



# Drogi betonowe mogą mocno przyczynić się do redukcji emisji CO<sub>2</sub> z transportu drogowego



Albedo to zdolność powierzchni do odbijania promieni światła. W przypadku powierzchni betonowej o jasnym kolorze (wysokie albedo: 0,20 do 0,40) więcej energii zostaje odbite do atmosfery niż w przypadku czarnej powierzchni (niższe albedo: 0,05 do 0,15), która pochłania ciepło.

Wysokie albedo nawierzchni betonowych zapewnia kilka korzyści:

## 1. Spowolnienie globalnego ocieplenia

Wymiana 1 m<sup>2</sup> czarnej nawierzchni asfaltowej na jasną betonową pomaga w zwalczaniu zmian klimatu tak, jakby nie wyemitowano **22,5 kg CO<sub>2</sub>**. Wystarczy to do skompensowania od **30 do 60%** CO<sub>2</sub> wyemitowanego w procesie produkcji cementu wykorzystanego w tej nawierzchni betonowej.

## 2. Ograniczenie efektu miejskiej wyspy ciepłej

Miejska wyspa ciepła to efekt występujący w dużych obszarach metropolitalnych. Jasne nawierzchnie absorbują mniej ciepła; ograniczają one szkodliwe oddziaływanie miejskiej wyspy ciepła przez obniżenie temperatury otoczenia, liczby dni skrajnych upałów i prawdopodobieństwa smogu.

## 3. Oszczędność kosztów i energii na oświetlenie dróg

Projektanci oświetlenia drogowego opierają się na świetle odbitym, jakie postrzega kierowca pojazdu. Wyższy współczynnik odbicia betonu pozwala osiągnąć oszczędności przez stawianie mniejszej liczby słupów oświetleniowych lub wykorzystanie lamp o mniejszej luminancji. W obydwu przypadkach koszty można obniżyć o do 35% dzięki mniejszej liczbie słupów oświetleniowych lub zmniejszeniu mocy oświetlenia, przy czym obie te zmiany zmniejszają zużycie energii elektrycznej.

## 4. Zapewnienie lepszej widoczności

Jeżeli droga nie jest oświetlana, jasna powierzchnia drogi betonowej nadal zapewnia lepszą widoczność, zwłaszcza w trudnych warunkach, w których widoczność odgrywa ważną rolę – w nocy i przy złej pogodzie, takiej jak silny deszcz lub gęsta mgła.

## WIĘCEJ INFORMACJI

### CO TO JEST ALBEDO?

Zdolność powierzchni do odbijania promieniowania świetlnego (a tym samym energii) zależy od jej albedo. Jest to stosunek ilości światła lub promieniowania odbitego do padającego. Im wyższe albedo, tym więcej energii jest odbijane z powrotem w kosmos, poza atmosferę. Średnie albedo planety Ziemi wynosi 0,30. Oznacza to, że 30% całej energii słonecznej jest odbijane, a 70% pochłaniane. Skutkiem tego średnia temperatura na powierzchni Ziemi wynosi 15°C. Ważną rolę w utrzymaniu równowagi temperatury odgrywa lód na obszarach polarnych, który ma wysokie albedo. Jeżeli lód w Arktyce i Antarktyce stopi się, albedo Ziemi spadnie, ponieważ oceany absorbują więcej ciepła niż lód. Temperatury na Ziemi wzrosną i globalne ocieplenie przyspieszy.

Tabela 1. Wartości odbicia światła czyli albedo dla różnych materiałów

POWIERZCHNIA	ALBEDO
Świeży śnieg	0,81 – 0,88
Stary śnieg	0,65 – 0,81
Lód	0,30 – 0,50
Skały	0,20 – 0,25
Drewno	0,05 – 0,15
Gleba/grunt	0,35
Beton	0,20 – 0,40
Asfalt	0,05 – 0,15

### SPOWALNIANIE GLOBALNEGO OCIEPLENIA

Powierzchnie o wyższym albedo odbijają więcej promieniowania i zwiększają promieniowanie opuszczające górną powierzchnię atmosfery. W ten sposób mogą modyfikować równowagę energetyczną Ziemi i tym samym skutki zmian klimatu. Efekt ten można wyrazić w formie wychwytywania lub emitowania CO<sub>2</sub>, ponieważ zarówno gazy cieplarniane jak i albedo powierzchni są czynnikami mogącymi wpływać na klimat.

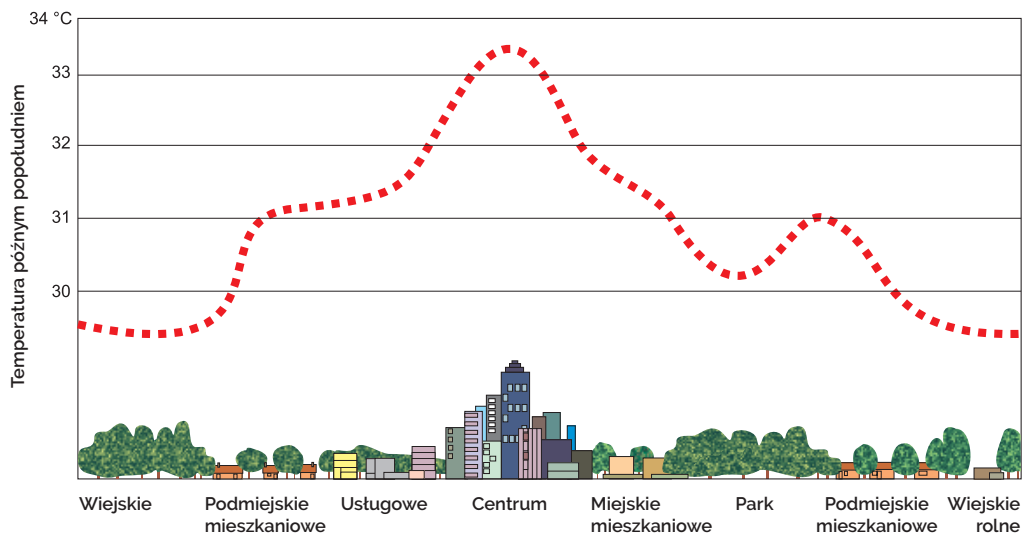
W toku kilku badań naukowych obliczano wpływ zmiany nawierzchni z asfaltowej

na betonową, czyli powierzchni z ciemniejszej na jaśniejszą. Wynikający z tego wzrost albedo, szacowany średnio na 15%, można modelować jako wychwylenie CO<sub>2</sub> o równoważnym działaniu zatrzymującym promieniowanie. Równoważność ta, przy uwzględnieniu wyników najostrożniejszych oszacowań uwzględniających zachmurzenie i inne czynniki redukujące, wynosi 1,5 kg/m<sup>2</sup> dla Δ albedo wynoszącej 0,01. Dla Δ albedo wynoszącej 0,15, łączna, równoważna oszczędność „potencjału efektu cieplarnianego w ciągu 50 lat” wynosi 22,5 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> nawierzchni. Jest to ogromna ilość, wystarczająca do skompensowania od 30 do 60% emisji CO<sub>2</sub> koniecznej do wyprodukowania cementu (ze spalania paliwa i kalcynacji) na tę nawierzchnię! (Wielkości zależą od grubości nawierzchni, zawartości cementu w mieszance betonowej i rodzaju cementu)

### OGRANICZENIE EFEKTU MIEJSKIEJ WYSPY CIEPLNEJ

Z powodu globalnych zmian klimatu występuje coraz więcej skrajnych zjawisk pogodowych. Zauważono, że w gorących okresach temperatura w środowisku miejskim jest wyższa niż na sąsiednich obszarach wiejskich. Zjawisko to nazywane jest efektem miejskiej wyspy ciepłej. Tłumaczy je pochłanianie ciepła w ciągu dnia przez materiały wykorzystywane w środowisku miejskim. Ciepło to jest uwalniane wieczorem i nocą, co prowadzi do wzrostu temperatury otoczenia. Miejska wyspa ciepła powoduje zwiększenie zapotrzebowania na energię w lecie z powodu większego wykorzystania klimatyzacji; wzmacnia również efekt gazów cieplarnianych i zwiększa ryzyko powstawania smogu oraz zanieczyszczeń powietrza, co niekorzystnie oddziałuje na zdrowie publiczne.

Dłuższe fale upałów będą zwiększały efekt miejskiej wyspy ciepła w przyszłości, zatem uzasadnione jest wprowadzenie środków zapobiegających temu zjawisku do polityki urbanistycznej. Jednym z takich środków jest zastosowanie „chłodnych nawierzchni”. Mogą to być nawierzchnie mocno odbijające światło (o wysokim albedo) lub nawierzchnie parujące, takie jak powierzchnie



Efekt miejskiej wyspy cieplnej © EPA, U.S.

przepuszczalne i obsadzone roślinnością nawierzchnie przepuszczalne

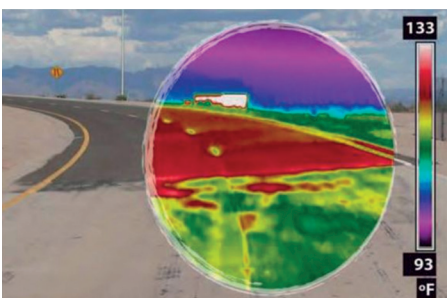
Do redukcji efektu miejskiej wyspy cieplnej przyczynia się również słabsze pochłanianie energii przez jasne powierzchnie, takie jak beton. Na rycinie poniżej przedstawiono obraz termowizyjny położonych obok siebie nawierzchni – asfaltowej i betonowej. Pomiar przeprowadzono w sierpniu 2007 r., około godziny 17:00, w lekko pochmurny dzień, a różnica temperatury pomiędzy tymi dwoma nawierzchniami drogowymi wynosiła około 11°C. Badania wskazują na ogólne, średnie zmniejszenie intensywności miejskiej wyspy cieplnej o 0,4°C.

Innym rodzajem chłodnych powierzchni są przepuszczalne nawierzchnie o strukturze pozwalającej magazynować wodę. Parowanie wody powierzchniowej pobiera ciepło z nawierzchni, podobnie jak ma to miejsce na powierzchniach porośniętych

roślinnością. W tym kontekście korzystne jest łączenie powierzchni przepuszczalnej i nawierzchni obsadzonej roślinnością.

Oczywiście celem tego rodzaju nawierzchni jest przede wszystkim zatrzymanie wody na miejscu i umożliwienie jej wsiąkania, zatem już wpisują się one istotnie w zrównoważoną gospodarkę wodną.

Strategię „chłodnych nawierzchni” popiera DG Środowisko Komisji Europejskiej i Agencja Ochrony Środowiska w USA. Teraz zadaniem liderów projektów jest uwzględniać efekt miejskiej wyspy cieplnej we współczesnej wizji dróg i miejskiej przestrzeni publicznej. Jasne powierzchnie betonowe lub nawierzchnie przepuszczalne można uwzględniać w koncepcji również ze względów zgodności z przepisami i estetycznych. Na całym świecie powstało już wiele przykładów takich zastosowań, mogących stanowić źródło inspiracji.



Ilustracja przedstawiająca obraz termowizyjny nawierzchni betonowej i asfaltowej © ACPA, U.S.



Bruksela, Plac Atomium © L. Rens / FEBELCEM



Bruksela, Plac Rogier © L. Rens / FEBELCEM



Marina w Maladze © L. Rens / FEBELCEM



Beringen B Mine © A. Nullens / FEBELCEM

## OSZCZĘDNOŚĆ KOSZTÓW I ENERGII NA OŚWIETLENIE DRÓG

Lepszy współczynnik odbicia betonu umożliwia osiągnięcie oszczędności kosztów oświetlenia ulic i autostrad. Projektanci oświetlenia drogowego wykonują obliczenia na podstawie luminancji, czyli światła odbitego w kierunku patrzącego. Oszczędności można osiągnąć stawiając mniej słupów oświetleniowych lub stosując lampy o niższej luminancji. W obydwu przypadkach koszty ulegają obniżeniu, głównie dzięki możliwości zmniejszenia liczby wymaganych słupów oświetleniowych, ale również z powodu mniejszego rocznego zużycia energii elektrycznej. Notuje się oszczędności wynoszące około 30-35%, zarówno na urządzeniach oświetleniowych jak i energii.

W kanadyjskich badaniach wykazano na przykład, że na jeden kilometr długości jezdni betonowej wymagane jest 14 słupów oświetleniowych, natomiast aby osiągnąć ten sam poziom oświetlenia na drodze asfaltowej konieczne jest 20 słupów.

## ZAPEWNIENIE LEPSZEJ WIDOCZNOŚCI

Jeżeli droga nie jest oświetlona, jasna powierzchnia drogi betonowej nadal zapewnia lepszą widoczność w trudnych warunkach — w nocy i przy złej pogodzie, takiej jak silny deszcz lub gęsta mgła.

Lepsza widoczność poprawia bezpieczeństwo ruchu drogowego.



E34-A11, Belgia  
© L. Rens / FEBELCEM

Więcej korzyści ekologicznych wynikających z dróg betonowych przedstawiono w infografice EUPAVE "Concrete Pavements Make Roads More Sustainable" (Dzięki nawierzchniom betonowym drogi są bardziej zrównoważone) (2019), <https://www.eupave.eu/resources-files/infographic>

- Akbari, H., Menon, S., Rosenfeld, A. (2009). Global cooling: Increasing world-wide urban albedos to offset CO<sub>2</sub>. *Climatic Change*, 94(3-4), 275-286. <https://doi.org/10.1007/s10584-008-9515-9>
- Akbari, H., Damon Matthews, H., Seto, D. (2012). The long-term effect of increasing the albedo of urban areas. *Environmental Research Letters*, 7(2). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/2/024004>
- CShub. (2019). Albedo: A measure of surface reflectivity, <https://cshub.mit.edu/albedo/information-sheet>
- [http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/cool\\_pavements\\_reduce\\_urban\\_heat\\_islands\\_state\\_of\\_technology\\_450na3\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/cool_pavements_reduce_urban_heat_islands_state_of_technology_450na3_en.pdf)
- <https://www.epa.gov/heat-islands/using-cool-pavements-reduce-heat-islands>
- <https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-compendium>
- Li, H., Harvey, J., Kendall, A. (2013). Field measurement of albedo for different land cover materials and effects on thermal performance. *Building and Environment* 59 (2013), 536-546
- Millstein, D., Menon, S. (2011). Regional climate consequences of large-scale cool roof and photovoltaic array deployment. *Environmental Research Letters*, 6(3). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/6/3/034001>
- NRMCA. Luminance, illuminance and concrete pavement. Promotion facts brochure 1.
- Pomerantz, M., Bon, P., Abkari, H., Chang, S.-C. (2000) The effect of pavements' temperatures on air temperatures in large cities. Heat Island Group, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkely, Canada.
- Rens, L. (2009). Concrete roads: a smart and sustainable choice. EUPAVE
- Sen, S., Roesler, J. (2019) Coupled pavement-urban canyon model for assessing cool pavements. Proceedings of the International Conference on Airfield and Highway Pavements 2019, Chicago, Illinois, 2019.
- Xu, X., Gregory J., Kirchain, R. (2017). Evaluation of the Albedo-induced Radiative Forcing and CO<sub>2</sub> Equivalence Savings: A Case Study on Reflective Pavements in Four Selected U.S. Urban Areas, <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/110894>

## Bibliografia



Wydawca: EUPAVE  
European Concrete Paving Association  
Vorstlaan 68 Boulevard du Souverain, B13  
1170 Brussels  
T + 32 2 645 52 31, F + 32 2 640 06 70  
info@eupave.eu, www.eupave.eu



Wydawca polskiej wersji językowej:  
Stowarzyszenie Producentów Cementu  
ul. Lubelska 29, 30-003 Kraków, Polska  
T + 48 12 423 33 55  
biuro@polskicement.pl  
www.polskicement.pl