Liu H. 2015. A review on the sustainability of constructed wetlands for wastewater treatment: design and operation. *Bioresource Technology* 175: 594-601.
- Ziebarth M., Lenschow U., Permien T., Augustin J., Joosten H., Zeitz J., Müller J., Heilmann, H. 2009. Konzept zum Schutz und zur Nutzung der Moore. Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz, Mecklenburg, Schwerin,
http://service.mvnet.de/_php/download.php?datei_id=11159, dostęp 17.07.2017.

**Katarzyna Bociąg, Izabela Chlost, Roman Cieśliński, Krzysztof Gos,
Jolanta Kujawa-Pawlaczyk, Magdalena Makles, Paweł Pawlaczyk**
Klub Przyrodników

pracownia@naturahomini.pl;
izachlost@op.pl;
georc@ug.edu.pl;
krzysztof.gos@biol.ug.edu.pl;
jolapawl@wp.pl;
magdalena.makles.kp@gmail.com;
pawel.pawlaczyk@kp.org.pl