

INNOWACYJNE METODY REKULTYWACJI TERENÓW POEKSPLOATACYJNYCH NA PRZYKŁADZIE EDEN PROJECT

INNOVATIVE METHODS OF RECULTIVATING AFTER-EXPLOITATION SITES BY THE EXAMPLE OF EDEN PROJECT

Mateusz Markowski – „Poltegor-Instytut” Instytut Górnictwa Odkrywkowego, Wrocław

Artykuł ma na celu przedstawienie Eden Project jako innowacyjnego rozwiązania rekultywacji terenów poeksploatacyjnych w porównaniu do tradycyjnych kierunków wykorzystywanych w Polsce. Przedstawione zostaną rozwiązania technologiczne, konstrukcyjne, sposób funkcjonowania oraz rola obiektu w rozwoju regionu Kornwalii.

Słowa kluczowe: Eden Project, rekultywacja, rewitalizacja, teren poeksploatacyjny, kopalnia gliny

The article introduces Eden Project as innovative solution for recultivating after-exploitation sites compared to traditional methods used in Poland. The article shows technological and constructional solutions, way of functioning as well as project's part on Cornwall region development.

Keywords: Eden Project, recultivation, revitalization, after-exploitation site, clay mine

Rekultywacja

Górnictwo jest dziedziną mającą bezpośredni, bądź pośredni wpływ na każdą gałąź przemysłu zaczynając od energetyki, a kończąc na jubilerstwie. W cyklu życia każdej kopalni przychodzi moment, w którym wydobywane surowce zostaną się skończyć, a kopalnie przejdą w stan likwidacji. Jest to żmudny proces trwający sporo czasu, którego jednym z końcowych etapów jest rekultywacja. To pojęcie oznacza proces przywrócenia wartości użytkowej, bądź przyrodniczej terenom zniszczonym w wyniku działalności górniczej. Wyróżnia się kilka podstawowych kierunków rekultywacji: leśny, rolny i inny według **Ustawy o ochronie gruntów rolnych i leśnych** oraz leśny, rolny, wodny, komunalny i specjalny według polskiej normy „**Górnictwo odkrywkowe. Rekultywacja. Ogólne wytyczne projektowania**”. O wyborze kierunku rekultywacji decydują kryteria: ekonomiczne, formalnoprawne, geologiczno-inżynierskie, hydrogeologiczne, kulturowe, przestrzenne, społeczne oraz środowiskowe.

Powszechne metody odnowy terenów poeksploatacyjnych

W Polsce dominują tradycyjne kierunki rekultywacji tj. kierunki leśne oraz rolne. Wiąże się to z teoretyczną prostotą

przeprowadzenia procesu, niższymi kosztami finansowymi, łatwiejszym przygotowaniem terenu w porównaniu do bardziej współczesnych metod. Kierunek rolny pozwala odtworzyć uprawy, które występowały wcześniej na terenie działek wykupionych przez spółkę zarządzającą daną kopalnią – nie zawsze jednak jest możliwe wykonanie rekultywacji w tym kierunku ze względu na zbyt duże zanieczyszczenie terenu w trakcie eksploatacji. Popularne jest również zalewanie nieczynnych wyrobisk po wcześniejszym ich przygotowaniu – co ciekawe nie zawsze sprzęt górniczy jest w całości wydobywany przed zalaniem.

Problemem tradycyjnych metod rekultywacji jest stosunkowo niewielki wpływ na sytuację ekonomiczną danego regionu. Należy mieć na uwadze, że wraz z zamknięciem kopalni traci się bardzo dużą liczbę miejsc pracy, zarówno w samej kopalni, jak i w spółkach podwykonawczych. Wiąże się to ze znacznym wzrostem bezrobocia (sytuację tę można zaobserwować m.in. śledząc historię regionu Wałbrzycha). Częściowym rozwiązaniem tego problemu mogą być różnego rodzaju innowacje w dziedzinie rekultywacji takie jak np. Eden Project, który powstał w Anglii.

Eden Project

Eden Project stworzono w zrehabilitowanej kopalni Bodelva w Kornwalii. Dawniej wydobywano tam kaolin inaczej nazywany gliną chińską. Kopalnia potrafiła wyprodukować ok. 40 tys. ton przetworzonej gliny rocznie dla przemysłu papierniczego. Obsługiwało ją 40 osób (dla porównania, przy Eden Project pracuje ok. 250 osób). Cały rejon Kornwalii bogaty był w złoża kaolinu, przez co prawie cała gospodarka opierała się na produkcji tego surowca. (https://cornwalls.co.uk/history/industrial/china_clay.html). Eden Project powstał w tym rejonie z kilku powodów. Pierwszym powodem było przywrócenie użyteczności terenowi zniszczonemu przez kopalnię, a drugim podniesienie dochodu Kornwalii, które było najbiedniejszym hrabstwem Wielkiej Brytanii, z największym poziomem bezrobocia. Ostatnim powodem było odtworzenie XVIII-wiecznych ogrodów Lost Garden of Heligan, otwartych w 1992 roku, które były najczęściej odwiedzanymi ogrodami botanicznymi w Wielkiej Brytanii od XVII w. do wybuchu I wojny światowej (Smit, Kendle, 2001).



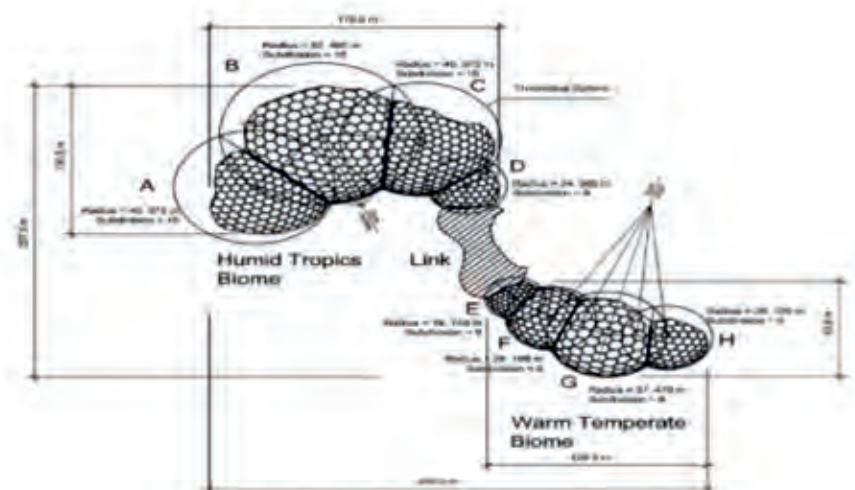
Rys. 1. Eden Project - lokalizacja kompleksu kopuł
Fig. 1. Eden Project – location of dome complex (www.google.com/maps)

Początkiem powstawania projektu było zebranie funduszy na przeprowadzenie inwestycji, które udało się uzyskać w kwocie 145 milionów funtów brytyjskich, co było zaskakującą sumą ze względu na biedny region, na którym miała powstać cała inicjatywa (Smit, Kendle, 2001). Pomysłodawcą projektu jest Tim Smit, natomiast projekt wykonany został przez Nicholasa Grimshaw'a.

Sam proces rekultywacji rozpoczął się od zasypiania opuszczonego wyrobiska ziemią oraz blokami skalnymi, których łączna masa wyniosła ok. 1,8 mln ton. Następnie na zasypianym już obszarze, po wcześniejszym przygotowaniu terenu, wybudowane zostały ogromne szklarnie, wpisane do Księgi Rekordów Guinnessa. Kompleks składa się z kilku części:

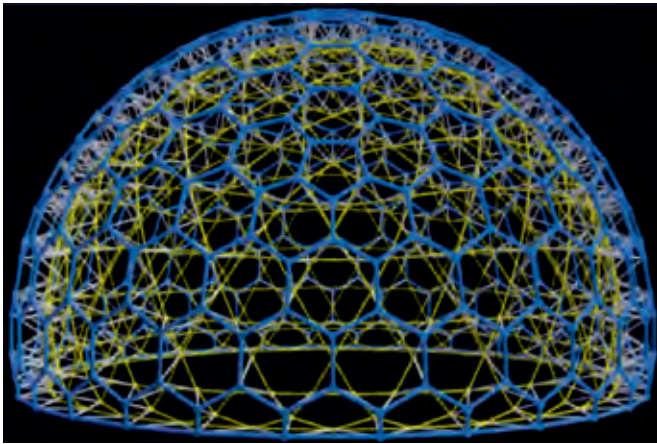
- wejście oraz centrum dla odwiedzających
- biom tropikalny wilgotny (ang. HTB – Humid Temperature Biome)
- biom tropikalny suchy (ang. WTB – Warm Temperature Biome)
- część łącząca, która jest jednocześnie biomet zewnętrznym
- rdzeń (ang. The Core), wybudowany w późniejszym etapie życia ogrodów

Same ogrody znajdują się pod kopułami geodezyjnymi, czyli szkieletami, które przekazują obciążenia do wsporników przez sieć liniowych elementów w kształcie sferycznych kopuł. Każdy z elementów kopuły znajduje się pod ciągłym naprężeniem wynikającym z kompresji sił działających na elementy konstrukcji. Kopuły te zostały zbudowane z wielościanów foremnych. Powstałe obciążenia przekazywane są do punktów wsparcia dzięki osiowym siłom w postaci naprężenia i napięcia w elementach obramowania. Półsferyczne kopuły wytwarzają znaczny nacisk, któremu opierają się fundamenty, bądź obręcz napięciowa. Pomysł na realizację projektu polegał na przyjętych założeniach tj. całkowitym braku kolumn wspierających kopuły, maksymalnym poborze światła słonecznego oraz objętości, która wymagana była do optymalnego funkcjonowania obiektu. Wybrano kopuły geodezyjne, ponieważ spełniają każde z tych kryteriów, a dodatkowo ich kształt ułatwia zabudowanie nierównego terenu byłej kopalni. Głównym założeniem projektanta ogrodów było zastosowanie kopuł jednowarstwowych. Późniejsze obliczenia



Rys. 2. Plan ogrodów botanicznych Eden (www.tamu-bim-edenproject.blogspot.com)
Fig. 2. Eden Project gardens plan

pokazały jednak, że tego typu rozwiązanie będzie miało zbyt duże deformacje oraz będzie nieekonomiczne. Powstała sieć składająca się ze sfer o różnych promieniach, które połączone są ze sobą współśrodkowo przekątnymi wspornikami tworząc trójwymiarową sieć przenoszącą obciążenia. Aby zniwelować obecność kolumn rzędy kopuł geodezyjnych zostały połączone ze sobą wspornikiem na ich przecięciach, który przenosi obciążenia do fundamentów. Na koniec, w przypadku biomów o rozpiętości do ok. 30 metrów zastosowano jedną warstwę siatki, a biomy o większych wymiarach musiały zostać zaprojektowane z dodatkową warstwą siatki, tym razem trójkątną, co zwiększyło stabilność oraz sztywność konstrukcji. Heksagonalna sieć połączona jest z trójkątną przy pomocy trójbocznej konstrukcji nośnej.



Rys. 3. Szkielet kopuły geodezyjnej (www.neolithicsphere.com/geodesica/doc/eden_project_dome.html)

Fig. 3. Structure of geodesic dome

Jako zamiennik szkła zastosowano heksagonalne, bądź trójkątne płyty zbudowane z tzw. ETFE (ang. Ethelene tetrafluoroethelene) czyli tetrafluoroetylenu o przemysłowej nazwie Tefzel (rys. 4). Jest to materiał wykazujący bardzo silną odporność na korozję, trzykrotnie większą zdolność do przenoszenia obciążeń w porównaniu do szkła. Materiał ten potrafi wytrzymać ciężar odpowiadający 400-krotności jego własnej wagi, osiągając 1% ciężaru w porównaniu do szkła (zakładając takie same wymiary danej płyty). Innowacyjność tego materiału polega również na większych możliwościach przepuszczania światła słonecznego, samooczyszczeniu oraz mniejszych kosztach instalacji (70% kosztów instalacyjnych w porównaniu do instalacji płyt szklanych; <https://science.howstuffworks.com>). Każda z płyt składa się z 3 warstw, podłączona jest do systemu dostarczającego powietrze, a ciśnienie wewnątrz płyt wynosi około 300 Pa. Teren byłej kopalni gliny wymagał również stabilizacji, co spowodowało użycie 2000 tzw. kotwic skalnych, czyli 11-metrowych stalowych prętów umieszczonych we wcześniej wywierconych otworach i zalanych betonem.

Rozwiązanie to, powszechne we wszystkich dziedzinach budownictwa lądowego (w tym przypadku wymiary kotwic uwarunkowane były obecnością plastycznego kaolinu), umożliwia zabezpieczenie fundamentów przed możliwością zmiany położenia (www.edenproject.com). Wizją twórców było stworzenie placówki edukacyjnej, w której ludzie będą mogli poznać różne gatunki roślin oraz ekosystemy, w których te rośliny występują naturalnie. W ścisłej współpracy



Rys. 4. Heksagonalna płyta wykonana z Tefzel'u (www.studioseverini.com/DocumentiPDF/eden_project_english.pdf)

Fig. 4. Hexagonal tile made out of Tefzel

z zespołami badawczymi udało się stworzyć obiekt, który od momentu otwarcia dla zwiedzających odwiedziło ok 13 milionów osób (Smit, Kendle, 2001). Sam projekt składa się z 4 części – trzech pierwotnie zaplanowanych oraz części czwartej dobudowanej w późniejszym czasie.

Biom tropikalny wilgotny

Biom tropikalny wilgotny, będący największą częścią kompleksu Eden, jest również uznany za największą na świecie szklarnię o długości 240 metrów, wysokości 55 metrów, pokrywając przy tym powierzchnię 1.3 hektara (Baczyńska i Lorenc, 2012).

Wymiary biomu pozwoliły na odtworzenie części lasu tropikalnego wraz z wodospadem, dzięki któremu nie jest konieczne korzystanie z urządzeń do utrzymania poziomu wilgotności odpowiadającego dżungli. Twórcom projektu udało się bardzo wiernie odwzorować warunki klimatyczne – temperatura przekracza 30°C przy wilgotności utrzymującej się na poziomie 80% (Baczyńska i Lorenc, 2012). Z powodu tych warunków dłuższe przebywanie na terenie biomu jest uciążliwe dla wizytujących, w związku z czym na terenie obiektu zostały wybudowane stacje z wodą pitną oraz pomieszczenie, w którym temperatura powietrza jest niższa, dzięki czemu zwiedzający mogą się ochłodzić i zmniejszyć skutki przebywania w warunkach lasu tropikalnego (Baczyńska i Lorenc, 2012). Biom tropikalny jest największym lasem tropikalnym na świecie, który został stworzony wewnątrz obiektu. Zwiedzanie biomu zajmuje ok. 1,5 godziny, przy czym zwiedzający mogą zobaczyć ponad 1000 gatunków roślin.

Biom tropikalny suchy

Biom tropikalny suchy jest kolejną częścią projektu Eden. Jest to mniejszy, w porównaniu do biomu tropikalnego wilgotnego, ogród botaniczny o powierzchni 0,6 hektara i długości 135 metrów. Połączony jest z częścią wilgotną specjalnie zaprojektowanym przejściem, które uniemożliwia zmiany temperatury po obu jego stronach. Temperatura jest utrzymywana na poziomie – ok. 25°C w lecie oraz ok. 9°C w zimie. Wilgotność jest również utrzymywana na niższym poziomie – waha się w przedziale od 40% do 60% (Baczyńska i Lorenc, 2012).



Rys. 5. Kompleks Eden Project (www.edenproject.com)
Fig. 5. Eden Project complex

Biom zewnętrzny

Trzecim biometem jest biomet zewnętrzny będący jednocześnie łącznikiem między pozostałymi elementami kompleksu Eden. Na jego obszarze spotkać można roślinność występującą na terenie Kornwalii. Część ta ma przede wszystkim pokazać kontrast pomiędzy obecnym zagospodarowaniem terenu – ogrodami z ogromną różnorodnością roślin, a krajobrazem zniszczonego górnictwem terenu z bardzo wąskim spektrum gatunkowym. Pokazuje on, jak ludność Kornwalii wykorzy-

stywała obecne wtedy rośliny do produkcji leków, żywności oraz paliwa. Na obszarze biometu zewnętrznego zaobserwować można wyolbrzymione figury owadów (pszczoły) – jest to zabieg mający na celu zwrócenie uwagi turystów na ich rolę w ekosystemie oraz na fakt, iż jest ona często bagatelizowana. Obraz ten jeszcze szczególnie adresowany do młodszej części odwiedzających. Kolejną rzeczą mającą zwrócić uwagę na problemy środowiskowe jest wysoka na kilka metrów rzeźba zrobiona całkowicie z odpadów, która opisana jest informacjami na temat ilości produkowanych przez ludzkość



Rys. 6. Kompleks Eden Project
Fig. 6. Eden project complex

odpadów oraz negatywnego wpływu wciąż postępującego konsumpcjonizmu (Baczyńska i Lorenc, 2012).

Innowacyjność projektu Eden

Eden Project można uznać za jedyny w swoim rodzaju pod względem innowacyjności w zagospodarowaniu terenów poeksploatacyjnych. Jest pierwszym na taką skalę ogrodem botanicznym powstałym na terenie dawnego wyrobiska kopalni odkrywkowej. Projektantom z powodzeniem udało się połączyć sporych rozmiarów ogrody botaniczne z placówką edukacyjną, w której odwiedzający mają możliwość poznania egzotycznych roślin oraz problemów związanych z ciągłą degradacją środowiska naturalnego wynikającą z działalności człowieka. Przykładem zbliżonym do Projektu Eden o walorach edukacyjno-rekreacyjnych może być Jurapark „Krasiejów” zbudowany w dawnym wyrobisku złoża gliny oraz ilów, położony w okolicach Opola. W roku 1993 na obszarze wyrobiska w wyniku badań paleontologicznych odkryto sporą ilość okazów skamieniałości płazów oraz gadów ery mezozoicznej. Dzięki tym znaleziskom wybudowana została placówka rekreacyjno-edukacyjna, w skład której wchodzi muzeum oraz park rozrywki. Dowiedzieć można się tam o historii stworzeń prehistorycznych w tym *Silesaurus opolenis* – formy dinozaura, która odkryta w Polsce została jedynie na terenie Krasiejowa (www.juraparkkrasiejow.pl). Zarówno Eden Project jak i Jurapark Krasiejów powstały na terenie dawnych terenów eksploatacji glinów oraz ilów, są również placówkami edukacyjno-rekreacyjnymi, lecz kornwalijski projekt jest w znacznym stopniu bardziej zaawansowany technicznie. Jest to jedyny obiekt na świecie wybudowany w procesie rekultywacji, w którym jako zamiennik szkła zastosowano Tefzel. Kolejnym czynnikiem decydującym o

innowacyjności projekt są technologie konstrukcyjne (Tri-Hex-Net) oraz pomysł przyjęcia kopuł geodezyjnych jako kształtu szklarni. Dzięki temu obiekt cechuje stabilność oraz wytrzymałość konstrukcji przy jednoczesnym ograniczeniu ilości kolumn oraz wsporników. Na uwagę zasługuje również fakt, iż cały kompleks jest samowystarczalny, jeżeli chodzi o energię oraz obieg wody. Obecnie ogród botaniczny zasilany jest energią wytwarzaną przez turbiny wiatrowe oraz energią słoneczną pozyskiwaną dzięki panelom słonecznym umieszczonym na dachu części The Core. Planowane jest również stworzenie elektrowni geotermalnej mającej produkować energię na poziomie 5-7 MW z czego 3-4 MW przeznaczone będą do zasilania kompleksu, a pozostała produkowana energia przeznaczona będzie dla regionu (www.edenproject.com). Zastosowany zamknięty obieg wody jest rozwiązaniem innowacyjnym w kontekście samowystarczalności, zmniejszenia zużycia oraz kosztów związanych z użyciem wody. Wykorzystując angielski klimat woda, której źródłem są opady atmosferyczne zbierana jest, a następnie wykorzystywana w obiekcie w obiegu zamkniętym. Inwestycja jako jedyna na świecie w takiej skali jest jedynym w swoim rodzaju ogrodem botanicznym na terenie dawnej kopalni odkrywkowej oraz dodatkowo jest szeroko rozwiniętą placówką edukacyjną propagującą zagadnienia ekologii i ochrony środowiska. Można tam poznać egzotyczne gatunki roślin, występujące na innych kontynentach, ich cechy, zastosowania oraz warunki, w których występują naturalnie. Ostatnim czynnikiem decydującym o innowacyjności projektu Eden jest jego wpływ na obszar Kornwalii – pierwotnie biedny region ze stosunkowo wysokim stopniem bezrobocia. Projekt ten dostarczył miejsc pracy dla lokalnej ludności, wzbogacając przy tym hrabstwo, zarówno finansowo jak i kulturowo (obecność zwiedzających z całego świata).

Literatura

- [1] Baczyńska E., Lorenc W.M., Eden Project – the Cornwall Peninsula peculiarity, *Geoturystyka* 1-2 (28-29), 2012, str. 23-36
- [2] Smit T., Kendle A., *The Eden Project*, Eden Project, Bodelva, Par, UK PL24 2SG United Kingdom, 2001
- [3] Bielecka M., Król-Korczak J., Hybrid expert system aiding design of post-mining regions restoration, *Ecological Engineering* 36, 2010, str. 1232-1241
- [4] Kirkwood Ch., Everett P., Ferreira A., Lister B., Stream sediment geochemistry as a tool for enhancing geological understanding: An overview of new data from south west England, *Journal of Geochemical Exploration* Volume 163, 2016, str. 28-40
- [5] Earlie C., Masselink G., Russel P., The role of beach morphology on coastal cliff erosion under extreme waves, *Earth Surface Processes and Landforms* Volume 43, 2017, str. 1213-1228
- [6] <https://www.kidsandcompass.com>
- [7] <https://www.edenproject.com>
- [8] <https://www.bgs.ac.uk/downloads/start.cfm?id=2608>
- [9] <https://www.juraparkkrasiejow.pl>
- [10] <http://projectbritain.com>
- [11] <https://www.metoffice.gov.uk>
- [12] <http://www.geographyrocks.org>
- [13] https://www.cornwalls.co.uk/history/industrial/china_clay.htm