

Streszczenie

Zmiany klimatyczne są jednym z najbardziej palących problemów współczesnego świata. ONZ i 196 krajów członkowskich zobowiązało się do ograniczenia wzrostu średniej temperatury na świecie do 2°C w porównaniu z poziomem przedprzemysłowym. W związku z tym, że emisja CO₂ jest najbardziej znaczącym czynnikiem przyczyniającym się do zmian klimatu, istnieje rosnąca potrzeba przyjęcia strategii ograniczenia emisji dwutlenku węgla w przemyśle cementowym, który odpowiada za około jedną czwartą wszystkich przemysłowych emisji CO₂ na świecie. Wskaźniki zaadoptowania takich strategii w cementowniach pozostają jednak stosunkowo niskie w porównaniu z innymi gałęziami przemysłu. Niniejsza praca doktorska prezentuje narzędzie wspomagania decyzji, bazujące na jednej z metod symulacyjnych, tj. metodzie Dynamiki Systemów, która jest podejściem charakteryzującym się naciskiem na identyfikowanie związków przyczynowo-skutkowe i pętli sprzężenia zwrotnego. Skonstruowany model wypełnia istniejącą lukę badawczą, kładąc nacisk na uwarunkowania dla konkretnych cementowni i integrację wielu wzajemnie na siebie oddziałujących strategii ograniczenia emisji CO₂ w przemyśle cementowym, takich jak substytuowanie klinkieru, ekologiczne wytwarzanie energii, paliwa alternatywne, wychwytywanie węgla w procesie technologicznym i poprawa wydajności procesów. W przeciwieństwie do poprzednich badań, które kładły nacisk na modelowanie przemysłu cementowego jako całości, model opracowany w tym badaniu pomaga w identyfikacji optymalnych kombinacji strategii istotnych dla konkretnej cementowni w warunkach rynku regionalnego. Pozwoli to nie tylko na zidentyfikowanie finansowo zrównoważonych strategii dla konkretnej cementowni, ale także umożliwi decydentom zbadanie i przetestowanie wpływu wybranej opcji na rozwój konkretnej cementowni. W celu wykazania użyteczności modelu, dane rzeczywiste zebrane z referencyjnej cementowni w Indiach zostały wykorzystane do przeprowadzania eksperymentów dla różnych kombinacji strategii ograniczania emisji CO₂ w ramach różnych scenariuszy. Wyniki zostały następnie analizowane w celu określenia najbardziej odpowiedniego podejścia w ramach każdej strategii. Dodatkowo, badane strategie zostały przetestowane przy uwzględnieniu możliwości wykorzystania zebranego podatku węglowego na dotacje związane z redukcją emisji.

Abstract

Climate change is one of the most pressing concerns in the world today, with UN and 196 member countries pledging to limit the rise in average global temperatures to 2 °C when compared to pre-industrial levels. With CO₂ emissions being the most significant contributor to climate change, there is an increasing need for adoption of mitigation strategies in the cement domain, which accounts for about a quarter of all industrial CO₂ emissions in the world. Despite the availability of several potent mitigation strategies, the adoption rates in the cement domain have remained relatively low when compared to other domains. For fostering faster adoption rates of CO₂ mitigation in the cement domain and improve their compliance in the global fight against climate-change, this study develops a decision support tool using system dynamics, which is a simulation modelling approach characterised by its emphasis on cause-and-effect relationships and feedback loops. The model constructed during this study bridges the gaps in existing studies in the cement domain by emphasising on individual cement plants and integration of multiple interacting mitigation strategies relevant to the cement domain such as clinker substitution, green captive power generation, alternative fuels, carbon capture and efficiency improvements. Unlike the previous studies which emphasised on modelling the cement industry as a whole, the model developed in this study assists in identifying the optimal combinations of mitigation strategies relevant to a specific cement plant under the regional market conditions. This would not only allow the cement plant stakeholders to identify the financially sustainable mitigation

strategies for their specific plant, but would also enable policymakers to investigate and experiment the impact of policy on specific cement plants. The model allows the cement plant stakeholders to strategize their approach for compliance in CO₂ emission reduction requirements. For demonstrating the utility of the model, real world data collected from a reference cement plant in India is used for running experiments for various combination of CO₂ mitigation strategies under different policy scenarios. The results are then analysed to identify the most suitable approach under each strategy, and their respective payback periods are calculated. Additionally, experimental policies are drafted and tested for optimal utilisation of collected carbon tax for subsidies related to emission reduction.