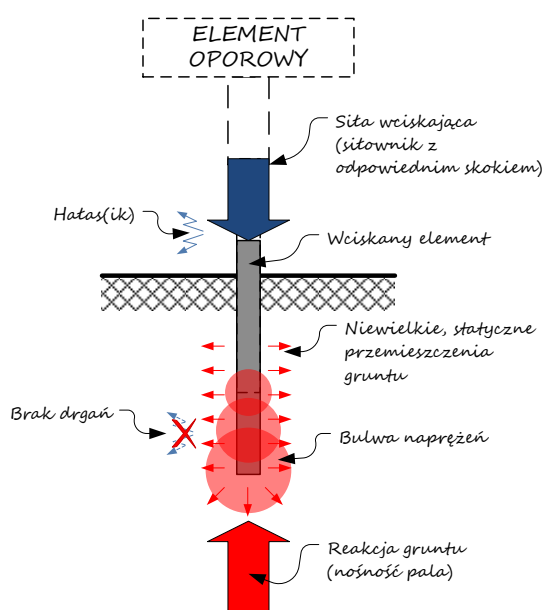


Dariusz SOBALA, dr inż.
Zakład Dróg i Mostów, Politechnika Rzeszowska
Pracownia Projektowa Aarsleff Sp. z o.o.

WCISKANE PALE I PALISADY STALOWE. TECHNOLOGIA I PRZYKŁADY JEJ WYKORZYSTANIA

1. Wprowadzenie

Podstawowymi technologiami pogrążania lub/i formowania pali w gruncie są wbijanie, wibrowanie, wiercenie i wkręcanie. O tych technologiach wiemy stosunkowo dużo i pozwala to na ich szerokie praktyczne wykorzystanie. Nie wyczerpują one jednak wszystkich możliwości jakimi współcześnie dysponujemy. Uzupełnia je znakomicie technologia wciskania pali będąca przedmiotem tego referatu. Jest to technologia zdecydowanie mniej znana i rzadziej stosowana. W ostatnich latach rozwija się jednak bardzo intensywnie stając się atrakcyjną alternatywą i uzupełnieniem dla innych technologii palowych w robotach realizowanych w trudnych warunkach, szczególnie w rejonach silnie zurbanizowanych.



Rys. 1. Idea technologii wciskania



Fot. 1. Współczesny przykład wykorzystania technologii wciskania do wykonania palisady w trudnych warunkach - Warszawa, ul. Dźwigowa (z archiwum Aarsleff Sp. z o.o.)

2. Technologia wciskania

Technologia wciskania pali była opisywana w polskim piśmiennictwie technicznym od początku lat 80-tych XX w. Wzmacnianiem prefabrykowanymi palami wciskanymi fundamentów budynków zajmował się m.in. Sułkowski (1980), a mostów Kłosiński i Niemierko (1999). Podstawowe zasady jednej ze współczesnych technologii wciskania grodzic stalowych wykorzystywanej dla nowo budowanych trwałych i tymczasowych fundamentów i konstrukcji oporowych omówione zostały w publikacji autora referatu (Sobala i Sahajda, 2006). Liczba publikacji polskojęzycznych na temat technologii wciskania jest jednak wciąż bardzo krótka, co wpływa na ograniczoną popularność i zakres stosowania w kraju tej bardzo atrakcyjnej technologii.

W innych krajach zakres wykorzystania technologii wciskania zależy od rozwoju i dostępności nowoczesnych i wydajnych urządzeń, tradycji oraz lokalnych uwarunkowań prawnych lub/i społecznych kraju lub/i regionu. Nieprzypadkowo na dużą skalę technologia ta wykorzystywana jest w Japonii, którą nawiedzają liczne trzęsienia ziemi i w której państwo i społeczeństwo wykazują bardzo niski poziom tolerancji dla drgań i hałasu towarzyszącego działalności budowlanej (choć paradoksalnie obiekty budowane w Japonii są z reguły na drgania odporne).

Na schemacie powyżej pokazano ogólną ideę technologii wciskania, która wykorzystuje na różne sposoby: **wciskany pał, siłownik hydrauliczny i blok oporowy**. Wciskaniu towarzyszy statyczne przemieszczenie gruntu, którego zakres zależy od rozwiązania konstrukcyjnego pala oraz siły i głębokości pogrążania. Technologia jest bardzo cicha i praktycznie nie powoduje powstawania drań. Poniżej omówiono współcześnie wykorzystywane warianty technologiczne metody wciskania, które z reguły są konkurencyjne wobec siebie i jednocześnie wzajemnie się uzupełniają, poszarzając tym samym zakres możliwych zastosowań.

Wariant 1. Pal wciskany od góry przy wykorzystaniu istniejącego, trwałego bloku oporowego

Jednym z pierwszych zastosowań technologii wciskania było wzmocnianie fundamentów przy użyciu krótkich i sztukowanych w trakcie wykonania robót pali prefabrykowanych rurowych stalowych lub betonowych wciskanych przy użyciu niewielkiego siłownika hydraulicznego z wykorzystaniem wzmocnianego fundamentu jako bloku oporowego (rys. 1). Aby wykonać podbicie fundamentu w ten sposób wystarczy stosunkowo wąski wykop na głębokość ok. 0,8m pod fundamentem. W wykopie ustawia się pierwszy odcinek pala i wciska go siłownikiem hydraulicznym zapierając się o istniejący fundament. Po wciśnięciu pierwszego odcinka pala, nakłada się na niego kolejny, łączy z poprzednim i wciska w ten sam sposób, powtarzając opisany cykl technologiczny, aż do osiągnięcia wymaganej siły wciskającej lub projektowanej rzędnej spodu pala. Pozostałą szczelinę wypełnia się (klinując kolejny odcinek pala prefabrykowanego lub betonem wylewanym na mokro po uprzednim, tymczasowym za stabilizowaniu układu pal/fundament). Szczegółowy opis tego wariantu wykorzystania technologii wciskania wraz licznymi rysunkami i przykładami można znaleźć w publikacji Kłosińskiego i Niemierko (1999). Zakres stosowalności tej metody jest ograniczony do istniejących fundamentów, z reguły obciążonych wyłącznie siłami pionowymi. Wykorzystanie metody wiąże się z niskimi kosztami mobilizacji. Potrzebne urządzenia nie są drogie i mają niewielkie gabaryty, co skutkuje niewielkimi wymaganiami w zakresie skrajni roboczej. Jest to metoda mało skomplikowana. Nie jest jednak szybka i wydajna - charakteryzuje się dużą pracochłonnością. Przy jej wykorzystaniu łatwo jest jednak osiągnąć zaplanowany, w pełni kontrolowany efekt wzmocnienia. Każdy wciśnięty pal ma określoną nośność.

Wariant 2. Pal wciskany „od dołu” z wykorzystaniem tymczasowego, mobilnego bloku oporowego.

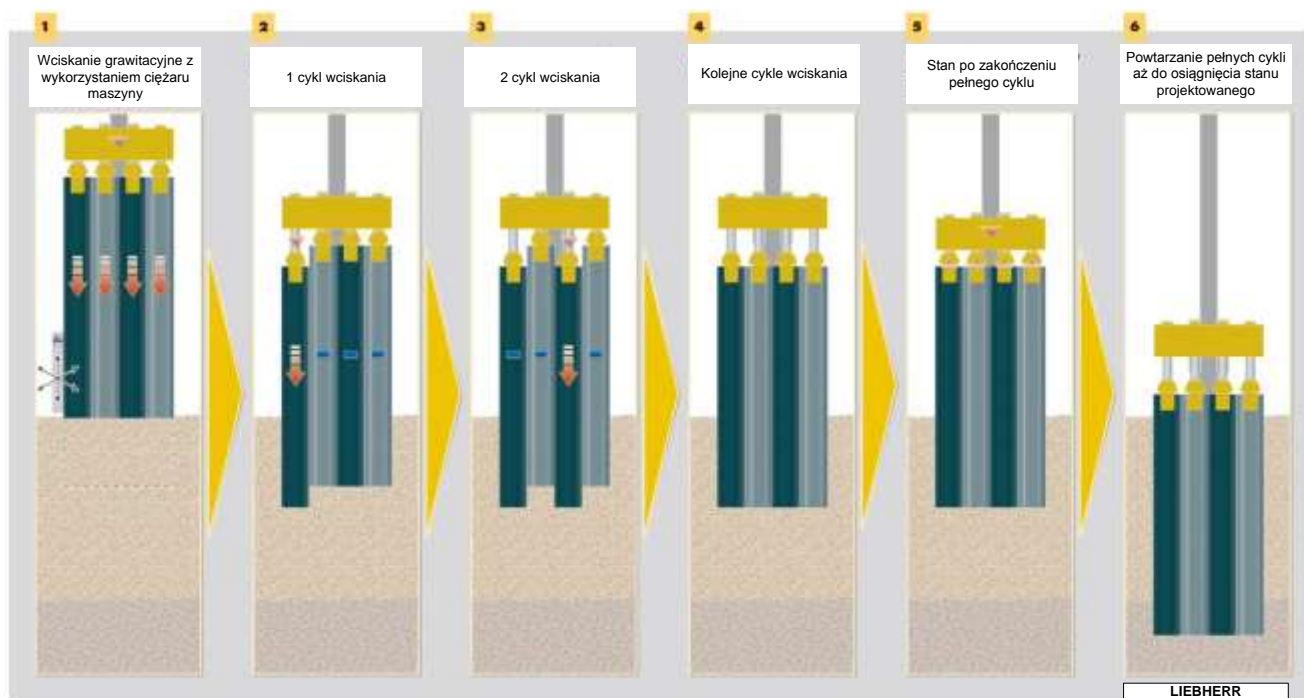
W przypadku pali i palisad w obiektach nowo budowanych wykorzystanie podobnego wariantu technologicznego wciskania (pal/siłownik/blok oporowy) jest również możliwe i w praktyce realizowane. Z reguły pal jest jednak wciskany siłownikami hydraulicznymi przelotowymi zaczepionymi w dolnej części wciskanego prefabrykatu. Realizacja robót według tego wariantu wymaga zbudowania lub dostarczenia na plac budowy tymczasowego bloku oporowego oraz przemieszczania go w trakcie robót z pala na pal. Jako mobilne bloki oporowe wykorzystywane są specjalne, bardzo ciężkie i dodatkowo balastowane urządzenia. Urządzenia te mają siłowniki hydrauliczne zlokalizowane w centralnej części lub na krawędzi. Oczywiście jest, że lokalizacja siłowników w centralnej części bloku oporowego umożliwia bardziej efektywne, pełne wykorzystanie ciężaru balastu do wciskania pala. Urządzenia z siłownikami na krawędzi pozwalają jednak na realizację robót w znacznie mniejszej odległości od obiektów sąsiednich lub granicy terenu robót, co powoduje mniejszą, choć wciąż dużą wrażliwość metody na ograniczenia skrajni roboczej. Generalnie jednak dla zapewnienia wysokiej efektywności wciskania (duże nośności lub głębokości pogrążania) potrzebne są urządzenia o znacznym ciężarze całkowitym (wielokrotnie większym od stosowanych powszechnie palownic/kafarów), a co za tym idzie najczęściej o bardzo dużych gabarytach. Zwiększa to znacznie koszty mobilizacji sprzętu, ogranicza jego mobilność i możliwy zakres wykorzystania. Ograniczenia dotyczą: (1) maksymalnej nośności poszczególnych pali, (2) braku możliwości zróżnicowania poziomów głowic pali, (2) nośności, lokalizacji i ukształtowania platformy roboczej i (3) wspomnianej skrajni roboczej. Zaletą jest stosunkowo duża wydajność, możliwość pogrążania pali niezależnie od siebie oraz możliwość określenia nośności statycznej każdego z wciśniętych pali. W związku z tym, że wciskane są gotowe prefabrykaty oszczędności szuka się z reguły na zwiększaniu wydajności i realizowanej na bieżąco optymalizacji rozstawów pali o określonej wcześniej długości i znanej nośności.

Wariant 3. Pal wciskany „od góry” z wykorzystaniem ciężaru urządzenia oraz nośności na wyciąganie wciskanych obok pali

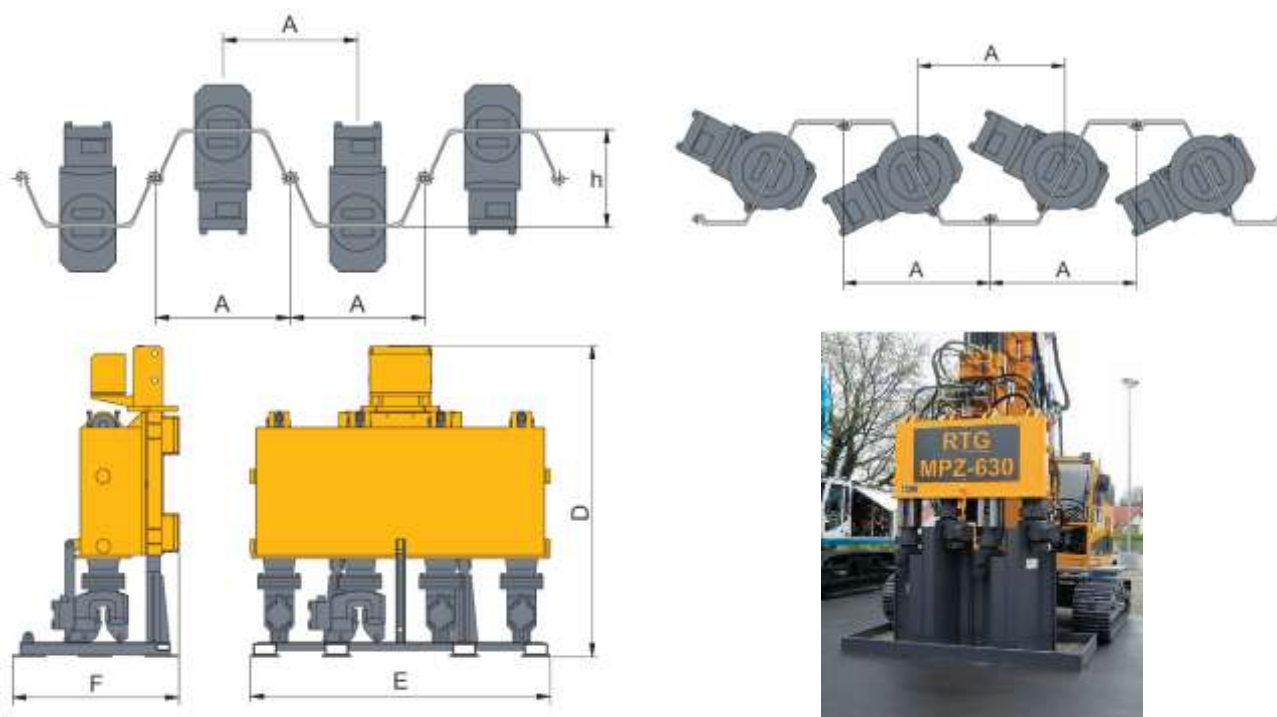
W kolejnym alternatywnym wariantcie technologii wciskanie realizowane jest przy użyciu palownicy/kafara i specjalnego modułu/urządzenia hydraulicznego zamontowanego na maszcie w sposób analogiczny jak wibrator. Jednak zamiast wibrować moduł wciska grodzie wykorzystując mechanizm pokazany na rys. 2.

W początkowej fazie wciskania realizowanego „od góry” do wciśnięcia pakietu grodzie wykorzystywany jest ciężar palownicy/kafara z modułem wciskającym. W miarę zwiększania głębokości pogrążania pakietu grodzie do wciśnięcia pojedynczego profilu w coraz większym stopniu wykorzystywana jest nośność na wyciąganie pozostałych grodzie w pakiecie. Ta wersja metody pozwala w łatwy sposób różnicować poziom korony wciskanej ściany. Wciskany jest jednocześnie pakiet czterech brusów, co ułatwia właściwe prowadzenie ściany. Omawiany wariant technologiczny metody wciskania ma jednak również liczne ograniczenia/wady: długość wciskanych grodzie ograniczona jest długością masztyu pomniejszoną o wysokość modułu wciskającego, wciskane grodzie muszą być na tyle sztywne, aby w początkowej fazie wciskania przy dużej długości swobodnej nie ulec wyboczeniu w wyniku działania siły wciskającej, niezbędna jest duża skrajnia pionowa i pozioma pozwalająca na swobodną pracę palownicy/kafara z modułem wciskającym, istotne problemy występują przy wykonywaniu naroży przy ograniczeniach skrajni poziomej (np. w sąsiedztwie obiektów zlokalizowanych bezpośrednio za ścianami naroża), metoda jest stosunkowo wrażliwa na zaleganie przeszkód w gruncie, a zastosowanie metod wspomagania pogrążania wymaga z reguły zastosowania dodatkowych jednostek sprzętowych lub szybkiego przebrojenia palownicy/kafara. W tym wariantcie możliwe jest szybkie wykonanie prostej geometrycznie palisady z grodzie stalowych w mało skomplikowanych warunkach

gruntowych (z reguły w gruntach o małej i średniej nośności) i przy braku silnych obostrzeń dla skrajni roboczej. Zmiana każdego z wymienionych wyżej, korzystnych warunków realizacji robót powoduje liczne utrudnienia, spadek wydajności, a w ostateczności brak możliwości realizacji robót. Niewątpliwą zaletą tego wariantu technologicznego jest możliwość wykorzystania standardowych palownic/kafarów i wyposażenie ich jedynie w dodatkowy osprzęt do wciskania.



Rys. 2. Wciskanie grodzic przy użyciu modułu wciskającego zawieszono na maszcie palownicy/kafara (wykorzystano materiały informacyjne dotyczące systemu wciskania firmy Liebherr)



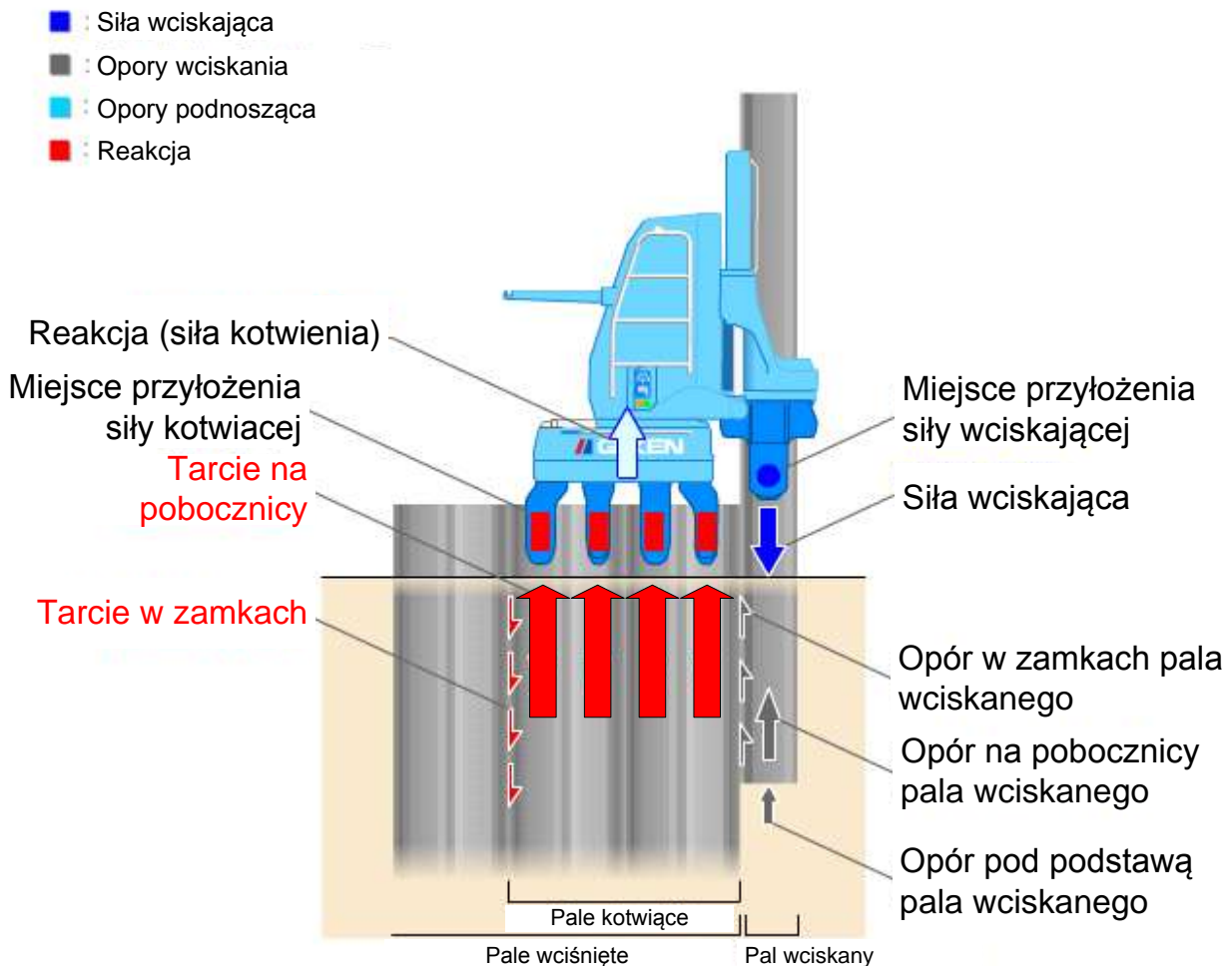
Rys. 3. Analogiczny system wciskania grodzic firmy Bauer (wykorzystano materiały informacyjne firmy Bauer <http://www.rtg-rammtechnik.de>)

Wariant 4. Pal wciskany „od dołu” z wykorzystaniem modułu startowego, ciężaru urządzenia oraz nośności na wyciąganie wciśniętych wcześniej grodzic

Innym, zdaniem autora, najbardziej uniwersalnym wariantem metody wciskania jest wykorzystanie urządzeń typu „silent piler”, czyli samodzielnych urządzeń hydraulicznych wciskających kolejne pale prefabrykowane wykorzystując nośność na wyciąganie (siłę kotwienia) wcześniej pograżonych na pełną głębokość pali/grodzic

(rys. 4). Urządzenie kroczy po wciśniętej wcześniej palisadzie, a zatem nie wymaga przygotowania platformy roboczej. W rozbudowanym wariantach technologicznych po tej samej palisadzie może kroczyć dźwig niezbędny do obsługi urządzenia (podawanie prefabrykatów pali) oraz odbywać się transport wciskanych elementów. Systemy takie są prawie samowystarczalne, co powoduje, że mogą realizować roboty w warunkach niedostępnych dla innych technologii. Skrajnia pozioma takiego urządzenia jest niewielka (w skrajnym przypadku urządzenie jednostronnie nie wymaga w ogóle skrajni poziomej). Nie ma również ograniczeń związanych z długością wciskanych elementów (wykorzystywany jest siłownik hydrauliczny przelotowy). Jedynym problemem wydaje się start urządzenia, który odbywa się najczęściej z modułu startowego balastowanego materiałem używanym następnie do wciskania oraz konieczność zachowania ciągłości palisady (po wciśnięciu ciągłej palisady można jednak „wrócić” do jej początku wyciągając z gruntu zbędne elementy lub obracając urządzenie na bieżąco demontować zbędne elementy). Urządzenia tego typu umożliwiają również (w specjalnych wersjach) wciskanie profili pochylonych.

Urządzeniami tego typu wciska się grodzice typu U i Z, pojedyncze i sparowane, rury stalowe, kształtowniki typu H, grodzice żelbetowe i pale prefabrykowane żelbetowe lub sprężone. W zależności od potrzeb urządzenie może zostać wyposażone lub doposażone w moduły umożliwiające podpłukiwanie lub podwiercanie pograżanych elementów, przez co stosowanie metod wspomaganie staje się niezwykle proste. Wadą tej wersji metody jest wrażliwość na skokowe zmiany poziomu korony palisady, co powoduje konieczność obcinania elementów, których z jakichś względów nie udało się pograć na zaprojektowaną głębokość lub sztukowania wciśniętych elementów, jeśli konieczna jest zmiana na wyższy poziom z którego realizowane jest wciskanie.



Rys. 4. Mechanizm wciskania wykorzystywany w urządzeniach typu „silent piler” firmy Giken

Dalsza część referatu oparta jest na doświadczeniach wykorzystania właśnie tej wersji technologii wciskania pali i grodzic.



Rys. 5. Trzy podstawowe wersje urządzenia do wciskania grodzic stalowych firmy Giken (od lewej: urządzenie z głowicą do podwiercania, dalej z modułem do podplukiwania oraz w wersji podstawowej)

3. Kryteria wyboru technologii wciskania

Wybór technologii palowej w warunkach lokalizacji inwestycji zależy od wielu czynników, które generalnie można podzielić na techniczne i ekonomiczne.

Do najważniejszych czynników technicznych można zaliczyć rodzaj konstrukcji (trwała lub tymczasowa), przeznaczenie konstrukcji (fundament palowy lub/i konstrukcja oporowa), warunki gruntowo-wodne, obciążenia (wciskanie/wyciąganie lub/i obciążenia boczne), potencjalną nośność konstrukcji i możliwość jej kontroli oraz oddziaływanie robót (drżania, hałas, zanieczyszczenia) i rozwiązania konstrukcyjnego na otoczenie (np. spiętrzenie/obniżenie poziomu wód gruntowych).

Równie ważne, po pozytywnym rozstrzygnięciu kwestii technicznych, są koszty: zakupu materiałów, mobilizacji, realizacji robót (w tym koszty społeczne), użytkowania, rozbiórki i recyklingu konstrukcji po zakończeniu okresu użytkowania, a także elastyczność rozwiązania konstrukcyjnego (zdolność do przebudowy lub/i zmiany funkcji użytkowych), jak również bilans energetyczny konstrukcji oraz ślad jaki odciska ona na środowisku naturalnym (np. poprzez emisję CO₂). Wszystkie te zagadnienia ujmują współczesna koncepcja zrównoważonego rozwoju. Zagadnienie budownictwa zrównoważonego jest niezmiernie szerokie i zasługuje na osobny referat. Na potrzeby omawiania technologii wciskania pali i palisad stalowych przytoczone zostaną jedynie wybrane wyniki badań, które należy potwierdzić w ramach konkretnego projektu.

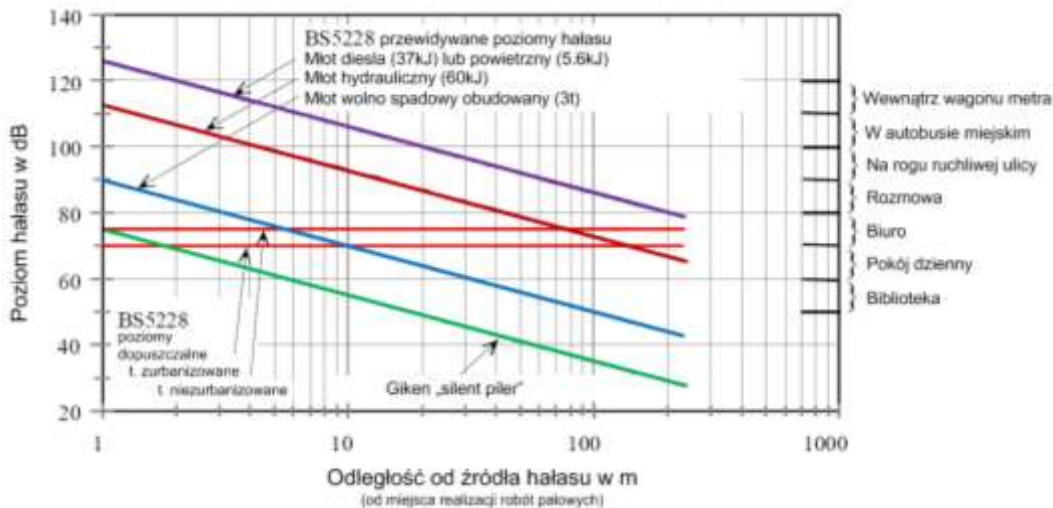
Warto podkreślić, że aspekt ekonomiczny powinien decydować o wyborze technologii po spełnieniu przez nią jasno sformułowanych (w projekcie) wymagań technicznych. W projektach budowlanych należy kłaść nacisk właśnie na wymagania i warunki realizacji robót, których spełnienie gwarantuje osiągnięcie zakładanego celu jakim jest wykonanie konstrukcji optymalnej technicznie i ekonomicznie, a jednocześnie trwałej, funkcjonalnej i przyjaznej dla środowiska w całym cyklu życia.

Hałas. Jednym z ważnych, w naszym kraju wciąż niedocenianych, czynników doboru technologii jest hałas generowany w trakcie realizacji robót. Poniżej (tab. 1) zestawiono wyniki pomiarów poziomów hałasu tła i generowanych przez różne maszyny i urządzenia budowlane.

Po nałożeniu poziomów hałasu z wybranych źródeł na wykres uzależniający je od odległości od źródła otrzymujemy czytelne zakresy stosowalności poszczególnych technologii w zależności od przyjętych poziomów dopuszczalnych i charakterystyki terenów sąsiednich (rys. 6).

Tabela 1. Poziomy hałasu tła i generowanego przez maszyny i urządzenia budowlane

Środowisko	Odległość od źródła hałasu	Poziomy hałasu (dB)	Pozycja piśmiennictwa
Hałas środowiskowy			
Wnętrze wagonu metra	-	90÷100	(Selby, 1997)
Wnętrze autobusu miejskiego	-	80÷90	(Selby, 1997)
Skrzyżowanie ruchliwych ulic	-	70÷80	(Selby, 1997)
Ruchliwa ulica	7m	85	(Gwizdała, 2007)
Rozmowa	-	60÷70	(Selby, 1997)
Rozmowa	7m	55÷63	(Gwizdała, 2007)
Biuro	-	50÷60	(Selby, 1997)
Pokój dzienny w podmiejskiej dzielnicy mieszkaniowej	-	40÷50	(Selby, 1997)
Biblioteka	-	30÷40	(Selby, 1997)
Głośne radio	7m	70	(Gwizdała, 2007)
Dzielnica mieszkaniowa (poziom stały)	7m	35	(Gwizdała, 2007)
Kafary			
Młot diesla podwójnego działania (37kJ)	u źródła	135	(BS 5228)
Młot powietrzny podwójnego działania (5.6kJ)	u źródła	134	(BS 5228)
Młot hydrauliczny wolno spadowy (60kJ)	u źródła	121	(BS 5228)
Młot hydrauliczny	7m	85÷110	(Gwizdała, 2007)
Młot wolnospadowy	7m	90÷115	(Gwizdała, 2007)
Młot wolno spadowy w obudowie tłumiącej (3t)	u źródła	98	(BS 5228)
Kafar Hitachi 125 z młotem Uddcomb H6H i osłoną hałasu	25m	75	Aarsleff (Gwizdała, 2007)
Inne maszyny i urządzenia budowlane			
Dźwig gąsienicowy	7m	100	(Gwizdała, 2007)
Młot pneumatyczny	7m	90	(Gwizdała, 2007)
Wciskarka hydrauliczna (GIKEN)			
Generator (najgłośniejszy element zestawu)	1m	75	(Selby, 1997)



Rys. 6. Zmiana poziomu hałasu wraz ze wzrostem odległości od miejsca realizacji robót palowych (White i inni, 2002)

Drgania. Jeśli zbiór analizowanych danych uzupełnimy o spodziewane w trakcie prowadzenia robót prędkości maksymalne cząstek gruntu (poziomy drgań), których akceptowalność zależy z jednej strony od okresu realizacji robót palowych, a z drugiej od rodzaju obiektów w bezpośrednim sąsiedztwie i polityki informacyjnej wykonawcy wobec ich użytkowników (rys. 7), uzyskamy podstawy do podjęcia decyzji o wyborze właściwej technologii robót palowych.

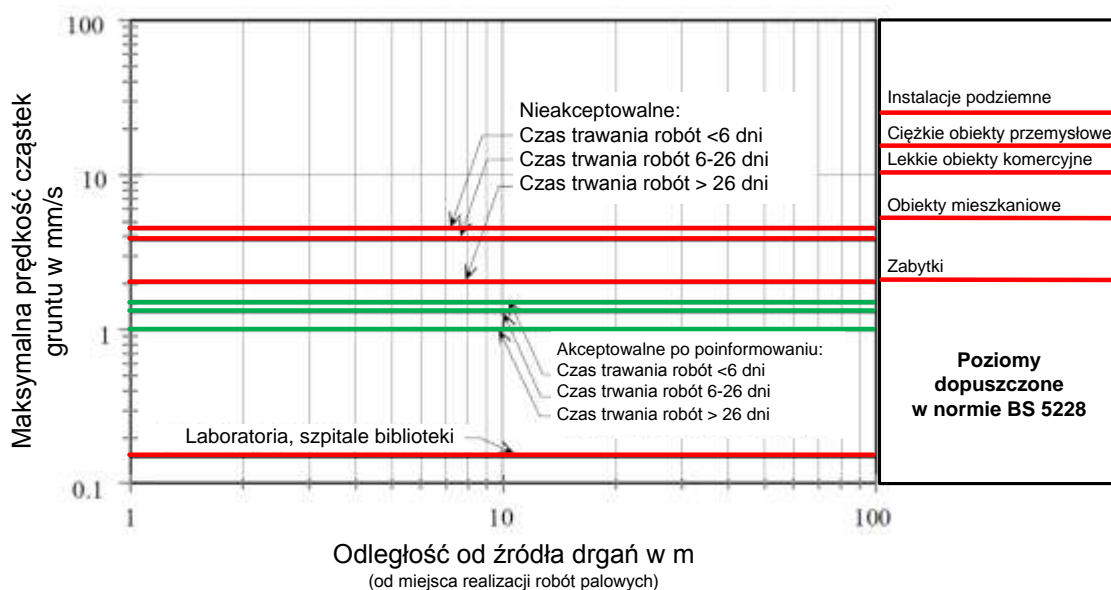
W tabeli 2 przedstawiono porównanie skrajni technologicznych dla wybranych technologii palowych związanych z poziomem generowanych drgań.

Z danych zestawionych w tabeli jasno wynika, że technologia wciskania wypełnia zakres bezpiecznego wykonawstwa robót palowych w bezpośrednim sąsiedztwie obiektów nieosiągalny dla technologii wbijania i wibrowania, pozwalając jednocześnie wykorzystać wszystkie zalety pali przemieszczeniowych. Z tabeli można

również wyciągnąć wniosek, że nie ma technologii w 100% bezinwazyjnych. Maksymalne prędkości cząstek gruntu wzbudzone w trakcie wciskania można oszacować z empirycznej zależności $v \text{ (mm/s)} = 7/r \text{ (m)}$, gdzie r jest odległością punktu pomiaru od szczęk wciskarki (White i inni, 2002). Wartości prędkości uzyskiwane z badań i podanej zależności są od 10 do 50 razy mniejsze od mierzonych w trakcie wibrowania lub wbijania realizowanego w takiej samej odległości od punktu pomiaru.

Tabela 2. Minimalne skrajnie technologiczne dla wybranych technologii palowania i obiektów o różnej wrażliwości na drgania wg EC3 i (White i inni, 2002)

Rodzaj obiektu (wartość graniczna prędkości drgań cząstek gruntu)	Wciskanie	Wbijanie w mocne gliny/piaski średnio zagęszczone		Wibrowanie		
		5kJ/uderzenie	25kJ/uderzenie	2kJ/cykl	10kJ/cykl	50kJ/cykl
Zabytki (2mm/s)	3.50m	26.5m	59m	16m	36m	78m
Mieszkalne (4mm/s)	1.75m	13m	30m	8m	18m	39m
Lekkie komercyjne (10mm/s)	0.70m	5m	12m	3.1m	7m	16m
Ciężkie przemysłowe 15mm/s)	0.50m	3.6m	8m	2.1m	5m	10m



Rys. 7. Poziomy akceptacji drgań w zależności od czasu trwania robót oraz polityki informacyjnej wykonawcy wg EC3 oraz dopuszczalne wg BS 5228 dla różnych rodzajów obiektów (White i inni, 2002)

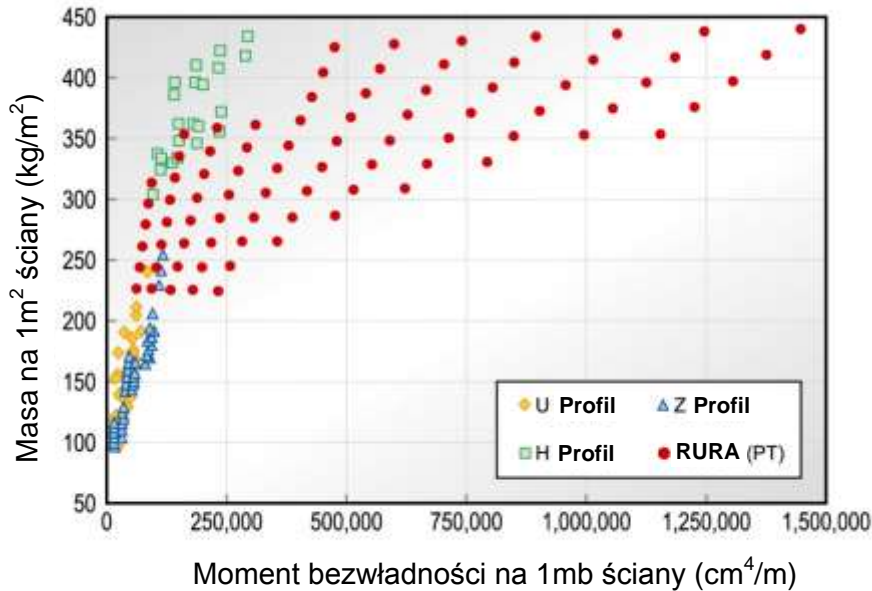
Warto podkreślić, że zarówno w przypadku wbijania, jak i wibrowania pograżalność pali z reguły zwiększa się wraz ze zwiększeniem energii wbijania/wibrowania, co z kolei zwiększa oddziaływania na otoczenie (drgania i hałas). W przypadku wykorzystania technologii wciskania brak jest tego typu bezpośredniego związku przyczynowo-skutkowego, co czyni tę technologię bardziej uniwersalną w terenach silnie zurbanizowanych.

Nie bez znaczenia są również okresy realizacji robót palowych oraz przyjęty system informacyjny na konkretnym projekcie (rys. 7). Poziomy dopuszczalne (lub normowe) maksymalnych prędkości cząstek gruntu powinny być określone dla poszczególnych rodzajów obiektów w zależności od ich wrażliwości na drgania. Mogą być to pojedyncze wartości przypisane do klas obiektów (koncepcja wykorzystywana w normach BS) lub/i krzywe, które dodatkowo uzależniają poziom akceptacji od wzbudzonej częstości drgań (koncepcja wykorzystywana w normach DIN). Najmniej wiarygodna jest koncepcja ograniczenia poziomów drgań bazująca na pojedynczej wartości obowiązującej dla wszystkich obiektów (koncepcja wykorzystywana nieaktualnych z reguły normach serii PN).

Nośność pionowa pali wciskanych. Pale wciskane można projektować w oparciu o wiele powszechnie znanych i wykorzystywanych metod dla pali przemieszczeniowych. Technologia wciskania plasuje pograżone elementy wśród pali o relatywnie wysokich (grunty niespoiste – przemieszczenie gruntu bez efektu dogęszczenia związanego z wibracjami) lub bardzo wysokich (grunty spoiste – przemieszczenie gruntu bez znaczącej degradacji jego struktury) jednostkowych nośnościach granicznych. W przypadku bardzo często wykorzystywanych w tej technologii przekrojów otwartych (grodzice, kształtowniki typu H) lub rurowych z dnem otwartym warto zwrócić uwagę na możliwość kształtowania się i wykorzystania korka gruntowego w rejonie stopy wciskanego elementu. Informacje na ten temat można znaleźć w licznych publikacjach francuskich i niemieckich, a także w kilku polskojęzycznych pozycjach piśmiennictwa.

Kontrola nośności wciskanych elementów (oprócz analogicznej jak dla wszystkich pozostałych pali) możliwa jest na bieżąco, w trakcie realizacji robót palowych przez bezpośredni lub pośredni pomiar siły wciskającej.

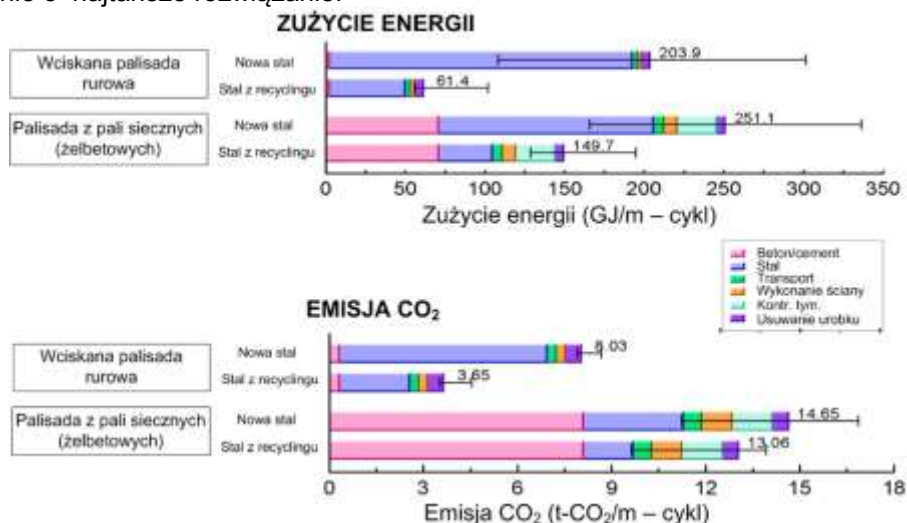
Sztywność palisad wciskanych. Odpowiedzią na ewentualne wątpliwości co do ograniczonej sztywności palisad w wykorzystaniu profili stalowych niech będzie poniższy wykres (rys. 8) prezentujący możliwe do uzyskania w omawianej technologii jednostkowe momenty bezwładności stalowej konstrukcji palisady w zakresie do 1 500 000 cm^4/m .



Rys. 8. Jednostkowe momenty bezwładności stalowej palisady pogrążanej metodą wciskania – zakres możliwych do uzyskania wartości (wykorzystano materiały firmy Giken)

Koszty realizacji robót palowych metodą wciskania. Rozwój metody wciskania skupiony jest przede wszystkim na zwiększaniu wydajności poprzez umożliwienie wciskania większych lub złożonych elementów (np. grodziec podwójnych w miejsce pojedynczych brusek) oraz poszerzeniu asortymentu wciskanych elementów (stalowe/betonowe, pełne, rurowe, otwarte). Wraz z upływem czasu konkurencyjność i możliwości technologii systematycznie rosną.

Tak jak w przypadku wszystkich przedsięwzięć budowlanych o wykorzystaniu technologii decyduje rachunek ekonomiczny poprzedzony analizą akceptowalnych technicznie rozwiązań. W przypadku konstrukcji tymczasowych głównym argumentem za wykorzystaniem technologii wciskania jest możliwość odzyskania wciśniętych elementów. W przypadku konstrukcji trwałych wpływ kosztu materiału może być decydujący. Na etapie projektowania należy jednak analizować wszystkie koszty związane z konstrukcją przez cały okres jej funkcjonowania oraz koszty recyklingu. Nie bez znaczenia są również, wspomniane już, koszty społeczne oraz środowiskowe (energochłonność, emisja CO_2). Dopiero uwzględnienie tego typu kosztów daje prawdziwą odpowiedź na pytanie o najtańsze rozwiązanie.



Rys. 9. Porównanie całkowitego zużycia energii oraz emisji CO_2 dla zabezpieczenia wykupu w technologii palisady stalowej wciskanej i żelbetowej z pali siecznych (źródło: Arup/Giken)

Porównanie kosztów palisady żelbetowej lub ściany szczelinowej ze ścianą wciskaną oparte na takiej pełnej analizie może prowadzić do zaskakujących wniosków i wykazać zasadność wykorzystania konstrukcji stalowych w gruncie i technologii wciskania (rys. 9).

4. Wybrane przykłady

W trakcie prezentacji seminaryjnej pokazane zostaną reprezentatywne przykłady wykorzystania technologii wciskania grodzic i pali, tj.:

- (1) wykonanie obudowy głębokiego wykopu (fot. 3);
- (2) wykonanie trwałej konstrukcji oporowej dla zabezpieczenia uskoku terenu przy nowo budowanej obwodnicy drogowej (fot. 5);
- (3) wykonanie tymczasowego zabezpieczenia czynnego torowiska kolejowego umożliwiającego wykonanie wykopów pod fundamenty budowanego wiaduktu drogowego (fot. 4);
- (4) wykorzystanie technologii wciskania do posadowienia ekranu akustycznego z jednoczesnym zabezpieczeniem uskoku terenu w bezpośrednim sąsiedztwie budynku w złym stanie technicznym;
- (5) wykonanie palisady/przyczółków wiaduktu drogowego budowanego w ciągu użytkowanej ulicy miejskiej z utrzymaniem ciągłości ruchu i w warunkach wrażliwego sąsiedztwa (fot. 7);
- (6) wykonanie konstrukcji oporowej tymczasowej w bezpośrednim sąsiedztwie bardzo wrażliwego obiektu (szpital z czynnym blokiem operacyjnym i oddziałem radiologii) umożliwiającego jego rozbudowę/przebudowę (fot. 10);
- (7) wykonanie zabezpieczenia wykopu w warunkach ograniczenia skrajni od góry (w obiektach budowlanych, pod wiaduktami i w tunelach) (fot. 1);
- (8) wykonanie trwałego zabezpieczenia wykopu stanowiącego jednocześnie trwałą ścianę konstrukcyjną części podziemnej i fundament ścian zewnętrznych apartamentowca (fot. 9);
- (9) zabezpieczenie konstrukcyjne nasypu drogowego w rejonie osuwiska z jednoczesnym tymczasowym zabezpieczeniem wykopu pod głęboki drenaż (fot. 8)

i inne.



Fot. 2



Fot. 3



Fot. 4



Fot. 5



Fot. 6



Fot. 7



Fot. 8



Fot. 9



Fot. 10

Piśmiennictwo

- White D., Finlay T., Bolton M., Bearss G. (2002): Press-in piling: Ground vibration and noise during pile installation. Proceedings of the International Deep Foundations Congress. Orlando, USA. ASCE Special Publication 116 pp. 363-371
- Gwizdała K. (2007): Ekologiczne aspekty projektowania fundamentów na palach. 53 Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN oraz Komitetu Nauki PZITB. Krynica 2007.
- Selby A. R. (1997) "Control of Vibration and Noise During Piling." Brochure publication. BritishSteel, pp12.
- Sułkowski J. Tymczasowe wytyczne wzmocnienia posadowienia budynków palami MEGA. Wydawnictwo Centrum Techniki Komunalnej, Warszawa 1980
- Kłosiński B., Niemierko A.: Wzmocnianie fundamentów palami wciskanymi. Vademecum bieżącego utrzymania i odnowy drogowych obiektów mostowych. Tom 2. Fundamenty i podpory. GDDP, Warszawa 1999
- Sobala D., Sahajda K.: Metoda statycznego wciskania grodzic stalowych. GEOINŻYNIERIA drogi mosty tunele, 01/2006