

Charakterystyka projektu *Sea Forest Island* w Tokio, wykorzystującego odpady do tworzenia sztucznych wysp

**Mgr inż. arch. Andrzej Kuryłek
Pracownia projektowa Architekci Q44, Warszawa**

Artykuł jest oparty na badaniu literatury, w tym biuletynów tokijskiego urzędu miasta, dotyczących sztucznie tworzonych powierzchni użytkowych w obrębie Zatoki Tokijskiej. Przeanalizowano projekt *Sea Forest Island* pod kątem wpływu na współczesne procesy urbanizacyjne, wymogi środowiskowe, technologiczne i społeczne.

Tokio, leżące nad Zatoką Tokijską, jest stolicą Japonii od ponad 140 lat. Dziś tworzy jedną z największych na świecie mega-metropolię. Według oficjalnych danych tokijskiego urzędu miasta, w 2012 roku Tokio liczyło ponad 13 milionów mieszkańców. Obszar Wielkiego Tokio natomiast jest szacowany na około 36 milionów. Daje to gęstość zaludnienia w granicach miasta na poziomie 6038 osób/km² [6]. Dla porównania, ten wskaźnik w przypadku Gdańska wynosi 1763 osób/km². Ze względu na brak wolnej przestrzeni na lądzie od lat dwudziestych XX wieku zaczęto wykorzystywać Zatokę Tokijską jako miejsce tworzenia nowych terenów inwestycyjnych. Obecnie jest ona wyprzedzającym swoje czasy przykładem połączenia ekologicznego myślenia oraz geoinżynierii.

Szacuje się, że obecnie około 0,5% powierzchni Japonii to ląd uzyskany przez zasypywanie akwenów wodnych [5]. Wydaje się to mało w ujęciu procentowym, jednak oznacza, że w odniesieniu do całkowitej powierzchni kraju pozyskano obszar 17 tys. km². Dla porównania powierzchnia Słowenii zajmuje około 20 tys. km². Pierwsze operacje związane z pozyskiwaniem dodatkowej powierzchni lądów z terenów wodnych przeprowadzano w Japonii już w XII wieku. Zasadniczy wzrost aktywności w tym zakresie nastąpił po drugiej wojnie światowej, a współcześnie są budowane w ten sposób między innymi spektakularne lotniska. W Zatoce Tokijskiej przykładem takich działań są również świadomie tworzone od dziesięcioleci wysypiska odpadów, które mają w przyszłości pełnić rolę nowych części miasta (rys. 1). Składowiska te są budowane z wykorzystaniem offshorowych technologii inżynierskich opracowanych na potrzeby budowy zabezpieczeń brzegowych.

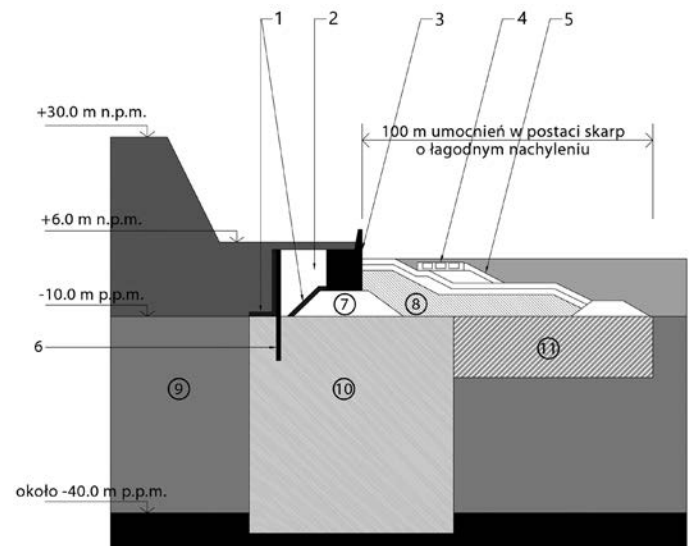


Rys. 1. Zatoka Tokijska z ukazaniem sztucznie tworzonych wysp. Zaznaczony teren to Sea Forest Island – (1) powstały z wysypiska odpadów Inner Central Breakwater; (2) – aktualnie użytkowane wysypisko New Sea Surface Deposit; (3) – kolejne planowane rozszerzenie terenów wysypiskowych. Opracowanie własne według [4]

Socjoekonomiczne potrzeby mega-metropolii tokijskiej wymuszają przejmowanie niektórych funkcji miasta przez teren zatoki. Równocześnie tokijski port funkcjonujący od blisko 400 lat (jeden z największych w Japonii), zajmuje obecnie znaczną część nabrzeży miasta i jest planowany jego dalszy rozwój. Od 1927 roku zaczęto wykorzystywać teren zatoki do składowania odpadów, a tym samym do kształtowania nowych wysp. Obecnie siedem lokalizacji składowania (w które wbudowano ogółem 101 milionów ton odpadów), zajmuje łącznie 761 ha terenu wodnego w Zatoce Tokijskiej [1]. Takie długoterminowe projekty mają na celu nie tylko pozbycie się odpadów, lecz także uzyskanie nowych terenów miejskich oraz portowych.

TECHNOLOGIA WYKONANIA BRZEGÓW NOWYCH WYSP

Na podstawie *New Sea Surface Deposit*, aktualnie użytkowanego nawodnego terenu wysypiskowego, można prześledzić technologię ich wykonywania, opracowaną przez *Bureau of Environment Tokyo Metropolitan Government*. Wysypisko rozpoczęło swoją działalność w 1998 roku i przyjmuje odpady do chwili obecnej. Zajmuje aktualnie (stan z 2015 roku) 480 ha i było zaplanowane do pomieszczenia 120 milionów m³ gruntu i odpadów. [2] Po zakończeniu procesu składowania planuje się, że uzyskany teren będzie wykorzystany między innymi do rozbudowy infrastruktury portu tokijskiego. W związku z tym założono na początku projektu dwa rodzaje wykonania zabezpieczeń brzegowych. W miejscach, gdzie planowane jest powstanie terminalu kontenerowego, zastosowano metodę palowania zaporowego, za pomocą rur stalowych wbijanych



Rys. 2. Przekrój przez obrzeże wysypiska wybudowanego metodą kesonową, z zastosowaniem palowania zaporowego (*triple tubular steel pile method*). 1 – izolacja przeciwwodna, 2 – wypełnienie zmieszonym materiałem, 3 – keson, 4 – basen pływowy, 5 – skały oporowe, 6 – osłona z pali stalowych, 7 – wał z gruzu, 8 – podbudowa z piasku, 9 – dno zatoki – grunt spoisty, 10 – grunt stabilizowany włąębnie cementem (CDM – *cement deep mixing*), 11 – piaski zagęszczane za pomocą pali (SCP – *sand compaction pile method*)
Opracowanie własne na podstawie [7]

w dwóch rzędach (*double steel-tubing sheet pile*), zabezpieczonych izolacją przeciwwodną, wypełnionych materiałem stałym, a następnie zabetonowanych. W pozostałych miejscach, gdzie przewiduje się mniejsze obciążenie nabrzeża, zastosowano keasonową metodę kształtowania brzegu. Obydwa sposoby zapewniają ochronę przed energią fal oraz podmywaniem nabrzeża. Poprzez dodatkowe uszczelnienie chronią także zatokę przed ewentualnym skażeniem ze strony odpadów. Szczególnie ważne jest separowanie przed przedostawaniem się zanieczyszczonych wód opadowych do zatoki. Obecnie, w celu zabezpieczenia istniejących umocnień brzegowych, wzbogaca się metodę keasonową o dodatkowe palowanie zaporowe, złożone z koncentrycznie wbitych rur stalowych (*triple tubular steel pile method*) (rys. 2). Podobne metody stosuje się przy budowie innych wysypisk tego rodzaju, realizowanych w Japonii.

TECHNOLOGIA SKŁADOWANIA

Technologia składowania odpadów gromadzonych na wysypiskach w Zatoce Tokijskiej została opracowana w sposób gwarantujący bezpieczeństwo ekologiczne oraz zapewniający późniejsze wykorzystanie pozyskanego terenu. Po wykonaniu obrzeża wysypiska, pierwszą jego warstwę tworzy się, wykorzystując grunt z wyrobisk placów budów. Tak zbudowany poziom jest uzupełniany przez materiał pochodzący z pogłębienia zatoki. Tworzy to bazę wyniesioną na około 6 m nad poziom morza. Dopiero na takiej podbudowie można bezpiecznie dokonywać gromadzenia odpadów, przy czym odpady uznane za niebezpieczne nie są dopuszczone do składowania na wysypiskach w zatoce. Odpady pochodzą z następujących źródeł:

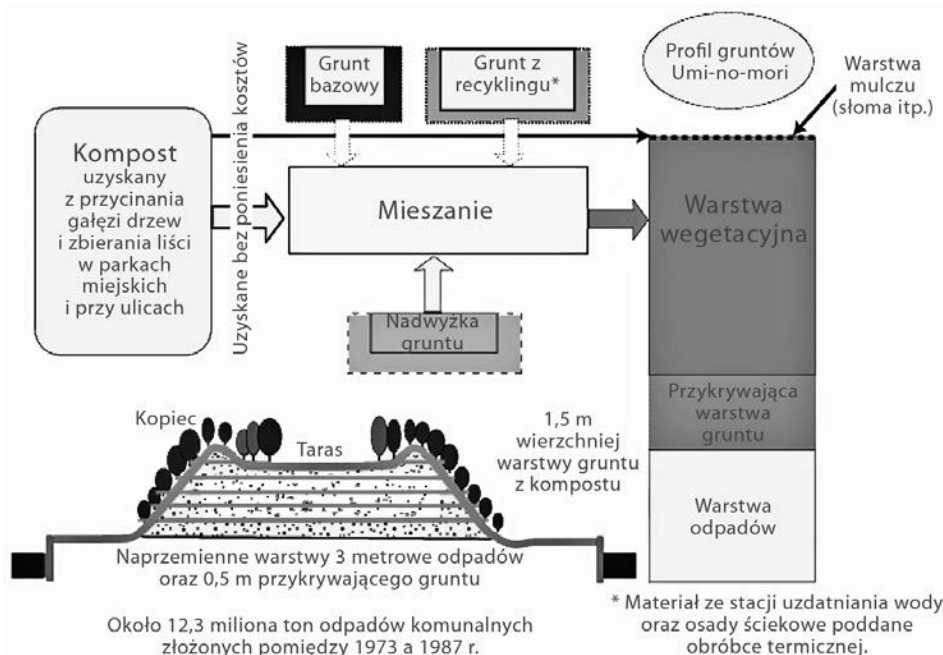
- odpady komunalne, ale bez odpadów organicznych,
- odpady przemysłowe z małych i średnich przedsiębiorstw, poddane uprzednio rozdrobnieniu,
- osady ściekowe poddane obróbce termicznej niszczącej drobnoustroje[2].

Śmieci rozkłada się równomiernie po terenie wysypiska do momentu, gdy ich warstwa osiągnie grubość około 3 m. Następnie zabezpiecza się teren poprzez nawiezenie gruntu o grubości około 0,5 m. Czynność powtarza się kilkakrotnie z zachowaniem przemienności warstw. Gromadzony na odpadach grunt chroni przed wywiewaniem śmieci, zatrzymuje nieprzyjemny zapach oraz odcina dostęp tlenu. Zabezpiecza także wysypisko przeciwpożarowo. Tak tworzy się strukturę sztucznej wyspy, aż osiągnie ona łączną wysokość około 30 m nad średni poziom morza. Od lat osiemdziesiątych XX wieku na tokijskich tego rodzaju wysypiskach buduje się dodatkowo instalacje odprowadzające metan powstający z rozkładu odpadów. Pozyskany gaz transportuje się rurociągami do elektrowni zużywających go do produkcji energii elektrycznej.

Sztuczną wyspę projektu *Sea Forest* (jap.: *Umi-no-mori*) tworzą z odpadów w latach 1973-1987. Założono, że przeznaczeniem pozyskanego lądu będą zielone tereny publiczne. W momencie przystąpienia do zalesiania, które rozpoczęto w 2005 roku, całość zgromadzonego materiału uległa już konsolidacji pod wpływem ciężaru własnego oraz zachodzących wewnątrz procesów. W celu utworzenia warstwy organicznej niezbędnej do rozwoju nasadzeń nawieziono warstwę wierzchnią złożoną z kompostu (uzyskanego głównie z gałęzi oraz liści pochodzących z pielęgnacji miejskiej zieleni), materiału ze stacji uzdatniania wody oraz z osadów ściekowych poddanych wcześniej obróbce termicznej (rys. 3) [8].

KORYTARZ NAPOWIETRZAJĄCY A EFEKT MIEJSKIEJ WYSPI CIEPŁA

Realizacja projektu *Sea Forest* ma pomóc w rozwiązaniu jeszcze jednego problemu współczesnej mega-metropolii. Tokio jest miastem dotkliwie odczuwającym skutki efektu miejskiej wyspy ciepła (*UHI – Urban Heat Island Effect*). Przewiduje się, że utworzony las będzie obniżał temperaturę powietrza w po-



Rys. 3. Schemat mieszanki tworzącej warstwę wegetacyjną na Sea Forest Island [8]

blizu wyspy, a bryzy morskie zepchną schłodzone powietrze w stronę centrum miasta. Toshio Ojima, emerytowany profesor inżynierii środowiska miejskiego z Waseda University, ekspert w sprawach problemów przegrzewania ośrodków miejskich przewiduje, że *Sea Forest* zapoczątkuje utworzenie się „naturalnego” korytarza napowietrzającego Tokio.

PROJEKT WYBIEGAJĄCY POKOLENIA DO PRZODU

Od 2005 roku tokijski urząd miasta nadzoruje proces zalesiania terenu *Sea Forest*. Wszystkie sadzonki drzew są pozyskiwane dzięki darowiznom od mieszkańców oraz miejskich przedsiębiorstw. Projekt jest prowadzony pod hasłem „*nie dla nas, lecz dla naszych dzieci*” [8], podkreślając tym samym odpowiedzialność ekologiczną Japończyków i społeczny wymiar przedsięwzięcia. Udział społeczności lokalnej w prowadzeniu nasadzeń to jedno z głównych założeń projektu. Do czerwca 2014 roku 16 000 osób posadziło 190 000 sadzonek blisko pięćdziesięciu gatunków drzew. W zalesianiu terenu biorą udział także znane postacie, co ma istotne znaczenie w popularyzacji projektu. W 2008 roku drzewa posadzili między innymi Wangari Maathai, laureat Pokojowej Nagrody Nobla oraz Bono, lider zespołu U2. Projekt *Sea Forest* jest miejscem intensywnych prac ogrodniczych, ale także celem wycieczek edukacyjnych, promujących politykę miasta o nazwie 3R (*Reuse, Reduce, Recycle*) [3]. Częściowe otwarcie parku zaplanowano na 2016 rok, przy czym już wcześniej teren wykorzystywano do organizacji różnego rodzaju spotkań integracyjnych (około 40 przedsiębiorstw skorzystało jak dotąd z tej możliwości). We wrześniu 2014 roku zorganizowano w budowanym parku bieg na 5 km dla 10 000 uczestników. Planowane na 2020 rok letnie igrzyska olimpijskie, również będą według założeń wykorzystywać infrastrukturę powstającego parku. Odbędzie się tam część zawodów jeździeckich, z kolei regaty wioślarskie będą rozgrywane pomiędzy *Sea Forest* a kolejną sztuczną wyspą tworzoną również w technologii opartej na odpowiednim gromadzeniu odpadów [3].

Podstawowe dane projektu *Sea Forest (Umi-no-Mori)*:

- powierzchnia całkowita utworzonego parku – 88 ha,
- ilość odpadów, które utworzyły wyspę – 12,3 mln ton,
- rozpoczęcie zalesiania – 2005 rok,

- docelowa liczba zasadzeń – 480 000 drzew,
- częściowe otwarcie – 2016 rok (47 z 88 ha),
- otwarcie całego kompleksu zaplanowano na 2036 rok (będzie to wówczas jeden z największych parków w mieście),
- koszt projektu do częściowego otwarcia w 2016 roku to ekwiwalent 54 mln dolarów [3].

PODSUMOWANIE

Myślą przewodnią przekształcenia tokijskiego wysypiska śmieci w tereny zalesione jest hasło ogłoszone przez światowej sławy japońskiego architekta Tadao Ando, uczestniczącego w projekcie: „*Tworząc Sea Forest, sprawimy, że ludzie zaczną się zastanawiać nad redukcją ilości śmieci, jakie produkują*”. Trwający od 30 lat projekt *Umi-no-Mori* prowadzony na terenie Zatoki Tokijskiej jest dziś awangardą ekologicznych inwestycji na świecie. Intencją twórców projektu jest stworzenie symbolu społeczeństwa zorientowanego na recykling, a przez to pokazanie, że możliwe jest życie w zgodzie z naturą, nawet w przypadku tak rozwiniętych gospodarczo krajów jak Japonia.

LITERATURA

1. Brebbia C., Favro S., Pineda F.: Sustainable Tourism VI, Sixth international conference on sustainable tourism, Wessex Institute of Technology, UK, the Complutense University, Spain, Wessex 2014.
2. Bureau of Environment Tokyo Metropolitan Government, <http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/>
3. Hashida M.: Island of trash in Tokyo Bay transforming into forested Olympic venue, “The Asahi Shimbun” 25.07.2014.
4. Port of Tokyo 2014 – publikacja Bureau of Port and Harbor, Tokyo Metropolitan Government, Tokyo 2014.
5. Reclaimed Land in Japan, Japan Property Central, <http://japanpropertycentral.com/>
6. Tokyo Metropolitan Government, <http://www.metro.tokyo.jp/>
7. Tokyo Tech Book. Addressing Urban Challenges – publikacja Tokyo Metropolitan Government Technology Council, czerwiec Tokyo 2015.
8. Umi-no-Mori, Tokio, Japonia, <http://www.uminomori.metro.tokyo.jp/>