



PaleZbrojenie 5.0

Instrukcja użytkowania

ZAWARTOŚĆ INSTRUKCJI UŻYTKOWANIA:

1. WPROWADZENIE	3
2. TERMINOLOGIA	3
3. PRZEZNACZENIE PROGRAMU	3
4. WPROWADZENIE DANYCH – ZAKŁADKA DANE	4
5. ZASADY WYMIAROWANIA PRZEKROJU PALA	8
5.1. WYMIAROWANIE ZBROJENIA GŁÓWNEGO	8
5.2. WYMIAROWANIE STRZEMION (SPIRALI)	8
6. WYNIKI OBLICZEŃ – ZAKŁADKA WYNIKI	9
7. PREZENTACJA WYNIKÓW OBLICZEŃ	9
8. WYDRUK WYNIKÓW OBLICZEŃ	11

1. WPROWADZENIE

Program forGeo PaleZbrojenie wersja 5.0 służy do obliczania nośności konstrukcyjnej trzonu żelbetowych pali fundamentowych zgodnie z Eurokodem 2.

2. TERMINOLOGIA

W dalszej części opisu przyjęto następujące skróty:

- program – forGeo PaleZbrojenie wersja 5.0
- Eurokod 2 – PN-EN 1992-1-1:2008/NA:2010 Eurokod 2 – Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.

3. PRZEZNACZENIE PROGRAMU

Program służy do obliczania nośności konstrukcyjnej trzonu żelbetowych pali fundamentowych o przekroju okrągłym i kwadratowym pod działaniem momentu zginającego, siły osiowej (ściskającej lub wyciągającej) i siły poprzecznej (ścinającej) występujących w przekroju pala. Obliczenia przeprowadzane są zgodnie z Eurokodem 2. Program wykonuje obliczenia zbrojenia głównego pala, strzemion (spirali pala) oraz betonowego trzonu pala.

Zbrojenie główne pala wyznaczane jest **wariantowo**. Obliczenia przeprowadzane są jednocześnie dla **różnych średnic prętów zbrojeniowych** (12, 16, 20, 25, 32mm). Program **automatycznie** wyznacza wymaganą liczbę zbrojenia głównego dla różnych średnic prętów zbrojeniowych. Możliwe jest uwzględnienie w obliczeniach wyłącznie parzystej, a także nieparzystej liczby prętów zbrojenia. Dla każdego wariantu zbrojenia prezentowana jest **krzywa nośności konstrukcyjnej trzonu pala**. Dodatkowo wyznaczane są wartości granicznego momentu zginającego oraz granicznych sił osiowych. Podgląd graficzny nośności konstrukcyjnej wraz z zaznaczonymi na wykresie wartościami granicznymi umożliwia optymalny dobór wariantu zbrojenia do analizowanych sił przekrojowych.

Wymiarowanie zbrojenia poprzecznego pala obejmuje natomiast **analizę rozstawu strzemion** (dopuszczalnego skoku spirali) w odniesieniu do wytrzymałości przekroju pala na ścinanie.

Obliczenia betonowego trzonu pala obejmują wyznaczenie strefy ściskanej i rozciąganej w przekroju pala.

Dodatkowo program oblicza **odkształcenia w stali i betonie** dla zdefiniowanych sił występujących w przekroju pala. Wyznaczane są odkształcenia zbrojenia w strefie rozciąganej oraz odkształcenia betonu w strefie ściskanej.

4. WPROWADZENIE DANYCH – ZAKŁADKA DANE

Parametry pala

Parametry pala

Tytuł obliczeń

Kształt przekroju pala

Pal o przekroju okrągłym

Pal o przekroju kwadratowym

Parametry geometryczne pala

Średnica pala m

Otulina zbrojenia 50 mm

Średnica strzemion (spirali) 8 mm

Rozstaw strzemion (skok spirali) 150 mm

Minimalny rozstaw prętów głównych (prześwit pomiędzy prętami) 30 mm

Parametry materiałowe pala

Beton C 25/30 f_{ck} 25 MPa

Stal S 500 f_{yk} 500 MPa

Tytuł obliczeń – tytuł charakteryzujący analizowany przekrój pala.

Kształt przekroju pala

Kształt przekroju pala

Pal o przekroju okrągłym

Pal o przekroju kwadratowym

Należy określić kształt przekroju poprzecznego pala. Możliwe jest wykonanie obliczeń dla pala o przekroju okrągłym (pal formowany w gruncie), a także o przekroju kwadratowym (pal prefabrykowany). W zależności od zdefiniowanego kształtu przekroju pala przyporządkowywane są domyślne parametry geometryczne jak: otulina zbrojenia, średnica strzemion, rozstaw strzemion oraz minimalny rozstaw prętów głównych.

Parametry materiałowe pala

Parametry materiałowe pala

Beton C 25/30 f_{ck} 25 MPa

Stal S 500 f_{yk} 500 MPa

Beton – należy określić klasę betonu trzonu pala. Domyślnie przyjmowana jest klasa betonu C25/30 (B30). Wartość charakterystyczna betonu na ściskanie **f_{ck}** określana jest automatycznie na podstawie wybranej klasy betonu.

Stal – należy określić klasę stali zbrojeniowej. Domyślnie przyjmowana jest klasa stali S500. Wartość charakterystyczna granicy plastyczności stali **fyk** określana jest automatycznie na podstawie wybranej klasy stali.

Współczynniki materiałowe – przycisk umożliwia wyświetlenie współczynników materiałowych dla betonu i stali zbrojeniowej pala.

Współczynniki materiałowe

Współczynniki materiałowe

Współczynnik dla stali

Współczynnik materiałowy dla stali γ_s 1,15

Współczynniki dla betonu

Współczynnik materiałowy dla betonu γ_c 1,40

Współczynnik redukujący dla konstrukcji o wyjątkowym znaczeniu α_{cc} 1,00

Parametry geometryczne pala

Parametry geometryczne pala

Średnica pala m

Otulina zbrojenia mm

Średnica strzemion (spirali) mm

Rozstaw strzemion (skok spirali) mm

Minimalny rozstaw prętów głównych (prześwit pomiędzy prętami) mm

Średnica pala / szerokość boku pala – dla pali o przekroju okrągłym należy określić średnicę pala natomiast dla pali o przekroju kwadratowym należy określić szerokość boku pala.

Otulina zbrojenia – należy określić otulinę zbrojenia pala. Wartość otuliny definiowana jest od krawędzi zewnętrznej pala do krawędzi zewnętrznej strzemion (spirali). Domyślna wartość otuliny zbrojenia dla pali o przekroju okrągłym wynosi 50 mm natomiast dla pali o przekroju kwadratowym 40 mm.

Średnica strzemion (spirali) – należy określić średnicę strzemion (spirali). Domyślna wartość średnicy strzemion dla pali o przekroju okrągłym wynosi 8 mm natomiast dla pali o przekroju kwadratowym 6 mm.

Rozstaw strzemion (skok spirali) – należy określić rozstaw strzemion (skok spirali). Domyślna wartość rozstawu strzemion dla pali o przekroju okrągłym wynosi 150 mm natomiast dla pali o przekroju kwadratowym 200 mm.

Minimalny rozstaw prętów głównych (prześwit pomiędzy prętami) / Rozstaw prętów głównych w narożach (prześwit pomiędzy prętami) – Dla pali o przekroju okrągłym należy określić minimalny dopuszczalny rozstaw pomiędzy prętami zbrojenia głównego. W palu o przekroju okrągłym pręty zbrojenia głównego rozmieszczone są równomiernie po obwodzie pala – tj. w jednakowym rozstawie osiowym, którego domyślna wartość minimalna wynosi 30 mm. Z kolei dla pali o przekroju kwadratowym należy określić minimalny rozstaw prętów głównych w narożach. W palu o przekroju kwadratowym pręty główne grupowane są w narożach pala – domyślna wartość minimalna rozstawu prętów głównych wynosi 25 mm.

Obliczenia zbrojenia pala

Obliczenia zbrojenia pala

<p>Maksymalne siły przekrojowe w palu</p> <p>Moment zginający <input type="text"/> kNm</p> <p>Siła poprzeczna (ściananie) <input type="text"/> kN</p> <p>Siła osiowa (+ ściskanie / – rozciąganie) <input type="text"/> kN</p>	<p>Sposób wyznaczania przekroju zbrojenia</p> <p><input checked="" type="radio"/> Wyznacz automatycznie liczbę prętów</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Tylko parzysta liczba prętów</p> <p><input type="radio"/> Definiuj liczbę prętów</p> <p>Liczba prętów <input type="text" value="8"/> szt.</p> <p>Średnica prętów <input type="text" value="16"/> mm</p>
<p>Zakres obliczeń zbrojenia</p> <p><input checked="" type="radio"/> Obliczenia pełne - szczegółowe parametry zbrojenia</p> <p><input type="radio"/> Obliczenia podstawowe - przekrój zbrojenia</p>	

Maksymalne siły przekrojowe w palu

Maksymalne siły przekrojowe w palu

Moment zginający kNm

Siła poprzeczna (ściananie) kN

Siła osiowa (+ ściskanie / – rozciąganie) kN

Moment zginający – należy określić maksymalny moment zginający w palu.

Siła poprzeczna (ściananie) – należy określić maksymalną siłę poprzeczną występującą w palu (siłę ścinającą w przekroju pala).

Siła osiowa (+ ściskanie / – rozciąganie) – należy określić maksymalną siłę osiową występującą w palu. Wartość dodatnia (definiowana bez znaku plus) oznacza siłę ściskającą w przekroju pala – tj. pal wciskany. Z kolei wartość ujemna (definiowana ze znakiem minus) oznacza siłę rozciągającą w przekroju pala – tj. pal wyciągany.

Zakres obliczeń zbrojenia

Zakres obliczeń zbrojenia

Obliczenia pełne - szczegółowe parametry zbrojenia

Obliczenia podstawowe - przekrój zbrojenia

Możliwe jest przeprowadzenie obliczeń pełnych – obejmujących szczegółowe parametry zbrojenia lub obliczeń podstawowych. Porównanie zakresu obliczeń pełnych i podstawowych przedstawiono poniżej.

Zakres obliczeń zbrojenia pala	Obliczenia pełne	Obliczenia podstawowe
Wykres nośności konstrukcyjnej trzonu pala z graniczną wartością momentu zginającego i siły osiowej: $M_{ult,max}$ – graniczny moment zginający odpowiadający obliczeniowej sile osiowej $N_{ult,nim}$, $N_{ult,max}$ – graniczne siły osiowe odpowiadające obliczeniowemu momentowi zginającemu	✓	✓
Wyniki szczegółowe dla zbrojenia pala: F_{s1} – wypadkowa naprężeń w zbrojeniu rozciągany F_{s2} – wypadkowa naprężeń w zbrojeniu ściskanym Z_{s1} – odległość wypadkowej naprężeń F_{s1} od osi pala Z_{s2} – odległość wypadkowej naprężeń F_{s2} od osi pala ϵ_{s1} – odkształcenia zbrojenia w strefie rozciąganej	✓	✗
Wyniki szczegółowe dla betonu pala: x_{lim} – wysokość strefy ściskanej przekroju F_{c1} – wypadkowa naprężeń ściskających w betonie Z_{c1} – odległość wypadkowej naprężeń F_c od osi pala ϵ_{c1} – odkształcenia betonu w strefie ściskanej	✓	✗

Sposób wyznaczania przekroju zbrojenia

Sposób wyznaczania przekroju zbrojenia

Wyznacz automatycznie liczbę prętów
 Tylko parzysta liczba prętów
 Definiuj liczbę prętów

Liczba prętów szt.
 Średnica prętów mm

Wyznacz automatycznie liczbę prętów – liczba prętów wyznaczana jest przez program automatycznie. Wyniki obliczeń zbrojenia prezentowane są wariantowo dla różnych średnic prętów zbrojeniowych. Należy określić, czy obliczenia obejmują wyłącznie parzystą liczbę prętów zbrojeniowych, czy dopuszcza się także nieparzystą liczbę prętów.

Definiuj liczbę prętów – przekrój zbrojenia pala definiowany jest przez Użytkownika. Należy określić liczbę oraz średnicę prętów zbrojenia pala. W przypadku, gdy zdefiniowane zbrojenie nie spełnia warunku nośności konstrukcyjnej program automatycznie określa minimalną wymaganą liczbę prętów zbrojenia.

5. ZASADY WYMIAROWANIA PRZEKROJU PALA

5.1. WYMIAROWANIE ZBROJENIA GŁÓWNEGO

Do wymiarowania zbrojenia i sprawdzenia nośności konstrukcyjnej trzonu pala w stanie granicznym zastosowano model odkształceniowy – tj. z uwzględnieniem nieliniowych związków pomiędzy odkształceniami a naprężeniami w strefie ściskanej. W modelu tym obowiązują następujące założenia:

1. Prawo płaskich przekrojów zgodnie z zasadą Bernoulliego oznaczającą, że odkształcenia włókien przekroju w obciążonym elemencie są proporcjonalne do ich odległości od osi obojętnej.
2. Równość odkształceń stali zbrojeniowej i odkształceń otaczającego betonu na styku obu materiałów.
3. Brak wytrzymałości betonu na rozciąganie, z uwagi na zarysowanie przekroju.
4. Obliczeniowy związek między odkształceniami a naprężeniami w betonie ściskanym, pozwalający określić rozkłady naprężeń w strefie ściskanej betonu oraz ich wypadkową.
5. Obliczeniowy związek między odkształceniami a naprężeniami w stali zbrojeniowej.

Przekrój pala osiąga nośność graniczną, gdy wystąpi przynajmniej jeden z poniższych warunków:

- Odkształcenia w zbrojeniu rozciągany osiągną wartość graniczną $\varepsilon_s = -10,0 \text{ ‰}$
- Odkształcenia w skrajnym włóknie ściskanym betonu osiągną wartość graniczną $\varepsilon_c = +3,5 \text{ ‰}$
- Odkształcenia we włóknie betonu położonym w odległości $3/7h$ od krawędzi bardziej ściskanej przekroju osiągną wartość $\varepsilon_c = +2,0 \text{ ‰}$

Program prezentuje **krzywą nośności** granicznej trzonu pala z oznaczeniem wartości obliczeniowych występujących w przekroju oraz wartości granicznych momentu zginającego i siły osiowej.

5.2. WYMIAROWANIE STRZEMION (SPIRALI)

Wymiarowania strzemion (spirali) obejmuje analizę porównawczą siły poprzecznej w palu (siły ścinającej) z siłami granicznymi. Analizowane są dwie wartości sił granicznych:

1. Siła graniczna ze względu na zbrojenie $V_{Rd,s}$ – tj. siła, którą mogą przenieść na ścinanie strzemiona ukośne (spirala) osiągając granicę plastyczności.
2. Siła graniczna ze względu na nośność ukośnych krzyżulców betonowych $V_{Rd,max}$ – tj. siła poprzeczna, którą może przenieść przekrój betonowy.

Kąt θ pomiędzy ściskanym krzyżulcem betonowym a osią podłużną pala (prostopadłą do siły poprzecznej) wyznaczany jest w zależności od siły poprzecznej, przyjmując wartość z przedziału $26,6^\circ \div 45,0^\circ$. Program dokonuje sprawdzenia, czy zdefiniowany przez Użytkownika rozstaw strzemion (skok spirali) spełnia warunki wytrzymałościowe. W przypadku przekroczenia sił granicznych $V_{Rd,s}$ lub $V_{Rd,max}$ rozstaw strzemion jest automatycznie dostosowywany dla spełniania warunków wytrzymałościowych.

6. WYNIKI OBLICZEŃ – ZAKŁADKI WYNIKI

Zakładka „Wyniki” zawiera zestawienie tabelaryczne wyznaczonych wariantów zbrojenia pala wraz z graficzną prezentacją przekroju poprzecznego pala.

ZBROJENIE PALA 8 Ø 20mm
M = 175,0 kNm, N = -150,0 kN, T = 120,0 kN

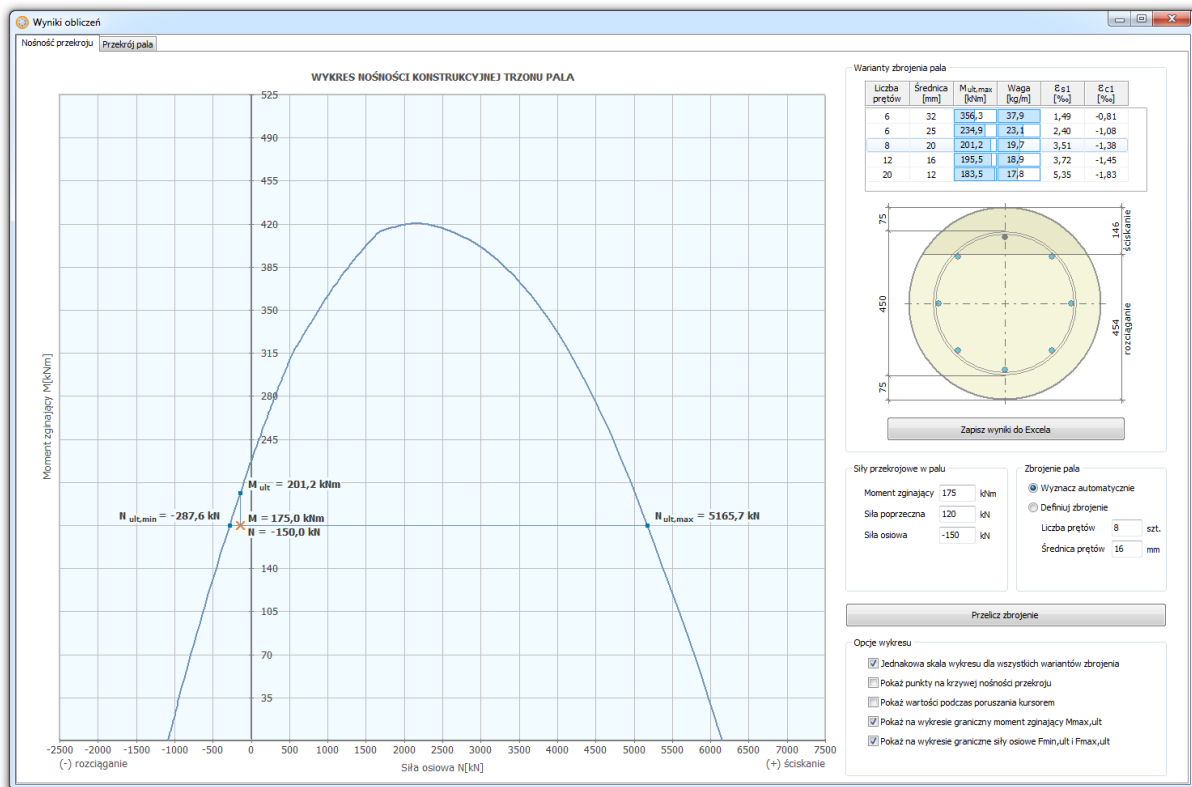
Liczba prętów	Średnica [mm]	M _{ult,max} [kNm]	Waga [kg/m]	ε _{s1} [‰]	ε _{c1} [‰]
6	32	356,3	37,9	1,49	-0,81
6	25	234,9	23,1	2,40	-1,08
8	20	201,2	19,7	3,51	-1,38
12	16	195,5	18,9	3,72	-1,45
20	12	183,5	17,8	5,35	-1,83

Tabela wariantów zbrojenia pala:

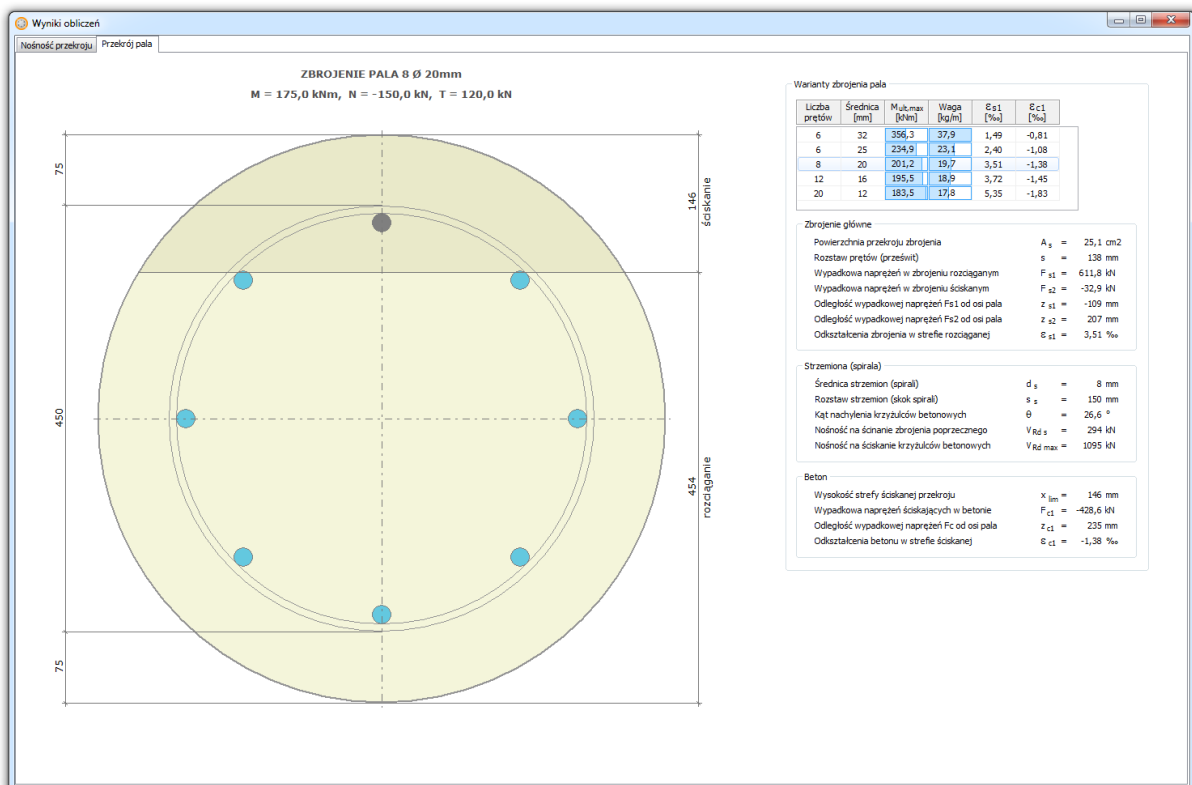
- Liczba prętów** – wymagana minimalna liczba prętów zbrojenia głównego
- Średnica [mm]** – średnica prętów zbrojenia głównego
- M_{ult,max} [kNm]** – graniczny moment zginający – tj. maksymalny dopuszczalny moment zginający w przekroju pala; w tabeli graficznie przedstawiono stopień wykorzystania przekroju jako stosunek momentu występującego w przekroju do momentu granicznego
- Waga [kg]** – waga prętów zbrojenia głównego; w tabeli graficznie przedstawiono wagę zbrojenia głównego pala w stosunku do najcięższego wyznaczonego wariantu zbrojenia
- ε_{s1} [‰]** – odkształcenia zbrojenia w strefie rozciąganej
- ε_{c1} [‰]** – odkształcenia betonu w strefie ściskanej

7. PREZENTACJA WYNIKÓW OBLICZEŃ

Szczegółowa prezentacja przeprowadzonych obliczeń wyświetlana jest po kliknięciu na **przekrój pala**.



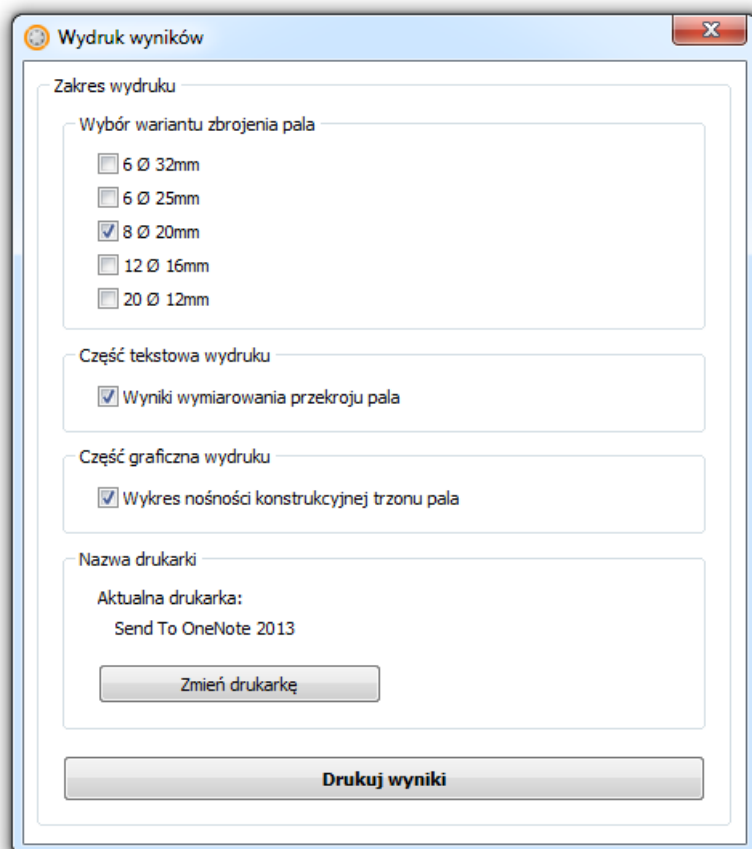
Wykres nośności konstrukcyjnej trzonu pala wraz z wartościami granicznymi



Przekrój pala wraz z wynikami obliczeń zbrojenia głównego, strzemion i betonu

8. WYDRUK WYNIKÓW OBLICZEŃ

Program umożliwia wydruk części tekstowej oraz części graficznej wykonanych obliczeń. Część tekstowa obejmuje wydruk wyników wymiarowania przekroju pala natomiast część graficzna wykres nośności konstrukcyjnej trzonu pala.



Autor programu
Jakub Roch Kowalski

grudzień 2018