

Marta Wiśniewska

**WIELOFUNKCYJNOŚĆ
BAGIENNYCH STREF BUFOROWYCH
NA PRZYKŁADZIE DOLNEJ NARWI**

BAGIENNE STREFY BUFOROWE

Bagienne strefy buforowe to podmokłe tereny położone pomiędzy obszarami rolniczymi a rzeką lub zbiornikiem wodnym, których głównych zadaniem* jest ochrona wód powierzchniowych przed zanieczyszczeniami ze źródeł obszarowych.

Poprawiają jakość wód powierzchniowych dzięki przechwytywaniu pierwiastków biogennych ze spływających z pól nawozów (naturalnych i sztucznych) zanim trafią one do cieku lub zbiornika wodnego.



Obniżają ryzyko powodzi i suszy, poprawiają walory estetyczne nadrzecznego krajobrazu i jego rekreacyjną wartość, regulują klimat w skali lokalnej (poprzez zwiększanie wilgotności powietrza) i łagodzą skutki globalnych zmian klimatu (podtrzymując lokalne krążenie wody).

Są siedliskiem życia licznych gatunków roślin i zwierząt, a także oferują możliwość pozyskiwania biomasy.



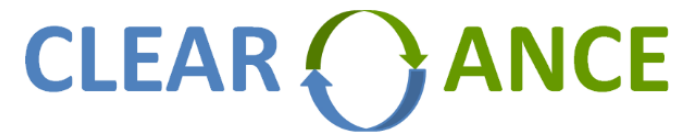
Bagienne strefy buforowe są zwykle pasami terenu, od kilku do kilkudziesięciu metrów szerokości, sąsiadującymi z rzekami.

Jednak inne formy i lokalizacje mogą czasami być bardziej funkcjonalne i skuteczne. Mowa tu np. o obszarach zasilanych wodami gruntowymi, jak torfowiska niskie, starorzeczach, terenach zalewowych.

Biorąc pod uwagę rolę procesów usuwania pierwiastków biogennych w samej rzece, za strefę taką można też uznać odcinek rzeki, jeśli pełni on rolę bufora dla dolnego jej biegu lub rzeki, której jest dopływem.



**KILKA SŁÓW TYTUŁEM WSTĘPU,
CZYLI M.IN.
DLACZEGO OPOWIADAM O DOLNEJ NARWI?**



CircuLar Economy Approach to River pollution by Agricultural Nutrients with use of Carbon-storing Ecosystems

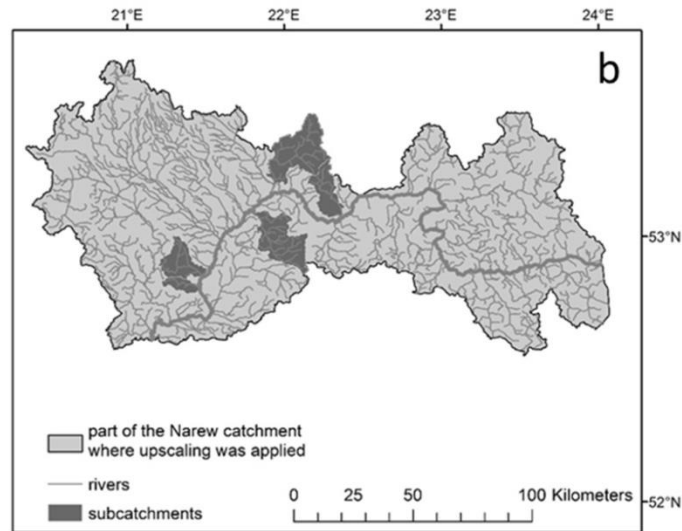
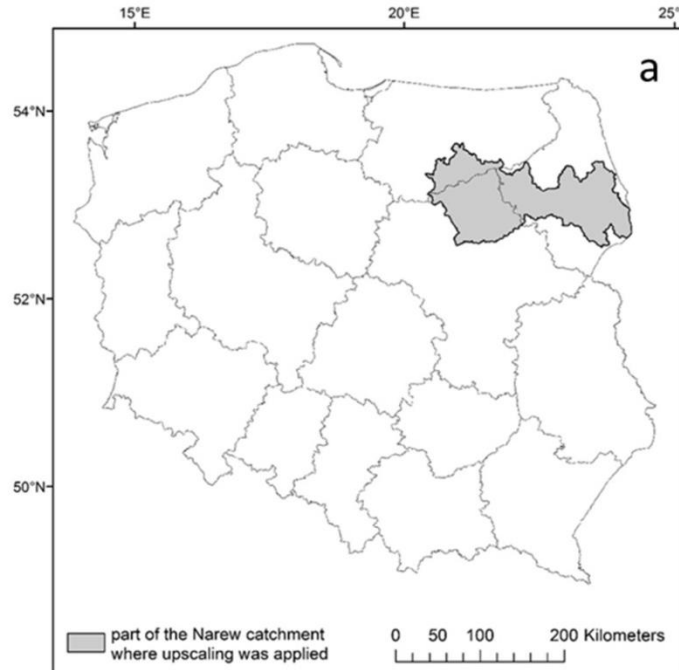
Zastosowanie zasad gospodarki obiegu zamkniętego do rozwiązania problemu zanieczyszczenia rzek pierwiastkami biogennymi pochodzenia rolniczego, z wykorzystaniem ekosystemów akumulujących węgiel



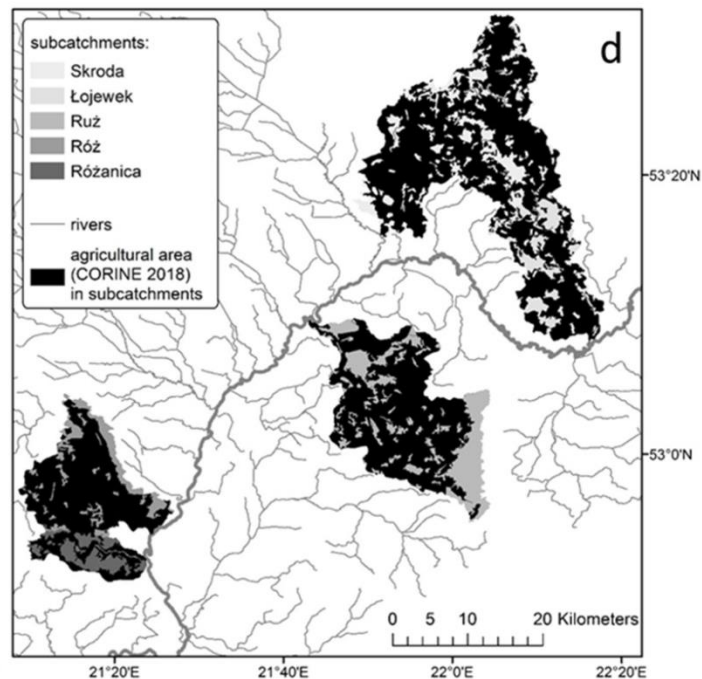
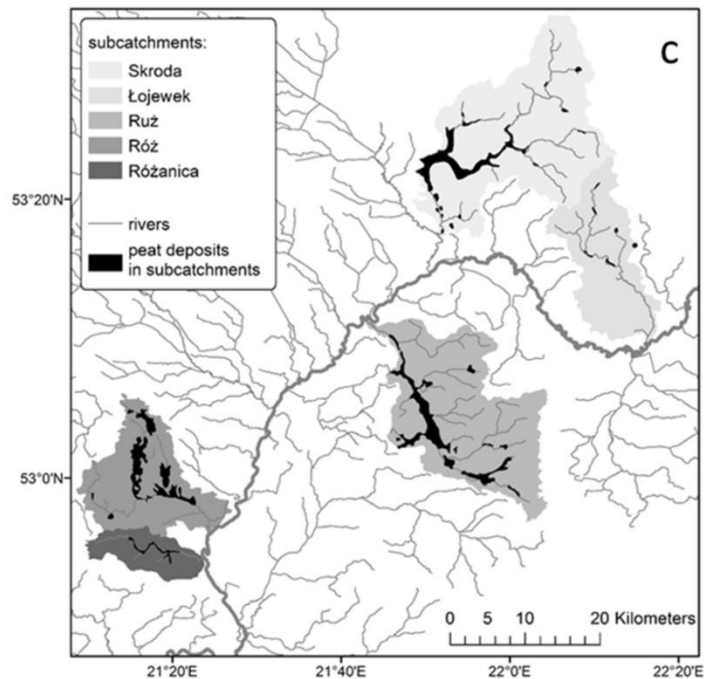
Radboud
Universiteit
Nijmegen



Podziękowania dla Unii Europejskiej, Funduszu Innowacji (Dania), Federalnego Ministerstwa Polityki Żywnościowej i Rolnictwa (Niemcy), Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (Polska) za wsparcie dla międzynarodowego konsorcjum realizującego projekt CLEARANCE w ramach Programu ERA-NET CO-FUND WATERWORKS2015.



Lower Narew River catchment (north-eastern Poland, 16,444 km², amounting to 5% of Poland).



Five sub-catchments (1087 km²).

Oczyszczający potencjał **bagiennych stref buforowych** badano w zlewni Dolnej Narwi, w ramach projektu CLEARANCE, w dwóch scenariuszach:

- (1) przywrócenie do właściwego funkcjonowania 88, 5 tys. ha torfowisk niskich i 2,4 tys. ha terenów zalewowych w dolinach rzek dopływających do Narwi, wszędzie tam, gdzie umożliwiają to uwarunkowania terenowe i środowiskowe *polygonal wetland buffer zones*;
- (2) rozwój 5,4 tys. km liniowych bagiennych stref buforowych *linear buffer zones*, wzdłuż rzek i potoków (bagienne brzegi, koryto dwudzielne, przywracanie meandrów).

Dodatkowo, zwracano uwagę na ich wielofunkcyjność związaną z szerokim wachlarzem usług ekosystemowych świadczonych przez tereny podmokłe.

TYPY BAGIENNYCH STREF BUFOROWYCH

Klasyfikacja bagiennych stref buforowych oparta jest o ich wielkość, rodzaj gleby, hydrologię i roślinność, determinujące sposób ich wykorzystania.

Bagienne brzegi

Wąska strefa buforowa wzdłuż brzegów cieku, którą można uzyskać przez podniesienie poziomu wody, np. umieszczając w korycie kłody lub głązy.

To rozwiązanie odpowiednie niezależnie od typu gleb, ale o stosunkowo ograniczonym wpływie, ze względu na niewielką powierzchnię strefy.



Bagienne brzegi (fot. E. Jabłońska)

Koryto dwudzielne

W czasie niskich poziomów wody w rzece, rzeka płynie swobodnie na niższym węższym tarasie, tworząc tam z czasem naturalne meandry, natomiast na wyższym tarasie może rozwijać się bagienna strefa buforowa związana z wypływem wód gruntowych.

W czasie wysokiego stanu wody rzeka wylewa na wyższy taras i płynie całą szerokością koryta.

Rozwiązanie to można stosować na kanałach i rowach oraz na uregulowanych wcześniej rzekach, wciętych głęboko w grunt – gdy nie ma możliwości ich pełniejszej renaturyzacji.

Preferowane na glebach mineralnych.



Koryto dwudzielne (fot. Marta Wiśniewska)

Koryto meandrujące

Funkcje bagiennej strefy buforowej pełnią te odcinki rzek, na których zachowały się naturalne meandry (zakola). Należy objąć je ochroną, bo kontrolują jakość wód na odcinkach położonych poniżej.

Podobny efekt można uzyskać przywracając meandrujący charakter całego koryta cieku, wymaga to jednak poważnej interwencji inżynierskiej.

Na glebach organicznych może wiązać się ze wzrostem emisji gazów cieplarnianych, związanym z pracami ziemnymi.



(fot. E. Jabłońska)

Naturalne torfowiska niskie

Zasilane wodami gruntowymi, porośnięte przez rośliny, których obumarłe fragmenty odkładają się i tworzą pokłady torfu, są naturalną bagienną strefą buforową.

Charakteryzują się stałym wysokim poziomem wód gruntowych i jego zagwarantowanie jest podstawą ochrony takich obszarów, i ich funkcji poprawy jakości wód.



Bagna Biebrzańskie (fot. M. Wiśniewska)

Ponownie nawodnione torfowiska niskie (1)

Osuszonym torfowiskom niskim, z wierzchnią warstwą murszu powstałą w wyniku osuszenia i częściowego rozkładu torfu, można przywrócić funkcje bagiennych stref buforowych poprzez ponowne nawodnienie, które przywraca warunki dla procesu denitryfikacji, a jednocześnie znacząco redukuje emisję dwutlenku węgla z rozkładu torfu.

Ten typ bagiennych stref buforowych z reguły wymaga niewielkiej interwencji inżynierskiej, głównie w celu podniesienia poziomu wody.

Na wielu obszarach, posiadających sieć melioracyjną, ponowne nawodnienie można uzyskać przez przywrócenie możliwości zatrzymywania wody w rowach lub ich przetamowanie (zasypywanie, blokowanie pniami drzew lub głazami), ewentualnie zatkanie lub usunięcie podziemnych drenów.

Ponownie nawodnione torfowiska niskie (2)

Nawadnianie osuszonych torfowisk może (ale nie musi) powodować uwalnianie się do wód fosforanów związanych w murszu przez jony żelaza.

Ryzyko to można ocenić badając stosunek zawartości fosforu do żelaza w glebie. Gdy jest on wysoki trzeba zabezpieczyć się przez ryzykiem wypłukiwania fosforanów do wód, np. usuwając wierzchnią warstwę murszu z części obszaru lub promując pobieranie fosforanów przez roślinność, którą następnie się kosi i usuwa.



(fot. E. Jabłońska)

Tereny zalewowe

Większość terenów zalewowych, z glebami madowymi i piaszczystymi o niewielkiej zawartości materii organicznej, to miejsca skutecznego usuwania fosforu w procesie sedymentacji, a także efektywnego pobierania azotu i fosforu przez roślinność. Odtworzenie miejsc zalewowych wzdłuż rzeki wymaga przywrócenia naturalnych wezbrań w rzece, co często wiązać się będzie z wprowadzeniem rozwiązań hydrotechnicznych, np. rozbiórki lub przesunięcia wałów. Przywrócenie okresowych zalewów jest też zwykle możliwe w wyniku odtworzenia meandryzującego koryta.

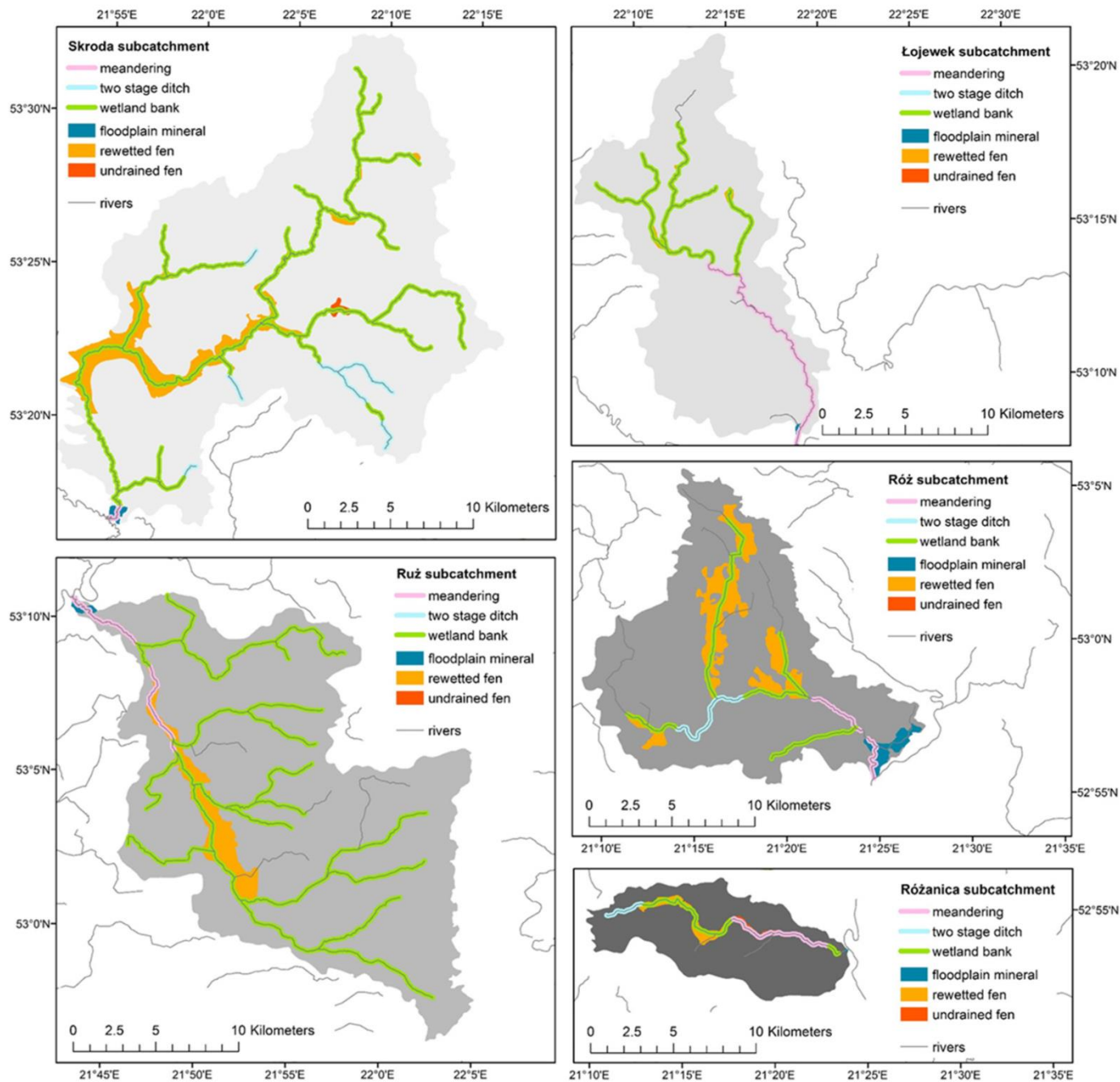


Tereny zalewowe (fot. E. Jabłońska)

Mokradło na odpływie drenu*

Gdy woda z terenu wykorzystywanego rolniczo jest odprowadzana do rzeki za pomocą drenów, strefę buforową można uzyskać dzięki stworzeniu warunków do zabagniania się terenu lub sztucznemu mokradłu.





BAGIENNE STREFY BUFOROWE PRZECHWYTYWANIE BIOGENÓW

Usuwanie pierwiastków biogennych z wody w bagiennych strefach buforowych odbywa się według kilku różnych mechanizmów, wśród których można wyróżnić:

- usuwanie azotu przez bakterie,
- wytrącanie się fosforanów w glebie,
- wytrącanie się fosforanów na niesionej przez wody rzeczne zawieszinie mineralnej,
- osadzanie się bogatej w pierwiastki biogenne zawiesiny na terenach zalewowych,
- przechwytywanie azotu i fosforu przez roślinność,
- usuwanie azotu i fosforu przez pozyskiwanie biomasy terenów bagiennych (koszenie).

Badania prowadzone w ramach projektu CLEARANCE pokazały, że w warunkach Dolnej Narwi, w przyjętych scenariuszach **bagienne strefy buforowe** o charakterze obszarowym (torfowiska, tereny zalewowe) mogłyby usunąć 11%–30% ładunku azotu i 14%–42% ładunku fosforu ze zlewni. Liniowe strefy buforowe usuwałyby azot i fosfor na wyższym poziomie, odpowiednio: 33%–82% i 41%–87%^{1,2}.

¹Jabłońska E., Wiśniewska M., Marcinkowski P., Grygoruk M., Walton C.R., Zak D., Hoffmann C. C., Larsen S. E., Trepel M., 2020. Catchment-Scale Analysis Reveals High Cost-Effectiveness of Wetland Buffer Zones as a Remedy to Non-Point Nutrient Pollution in North-Eastern Poland. *Water* 12(3), 629

² Wyniki zbieżne z opisanymi w literaturze przedmiotu (bagienne strefy buforowe wchłaniają przeciętnie ok. 40% dopływającego do nich azotu i fosforu, ale w wielu przypadkach ich skuteczność sięga 90-100%) Land M., Granéli W., Grimvall A. , Hoffmann C.C., Mitsch W.J., Tonderski K.S. & Verhoeven J.T.A. , 2016. How effective are created or restored freshwater wetlands for nitrogen and phosphorus removal? A systematic review. *Environmental Evidence* 5: 9.

BAGIENNE STREFY BUFOROWE KLIMAT

Łagodzenie negatywnych skutków ekstremalnych zjawisk hydrologicznych

Właściwie odtworzona morfologia rzek pozwala na zalewanie bagiennych stref buforowych zlokalizowanych w ich dolinach w czasie wezbrań (redukcję ryzyka powodzi) i magazynowanie w nich wody, ograniczające dotkliwość susz.



Wpływ bagiennych stref buforowych na krążenie węgla

Emisje dwutlenku węgla z osuszonych torfowisk stanowią około 6% całkowitych emisji tego gazu ze źródeł antropogenicznych, pomimo że tereny te zajmują obecnie zaledwie około 0.3% całkowitej powierzchni lądów. Poza nim uwalniają się także tlenek azotu i metan.

Obniżenie poziomu wody gruntowej w torfowisku o kilka decymetrów to roczne emisje na poziomie 25-60 ton CO₂eq/ha.

ponowne nawadnianie osuszonych gleb organicznych w celu stworzenia bagiennych stref buforowych = uniknięcie emisji; odtworzenie procesów torfotwórczych i pochłanianie węgla

Lokalna klimatyzacja

Powietrze ponad obszarami wilgotnymi nagrzewa się w mniejszym stopniu niż nad suchymi

Wpływ pozyskiwania biomasy ze stref buforowych

Wykorzystanie biomasy roślinnej pozyskiwanej z BSB i ocena ich wpływu na klimat (1 – krótkoterminowy: zastąpienie paliw kopalnych, 2 – średnio/długoterminowe związanie/unieruchomienie węgla):

Rodzaj roślinności	Produkt	Wpływ na klimat
Turzyce	Paliwo stałe	1
Turzyce, mozga trzcinowata	Pasza dla bydła/owiec	1 (+ 2)
Turzyce, mozga trzcinowata	Paliwo do wytworzenia biogazu	1
Trzcina	Strzecha	2
Pałka wodna	Materiał ociepleniowy	1 + 2
Trzcina i pałka wodna	Płyty konstrukcyjne	2

Wichtmann W., Kotowski W.

Oszacowania przeprowadzone dla Dolnej Narwi wskazują, że ponowne nawodnienie osuszonych torfowisk w tej zlewni to konkretna, znacząca **korzyść w postaci unikniętych emisji**.

Obliczenia oparte o doświadczenia z niemieckiego z regionu Meklemburgii-Pomorza Przedniego (Mecklenburg-Western Pomerania), gdzie 980 tys. ha zdegradowanych torfowisk użytkowanych rolniczo uwalnia 20 mln ton ekwiwalentu CO₂ rocznie.

Stosując te dane, ponowne nawodnienie torfowisk w pięciu analizowanych zlewniach cząstkowych Narwi równa się szacunkowo **142 tys. ton unikniętej emisji**. Ochrona istniejących, niedrenowanych torfowisk oraz odtworzenie zdegradowanych torfowisk (łącznie około 90 tys. ha) może zagwarantować uniknięcie emisji **1,93 mln ton** ekwiwalentu CO₂ rocznie w zlewni Narwi (85% emisji z elektrowni Ostrołęka).

Nawadnianie osuszonych dawniej torfowisk jest bardzo efektywną metodą łagodzenia zmian klimatu. Koszty redukcji emisji CO₂ przez obszarowe WBZ na glebach organicznych są niższe niż koszty jej redukcji poprzez wdrożenie biogazowni lub energetyki wiatrowej³.



³Wichtmann, W.; Schröder, C.; Joosten, H. Paludiculture—Productive Use of Wet Peatlands; Schweizerbart Science Publishers: Stuttgart, Germany, 2016; p. 272.

WYKORZYSTANIE BIOMASY BAGIENNYCH STREF BUFOROWYCH

Z różnymi typami stref buforowych wiąże się różny potencjał produkcji biomasy roślinnej i wynikające z tego potencjału jej wykorzystanie. Większa produkcja biomasy towarzyszyć będzie strefom „obszarowym” (torfowiska, tereny zalewowe) niż tym zlokalizowanym w postaci wąskich pasów wzdłuż cieków.



(fot. E. Jabłońska)

Koszenie i zbiór roślin pomagają ograniczyć spływ azotu i fosforu do rzek, a ich stały dopływ z terenów rolniczych wspiera wysoką wydajność produkcji. Na żyznych podmokłych terenach znakomicie rosną np. takie niezwykle produktywne rośliny bagienne, jak pałka szerokolistna (tzw. pałka wodna), trzcina pospolita, manna mielec, czy różne gatunki turzyc, ale też drzewa (np. olsza czarna) i krzewy (różne gatunki wierzb).



Pałka wodna na Bagnach Biebrzańskich (fot. E. Jabłońska)

Rosnące na żyznych mokradłach stref buforowych pałka wodna i trzcina od niedawna robią szybką karierę jako przyjazne środowisku materiały budowlane i znajdują zastosowanie od tradycyjnych pokryć dachowych, przez cechujące się rewelacyjnymi właściwościami cieplnymi materiały izolacyjne, po prefabrykowane płyty konstrukcyjne i elementy budowlane. Firmy z Niemiec, Holandii, czy Austrii opracowały wiele różnych produktów, których wspólną cechą są znakomite własności izolacyjne, dorównujące lub przewyższające własności styropianu.



Izolacja z pałki (fot. M. Wiśniewska)

Dzięki pochodzeniu z mokradeł, pałka i trzcina są bardzo odporne na wilgoć.

Zaskakująco wysoka jest odporność na ogień prefabrykatów z pałki potwierdzona testami i certyfikatami.

Po wymieszaniu biomasy pałki lub trzciny z naturalnymi minerałami, czy gliną, mogą powstać płyty budowlane i konstrukcyjne.



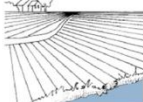
(fot. M. Wiśniewska)



Zebraną biomasę można wykorzystać też do wytwarzania energii. Technologie konwersji biomasy na energię obejmują produkcję pelletów i brykietów, bezpośrednie spalanie, biowęgiel i fermentację beztlenową.

Wykorzystanie roślin porastających bagienne strefy buforowe do wytwarzania biogazu wydaje się być bardzo obiecującą i najbardziej zrównoważoną opcją. Poza wytworzeniem energii, produkt procesu – poferment może być wykorzystany jako cenny organiczny nawóz glebowy bogaty w węgiel, azot i fosfor.

BAGIENNE STREFY BUFOROWE
LUDZIE

	Current management continuation	Program A (Change in management)	Program B (Change in management)
On the country's scale and in the Baltic Sea			
Water quality of the rivers in 10 years	Medium	Good	Medium
Water fit for bathing	For adults only	For adults and elder children	For adults only
Water quality of the Baltic Sea in 30 years	Bad	Very bad	Very bad
Cyanobacteria blooms	Possible every summer, widespread	Possible every summer, extremely widespread	Possible every summer, extremely widespread
Days of bathing prohibition	11–20 days	Water is not suitable for bathing	Water is not suitable for bathing
An appearance of the agricultural landscape in your place of residence neighbourhood (within 20 km)			
Riverbed type (applies to changes in your close neighbourhood, circa 20 km from your place of residence)	 Regulated straightened	 Regulated curvy	 Naturally meandering
Riverine vegetation type (applies to changes in your close neighbourhood, circa 20 km from your place of residence)	 Intensive agriculture	 Wetland agriculture	 Wild marshes
Annual change in your income as a result of the programme implementation	<u>0 EUR</u>	Every German citizen will be charged the tax of <u>50 EUR</u> per year	Every German citizen will be charged the tax of <u>25 EUR</u> per year
Your choice	☐	☐	☐

Wyniki badań w ramach projektu CLEARANCE wskazują, że remeandryzacja, przywracanie terenów zalewowych oraz odtworzenie „dzikich” bagien lub rozwój rolnictwa bagiennego w zlewniach małych rzek nizinnej Europy może uzyskać duże poparcie społeczne.

Giergiczny, Marek & Valasiuk, Sviataslau & Kotowski, Wiktor & Galera, Halina & Jacobsen, Jette & Sagebiel, Julian & Wichtmann, Wendelin & Jabłońska, Ewa. (2021). Re-meander, rewet, rewild! Overwhelming public support for restoration of small rivers in the three Baltic Sea basin countries. Restoration Ecology. 30. 10.1111/rec.13575.

PODSUMOWANIE

- bagienne strefy buforowe, przechwytyjąc azot i fosfor pochodzący z nawozów, spływający z pól, przyczyniają się do poprawy jakości wody,
- torfowiska, na których zachowany lub odtworzony jest wysoki poziom wody i warunki bagienne – magazynują węgiel – przyczyniają się do ograniczania zmian klimatu,
- szerokie, także pozarolnicze, wykorzystanie biomasy roślin bagiennych stref buforowych,
- bagienne strefy buforowe magazynując wodę (wysoki poziom wód gruntowych) łagodzą skutki suszy w okresie niedoborów wody i chronią przed powodzią tereny położone poniżej (w dół rzeki),
- bagienne strefy buforowe są ważne dla ochrony przyrody – jako siedliska dla wielu gatunków roślin i zwierząt,
- bagienne strefy buforowe są ważne dla ludzi



<https://www.mdpi.com/2073-4441/12/3/629/htm>
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/rec.13575>

USŁUGI EKOSYSTEMOWE TERENÓW PODMOKŁYCH

Usługi ekosystemowe – funkcje „zdrowych” ekosystemów, użyteczne dla społeczeństwa, ważne dla gospodarki i jakości życia; tracone lub upośledzane przez przekształcanie środowiska i „upraszczanie” krajobrazu.

Ekosystemy rzeczne, wraz z nadrzeczными mokradłami, pełnią kluczową rolę w regulacji naturalnego obiegu wody i pierwiastków biogennych (pierwiastków niezbędnych do życia, takich jak węgiel, azot i fosfor) między lądem a wodą. Nadrzeczne mokradła ograniczają wahania poziomu wody w rzece, zmniejszając negatywne skutki wysokich lub niskich stanów na terenach wykorzystywanych rolniczo.



(fot. E. Jabłońska)

Im bardziej kręta jest rzeka, tym średnio wolniej płynie w niej woda i wolniejszy jest odpływ z terenu przyległego do rzeki. Nad krętą małą rzeką wiosną i jesienią tworzą się rozlewiska, dzięki czemu mniejsze jest ryzyko powodzi w dole zlewni (niżej w dole biegu tej rzeki lub na większych rzekach, do których docierają jej wody).



(fot. E. Jabłońska)

Jeśli rzeka zostanie wyprostowana wydłuża się okres, w którym tereny nadrzeczne są dostępne dla prowadzenia prac rolniczych, ale skutkuje to zmniejszeniem pojemności retencyjnej terenów nadrzecznych, a w konsekwencji zwiększeniem ryzyka powodzi w dole zlewni.



(fot. E. Jabłońska)

Brak mokradeł, stanowiących naturalne strefy buforowe między terenami rolniczymi a rzeką, sprawia, że pierwiastki biogenne (azot i fosfor pochodzące z nawozów) spływają z pól bezpośrednio do rzeki. W konsekwencji pojawiają się zakwity glonów i sinic, a w efekcie niedobory tlenu w wodzie w dolnych odcinkach rzek, oraz w wodach przybrzeżnych Bałtyku.



(fot. E. Jabłońska)

Zniszczenie mokradeł i uproszczenie ekosystemów rzecznych istotnie zmniejszyło naturalną zdolność do samooczyszczania się wód, ograniczyło retencję wody, różnorodność biologiczną związaną z podmokłymi siedliskami.

Osuszanie mokradeł to także zwiększanie emisji gazów cieplarnianych, uwalnianych wskutek rozkładu gleb organicznych.

odtworzenie terenów podmokłych w dolinach rzek i rozwój bagiennych stref buforowych = odpowiedź na pogłębiający się kryzys środowiskowo-klimatyczny