

*Człowiek i Środowisko*  
31 (3-4) 2007, s. 5-26

**Halina B. Szczepanowska**

## **EKOLOGICZNE, SPOŁECZNE I EKONOMICZNE KORZYŚCI Z DRZEW NA TERENACH ZURBANIZOWANYCH**

### ABSTRAKT

Na przykładzie wyników badań prowadzonych w USA i w krajach europejskich omówione są korzyści uzyskiwane z obecności drzew rosnących w strukturach miejskich, ze szczególnym podkreśleniem korzyści, które udało się przedstawić w formie pieniężnej. Są to: ograniczanie zanieczyszczeń powietrza, sekwestracja dwutlenku węgla, łagodzenie ekstremów temperatury i związane z tym oszczędności energii w gospodarstwach domowych oraz redukcja spływu wód burzowych, a także korzyści ekologiczne wyrażające się tworzeniem środowiska dla dzikiej przyrody. Przedstawione są korzyści społeczne w zakresie oddziaływania drzew na fizyczne, psychiczne i duchowe odczucia ludności, a także na zmniejszanie przestępczości. Wykazane są również bezpośrednie korzyści ekonomiczne dotyczące wzrostu cen sprzedażnych działek zadrzewionych i z urządzonym krajobrazem w stosunku do posesji bezdrzewnych.

Drzewa należą do trwałych nasadzeń roślinnych kształtujących krajobraz w ciągu wieków. Nadają one cech tożsamości i unikalnego charakteru określonym miejscom. Są dominującymi elementami przestrzennymi zarówno pod względem wizualnym, jak też w zakresie oddziaływania klimatycznego i oczyszczającego środowisko. Wpływają na podnoszenie walorów architektury i tworzenie ładu przestrzennego, chronią uprawy, maskują nieatrakcyjne miejsca, stwarzają warunki prywatności i komfortu. Na wielkie, atrakcyjne drzewa czeka się przez pokolenia, a strata ich w niektórych miejscach jest nieodwracalna.

Jednym ze wskaźników stanu zdrowia miejskich ekosystemów jest procentowy udział pokrycia koronami drzew w strukturze miast. Wg Molla (1987), średnie pokrycie koronami drzew badanych miast amerykańskich wynosi niewiele ponad 30% i dąży się do podwojenia tej liczby. Zaobserwowano ogólne zróżnicowanie tego pokrycia: od około 15% w centrum miast, 25% w otoczeniu ciągów komunikacyjnych – do 50% i więcej na terenach osiedlowych, zwłaszcza peryferyjnych. Ekosystem ten powinien obejmować mieszaninę różnych gatunków drzew, wielkości i wieku, przy zapewnieniu wystarczającej ilości podłoża glebowego i właściwej pielęgnacji.

Drzewa na terenach zurbanizowanych dostarczają lokalnej społeczności szeregu korzyści, których wartość może być kwantyfikowana i wyceniona w formie pieniężnej. Wycena wartości drzew, ujmująca zarówno korzyści, jak i koszty utrzymania drzew, ma fundamentalne znaczenie dla gospodarki drzewostanem na terenach zurbanizowanych. Jak twierdzi McPherson (2007), brak takich informacji powoduje, iż zarządy miast mają na ogół niewielkie motywacje do inwestowania w prawidłową pielęgnację i rozwój zasobów drzew. Z kolei niedostatek nakładów na utrzymanie drzew powoduje pogarszanie ich kondycji i funkcjonalności. Wpływa to na wzrost liczby zamierających i usuwanych drzew, co stwarza problemy i postrzeganie drzew przez administratorów miast raczej jako uciążliwość niż majątek. W związku z tym w wielu przypadkach usunięte drzewa nie są uzupełniane, co zmniejsza pokrycie koronami drzew terenów miejskich oraz pogorszenie stanu środowiska, a tym samym stanu zdrowia społeczności miast.

Powszechnie przyjęta strategia zrównoważonego rozwoju terenów zurbanizowanych wymaga zahamowania tego negatywnego trendu. W wielu krajach, zarówno europejskich, jak i pozaeuropejskich, prowadzone są badania zmierzające do takiego wykorzystania środowiska przyrodniczego, aby zbudować miasta czyste i zdrowe, a równocześnie bardziej efektywne pod względem wydatkowanych nakładów. Chodzi zwłaszcza o świadome użycie korzyści uzyskiwanych z „pracy” szaty roślinnej, zwłaszcza drzew, dla obniżania kosztów utrzymania miast, szczególnie w zakresie zmniejszenia zanieczyszczeń powietrza, zaoszczędzenia energii oraz ograniczenia spływu wód opadowych, przy równoczesnym podnoszeniu walorów estetycznych i zwiększaniu jakości środowiska.

Mimo że dotychczas udało się skwantyfikować i określić w formie pieniężnej tylko część korzyści uzyskiwanych dzięki obecności drzew, wyniki są na tyle obiecujące, że powinny być szeroko propagowane i wdrażane do strategii rozwojowej miast. Okazało się bowiem, że w każdym przypadku

obliczania relacji korzyści z drzew (nawet tylko częściowych) i kosztów ich sadzenia oraz utrzymania, korzyści przewyższają koszty od dwóch do czterech razy, a w przypadku szczególnie „efektywnych” gatunków drzew ulicznych, za jakie uznano w badanych miastach USA platany i miłorzęby, korzyści przewyższały osiem, a nawet 24 razy koszty ponoszone na utrzymanie tych drzew. Znane są przypadki, gdy przedstawienie zarządom miast wyników tych obliczeń przyczyniło się do „uratowania” środków finansowych na rozwój zadrzewień, które były zagrożone, w związku z innymi potrzebami miasta (McPherson, 2003).

Monetarne oszacowanie korzyści z drzew ma bardzo duże znaczenie edukacyjne. Świadomość wartości drzew wpływa na stymulowanie inicjatyw społecznych w zakresie poprawy jakości środowiska i estetyki otoczenia. Spróbujmy zatem przyjrzeć się korzyściom uzyskiwanym dzięki obecności drzew, zwłaszcza tym, z których część udało się na podstawie dotychczasowych badań przedstawić w formie pieniężnej. Mimo że korzyści z obecności drzew składają się z licznych, wzajemnie powiązanych i trudnych do wyodrębnienia czynników (tzw. *system effects*), na potrzeby niniejszej pracy pogrupowano je w sposób uproszczony jako:

- korzyści higieniczno-zdrowotne (ograniczanie zanieczyszczeń i poprawa jakości powietrza)
- korzyści klimatyczne i oszczędność energii (wiązaną węglą i ograniczanie emisji dwutlenku węgla)
- korzyści hydrologiczne (m.in. redukcja spływu wód burzowych oraz detoksykacja wód podziemnych)
- ograniczanie hałasu
- korzyści ekosystemowe (tworzenie środowiska dla dzikiej przyrody)
- korzyści społeczne i ekonomiczne (fizyczne, psychiczne i duchowe oddziaływanie środowiska przyrodniczego, zwłaszcza drzew na odczucia ludności, co wyraża się wzrostem cen sprzedaży i wynajmu domów w otoczeniu drzew i terenów zieleni).

## **Korzyści higieniczno-zdrowotne**

„Praca” drzew, której wynikiem są korzyści w zakresie lepszej jakości powietrza, jest dokonywana przez: absorpcję zanieczyszczeń gazowych z powietrza (jak ozon, tlenki azotu i tlenki węgla, dwutlenki siarki i inne); przechwytywanie zanieczyszczeń pyłowych (m.in. metali ciężkich); zwalnianie tlenu i pochłanianie dwutlenku węgla (poprzez fotosyntezę), a także

regulacja temperatury przez transpirację wody i ocienianie powierzchni chodników i budynków.






Tempo i ilość usuwanych zanieczyszczeń powietrza przez drzewa zależy od sumy listowia, wielkości oraz „szorstkości” liści i gałęzi, liczby i stanu przetchlinek, warunków klimatycznych i meteorologicznych oraz koncentracji zanieczyszczeń. W miejscach o silnie zanieczyszczonym powietrzu drzewa mogą usunąć nawet cztery razy więcej zanieczyszczeń niż tam, gdzie powietrze jest czystsze. Ważne zatem jest wprowadzanie drzew do najbardziej zanieczyszczonych terenów miejskich. Efektywność usuwania zanieczyszczeń z powietrza jest proporcjonalna do powierzchni liści. Duże drzewa usuwają 60-70 razy więcej zanieczyszczeń niż drzewa małe. Na uwagę zasługują wyniki badań z Chicago dotyczące nie tylko ilościowego, ale również wartościowego oszacowania usuwanych zanieczyszczeń. Stwierdzono, iż drzewa znajdujące się w tym mieście i na terenach okolicznych usunęły z powietrza 5575 ton różnego rodzaju zanieczyszczeń w ciągu tylko jednego roku. Wartość tej oczyszczającej pracy drzew została oceniona na kwotę 9,2 milionów dolarów (Nowak i in., 1994). Szczegółowe obliczenia skali redukcji zanieczyszczeń powietrza przez drzewa są wykorzystywane do planowania nasadzeń dla poprawy jakości powietrza. Np. sosny w Los Angeles zostały specjalnie zaprojektowane dla usunięcia w tym mieście średnio około 8% ozonu z powietrza atmosferycznego i zmniejszenia jego koncentracji o 40% w bezpośrednim otoczeniu posadzonych drzew.

Poza problemem ograniczania zanieczyszczeń nie można pominąć roli drzew w zakresie odświeżania powietrza, którym oddychamy, dzięki zwalnianiu tlenu jako dodatkowego produktu fotosyntezy. Roczna produkcja tlenu netto różni się w zależności od gatunku, wielkości, kondycji i lokalizacji drzewa. Wg McPhersona (2004), zdrowe, 10-metrowe, wysokie drzewo produkuje średnio około 118 kg tlenu rocznie. Przeciętny człowiek konsumuje netto 176 kg tlenu w ciągu roku. Zatem dwa średniej wielkości, zdrowe drzewa mogą dostarczyć tlenu potrzebnego jednej osobie.

Obecnie coraz częściej zaczyna się dostrzegać istnienie bezpośrednich związków między intensywnością zabudowy, zanieczyszczeniami i powstawaniem wysp ciepła w pozbawionych zieleni centralnych częściach miast. Wybetonowane ulice i parkingi, pokrywające znaczne powierzchnie miast, oddziałują jako małe wyspy ciepła zwiększając emisję zanieczyszczeń nie tylko z jadących, ale i zaparkowanych samochodów. To ostatnie jest również ważne, bowiem obliczono, iż parkowane samochody emitują od 15 do 20% ogólnej emisji zanieczyszczeń powodowanych przez pojazdy.

Drzewa przez zacienianie koronami zapakowanych samochodów wpływają na obniżanie temperatury nawierzchni i zapakowanych samochodów częściowo redukują ilość wyparowujących węglowodorów, wyciekających ze zbiorników paliwa i przewodów (Scott i in., 1999).

Obniżanie zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego przez drzewa, a zwłaszcza zmniejszanie zawartości dwutlenku węgla w atmosferze jest bardzo ważne, ponieważ CO<sub>2</sub> jako jeden z tzw. gazów cieplarnianych jest głównym winowajcą systematycznego ocieplania się temperatury w skali globalnej (rys.1).

Dwutlenek węgla	50%	
Metan	20%	
Węglowodory	15%	
Tlenki azotu	10%	
Przyziemny ozon	5%	

Rys. 1. Udział poszczególnych gazów w tworzeniu globalnego ocieplenia

## Korzyści klimatyczne i oszczędność energii

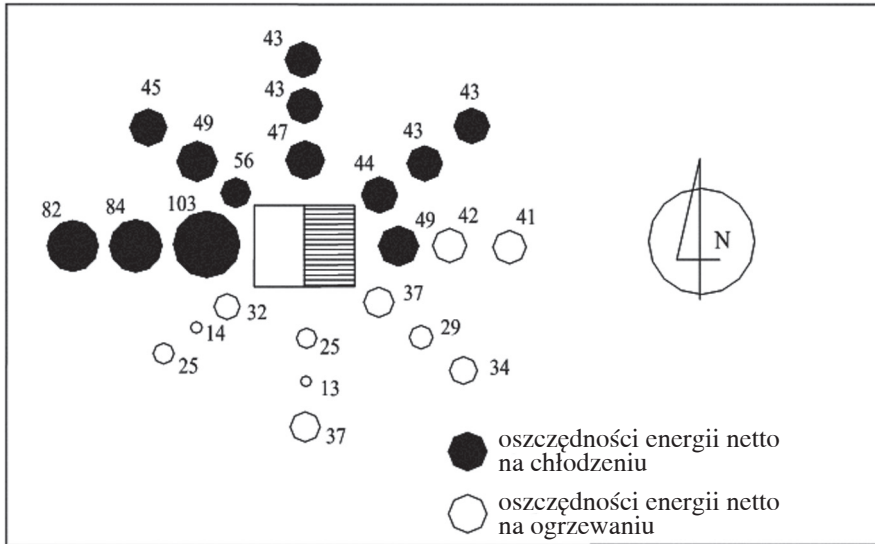
Wzrost ekstremów globalnej temperatury stanowi poważny problem ekonomiczny w skali światowej, np. chłodzenie za pomocą urządzeń technicznych zagęszczonych centrów miast tzw. „*heat islands*” kosztuje rocznie np. USA ponad 1 miliard dolarów (Akbari i in., 1992). W związku z tym poszukuje się metod ograniczania tych wydatków, m.in. również przez zwiększanie powierzchni zadrzewionych. Przykładem takich działań może być Atlanta, gdzie przez zwiększenia obszarów pokrytych szatą roślinną i posadzenie ponad 5 tys. większych drzew (o średnicy pnia 30 cm) oraz 60 tys. młodszych drzew (o średnicy pnia 7 cm) zmniejszono o 1/3 zasięg wysp ciepła, co przełożyło się na wyraźne efekty ekonomiczne oszczędności energii zużywanej na ochładzanie pomieszczeń (Dawe, 1996).

Stosując różne metody, starano się określić wartość oddziaływania drzew na środowisko miejskie, to jest przedstawić w jednostkach pieniężnych ekonomiczne korzyści uzyskane z „pracy” drzew, których wpływ na

regulację temperatury jest ewidentny. Okazało się, że redukcja jednej kilowatogodziny energii elektrycznej podczas szczytowego jej zapotrzebowania do chłodzenia, uzyskana dzięki sadzeniu i pielęgnowaniu drzew, kosztuje tylko jeden cent (USA), dwa centy, gdy obniżenie to wynika z usprawnień urządzeń technicznych, a dziesięciokrotnie więcej, gdy taka redukcja jest uzyskiwana przez zwiększenie efektywności sieci elektrycznych. Podobnie, zmniejszenie o jeden funt emisji dwutlenku węgla dzięki procesom asymilacji drzew kosztuje 0,3 do 1,3 centa (sadzenie i pielęgnacja drzew), zmniejszenie uzyskane przez poprawę urządzeń technicznych kosztuje 2,5 centa, a przez wprowadzenie bardziej sprawnych samochodów kosztowałoby 10 centów (Akbari i in., 1988). Oczywiście jest, iż najbardziej skuteczną metodą jest ograniczanie emisji bezpośrednio u źródła jej powstawania, jednakże rola drzew w tym zakresie jest również bardzo istotna.

Studia przeprowadzone przez naukowców i zakłady energetyczne wykazały, że nawet przy uwzględnieniu kosztów sadzenia, nawadniania i utrzymania drzew, sadzenie drzew okazuje się bardziej efektywne dla oszczędności energii i emisji dwutlenku węgla, niż wiele innych sposobów prowadzących do takich oszczędności (Dwyer i in., 1992). Na przykładzie badań prowadzonych na terenie Chicago stwierdzono, że właściwie posadzone drzewa mogą wpłynąć na zaoszczędzenie energii gospodarstw domowych w wysokości około 50 do 100 dol. rocznie w związku z redukcją kosztów ogrzewania i ochładzania budynków uzyskanych dzięki zacienianiu powodującemu obniżanie letnich ekstremów temperatury i redukcji szybkości wiatru w zimie (McPherson, 1994). Podobne wyniki uzyskano w innych miastach USA, przy czym średnio 75% wymienionej sumy stanowiły oszczędności dzięki zmniejszeniu potrzeby ochładzania i około 25% w wyniku redukcji ogrzewania (McPherson i in., 1993). Na rysunku 2 przedstawiono zróżnicowanie tych oszczędności w zależności od lokalizacji drzewa przy budynku jednorodzinym, na przykładzie Detroit (Simpson i in. 2001). Obliczono również, na podstawie symulacji komputerowej, że przez posadzenie 1000 milionów dojrzałych drzew w miastach USA (trzy drzewa na każdy pojedynczy dom jednorodzinny) można by zredukować w skali kraju roczne zapotrzebowanie energii o 30 bilionów kWh, oszczędzając łącznie około 2 miliardy dolarów. Oszczędnościami towarzyszącymi byłoby również uniknięcie inwestycji nowych elektrowni, z których wyemitowano by 9 ml ton węgla do atmosfery (Dwyer i in., 1992).

Drzewa w procesie fotosyntezy zużywają tylko niewielką część energii pozyskanej z promieniowania słonecznego. Znacznie większą ilość energii słonecznej, około 70-90%, wykorzystują podczas procesu transpiracji (tj. wy-

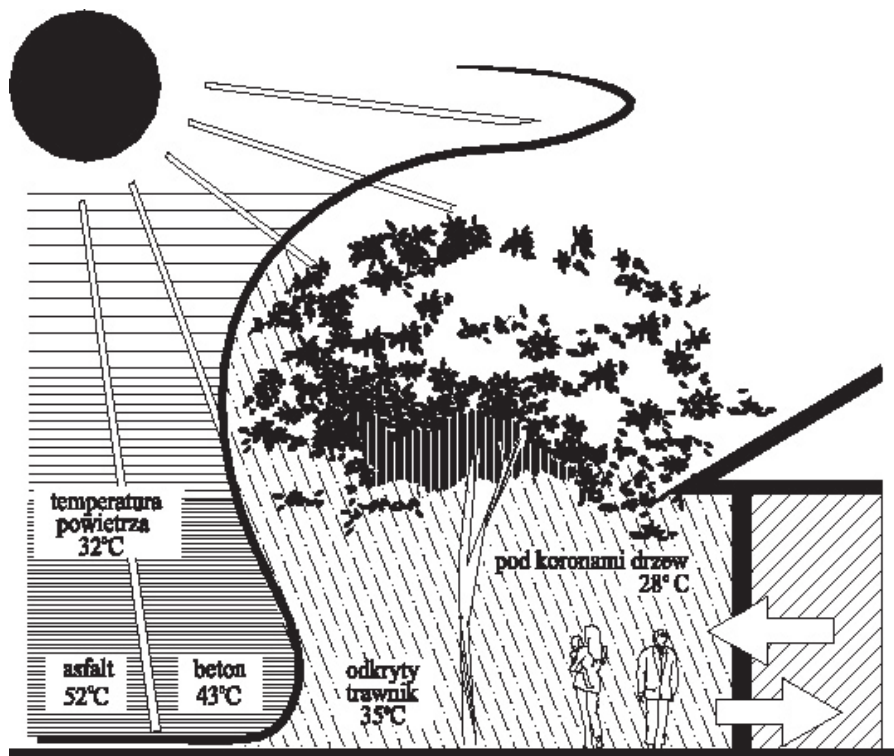


Rys. 2. Oszczędności na ogrzewaniu i chłodzeniu (w dol./rok) przez średnie drzewo liściaste wys. ok. 12 m, różnie zlokalizowane w relacji do budynku jednorodzinnego – na przykładzie Detroit, USA (wg Simpsona i in., 2001)

parowywanie wody przez liście). Wynikiem tego procesu jest ochładzające działanie drzew w związku z wchłanianiem energii słonecznej przez koronę, gdzie odbywa się proces transpiracji. Z każdym gramem wyparowanej wody unosi się do atmosfery około 580 kalorii ciepła. Ażeby uświadomić sobie, jak duży jest ochładzający efekt jednego drzewa, trzeba wiedzieć, że np. duży klon srebrzysty może w gorące, letnie popołudnie wyparować ponad 265 litrów wody w ciągu godziny. W USA wykazano, iż efektem transpiracji jednego dużego drzewa może być takie działanie chłodzące, które można by przyrównać do wydajności pięciu przeciętnej wielkości klimatyzatorów pracujących około 20 godzin na dobę (Leonard, 1972).

Przykładem chłodzącego oddziaływania kompleksu drzew mogą być dane z Nowego Jorku, gdzie w sierpniu w 1985 roku służby meteorologiczne w Parku Centralnym zanotowały temperaturę powietrza 30°C, podczas gdy na sąsiedniej ulicy powietrze było nagrzane aż do 42,2°C. (Whitlow i in., 1987). Wpływ roślinności, zwłaszcza zacieniającej roli drzew, jest bardziej jeszcze widoczny przy porównaniu różnego rodzaju pokrycia powierzchni. Simonds (1978) podaje, że przy temperaturze powietrza 32°C wystawiona na słońce nawierzchnia asfaltowa była nagrzana do 52°C, a pokryta betonem do 43°C. Przy takim nagrzaniu powietrza temperatura powierzchni sąsiadującego odkrytego trawnika wynosiła 35°C,

a pod koronami pobliskich drzew, gdy otaczająca niska roślinność była dobrze nawodniona, zanotowano już tylko 28°C (rys.3). Podobne wyniki uzyskano w Warszawie, gdzie różnice między temperaturą nawierzchni asfaltowej a terenami zadrzewionymi wyniosły w letni i słoneczny dzień prawie 20°C (Bednarek, 1984).



Rys. 3. Wpływ drzew na regulację temperatury

Studia przeprowadzone w Chicago wskazują na duże klimatyczne znaczenie drzew rosnących wzdłuż ulic. Drzewa uliczne, stanowiące tylko 10% w stosunku do wszystkich drzew rosnących w tym mieście, mają aż 24% udziału w powierzchni ocieniającej drogi i budynki, gdyż ich korony w większości znajdują się ponad nawierzchniami asfaltowymi lub betonowymi. Drzewa te wyraźnie zatem kształtują mikroklimat terenów miejskich oraz oddziałują na ograniczenie zużyciu energii okolicznych domów, a w skali globalnej, podobnie jak inna roślinność, przeciwdziałają procesowi ocieplania się atmosfery.



## **Korzyści z ograniczania gazów cieplarnianych**

Działalność ludzi, zwłaszcza spalanie węgla, dodają gazów cieplarnianych do atmosfery, co powoduje stopniowy wzrost temperatury. Wiek XX był najgorętszy w ostatnim tysiącleciu i miał dziewięć najgorętszych lat zanotowanych od 1987 roku. Jak się przypuszcza, średnia globalna temperatura będzie prawdopodobnie dalej wzrastać (McPherson, 2004).

Jak wiadomo, drzewa gromadzą w swojej masie dwutlenek węgla stanowiący podstawowy gaz cieplarniany (Nowak i Crane, 2002), przy czym warto zaznaczyć, że współcześnie zaczyna się pojawiać prywatny rynek wyspecjalizowany w różnych metodach redukcji emisji dwutlenku węgla (McHale, 2003). Wg danych z 1999 r. (McPherson i in.), kredyt węglowy był wówczas sprzedawany w USA od 11 do 20\$ za tonę metryczną, podczas gdy koszt sadzenia drzew np. w Arizonie, posadzonych m.in. w celu sekwestracji węgla, wyniósłby 19\$ za tonę. W miarę, jak potrzeba redukcji węgla w atmosferze stanie się obligatoryjna i ceny (opłaty) będą wzrastać, rynek kredytów węglowych będzie mógł stać się pieniężnym źródłem dla programów zadrzewienia gmin.

Drzewa redukują atmosferyczny dwutlenek węgla zarówno przez bezpośrednią sekwestrację w formie biomasy (liściastej i zdrewniałej) podczas ich wzrostu oraz przez opisane wyżej zmniejszanie zapotrzebowania energii na cele ogrzewania i chłodzenia budynków, co powoduje mniejszą produkcję, a tym samym mniejszą emisję dwutlenku węgla i innych zanieczyszczeń z zakładów energetycznych. Wpływa to również na znaczne zmniejszenie zużycia uzdatnionej wody w tych zakładach.

Z drugiej jednak strony procesy sadzenia, utrzymania i usuwania drzew wymagają użycia różnego rodzaju pojazdów, pił elektrycznych i innych narzędzi, co powoduje m.in. wytwarzanie dwutlenku węgla emitowanego do atmosfery. Ponadto drzewa zamierają i większość dwutlenku węgla, która jest akumulowana w zdrewniałej biomasy, jest uwalniana poprzez rozkład czy spalanie. W związku z tym zbadano, jak duże są te zanieczyszczenia. Okazało się, że ilość dwutlenku węgla uwalnianego podczas procesów sadzenia, utrzymania drzew i innych niezbędnych czynności stanowi 2 do 8% rocznej redukcji uzyskanej przez sekwestrację węgla przez drzewa i unikanie emisji z zakładów energetycznych (McPherson i Simpson, 2003).

Zbadano, iż jedno duże drzewo, o średnicy pnia powyżej 77 cm, zgromadziło w ciągu swojego życia średnio 3186 kg węgla, podczas gdy drzewo o średnicy pnia 31-46 cm średnio tylko 399 kg, a drzewo o śred-

nicy pni 7 cm tylko około 3 kg (McPherson, 1998). Podane wyniki badań potwierdzają istotne znaczenie dużych drzew w miastach.

Ilości pobieranego dwutlenku węgla zależą od intensywności zadrzewienia. Na przykład gdy w lasach drzewa pobierały średnio 18 ton węgla/ha, na terenach mieszkaniowych już tylko 54% tej ilości. Podobnie, pobieranie węgla w lesie było 3-krotnie większe niż na w parkach (Nowak, 1994).

Obszerne studia dotyczące redukcji atmosferycznego dwutlenku węgla przez zadrzewienia miejskie przeprowadzono w Sacramento (Kalifornia) na 6 milionach drzew, które usunęły około 335 tysięcy ton atmosferycznego dwutlenku węgla rocznie o sugerowanej wartości \$3,3 milionów (McPherson, 1998). Z ogólnej sumy usuwanego dwutlenku węgla 76% było sekwestrowanych (średnio 77-95 funtów na drzewo) i 25% zaoszczędzonych w wyniku unikania emisji z zakładów energetycznych. Oszczędności te mogłyby być znacznie zwiększone przez strategiczne planowanie i długoterminowe zarządzanie, które zwiększyłyby przyszłe oszczędności energii uzyskane dzięki planowemu sadzeniu drzew.

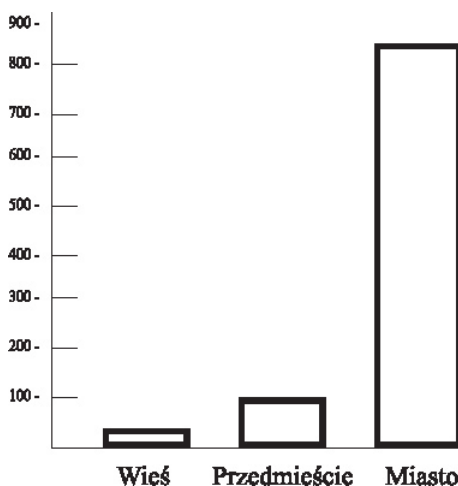
## Korzyści hydrologiczne

Szczególnie istotna jest rola drzew i innej roślinności dla gospodarki wodnej na terenach zurbanizowanych. Ze względu na ich „pracę”, drzewa są nazywane nawet „*mini-rezerwuarami kontrolującymi spływy wody w ich źródle*” (McPherson, 2004). Powierzchnia liści i gałęzi drzew pochłania i gromadzi, a przez to redukuje i powstrzymując szczytowe spływy wód opadowych. Korzenie drzew, rosnąc i rozkładając się, zwiększają pojemność i tempo infiltracji wód opadowych w głąb gleby, przez co wpływają na odnawianie zasobów wód gruntowych i ograniczają powódzie. Korony drzew redukują erozję gleby przez zmniejszanie siły uderzenia kropel deszczu na powierzchnię gołej ziemi. Ponadto transpiracja wody przez liście zmniejsza nasycenie gleby wodą, zwiększając jej pojemność do gromadzenia opadów. Jak twierdzi Xiao i in. (2000), nasycenie terenu wodą następuje na ogół po 2,5-5 cm opadów, stąd podczas silnych sztormów ilość spadającego deszczu może przewyższać możliwości magazynowania wody w obrębie korony drzewa, które określa się średnio na 228 do 455 litrów. Ilość wody wychwytywanej przez drzewa zależy od klimatu, wielkości drzewa, budowy korony, powierzchni i szorstkości liści oraz kory, a także „ażurowości” korony i przepuszczalności podłoża wokół drzewa.

Ponadto drzewa, zwłaszcza szybko rosnące i głęboko ukorzenione, wpływają na polepszenie jakości wód podziemnych dzięki procesom detoksykacyjnym, m.in. przez oczyszczanie wody z metali ciężkich (Gawroński i in., 2001), co wiąże się z dużym znaczeniem drzew dla ochrony jakości wód (Xiao i in., 1998). Nie bez znaczenia jest także sprawa ograniczenia przez drzewa ilości wody deszczowej spływającej do systemu kanalizacyjnego, co wpływa nie tylko na zmniejszanie ilości wody odprowadzanej do rzek, a tym samym zapobieganie powodziom, ale również ogranicza koszty systemu kanalizacyjnego. Np. w Tucson (USA) skalkulowano, iż dzięki obecności około 500 tys. drzew uzyskuje się zmniejszenie zapotrzebowania na kanalizację deszczową, dającą oszczędności dla budżetu w kwocie \$ 600 000 (w ciągu 40 lat), nie licząc zmniejszonych wydatków na reperację systemu burzowego (Dwyer i in., 1992).

Jednakże zdumiewające korzyści z drzew dla gospodarki wodnej podano wg obliczeń „American Forests” (2000), gdzie stwierdzono, iż w całym regionie Baltimore-Washington (USA) pokrycie koronami drzew spowolniło spływ i pochłonęło tak duże ilości wody, iż dzięki tej „pracy” drzew uzyskano ponad 4,68 bilionów dolarów oszczędności. Podobne wyniki uzyskano na podstawie studiów przeprowadzonych w regionalnym ekosystemie w Puget Sound (USA), gdzie hipotetycznie oszacowano wartość „pracy” drzew na rzecz ograniczania spływu wód opadowych na kwotę 2,4 bilionów dolarów. Różnice spływu wody między miastem o wypływających powierzchniach a przepuszczalnymi, pokrytymi roślinnością terenami wiejskimi ilustruje rysunek 4.

W związku z wpływem drzew i innej roślinności, a także powierzchni przepuszczalnych na gospodarkę wodną, w wielu krajach przeprowadza się powszechnie proces tzw. „odpieczętowania ziemi”. Oznacza to, iż wszędzie tam, gdzie tylko to jest możliwe, zdejmuje się sztywne nawierzchnie chodników lub parkingów i zastępuje się nawierzchniami chłonnymi, wprowadzając na te tereny zieleni, zwłaszcza drzewa. Odtwarza się również wyschnięte



Rys. 4. Różnica w szczytowym spływie wody podczas wiosennego ulewnego deszczu (w l/sek.) (wg Simpsona, 1994)

lub zasypane ciekami i rewitalizuje zbiorniki wodne przy obsadzeniu ich drzewami w celu poprawy i ochrony potencjału wodnego.

## Ograniczanie hałasu

Właściwie posadzone drzewa i krzewy redukują znacznie (nawet o 50%) odczucie hałasu (Dwyer, 1992). Wymaga to jednakże dostatecznie dużych przestrzeni, jak np. pasów o szerokości 70 do 100 m, obsadzonych gęstymi drzewami i krzewami, połączonych z trawiastym pokryciem powierzchni. Węższe pasy są znacznie mniej skuteczne. Pas zieleni wzdłuż ulicy z nieformowanych krzewów żywopłotów o szerokości i wysokości 2 do 3 metrów, lub nawet pas krzewów o szerokości do 10 metrów, nie poprawiają radykalnie warunków akustycznych, gdyż skuteczność takich barier wynosi poniżej 2dB. Podobnie przegrody w formie gęstych, strzyżonych żywopłotów mają skuteczność akustyczną tylko w granicach 1dB (Berezowska-Apolinarska, 2004). Nie przekreśla to jednakże celowości wprowadzania roślinności. Bariera roślinna bowiem, przez wielokrotne rozpraszanie i pochłanianie części energii akustycznej, łagodzi gwałtowność zwiększania i spadków poziomu dźwięku w czasie jego występowania. Tłumi to „szorstkość” dźwięków, a tym samym zmniejsza dokuczliwość hałasu, nawet przy niedużym obniżeniu jego poziomu. Każde nawet pojedyncze drzewo i krzew są zatem ważne dla ochrony człowieka i jego środowiska przed niepożądanym hałasem.

Skuteczność barier z roślinności jest głównie związana z percepcją walorów krajobrazowych, co oznacza wykorzystanie drzew, krzewów i innych roślin dla poprawy estetyki otoczenia, zwłaszcza tras komunikacyjnych. Z badań amerykańskich (Cohn i Bowlby, 1984 za Berezowską-Apolinarską, 2004) wynika, że dobrze zaprojektowane ukształtowanie przestrzenne może wpłynąć na zwiększenie „psychologicznej” skuteczności bariery akustycznej nawet o 75%. Obserwuje się bowiem różnice w odczuwaniu wrażeń słuchowych tego samego źródła hałasu samochodowego na terenach o różnych walorach estetycznych. Na podstawie tych obserwacji stwierdzono, że wizualne walory są tak samo, a może nawet bardziej ważne, aniżeli skuteczność akustyczna np. sztucznego ekranu przeciwhałasowego. Negatywna percepcja wizualna ekranów przeciwdźwiękowych przez mieszkańców może znacznie pogorszyć odczuwanie ich skuteczności nawet w przypadku, gdy ekran zapewnia wymagany przepisami poziom dźwięku i odwrotnie.

Ogólnie można stwierdzić, iż problem odczuwania uciążliwości przestrzeni zależy od indywidualnego odczucia dyskomfortu w danym miejscu i jest uzależniony zarówno od czynników wizualnych, jak i słuchowych. Na terenach charakteryzujących się bogatą roślinnością odczuwanie uciążliwości z powodu uruchomienia trasy komunikacyjnej jest na ogół zdecydowanie mniejsze niż tam, gdzie roślinności jest mało (Tamura, 1997).

Usunięcie źródła dźwięku z pola widzenia przez dobrze zaprojektowane obsadzenia roślinne wpływa na zmniejszenie odczuwalności hałasu, nawet jeżeli natężenie jego pozostaje niezmienione. Roślinność bowiem przez wprowadzanie „miękkości” struktury, barwy i kompozycji przestrzennej zmniejsza odczucie uciążliwości wrażenia słuchowego. Daje to korzystniejsze efekty niż np. zastosowanie surowych przegród betonowych, których odbiór społeczny może potęgować odczucia negatywne.

## Korzyści ekosystemowe

Omawiane uprzednio korzyści stanowią tylko wyodrębnione fragmenty z kompleksu oddziaływania drzew na środowisko. Z punktu widzenia ekosystemu terenów miejskich do korzyści uzyskiwanych przez zadrzewienia należy dodać ich wpływ na stabilność ekologiczną przez dostarczanie środowiska dla dzikiej przyrody. Wartości te są rzadko kwantyfikowane. Próba ich oceny została przeprowadzona przez Amerykańskie Stowarzyszenie Leśników (*The American Forestry Association*), gdzie oszacowano roczną wartość korzyści dostarczanych przez jedno drzewo średnio na kwotę 275 dol. rocznie, co w ciągu 50 lat życia drzewa wyniosło, wraz z naliczonymi odsetkami, ponad 57 tysięcy dolarów (Ebenreck, 1988). W ramach tej kalkulacji pieniężna wartość schronienia dla „dzikiej” przyrody, jaką dostarcza drzewo, została wyceniona w wysokości aż 25% wszystkich korzyści uzyskanych przez drzewo.

Udział drzew w kształtowaniu semi-naturalnego środowiska, zwłaszcza w miastach, jest niezmiernie istotny. Badania awifauny, prowadzone w Warszawie, wykazały, że na terenach pokrytych co najmniej w 50% przez drzewa i inną roślinność występowały zróżnicowane gatunki ptaków (Luniak, 1984). Inni autorzy potwierdzają, iż w środowisku wyposażonym w roślinność adaptują się różne gatunki ptaków i wiewiórki, podczas gdy na terenach pozbawionych pokrywy roślinnej dominują szczury i myszy.

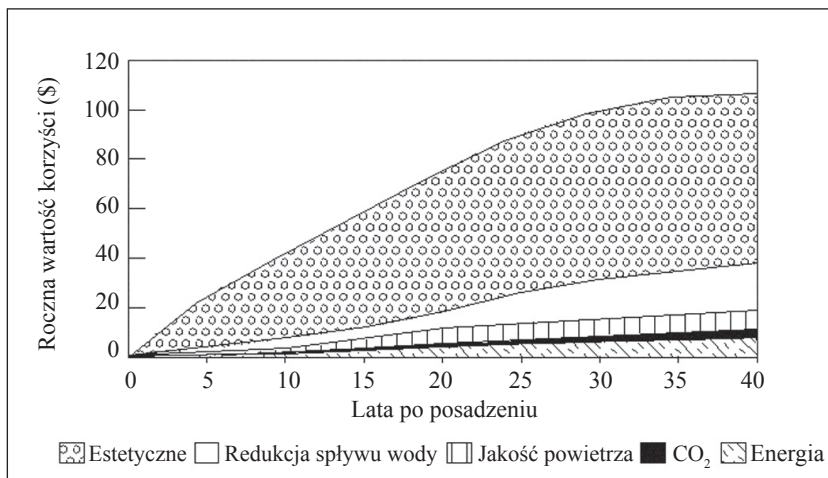
Miejsca, gdzie zachowały się fragmenty naturalnej przyrody są bardzo ważne dla mieszkańców – jako element stabilizacji ekosystemu miasta.

Badania wykazały, że wielu mieszkańców miast lubi przebywać tam, gdzie jest zachowane naturalne środowisko. W związku z tym gminy na Zachodzie rozwijają programy zachowania istniejącego naturalnego krajobrazu i opracowują projekty odtworzenia go na zdegradowanych terenach. Dąży się np. do przywracania środowiska przyrodniczego w miejscach przybrzeżnych cieków wodnych i ich powiązań z naturalnymi, pobliskimi terenami, co przyczynia się do przemieszczania się dzikiej flory i fauny, a przez to jej rozprzestrzeniania. Tak tworzone środowisko sprzyja rozwojowi różnorodności gatunkowej i zwiększaniu stabilizacji samoutrzymujących się terenów pokrytych szatą roślinną w miastach.

## **Korzyści społeczne i ekonomiczne**

Poza wpływem na zdrowie fizyczne mieszkańców, szczególnie istotne korzyści uzyskiwane z obecności roślinności, zwłaszcza drzew, dotyczą zaspokajania potrzeb psychicznych, a nawet duchowych ludności miast. Zaspokajanie tych potrzeb wiąże się bezpośrednio z wizualnymi aspektami „odbioru” przez ludność estetycznej wartości drzew i krajobrazu. Badania nad skłonnościami ludzi do natury, zwłaszcza do drzew, przeprowadzono już 100 lat temu, obserwując relacje dzieci do przyrody, które spontanicznie wyrażały swoje uczucia do drzew, obdarzając je nawet cechami ludzkimi (Sommer, 2001). Podobnie dzieci i dorastająca młodzież z takich krajów jak Argentyna, Polska, Australia i Meksyk, badane w ramach programu „Człowiek i biosfera” (Krantz, 1991), uznały zieleń pod postacią drzew jako obraz idealnego środowiska mieszkalnego, obok takich cech, jak spokój, brak ruchu pojazdów, obecność przyjaciół, mała skala zabudowy oraz czystość. Badania te potwierdzają, że zieleń, zwłaszcza drzewa, są zawsze pożądanymi elementami środowiska mieszkalnego i ten wniosek, jak się wydaje, ma wymiar uniwersalny.

Potwierdzają to testy psychologiczne przeprowadzone w wielu krajach. Np. mieszkańcy Nowego Jorku poproszeni o dokonanie wyboru między 25 rzeczami, które są ważne dla ich szczęścia, jako najważniejsze wskazali środowisko przyrodnicze, w tym drzewa i kwiaty, ze względu na ich piękno oraz pozytywne oddziaływanie na psychikę (Dichter, 1976). Również badania wpływu środowiska wielkomiejskiego i przyrodniczego na odczucia psychiczne mieszkańców dużych miast niemieckich wykazały, że otoczenie przyrodnicze poprawia nastrój (84%), zwiększa poczucie wartości (69%), poprawia koncentrację (69%), zwiększa poczucie bez-



Rys. 5. Roczne korzyści z obecności jesionu w okresie do 40 lat (wg McPhersona, 2007).

- estetyczne i inne – 2025 dol. (65%)
- redukcja i przechwytywanie spływu wody – 476 dol. (15%)
- oszczędność energii – 280 dol. (9%)
- poprawa jakości powietrza – 243 dol. (8%)
- redukcja CO<sub>2</sub> – (3%)

pieczeństwa (66%), wzmacnia stosunki międzyludzkie (54%) (Bernatzky, 1967). Charakterystyczne jest zatem, że w podanej przez McPhersona (2007) strukturze monetarnego oszacowania korzyści z pojedynczego drzewa w układzie dynamicznym, największy udział jest przypisany korzyściom „estetycznym i innym”, wyrażającym odczucia ludzi w stosunku do elementów przyrodniczych (rys. 5).

Ogólnie można stwierdzić, że obecność roślinności jest oceniana pozytywnie przez większość mieszkańców miast. Stwierdzono nawet, iż zadrzewienia w mieście stanowią przedmiot większego piękna niż handlowe tereny w centrum (Smardon, 1988). Mieszkańcy gęsto i średnio zaludnionych miast Wielkiej Brytanii i USA przywiązują duże znaczenie do widoku z okna na roślinność. Według danych ankietowych przeprowadzonych w Finlandii i Holandii ludzie są gotowi płacić większe sumy za atrakcyjne „zielone” otoczenie, widoczne z ich okien, niż nawet za możliwość bezpośredniego przebywania na terenach zieleni, lecz bardziej oddalonych od ich domów (Tyrvaainen i in., 1998).

Studia psychologicznego oddziaływania drzew w miastach potwierdzają duży wpływ drzew będących elementami „codziennej natury” na

zdrowie i dobre samopoczucie mieszkańców (Dwyer i in., 1991). Znane są przykłady, iż samo przebywanie w otoczeniu roślin działa uspokajająco. W Pensylwanii pacjenci po operacjach, którzy mogli oglądać przez okna grupy drzew, krócej przebywali w szpitalu, zgłaszali mniej dolegliwości oraz używali mniej środków przeciwbólowych, niż pacjenci, których okna wychodziły na pozbawioną zieleni brudną ścianę budynku (Ebenreck, 1988). Badania Urlicha (1984-1986), dotyczące „hipotezy przywracającej roli natury”, potwierdziły fakt, że widok natury ma lecznicze znaczenie dla redukcji stresu i lęku w porównaniu z widokiem miejsc zabudowanych, który pogarsza samopoczucie, wywołując uczucie smutku.

Przebywanie w otoczeniu roślin wpływa również na bardziej koncepcyjny sposób myślenia i zdolność koncentracji, zwłaszcza u dzieci. Stwierdzono zwiększenie o ponad 15% oryginalnych rozwiązań problemów wśród osób, które znajdowały się w pomieszczeniach zawierających rośliny i kwiaty. Nawet niemowlęta, jak podaje Bennewicz (2002), reagują na obecność roślin, gdyż zaobserwowano lepszy stan ich zdrowia w pomieszczeniach, w których umieszczono kwitnące rośliny.

Znaczenie prawidłowo posadzonych drzew i innej roślinności w otoczeniu dróg i ulic potwierdza również opinia Dyrektora Policji NRF, iż „zielen przydrożna (drzewa i krzewy) stanowi czynnik oddziaływania psychologicznego, który zwiększa bezpieczeństwo kierowców” (Breloer, 2001), wbrew ogólnej opinii, że właśnie drzewa są największym zagrożeniem dla użytkowników dróg.

Brytyjskie i holenderskie badania wykazały, że w tzw. gorszych dzielnicach, w miejscach poprzednio zaniedbanych, w których urządzono zielen przy współudziale mieszkańców, przestępczość zmniejszyła się o 38% („Crime Cutting”, 1990), czy o nawet o 50% („Plant Publicity Holland”, 2005). Podobne dane uzyskano na podstawie badań na Uniwersytecie w Chicago, gdzie stwierdzono redukcję incydentów z agresją i przemocą w granicach 48% do 56% w miejscach, gdzie wprowadzono tereny zieleni w otoczeniu budynków wielorodzinnych, w porównaniu z domami nie posiadającymi zieleni w otoczeniu (Wagner 2003). Aktywny udział ludności przy urządzeniu zieleni w sąsiedztwie miejsca zamieszkania wpływa na zwiększenie spójności socjalnej mieszkańców, dumę z podniesienia estetyki otoczenia i większą kontrolę terenu przez okoliczną ludność. Warunkiem jednakże jest, aby tereny zieleni były starannie utrzymywane. Zaniedbane tereny sprzyjają dalszym dewastacjom i działają depresyjnie na ludność.

Założenie terenów zieleni stymuluje podnoszenie standardu otaczających budynków, a tym samym wzrost ich wartości. Jak podaje Grąb-



czewski (2006), powołując się na wyniki badań prowadzonych w latach 1999-2005 przez *Austrian Research Center* w 50 miastach niemieckich, istnienie prawidłowo pielęgnowanych terenów zieleni w otoczeniu domów może podnieść wartość rynkową posesji dwukrotnie, a nawet czterokrotnie. Inni autorzy, jak np. Corrid (2000), określają wpływ drzew na wzrost cen sprzedażnych działek budowlanych w stosunku do działek pozbawionych drzew (Currid, 2000).

Jak wynika z badań, ludzie są skłonni płacić za obecność zieleni nawet wtedy, gdy znajduje się ona poza obrębem ich działek. Np. istnienie pobliskich parków może znacznie podnieść wartość domów i posesji. Te dodatkowe wartości, które nabywają budynki przylegające do terenów zieleni tzw. „*externalities*”, stanowią bardzo ważny czynnik decyzyjny przy kupnie mieszkań, lokalizacji instytucji biznesowych, przemysłowych i handlowych. Inwestorzy często przenoszą swoje zakłady na tereny atrakcyjne krajobrazowo, obserwując większą wydajność pracy, zwiększenie moralności i mniejszą absencję chorobową załogi pracującej w takim otoczeniu.

Stwierdza się, iż szczególnie cenna jest obecność większych obszarów pokrytych roślinnością w śródmiejskich częściach miast. Potwierdzają to wysokie ceny domów otaczających Centralny Park w Nowym Jorku. Ten ponad 400-hektarowy park, zrealizowany 150 lat temu, mimo sprzeciwów „trzeźwo myślących ekonomistów”, jest obecnie uważany przez mieszkańców Nowego Jorku i turystów jako „*cud natury*” w otaczającym świecie stali i betonu. Mimo że Centralny Park nie stanowi bezpośrednich zysków dla miasta z tytułu płacenia podatków, co miałoby miejsce, gdyby teren ten był przeznaczony pod budownictwo, przynosi jednak znacznie większe podatki ze sprzedaży i wynajmu otaczających domów, których wartość przez obecność okolicznego parku niewspółmiernie wzrosła. Podatki te rekompensują miastu z nadwyżką tą pozorną „*utrata*” terenów (Kielbaso, 1990).

Nie tylko parki, ale nawet drzewa uliczne mogą oddziaływać na wartość sąsiadujących budynków i posesji. Np. w Los Angeles zlikwidowano linię tramwajową i na jej miejscu posadzono drzewa oraz założono trawniki. W ciągu 7 lat wartość przyległych pawilonów handlowych wzrosła 20-krotnie – nieporównywalnie więcej niż podobnych pawilonów nie posiadających zieleni w swoim otoczeniu. Znany jest przykład z Anglii, gdzie 50 właścicieli domów jednorodzinnych otaczających zadrzewioną działkę, wystąpiło z wnioskiem o zachowanie tych drzew. Wyliczono bowiem, że spadek wartości handlowej ich posesji po usunięciu drzew będzie prawie trzykrotnie większy niż wartość tej zadrzewionej działki znajdującej się

obok ich domów (Kielbaso, 1975 za Baldwinem, 1958). Monetarna wycena korzyści uzyskiwanych z drzew potwierdza duży udział wartości społecznych w strukturze korzyści uzyskiwanych z obecności drzew.

Narastająca wartość terenów pokrytych roślinnością, zwłaszcza drzewami w strukturach miejskich, wpłynęła na podejmowanie prób oszacowania ich wartości jako elementów majątku trwałego gmin. Wycena drzew ulicznych przeprowadzona w latach 80-tych ubiegłego wieku w niektórych miastach USA wykazała, iż stanowiły one jeden z pięciu najbardziej cennych aktywów miejskich o wartości prawie równej inwestycjom szkolnictwa, ulic, kanalizacji i wodociągów. Od tej zdumiewającej informacji dla mieszkańców miast zaczęła się faktyczna ochrona drzew (Kielbaso, 1975). Współcześnie przeprowadzona wycena 3,8 biliona drzew na terenach zurbanizowanych w 48 stanach USA wyniosła 2,4 trylion dolarów, przy średniej wartości kompensacyjnej wynoszącej około 663 dolarów za jedno drzewo (Nowak i in., 2002). Również w Niemczech przeprowadzono w 1994 roku wycenę drzew, szacując przeciętną wartość jednego drzewa ulicznego w Berlinie na kwotę 15 tys. DM (ok. 7,5 tys. EURO), przy łącznej wartości drzew ulicznych w tym mieście prawie sześć miliardów DM (ok. trzy miliardy EURO) (Balder, 1997).

## Podsumowanie

Przedstawione przykłady korzyści z drzew i próby ich wyrażenia w formie pieniężnej stanowią tylko część korzyści, które są uzyskiwane przez obecność drzew i innych roślin w strukturach obszarów zurbanizowanych. Prowadzone na ten temat dalsze badania dostarczają coraz to nowszych informacji, zwłaszcza w zakresie oszacowania tzw. korzyści pośrednich, wyrażających się m.in. w mniejszą absencją chorobową wśród pracowników, których zakłady otaczają dobrze urządzone tereny zieleni z drzewami, czy „oszczędności” w wyniku zmniejszonej przestępczości w osiedlach mieszkaniowych otoczonych przez ogrody urządzone przy współudziale mieszkańców. Bezpośrednie i pośrednie korzyści są wyrażone m.in. wzrostem cen sprzedażnych oraz wynajmu mieszkań i budynków biurowych w otoczeniu zieleni, czy działek obsadzonych drzewami.

Mimo dotychczas niepełnych danych można stwierdzić, iż dobrze utrzymana roślinność, zwłaszcza drzewa, poprawia jakość środowiska, wpływa na estetykę otoczenia i zwiększa przyjemności codziennego życia, rozwija związki między ludźmi i środowiskiem oraz stymuluje rozwój

fizyczny i intelektualny ludności, a także wpływa na ograniczanie wandalizmu i przestępczości. Drzewa będące najważniejszymi elementami zasobów terenów zieleni odgrywają również zasadniczą rolę w estetycznej jakości ulic, parków miejskich oraz posesji przyczyniając je do wzrostu wartości tych terenów. Percepcja ludności na wizualną jakość drzew i innej roślinności świadczy o silnych emocjonalnych związkach między ludnością i środowiskiem przyrodniczym.

## BIBLIOGRAFIA

- Akbari H., Davis S, Dorsano S., Huang J, Winnett S. (Eds.), 1992, *Cooling Our Communities: A Guidebook on Tree Planting and Light-Colored Surfacing*, U.S. Environmental Protection Agency; Washington DC: 26
- Akbari H.S., Huang J., Martien P., Rainer L., Rosenfeld A., Taha H., 1988, "The Impact of Summer Heat Islands on Cooling Energy Consumption and Global CO<sup>2</sup> Emmisions", University of California of California, Lawrence Berkeley Laboratory, w: „One Solution Trees and Forests”, Global Facts Releaf, The American Forestry Association
- Balder H. i in., 1997, *Strassen Baume, Planen, Pflanzen, Pflegen*, 1997, Berlin – Hannover
- American Forestry, 2000, *CITYgreen, Calculating the value of nature*, Washington DC
- Bednarek A., 1984, *Z badań nad mikroklimatem miasta*, w: *Wpływ zieleni na kształtowanie środowiska miejskiego*, PWN, Warszawa
- Bennewicz M., 2001, *Psychologiczne ii społeczne aspekty bliskiego kontaktu człowieka z przyrodą* w: *Materiały na Konferencję „Życie w zieleni – moda czy konieczność*, Warszawa, sierpień, str. 5-11
- Berezowska-Apolinarska K, Kokowski P, 2004, *Rola zieleni w tłumieniu hałasu – zieleń jako ekran akustyczny* w: *Materiały na konferencję pt. „Zieleń niedoceniany majątek miast”*, Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Inżynierów i Techników Ogrodnictwa, NOT, Oddział Poznań, 19 maj, 2004: 30-34
- Bernatzky A., 1967, *Stadtklima und Baume*, w: *Baum-Zeitung* 3
- Breloer H., 2001, *Zweifelhaftes Rechtsgutachtenverspricht Verkehrsründern Schadenersatz vom Staat bei Unfällen an Bäumen*, w: *Neue Landshaft*
- „Crime Cutting“, *Landmarks, Landscape Design, Journal of the Landscape Institute*, No 196, December 1990/ January 1991
- Currid P. (ed.), 2000, *Guide for Plant Appraisal*, Council of Tree & Landscape Appraisers. International Society of Arboriculture, Champaign, IL, USA
- Dawe N.A.1996, *Sprinting Toward Sustainability*, w: *American Forests*, 1996: 22-30, 45
- Dichter E. 1976, *Use of Plants as a Communication vehicle*, w: *Journal of Arboriculture*, 2(6): 119-120

- Dwyer J.F., McPherson E.G., Schroeder H.W., Rowntree R.A., 1992, Assessing of the Benefits and Cost of the Urban Forest, w: *Journal of Arboriculture* 18 (5): 227-234
- Dwyer J.F., Schroeder H.W., Gobster P.H., 1991, The Significance of Urban Trees and Forest: Toward a Deeper Understanding of Values, w: *Journal of Arboriculture*, 17 (10): 276-284
- Ebenreck S., 1988, „Measuring the Values of Trees“, w: *American Forests*, July/August: 31,64
- Gawroński W., Gawrońska H., Rokosza J., 2001, Rola zieleni w usuwaniu zanieczyszczeń - fitoremediacja w terenach zurbanizowanych, w: *Materiały na Konferencję „Życie w zieleni – moda czy konieczność*, Warszawa, sierpień, str. 63-74
- Grąbczewski W., 2006. Zielone Inwestycje – rosnący zysk, w: *Materiały na konferencję „Zieleń to życie”*(draft), sierpień, Związek Szkółkarzy Polskich, Warszawa
- Kielbaso J., 1990, Trends and Issues in City Forests, w: *Journal of Arboriculture*. 16 (3)
- Kielbaso J., 1975, Economic Values of Trees in the Urban Locale, w: *Trees Magazin*”, nr 1 Jan.-March: 9-13, 16
- Krantz W., 1991, Ochrona zieleni miejskiej w kontekście społecznym, w: *Aura* nr 9:18-20
- Luniak M., 1984, Najważniejsze wnioski z badań nad awifauną terenów zieleni w Warszawie, w: *Wpływ zieleni na kształtowanie środowiska miejskiego*, PWN, Warszawa: 229-235
- McHale M., 2003, Carbon Credit Markets: Is There a Role for Community Forestry: 74-77, w: Kolin C (Ed.), 2003, *National Urban Forest Conference Precedings*. American Forests, Washington DC
- McPherson E.G., 2007, Benefit-Based Tree Valuation, w: *Arboriculture & Urban Forestry* 33(1): 1-11
- McPherson E.G., 2004, Benefits of Trees, Watershed, Energy and Air, w: *Arborist News*, 13 (6): 29-35
- McPherson E.G., 2003, A Benefit-Cost Analysis of ten street tree species in Modesto, California, US, w: *Journal of Arboriculture*, 29 No 1 January: 1-8
- McPherson E.G. i Simpson J.R., 2003, Potential Energy Saving in Buildings by an Urban Tree Planting Program in California, w: *Urban Forestry & Urban Greening* 2:76-86
- McPherson E.G., 1998, Atmospheric Carbon Dioxide Reduction by Sacramento’s Urban Forest, w: *Journal of Arboriculture* 24 (4): 215-223
- McPherson E.G., 1998, Structure and Sustainability of Sacramento’s Urban Forest, w: *Journal of Arboriculture* 24 (4): 174-190
- McPherson E.G., 1994, Benefits and Costs of Tree Planting and Care in Chicago, w: *Chicago’s Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forests Climate Project*, O.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeast Forest Experiment Station, Report NE-186, June: 115-135
- Mc Pherson E.G. i Rowntree R.A., 1993, Energy conservation potential of urban tree planting, w: *Journal of Arboriculture*, 19 (6): 321-331
- Moll G., 1987, The State of our Urban Forests, w: *American Forests*, Mai-June: 1-4
- Nowak D.J., Crane D.E., Dwyer J.F., 2002, Compensatory Value of Urban Trees in the United States, W: *Journal of Arboriculture* 28(4): 194-199

- Nowak D.J., 1994, Atmospheric Carbon Dioxide Reduction By Chicago's Urban Forest w: Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest. Climate Project, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeast Forest Experiment Station, General Technical Report NE - 186, June
- Plant Publicity Holland, 2005, Zielone miasto, Sympozjum, Ambasada Królestwa Niderlandów, Plant Publicity Holland, Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Ogrodnictwa, Warszawa, listopad, 2005:39-49
- Scott K.L., Simpson J.R., McPherson E.G., 1999, Effects of tree cover on parking lots microclimate and vehicle emission, w: Journal of Arboriculture 25 (3): 120-142
- Simonds J.O. Landscape Architecture, 1977, McGraw-Hill Book Company, Nowy Jork
- Smardon R.C., 1988, Perception and Aesthetics of Urban Environment: Review of the Role of Vegetation, w:Landscape and Urban Planning 15/1988:85-106
- Sommer R., 2001, The Dendro-psychoses of J.O. Quantz, w: Journal of Arboriculture 27 (1) 40-43
- Szczepanowska H.B., 2007, Wycena wartości drzew na terenach zurbanizowanych, Instytut Gospodarki Przestrzennej i Mieszkalnictwa, Warszawa
- Szczepanowska H.B., 2001, Drzewa w mieście, Hortpress z.o.o., Warszawa
- Tamura T., 1997, Effects of Landscaping on the Feeling of Annoyance of a Space, Contributions to Psychological Acoustics
- Tyrvalinen L., Vaananen H., 1998, The Economic Value of Urban Forest Amenities: an Application of the Contingent Valuation Method, w: Landscape and Urban Planning 43: 105-118
- Wagner J., 2003, Trees – Positive Effect for Homan Behavior,w: Arborist News, 12 (1): 23-24
- Ulrich R.S., 1984, View through a Window may Influence Recovery from Surgery. Science 224: 420-421
- Ulrich R.S., 1986, Human Responses to Vegetation and Landscapes, w: Landscape Urban Planning 13: 20-44
- Xiao Q, McPherson E.G., Simpson J.R., Ustin S.L., 2000, Winter rainfall interception by two mature open grown trees in Davis, California, Hydrological Processes, w: Journal of Arboriculture 14 (4): 763-784
- Xiao Q, McPherson E.G., Simpson J.R., Ustin S.L., 1998, Rainfall Interception by Sacramento's Urban Forest, w: Journal of Arboriculture 24(4): 235-244

*Adres Autorki:*

*dr Barbara Szczepanowska*

*Instytut Gospodarki Przestrzennej i Mieszkalnictwa*

*ul. Targowa 45, 03-728 Warszawa*

## **ECOLOGICAL, SOCIAL AND ECONOMICAL BENEFITS OF TREES GROWING IN THE URBAN AREAS**

### **Summary**

The results of the research conducted in the United States and European countries exemplify the benefits resulting from trees growing in urban locale, especially the financial profits. These benefits are as follows: air pollution reduction, carbon dioxide sequestration, temperature control and connected decrease of energy used in households, reduction of storm water run-off and ecological advantages for wild life. Social merits of trees presence include their influence on physical, psychological and spiritual wellbeing of population as well as crime reduction. Moreover, indirect economical benefits were proved as the market price of properties with trees and developed landscape rose in contrast to those of properties without trees.