

# Zadanie 10 · Cementowanie jednostopniowe

## Cementowanie jednostopniowe — 10 zadań projektowych

**Kurs:** *Technologia cementowania* · AGH WwNiG · sem. letni **Projekt:** *Cementowanie jednostopniowe* (zabieg cementowania kolumny rur okładzinowych metodą 1-stopniową, 17 kroków obliczeniowych)

**Aplikacje:** <https://rheosolution.skrzypaszek.com> (RheoSolution v6.x — fitting modeli reologicznych) + <http://91.99.237.92:8081/prezentacje/1stopniowe.html> (kalkulatory 17 kroków) **Format pracy:**

indywidualnie lub w parach. Każde zadanie ~30–45 min. **Forma oddania:** krótki raport (1 strona A4): dane wejściowe + 4 najważniejsze wyniki ( $V_{zacz}$ ,  $M_c$ ,  $p_{głow}$ ,  $\Delta p_{strat}$  Bingham) + werdykt (OK / NIE OK + uzasadnienie).

### Workflow uniwersalny (taki sam dla każdego zadania)

#### Krok 1: Pomiary reologiczne → RheoSolution v6.x

- Otwórz <https://rheosolution.skrzypaszek.com>, zaloguj się (konto kursu od wykładowcy).
- Konfiguracja:** Fann35SA · rotor-bob R1-B1 · sprężyna F-1 (domyślne).
- Wprowadź pomiary z tabeli zadania** do okna RPM ↔ odczyt (12 wierszy).
- Wciśnij **OBLICZ**. Aplikacja dopasuje 8 modeli reologicznych przez scipy LSQ.
- W tabeli **Model Ranking** znajdź wiersz **Bingham**. Odczytaj:
  - $\tau_y$  (yield stress) w Pa
  - $\mu_p$  (plastic viscosity) w Pa·s
- Zapisz obie wartości (potrzebne w KROKU 11 kalkulatora 1stopniowe).

#### Krok 2: Kalkulator zabiegu → 1stopniowe.html

- Otwórz <http://91.99.237.92:8081/prezentacje/1stopniowe.html>.
- Kliknij przycisk  **DANE PRZYKŁADOWE** (lewy górny róg) — wypełnia wszystkie pola wartościami bazowymi.
- Zmodyfikuj pola wg zadania** (każde zadanie wskazuje **które kroki i które pola** zmienić).
- Po każdej zmianie wartości — kalkulator **automatycznie przelicza** wszystkie zależne kroki.
- Sprawdź kryteria bezpieczeństwa** (czteropunktowy checklist na końcu każdego zadania).
- Uruchom animację:** kliknij ► **ANIMACJA** w schemacie otworu (prawy dolny róg). Animacja pokazuje 25-sekundowy zabieg z telemetrią synchroniczną z twoimi danymi.

#### Krok 3: Walidacja (czteropunktowy checklist)

Dla każdego zadania sprawdź:

#	Kryterium	Gdzie szukać	Werdykt
1	$p_{\text{głow}} < p_{\text{max\_pompy}}$	KROK 11: $p_{\text{głow}}$ (np. 7,89 MPa) vs KROK 13: limit pompy (~12 MPa dla 3CA-400 z tłokiem 3¾")	✓ / ✗
2	$ECD < G_{\text{frac}}$ (nie ma szczelinowania)	KROK 10: ECD i $p_{\text{frac}}$ . $ECD = \rho + \Delta p_{\text{pierśc}} / (g \cdot TVD)$	✓ / ✗
3	$t_p > 1,5 \times t_c$ (margines czasu gęstnienia)	KROK 15: $t_c$ (czas cementowania) vs KROK 16: $t_p$ (laboratoryjny). $k = 1,5$ standard	✓ / ✗
4	$p_{\text{burst\_kolumny}} > p_{\text{głow}}$ (kolumna nie pęknie)	KROK 17: tabela wytrzymałości (klasa K-55 ma $p_{\text{burst}} \approx 32,7$ MPa)	✓ / ✗

**Werdykt projektu:** jeśli wszystkie 4 = ✓ → **zabieg możliwy**. Jeśli  $\geq 1 = \text{✗}$  → opisz co zmienić (mniejsze Q, dodaj agregat pompy, inna receptura zaczynu, większa kolumna).

## Zadanie 10 · Squeeze cementing (remedial) — KP-7

**Scenariusz:** Naprawa nieszczelności perforacji w kolumnie produkcyjnej 5½" na głębokości 2400 m. **Squeeze cementing** — pompowanie zaczynu z *wymuszonym ciśnieniem ponad  $p_{\text{frac}}$*  żeby cement wszedł w perforacje i pory formacji. To **specjalna technika** — zazwyczaj kryterium "ECD <  $p_{\text{frac}}$ " nie obowiązuje (celowo przekraczamy).

**Parametry:** - TVD perforacji: **2400 m** - Krótki słup cementu:  $L_a = 30$  m (lokalna naprawa) - Geometria: kolumna 5½" produkcyjna,  $D_w = 0,1244$  m (pompowanie *przez wnętrze*) - Brak wyraźnej przestrzeni pierścieniowej (cement squeezes do perforacji) - Klasa G + mączka 25 % + **PSP-031** (dodatek przeciwfiltracyjny, kluczowy dla squeeze) -  $\rho_{\text{zacz}}$ : **1900 kg/m<sup>3</sup>**,  $w/c = 0,44$  - Q: **0,2 m<sup>3</sup>/min** (BARDZO mało — kontrolowane wymuszenie) -  $p_{\text{squeeze}}$  docelowe: **30 MPa** (>  $p_{\text{frac}}$  na 2400 m =  $44,4 \times 0,7 \approx 31$  MPa)

**Pomiary Fanna:**

RPM	600	300	200	100	60	30	20	10	6	3	2	1
Odczyt (°)	160	105	78	50	33	22	17	12	9	7	5	4

**Co zrobić:** 1. DANE PRZYKŁADOWE 2. **KROK 1:**  $D_w = 0,1244 \cdot L_a = 30 \cdot L_{\text{but}} = 0$  (no shoe — zabieg lokalny) 3. **KROK 11:**  $\rho_{\text{pierśc}} = 1700$  (płuczka nad squeeze) ·  $L = 2400 \cdot \tau_y$ ,  $\mu_p$  z RheoSolution 4. **KROK 15:**  $Q = 0,2 \cdot V_{\text{total}} = \sim 5$  m<sup>3</sup> (mała objętość)

**Pytania nietypowe:** - a) Dlaczego tu **kryterium ECD < p\_frac NIE obowiązuje?** (specyfika squeeze) - b) Jaki jest cel PSP-031 w tym zaczynie? (wysoka filtracja → kontrolowane wybudowanie kornika cementowego w perforacji) - c)  $Q = 0,2 \text{ m}^3/\text{min}$  to **5x mniej** niż baseline — dlaczego konieczne? (powolne wymuszenie unika frakturowania formacji w niekontrolowanych kierunkach) - d) Po squeeze: WOC ~12 h, potem **wierci się przez squeeze plug** żeby przywrócić cyrkulację — to dodatkowy koszt vs zwykły zabieg. Komentarz w raporcie.

---