

Marzena Suchocka, Agnieszka Kosiba

ILE WARTO SA USŁUGI EKOSYSTEMÓW ŚWIADCZONE PRZEZ DRZEWA PRZYULICZNE? ANALIZA NA PRZYKŁADZIE WYBRANYCH ULIC W WARSZAWIE

Słowa kluczowe: drzewa, wartość drzew, usługi ekosystemowe, usunięcie i sadzenie drzew

Wprowadzenie

Drzewa w mieście mają znaczący wpływ na warunki życia ludzi i coraz częściej są uznawane za dużą wartość dla społeczeństwa. Równocześnie jednak drzewa rosnące w mieście są uważane jako dobra nierynkowe, a nawet traktowane są jako dobra darmowe (wg Komunikatu Komisji Europejskiej nr COM 249, 2013). Natomiast dobra wytworzone przez człowieka stanowią w ewidencji miast majątek trwały i mają swoją cenę rynkową. Przełomem w zakresie określania wartości środowiska przyrodniczego, w tym drzew w miastach, było wprowadzenie pojęcia „usług ekosystemów”¹, które zapoczątkowało kwantyfikowanie i sza-

¹ Pod pojęciem usług ekosystemowych rozumie się zestaw korzyści, których środowisko dostarcza społeczeństwu i gospodarce. Jak twierdzi J. Kronenberg (2012), to nowe spojrzenie na związki gospodarki, społeczeństwa i środowiska wyraźnie pokazuje, że ochrona środowiska ma silne uzasadnienie ekonomiczne. Zakres korzyści uzyskiwanych od środowiska obejmuje bowiem zarówno podstawowe dobra niezbędne do życia, jak też poprawę jakości warunków otaczającego środowiska, w którym człowiek żyje oraz zaspokajają potrzeby kulturowe i duchowe. W artykule tym terminy „usługi ekosystemów” (ekosystemowe) i „korzyści” są zamiennie używane.

cowanie w formie monetarnej różnorodnych korzyści oferowanych przez przyrodę. Oszacowanie usług ekosystemowych, w tym korzyści z obecności drzew w miastach, stworzyło możliwość podjęcia próby sporządzania rachunku efektywności ekonomicznej inwestycji dotyczących zadrzewienia terenów zurbanizowanych, tj. określenie korzyści (usług ekosystemowych) uzyskiwanych z obecności drzew w relacji do kosztów ponoszonych na utrzymanie tych zasobów. Ze względu na wielokierunkowy charakter korzyści generowanych przez drzewa miejskie (ekologiczne, społeczne i ekonomiczne), a także różnorodność gatunków, wieku, kondycji i lokalizacji drzew oraz zmian ich wielkości w miarę wzrostu i rozwoju określenie wartości usług ekosystemowych drzewostanów miejskich jest trudne do oszacowania w porównaniu do wartości ekonomicznych dóbr materialnych.

W przedstawionych badaniach podjęto próbę obliczenia utraconych wartości ekosystemowych na skutek usunięcia w latach 2011–2016 drzew przyulicznych na wybranym, silnie zurbanizowanym fragmencie Pragi Północ. W obliczeniach uwzględniono różnicę między wartością usług generowanych przez rosnące na badanym terenie drzewa różnej wielkości, które zostały usunięte w pięcioletnim okresie badań, a wartością usług świadczonych przez nowe nasadzenia. Obliczenia wykonano na podstawie analizy porównawczej hipotetycznych wskaźników opracowanych przez Instytut Gospodarki Przestrzennej i Mieszkalnictwa (IGPiM) w Warszawie. W ten sposób uzyskano możliwość określenia wyrażonych w formie pieniężnej hipotetycznej wartości rocznych usług ekosystemowych dostarczanych przez drzewa przyuliczne na terenie objętym badaniami.

Korzyści z obecności drzew w mieście

Miasta skupiają wiele problemów, które wpływają bezpośrednio na obniżenie poziomu komfortu życia ich mieszkańców. Najbardziej dotkliwe są te, które dotyczą zagrożenia dla ich zdrowia i życia, np. w 2011 roku stężenie cząstek pylistych (PM_{2.5}) spowodowało 458 000 przedwczesnych zgonów w Europie (wg *European Economic Area*, EEA, 2014). Zieleń miejska tworzy zdrowsze, bardziej komfortowe środowisko (Bolund, Hunhammar, 1999). Drzewa w ciepłe, słoneczne, letnie dni oceniają budowlę, co powoduje obniżenie temperatury wewnątrz budynków (Szczepanowska, Sitarski, 2015). Szczególnie istotne jest to

w okresie letnim, gdy biura, banki, sklepy czy restauracje wykorzystują ogromne ilości energii elektrycznej na ochładzanie. Obecność pobliskich drzew przez ocienianie i ewapotranspirację ogranicza zużycie energii elektrycznej na ochładzanie pomieszczeń (Szczepanowska, 2007). Odwrotna sytuacja występuje w zimowe dni, kiedy odpowiednio usytuowane drzewa zmniejszają prędkość wiatru, co spowalnia proces wyziębienia mieszkań, a tym samym zmniejsza zapotrzebowanie energii na ogrzewanie. Ilości ograniczonej energii na ochładzanie i ogrzewanie pomieszczeń można określić monetarnie, podobnie jak ilości ograniczenia zanieczyszczeń emitowanych z pobliskich elektrowni na skutek zmniejszenia poboru energii w pomieszczeniach, oszczędzonej dzięki klimatycznemu oddziaływaniu otaczających drzew.

Jak wynika z badań, roślinność ma istotny wpływ na zmniejszenie zanieczyszczenia powietrza (m.in. Escobedo i in., 2011; Nowak i in., 2006; Owen i in., 2003; Nowak, 2000) przez ograniczanie udziału zanieczyszczeń gazowych jak ozon (O_3), tlenki azotu (NO_n), tlenki węgla (CO), dwutlenki siarki (SO_2) oraz CO_2 , a także zanieczyszczeń pyłowych, w tym metali ciężkich. Ograniczanie zanieczyszczeń gazowych jest spowodowane przez bezpośrednią sekwestrację, głównie dwutlenku węgla², a zanieczyszczeń pyłowych przez osiadanie zapyleń na liściach i częściowe wchłanianie. Istotną rolę w zmniejszaniu zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego odgrywa również, opisane wyżej, „unikanie” emisji zanieczyszczeń w wyniku regulacji klimatu lokalnego przez drzewa.

Mimo ewidentnych korzyści pełnionych przez drzewa dla środowiska miejskiego najbardziej cenione przez mieszkańców są walory estetyczne drzew (Szczepanowska, Sitarski, 2015). Z tego powodu ludzie najczęściej chcą sadzić drzewa oraz decydują się na ponoszenie kosztów ich utrzymania. Piękno, uczucie komfortu czy zdrowie trudno wartościować, tym bardziej wyrazić w formie monetarnej, chociaż takie próby są podejmowane. Jedną z nich jest metoda *willing to pay* określająca, jak dużo mieszkańcy gotowi są zapłacić za obecność pobliskich drzew.

Częstym i niepokojącym zjawiskiem jest znaczące osłabienie żywotności, a co za tym idzie spowolnienie tempa wzrostu drzew miejskich, szczególnie przy ulicach, w porównaniu do drzew rosnących na terenach otwartych (Szczepanowska, 2001). W śródmieściu Warszawy średnia długość życia drzewa nie przekracza 10 lat (Dmuhowski, Badurek, 2001). Podobnie, według raportów zagranicznych w centrach miast młode drzewa nie są w stanie przeżyć więcej niż 7–10 lat (Foster, Blaine, 1978). Zamieranie młodych drzew powoduje utratę okresu największych korzyści

świadczonych przez drzewa, które zachodzi w wieku 20–40 lat drzew. W tym okresie następuje największy rozwój korony i najmniejsze potrzeby nakładów na utrzymanie drzew, co wpływa na uzyskiwanie największych korzyści, a tym samym na wzrost efektywności usług na rzecz środowiska i społeczeństwa (Szczepanowska, Sitarski, 2015).

Zatem starsze drzewa przynoszą większe korzyści dla społeczeństwa niż małe sadzonki. Obecnie, zgodnie z ustawą o ochronie przyrody za jedno wycięte drzewo należy posadzić minimum jedno nowe. Usługi ekosystemowe i korzyści z małej sadzonki nie bilansują strat wyrządzonych po wycince starego, większego drzewa – według danych z literatury duże drzewa przyuliczne świadczą 6–10 razy większe usługi ekosystemowe niż drzewa małe (Szczepanowska, Sitarski, 2015).

Cechy takie, jak występujące gatunki, liczebność, rozmiary (biomasa), a także stan zdrowotny wpływają bezpośrednio na wielkość uzyskiwanych korzyści ekosystemowych. Im większa wartość strukturalna (odtworzeniowa) drzew w mieście, tym większa wartość usług ekosystemowych dla mieszkańców. Jak podano wyżej, do usług tych zaliczamy zarówno korzyści mierzalne (np. sekwestrację dwutlenku węgla, gromadzenie węgla, pochłanianie zanieczyszczeń, retencję wodną, oszczędności energetyczne), korzyści trudno mierzalne, niewymierne korzyści społeczne, jak i wartości estetyczne, zdrowotne, korzyści zwiększające poczucie komfortu życia itp.

Aby w naszym kraju rzeczywiście była zachowana zasada zrównoważonego rozwoju w kontekście gospodarowania miejskim drzewostanem, musi powstać kompleksowy instrument prawny określający precyzyjnie zasady kształtowania nasadzeń zastępczych (Łukasiewicz, 2013). Na świecie funkcjonują różne metody szacowania monetarnej wartości drzew na obszarach zurbanizowanych, jak również modele wyceny usług ekosystemowych/korzyści uzyskiwanych z obecności drzew, np. Citygreen, UFORE (Urban Forest Effects), modele i-Tree i wiele jego odmian, m.in. STRATUM (i-Tree Streets), i-Tree Eco, i-Tree Canopy, i-Tree Design, i-Tree Landscape i inne. W Polsce, w IGPIM, została podjęta próba zastosowania modelu i-Tree Eco dla oceny wielkości usług ekosystemowych na terenie Parku Praskiego w Warszawie.

Badaniem objęto drzewa przyuliczne rosnące na fragmencie silnie zurbanizowanej Pragi Północ, stanowiącej dzielnicę Warszawy. W ramach przeprowadzonych badań dokonano oceny zmian liczebności i stanu drzew przyulicznych, monitorowanych w latach 2011 i 2016 w obrębie ulic: al. Solidarności, ul. Targowa, al. Zieleniecka, ul. Zamoyskiego i ul. Jagiellońska.

Na pierwszym etapie pracy została wykonana analiza dostępnych materiałów inwentaryzacyjnych IGPiM z 2011 roku. Na podstawie tych danych przeprowadzono weryfikację stanu drzewostanu w lutym 2016 roku. Podczas inwentaryzacji brano pod uwagę dane dendrometryczne takie, jak: obwód pnia, szerokość korony, wysokość drzew. Stanowiło to podstawę oceny dokonanych zmian w zadrzewieniu w okresie pięcioletnim.

W metodzie wyceny usług ekosystemowych przyjęto podział na trzy grupy wielkości drzew według następującej zasady: drzewa małe – do 7 m wysokości; drzewa średnie – 8–15 m wysokości oraz duże powyżej 15 m wysokości (Szczepanowska, Sitarski, 2015). Zastosowana metoda stanowiła podstawę obliczenia hipotetycznych monetarnych wartości zaoszczędzonego poboru energii elektrycznej i gazu ziemnego na chłodzenie i ogrzewanie pomieszczeń uzyskiwanych dzięki klimatycznemu oddziaływaniu drzew, korzyści hydrologicznych spowodowanych ograniczaniem i spowolnieniem spływów wód opadowych, a także przeliczonych na wartości monetarne kilogramów pochłanianych i wychwytywanych zanieczyszczeń gazowych i pylistych dla każdej grupy wielkości drzew. Obliczono ponadto tzw. korzyści estetyczne i społeczne, nawiązując do metody *willing to pay*, zastosowanej w pracach IGPiM. Wskaźniki rocznych usług ekosystemowych (korzyści), odniesione do jednego średniego drzewa różnej wielkości, są przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1. Hipotetyczne roczne oszczędności energii elektrycznej i gazu ziemnego oraz korzyści estetyczne i społeczne, korzyści hydrologiczne i korzyści z wychwytywania zanieczyszczeń, podane w zł w odniesieniu do jednego drzewa przyulicznego w danej grupie wielkości

Wielkość drzewa	Energia elektryczna (zł)	Gaz ziemny (zł)	Korzyści estetyczne i inne korzyści społeczne (zł)	Korzyści hydrologiczne (zł)	Wychwytywanie zanieczyszczeń (zł)
drzewo duże	15	221	168	57	2,1
drzewo średnie	7	65	84	27	1,4
drzewo małe	3	33	32	9	0,6

Źródło: Szczepanowska, Sitarski 2015

W pracy wykazano również średnie wskaźniki hipotetycznych ilości kilogramów CO₂ pobranych z powietrza atmosferycznego (sekwestracja) oraz ilości zaoszczędzonej („unikanej”) emisji CO₂ w skali roku w odniesieniu do jednego dużego, średniego i małego drzewa rosnącego na terenie objętym opracowaniem (tab. 2).

Tabela 2. Hipotetyczne roczne ilości CO₂ (w kg) pobranego z powietrza atmosferycznego (sekwestracja) oraz zaoszczędzonego dzięki klimatycznemu oddziaływaniu drzew w odniesieniu do jednego drzewa różnej wielkości

Wielkość drzewa	Liczba kg CO ₂ /rok		
	Sekwestracja	Unikanie	Razem
drzewa duże	81	53	134
drzewa średnie	34	22	56
drzewa małe	7	9	16

Źródło: Szczepanowska, Sitarski 2015

Zastosowana metoda wyceny usług ekosystemowych dotyczyła tylko wybranych korzyści, które udało się kwantyfikować i wycenić monetarnie. Metoda jest pogładowa i służy ukazaniu roli i „pracy” drzew w środowisku zurbanizowanym. Jednakże nawet na tym etapie uzyskane wyniki mogą być wykorzystane do oceny strat i opracowania programu rozwoju i zarządzania zasobami drzew w miastach. Celem byłoby zwiększenie efektywności oddziaływania środowiska przyrodniczego na klimat lokalny i inne korzyści środowiskowe przy multidyscyplinarnej współpracy z innymi branżami w ramach strategicznych programów zrównoważonego rozwoju i planowania przestrzennego.

Wycena utraconych usług ekosystemowych na badanym terenie

Badania wykazały, że w okresie pięciu lat usunięto na badanym terenie 64 drzewa, co stanowi 21,33% całości zinwentaryzowanej populacji 300 drzew. W tym czasie posadzono 51 nowych drzew, czyli około 20% mniej niż drzew usuniętych. Wśród drzew usuwanych 26 drzew było wymienianych na nowe nasadzenia w miejscu ich lokalizacji. Pozostałe drzewa zostały posadzone w innych miejscach. Łącznie nowe nasadzenia

nie rekompensują liczby drzew usuniętych. Dane ilościowe tych zmian zawarte są w tabeli 3.

Tabela 3. Zestawienie ilościowe drzewostanu w latach 2011–2016 dla wybranego fragmenty Pragi Północ

Liczba drzew	Stan 2011	Stan 2016		
	ogólna liczba drzew badanych (szt.)	drzewa usunięte ogółem (szt.)	drzewa nowo posadzone ogółem (szt.)	w tym: drzewa wymienione na nowe nasadzenia – 26 szt, drzewa sadzone w innych miejscach – 25 szt.
suma	300	64	51	

Źródło: opracowanie własne

Wśród drzew wyciętych na terenie badanym znajdowały się drzewa w różnej wielkości, w tym drzewa dojrzałe i starzejące się. Natomiast nowe nasadzenia obejmują wyłącznie standardowy materiał szkółkarski.

Tabela 4. Zestawienie rocznych hipotetycznych korzyści (usług ekosystemowych) świadczonych przez drzewa usunięte na wybranym fragmencie Pragi Północ według inwentaryzacji drzew oraz wskaźników zawartych w tabeli 1

Wielkość drzewa	Liczba drzew (szt.)	Energia elektryczna (zł)	Gaz ziemny (zł)	Korzyści estetyczne i inne korzyści społeczne (zł)	Korzyści hydrologiczne (zł)	Wychwytywanie zanieczyszczeń (zł)	Suma usług ekosystemowych (zł)
drzewa duże	11	165,00	2431,00	1848,00	627,00	23,10	5094,10
drzewa średnie	19	133,00	1235,00	1596,00	513,00	26,60	3503,60
drzewa małe	34	102,00	1122,00	1088,00	306,00	20,40	2638,40
suma	64	400,00	4788,00	4532,00	1446,00	70,10	11236,10

Źródło: opracowanie własne

W nawiązaniu do uprzednio omawianych usług ekosystemowych drzew, przedmiotem analizy porównawczej były wyrażone w formie monetarnej rodzaje hipotetycznych rocznych korzyści takie, jak: wartość zaoszczędzonej energii elektrycznej i gazu ziemnego, korzyści este-

tyczne i społeczne, korzyści hydrologiczne, a także korzyści związane z wychwytywaniem zanieczyszczeń. W celu dokładniejszego wyliczenia zmian wynikających z usunięcia drzew przyulicznych i posadzenia nowych na badanym terenie porównano wartość pieniężną utraconych korzyści (usług ekosystemowych) na skutek wycięcia drzew, przy uwzględnieniu wynikającego z inwentaryzacji podziału na drzewa duże stanowiące wśród drzew usuwanych 17,2%, średnie – 29,7% oraz drzewa małe – 53,1%. (tab. 4). Natomiast wszystkie nowo posadzone drzewa to standardowe drzewa o wymiarach powszechnie sadzonych w Warszawie, które zakwalifikowano w tej fazie rozwoju do drzew małych. Monetarne wartości wyliczonych hipotetycznych rocznych usług ekosystemowych (korzyści), świadczonych przez usunięte drzewa, podane są w tabeli 4.

Jak wynika z powyższego zestawienia, największe hipotetyczne roczne korzyści monetarne były uzyskiwane z drzew dużych (463,1 zł/drzewo), natomiast z drzew średnich około 40% tej sumy (184,40 zł/drzewo), a z jednego drzewa małego tylko 77,40 zł/rok. Według przyjętych średnich wskaźników zastosowanych w niniejszej pracy drzewo duże świadczyło zatem średnie korzyści o ponad sześciokrotnie większej wartości niż drzewo małe, a drzewo średnie 2,4 razy więcej niż małe. Potwierdza to duże znaczenie nasadzeń drzew większych gatunków na terenach miast w miejscach, gdzie jest to możliwe.

W tabeli 5 przedstawiono korzyści świadczone przez drzewa nowo posadzone, stosując analogiczną systematykę usług ekosystemowych, jak wykazano w tabeli 4.

Tabela 5. Zestawienie hipotetycznych rocznych usług ekosystemowych wycenionych, świadczonych przez drzewa nowo posadzone na wybranym fragmencie Pragi Północ według przeprowadzonej inwentaryzacji drzew oraz wskaźników zawartych tabeli 1

Wielkość drzewa	Liczba drzew (szt.)	Energia elektryczna (zł)	Gaz ziemny (zł)	Korzyści estetyczne i inne korzyści społeczne (zł)	Korzyści hydrologiczne (zł)	Wychwytywanie zanieczyszczeń (zł)	Suma usług ekosystemowych (zł)
drzewa małe	51	153,00	1683,00	1632,00	459,00	30,60	3957,6

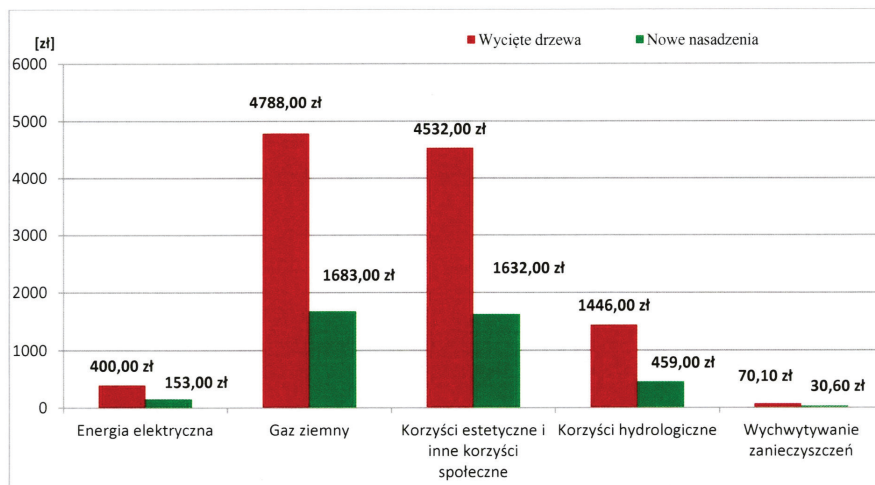
Źródło: opracowanie własne

W tabeli 6 zawarte są wyniki obliczenia różnic w wielkości usług ekosystemowych (korzyści) świadczonych przez drzewa przed i po przeprowadzeniu zmian (tj. po wymianie drzew usuniętych na drzewa nowo posadzone). Liczby zawarte w poniższej tabeli określają hipotetyczne roczne straty ekologiczne i społeczne, zaistniałe po przeprowadzeniu wymiany drzew na badanym terenie.

Tabela 6. Straty rocznych usług ekosystemowych (korzyści) wyrażonych w zł w wyniku usunięcia drzew i posadzenia nowych drzew w latach 2011–2016 na badanym terenie Pragi Północ

Wielkość drzewa	Liczba drzew (szt.)	Energia elektryczna (zł)	Gaz ziemny (zł)	Korzyści estetyczne i inne korzyści społeczne (zł)	Korzyści hydrologiczne (zł)	Wychwytywanie zanieczyszczeń (zł)	Suma usług ekosystemowych (zł)
wycięte drzewa	64	400,00	4788,00	4532,00	1446,00	70,10	11 236,10
nowe nasadzenia	51	153,00	1683,00	1632,00	459,00	30,60	3957,60
straty	13	247,00	3105,00	2900,00	987,00	39,50	7278,50

Źródło: opracowanie własne



Rycina 1. Zestawienie wartości usług ekosystemowych drzew usuniętych i wartości usług ekosystemowych generowanych przez drzewa nowo posadzone

Źródło: opracowanie własne

W celu lepszego zobrazowania różnic w poszczególnych rodzajach usług ekosystemowych (korzyści) generowanych przez drzewa usunięte oraz przez drzewa nowo posadzone wyniki obliczeń przedstawiono w formie graficznej (ryc.1).

Jak wynika z przedstawionych wyżej danych (tab. 6 i ryc. 1), największe monetarne straty stwierdzono w korzyściach z oszczędności gazu ziemnego, wynoszące 3105 zł. O ile przed wycinką drzew hipotetyczna roczna kwota korzyści wynosiła 4788 zł, o tyle po wymianie nasadzeń już tylko 1683 zł. Jest to uzasadnione małymi wymiarami nowo posadzonych standardowych drzew. Drzewa takiej wielkości, zanim zaadoptują się i zaczną rosnać, tylko w niewielkim stopniu efektywnie oddziałują na klimat lokalny, a więc na ograniczenie energii zużywanej na ochładzanie w lecie i izolację od wiatrów w zimie w sąsiednich budynkach. Drugą grupą jest obniżenie o 2900 zł korzyści estetycznych i społecznych.

Tabela 7. Hipotetyczne roczne ilości CO₂ pobranego z powietrza atmosferycznego (sekwestracja) oraz zaoszczędzonego przez obecność drzew według inwentaryzacji w roku 2011, które zostały usunięte na wybranym fragmencie Pragi Północ

Wielkość drzewa	Liczba drzew (szt.)	Liczba kg CO ₂ /rok		
		sekwestracja	unikanie	razem
drzewa duże	11	891	583	1474
drzewa średnie	19	646	418	1064
drzewa małe	34	238	306	544
suma	64	1775	1307	3082

Źródło: opracowanie własne

Hipotetyczne roczne ilości CO₂, sekwestrowanego i „zaoszczędzonego” przez nowo posadzone drzewa przedstawia tabela 8.

Tabela 8. Hipotetyczna roczne ilości CO₂ pobranego z powietrza atmosferycznego (sekwestracja) oraz „unikanego” w wyniku klimatycznego oddziaływania nowo posadzonych drzew

Wielkość drzewa	Liczba kg CO ₂ /rok			
	liczba drzew	sekwestracja	unikanie	razem
drzewa małe	51	357	459	816

Źródło: opracowanie własne

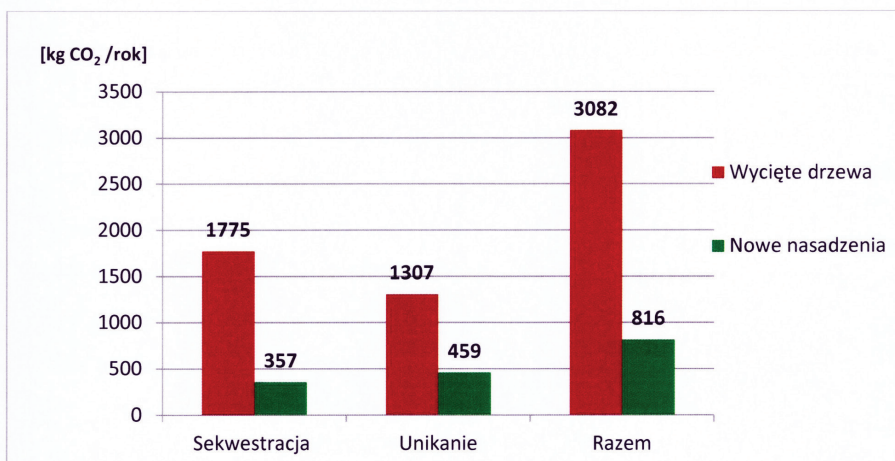
Podobnie jak w przypadku analizy porównawczej monetarnie oszacowanych korzyści ekosystemowych obliczono różnice w ilości ograniczania CO₂ w powietrzu atmosferycznym generowanych przez wycięte i nowo posadzone drzewa oraz straty zaistniałe w ograniczaniu dwutlenku węgla po wymianie drzew (tab. 9).

Tabela 9. Straty w zakresie ograniczania CO₂ w powietrzu atmosferycznym w wyniku wymiany istniejących drzew na nowe nasadzenia

Drzewa	Liczba drzew (szt.)	Liczba kg CO ₂ /rok		
		sekwestracja	unikanie	razem
wycięte drzewa	64	1775	1307	3082
nowe nasadzenia	51	357	459	816
straty	13	1418	848	2266

Źródło: opracowanie własne

Ilości sekwestrowanego i „unikanego” CO₂ w kg/rok w powietrzu atmosferycznym przed wycinką drzew oraz po ich usunięciu i wymianie na nowe nasadzenia drzew przedstawiono poniżej w formie graficznej (ryc. 2).



Rycina 2. Zestawienie zmian w ograniczaniu CO₂ w kg/rok w powietrzu atmosferycznym przez drzewa wycięte i nowe nasadzenia

Źródło: opracowanie własne

Według przeprowadzonych analiz 64 drzew przyulicznych monitorowanych w 2011 roku spowodowało ograniczenie zawartości CO₂ w powietrzu atmosferycznym w ilości około 3082 kg, przy czym 57,6% tej ilości było uzyskane przez bezpośrednią sekwestrację węgla, a 42,4% dzięki klimatycznemu oddziaływaniu drzew. W odniesieniu do jednego średniego drzewa stanowiło to ograniczenia CO₂ w powietrzu atmosferycznym w ilości 48,2 kg /CO₂/rok. Po wycięciu drzew i posadzeniu nowych ilość usuwanego dwutlenku węgla przez jedno średnie drzewo zmniejszyła się do 16 kg/rok, czyli do 26% poprzedniej ilości. Jak wynika z przeprowadzonych analiz, których wyniki zostały podane w powyższych tabelach oraz na rycinach 1 i 2, nowe nasadzenia nie rekompensują monetarnych i ilościowych (redukcja CO₂ w powietrzu atmosferycznym) korzyści dla środowiska i społeczeństwa utraconych w wyniku wycinki drzew (tab. 10).

Tabela 10. Sumaryczne wartości monetarne strat wynikające z rocznych korzyści ekosystemowych świadczących przez drzewa na wybranym fragmencie Pragi Północ

Roczne usługi ekosystemowe „straty” (zł)	Roczna ilość CO ₂ pobranego z powietrza atmosferycznego (kg CO ₂ /rok)
7278,5	2266

Źródło: opracowanie własne

W każdej analizowanej grupie wartość odtworzeniowa drzew nie bilansuje się z korzyściami, jakie pełnią dla środowiska. Występują duże straty w środowisku: energia elektryczna – 61,75%, gaz ziemny – 64,85%, korzyści estetyczne – 63,98%, korzyści hydrologiczne – 68,26%, wychwytywanie zanieczyszczeń – 56,34% (ryc. 1).

W wyniku podsumowania wszystkich rodzajów rocznych strat uzyskano łączną wartość tzw. strat „netto” w wysokości 7278,5 zł (tab. 10). Największe straty stwierdzono w oszczędnościach gazu ziemnego – 3105 zł oraz wartościach estetycznych i społecznych – 2900 zł (tab. 6). Należy podkreślić, że wycena wartości estetycznych i społecznych usług świadczonych przez drzewa miejskie jest najtrudniejsza do oszacowania w formie pieniężnej.

Wnioski

Nowe nasadzenia nie rekompensują strat za wycięte drzewa. Z badanego terenu zostały usunięte stare, dojrzałe drzewa, a w zamian posadzono młode sadzonki, które nie przynoszą równoważnych korzyści dla społeczeństwa tak jak duże drzewa. Największe straty spowodowała konieczność użycia większej ilości gazu ziemnego oraz utracone korzyści estetyczne i społeczne, a także zmniejszona sekwestracja dwutlenku węgla.

Wymiana starych drzew na nowe nasadzenia jest procesem niezbędnym dla prawidłowej gospodarki zadrzewieniem miast. Należy zdawać sobie sprawę, jak wielkie straty występują w okresie zmniejszonych korzyści generowanych przez nowo posadzone standardowe sadzonki. Przedstawienie tych różnic wskazuje na konieczność sporządzania wieloletnich strategicznych planów sukcesywnej wymiany starych, schorowanych drzew na nowe nasadzenia wraz z systematycznym monitorowaniem stanu i rozwoju nowych zadrzewień.

Wielkość usług generowanych przez młode nasadzenia będzie się zwiększać w miarę ich wzrostu, a zatem z czasem nastąpi wyrównywanie strat. Wymaga to jednak prawidłowej pielęgnacji drzew w celu zmniejszenia wypadków w okresie adaptacji nowych nasadzeń oraz zastosowania systemu zarządzania monitorującego stan i rozwój zadrzewień miejskich dla uzyskania optymalnych usług ekosystemowych generowanych przez drzewa.

Na terenach zurbanizowanych oszacowanie wartości drzew oraz ilościowa i monetarna wycena usług ekosystemowych stanowią narzędzia mające podstawowe znaczenie dla gospodarki drzewostanem. Brak wiedzy o wartości, cenności drzew powoduje brak motywacji do inwestowania w ich utrzymanie. Brak inwestowania w utrzymanie drzewostanu powoduje pogorszenie kondycji i funkcjonalności drzew. Postrzeganie drzewa jako problem – staje się one uciążliwe zamiast traktować je jako dobro ogólnodostępne. Dlatego też często się je usuwa, a rzadziej sadi nowe.

Należy preferować sadzonki o możliwie największym rozmiarze. Duże drzewa mają większe szanse adaptacji w nowym miejscu oraz pełnione przez nie usługi ekosystemowe są lepsze (większe) dla społeczeństwa. Przy obecnej intensywności rozwoju miast drzewa są usuwane z powodu nowych inwestycji. Na terenach zurbanizowanych brakuje miejsc do nasadzeń. W miejscach, gdzie nie jest możliwe odtworzenie nasadzeń, w celu częściowej rekompensaty można sadzić krzewy i pnącza.

Powinny zostać opracowane plany zagospodarowania zielenią dla całych ulic, dzielnic, które uwzględnią rozmiary, względy estetyczne, zabezpieczenia, pielęgnacje, a przede wszystkim techniczne uwarunkowania sadzenia drzew. Analiza drzewa jako pojedynczej jednostki nie jest wystarczająca. Badania powinny obejmować drzewostan miejski jako układ, który musi współistnieć z otaczającą go infrastrukturą i być ujęty w perspektywicznych planach przestrzennych zrównoważonego rozwoju.

Bibliografia

- Bolund P., Hunhammar S., 1999, *Ecosystem services in urban areas*, „Ecological Economics”, s. 293–301
- Currie A.B., Bass B., 2008, *Estimates of air pollution mitigation with green plants and green roofs using the UFORE model*, „Urban Ecosystem” 11, s. 409–422
- Dmuchowski W., Badurek M., 2001, *Stan zieleni przyulicznej w Warszawie na podstawie wieloletnich obserwacji I doświadczeń Ogrodu Botanicznego*, [w:] *Zieleń Warszawy. Problemy i nadzieje*, materiały z Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej
- EEA, 2014a, *Air Quality in Europe*, Retrieved April 21st, 2016 from <http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2014> [dostęp: 31.07.2018]
- Escobedo F., Kroeger T., Wagner J., 2011, *Urban forests and pollution mitigation: analyzing ecosystem services and disservices*, „Environmental Pollution” 159, s. 2078–2087.
- Foster R., Blaine J., 1978, *Urban trees survival: trees in the side-walk*, „Journal of Arboriculture”
- Jerzmański J., 2011, *Nasadzenia zastępcze — granice swobody organu*, „Przegląd Komunalny” 5
- Łukasiewicz J., 2013, *Nasadzenia zastępcze drzew w miastach — główne problemy z decyzjami administracyjnymi*, Wydawnictwo SGGW
- Nowak D.J., 2000, *Tree species selection, design, and management to improve air quality*, [w:] D.L. Scheu (red.), 2000, *ALSA Annual Meeting Proceedings*, American Society of Landscape Architects.
- Nowak D.J., Crane D.E., Stevens J.C., 2006, *Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States*, „Urban Forestry & Urban Greening” 4, s. 115–123
- Owen S.M., Mackenzie A.R., Stewart H., Donovan R., Hewitt C.N., 2003, *Biogenic volatile organic compound (VOC) emission estimates from an urban tree canopy*, „Ecological Applications” 13, s. 927–938
- Szczepanowska H.B., 2001, *Drzewa w mieście*, Horrapress, Warszawa
- Szczepanowska H.B., 2007, *Ekologiczne, społeczne i ekonomiczne korzyści z drzew na terenach zurbanizowanych*, „Człowiek i Środowisko” 31(3–4) 2007, s. 5–26

Szczepanowska H.B., Sitarski M., 2015, *Drzewa Zielony Kapitał Miast*, IGPiM, Warszawa

Ustawa o ochronie przyrody z dnia 16 kwietnia 2004 roku, Dz. U. z 2015 poz. 1651
Zielona infrastruktura – naturalny kapitał Europy, Komunikat Komisji Europejskiej do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiego Komitetu Ekonomicznego i Komitetu Regionów, Bruksela z dnia 6 maja 2013 roku (COM 249 final).

Adresy Autorów:

dr inż. Marzena Suchocka

marzena.suchocka@interia.pl

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Katedra Architektury Krajobrazu

ul. Nowoursynowska 159, 02 –776 Warszawa

mgr inż. Agnieszka Kosiba

kosiba.ag@gmail.com

Institut Gospodarki Przestrzennej i Mieszkalnictwa w Warszawie

ul. Targowa 45, 03–728 Warszawa

What are the ecosystem services provided by the street trees? Analysis on the example of selected streets in Warsaw

Abstract

Urban trees have decidedly a positive impact on people's lives. They satisfy diverse needs of local residents: psychological, aesthetic and spiritual ones, among others. Urban greenery creates a healthier, more comfortable environment. Such qualities make trees to be of a great value to society. Though trees are considered to have no monetary value. Indeed, the value of tree ecosystem services is difficult to estimate compared to the economic value of material goods. When planning an investment or city development concept a decision is generally made on a base of economic calculation. The article presents the results of the research, carried out from 2011 to 2016, on the lost value of ecosystem services due to the removal of street trees on a selected area of highly urbanized Warsaw district. The research also covered the difference between the value of mature trees and new plantings. The calculations were made on the basis of the urban forest valuation of ecosystem services method, developed by the Institute of Spatial Management and Housing in Warsaw. The method has succeeded in determining the economic value of ecosystem services and their benefits for people.

