

► Jakub Koczorowski

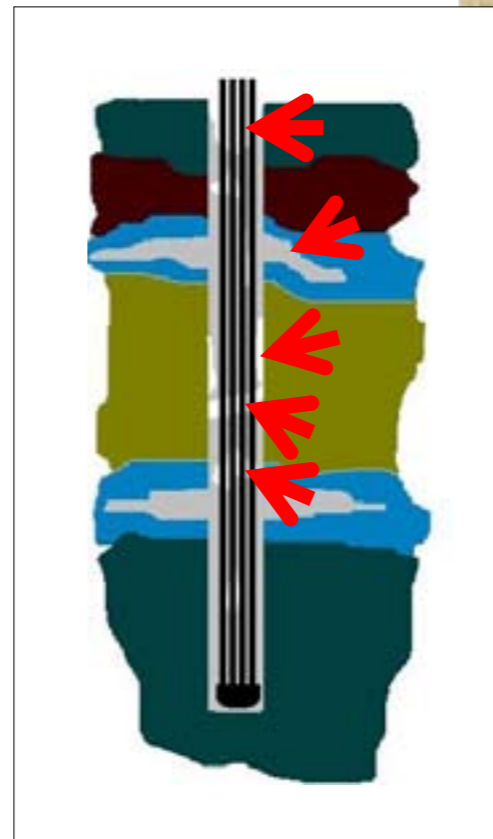
Wypełnienie odwiertów sond pionowych – jak i czym?

Dobrze wykonane wypełnienie to takie połączenie sondy z gruntem, które zapewnia trwałe połączenie z sondą geotermalną i gwarantuje tym samym optymalne przewodnictwo ciepła między sondą a górotworem. Umożliwia również prawidłowe ułożenie sondy w otworze wiertniczym i chroni ją przed punktowym obciążeniem. Prowadzi to do znacznego wzrostu wydajności sond geotermalnych.

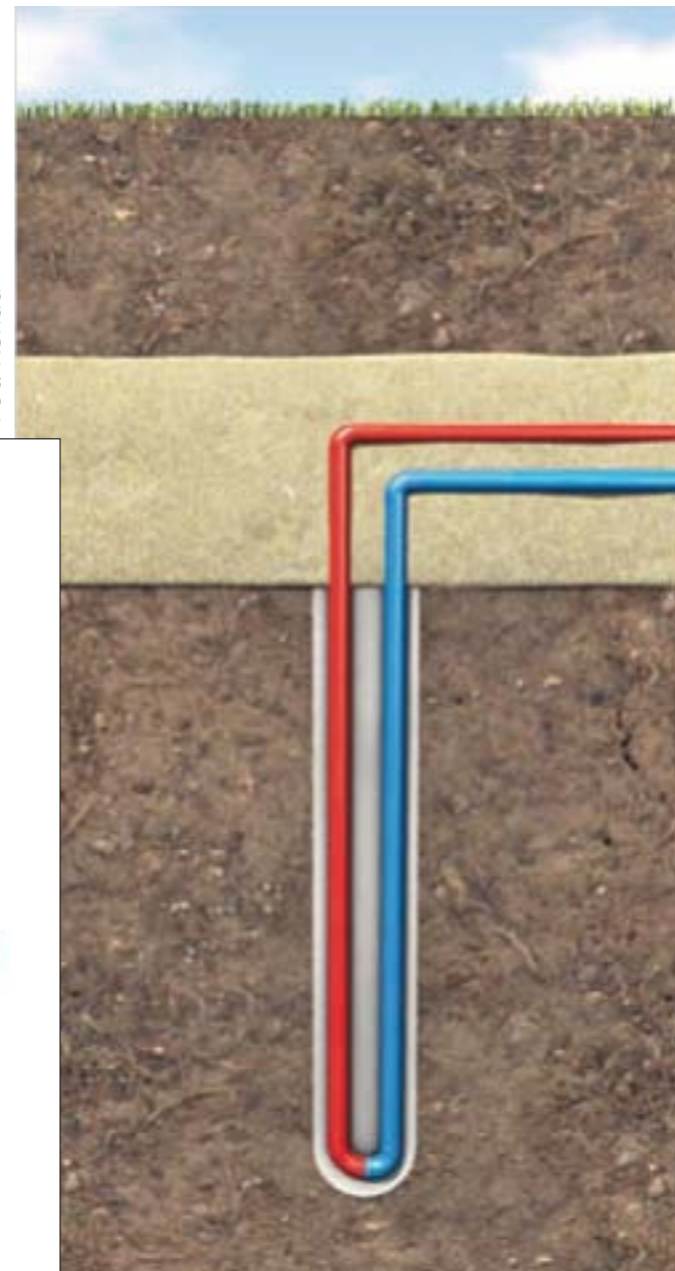
■ Problem właściwego wypełnienia otworu z sondami pionowymi w układach pracujących z gruntowymi pompami ciepła to priorytetowy temat, w praktyce bowiem to właśnie wypełnienie obok samej sondy decyduje o efektywnej i bezobciążonej pracy dolnego źródła ciepła. Jeśli wypełnienia nie będzie, zastosowany zostanie słaby materiał lub niewystarczająca ilość materiału wypełniającego mogą pojawić się przestrzenie powietrzne, nastąpi brak

połączenia z gruntem, czy pojawią się rysy i pęknięcia na skutek kurczenia się materiału wypełniającego. Inne skutki to wyłukiwanie materiału wypełniającego do warstw wodonośnych, osiadanie materiału wypełniającego poniżej górnej rzędnej terenu, mieszanie się wód gruntowych z różnych warstw wodonośnych, przedostawanie się zanieczyszczeń powierzchniowych do warstw wodonośnych. Obecnie pompy ciepła pracują nie tylko na cele grzewcze, ale coraz częściej w nowych

objektach stosuje się też chłodzenie geotermalne (free cooling) oraz połączenie „ogrzewania i chłodzenia geotermalnego”. Nowoczesne systemy muszą być przygotowane również na szybką regenerację dolnego źródła ciepła, czyli gruntu np. poprzez wykorzystanie nadwyżki ciepła pochodzącego z kolektorów słonecznych. W powyższym aspekcie wypełnienie sond pionowych nabiera jeszcze większego znaczenia dla niezawodności funkcjonowania instalacji przez kilkadziesiąt lat.



Fot. Rehau



Jak profesjonalnie wypełnić odwiert?

Otwór wiertniczy należy wypełnić zgodnie z VDI 4640 cz. 2 tak, aby zapewnić trwałe, stabilne fizycznie i chemicznie połączenie sondy z otoczeniem skalnym. Fachowcy z branży pomp ciepła powołują się w tym zakresie najczęściej na wytyczne niemieckiego stowarzyszenia inżynierów VDI, ponieważ w polskich regulacjach budowlanych niestety brakuje podobnych zapisów. Dopiero od niedawna funkcjonuje na polskim rynku nowa pozycja literaturowa w tej materii. Są to „Wytyczne projektowania, wykonania i odbioru instalacji z pompami ciepła” cz.1 Dolne źródła do pomp ciepła, wydane przez Polską Organizację Rozwoju Technologii Pomp Ciepła (PORT PC) w październiku 2013 r. Zapisy w tych wytycznych bazują w dużej mierze na ww. wytycznych VDI i stanowią niewątpliwie „kamień milowy” dla polskiego rynku pomp ciepła. Dlatego w umowie inwestora z firmą wykonawczą warto powołać się na zapisy tych wytycznych, żeby zagwarantować sobie odpowiednie wykonanie dolnego źródła ciepła oraz uniknąć w przyszłości ewentualnych problemów z ich eksploatacją.



Fot. Rehau

1 Obciążnik zamontowany na podwójnej sondzie PE

Wypełnienie w praktyce, czyli ...jesteśmy na placu budowy

Wypełnienie otworu wiertniczego należy wykonać od głowicy sondy w górę otworu z wykorzystaniem rury wypełniającej. W literaturze branżowej opisuje się tę procedurę jako **metoda kontraktor**. Dodatkowo zapuszczana rura montowana na głowicy sondy lub rura iniekcyjna opuszczana na dno otworu wiertniczego, powinna być użyta jako punkt wyjścia do wypełnienia otworu zaczynem. Operacja wypełnienia otworu zaczynem powinna być tak przeprowadzona, by spełnione zostały następujące warunki: proces wypierania płuczki wiertniczej przebiegał w sposób kontrolowany, uniemożliwić segregację zaczynu, szczelnie wypełnić przestrzeń otworu. Proces wypełniania odwiertu „od dołu”

gwarantuje całkowite usunięcie płuczki (powstałej podczas wiercenia otworu) i musi trwać do momentu, gdy gęstość aplikowanego materiału wypełniającego oraz tego, który wypływa na górze otworu, będzie jednakowa. Rurę wypełniającą można wyciągać z otworu sukcesywnie w trakcie wypełniania lub pozostawić wypełnioną na stałe w otworze. W przypadku suchych otworów wiertniczych należy wypełnić sondę wodą najpóźniej przed wypełnieniem otworu. Aby nie przekroczyć dopuszczalnego ciśnienia zaleca się, szczególnie dla sond o długości powyżej 150 m, całkowite odpowietrzenie sond przed wypełnieniem otworu, dokładne uszczelnienie i użycie ciśnieniomierza do kontroli ciśnienia we-

wnętrznego. Podczas wypełniania otworu nie może ono przekroczyć 21 bar. Podczas wypełniania otworu sondy należy nie dopuścić, aby w wypełnieniu znalazły się pęcherzyki powietrzne ani puste przestrzenie. Będą one bowiem podczas eksploatacji dolnego źródła izolować przewód sondy pionowej, ograniczając w znaczący sposób efektywność wymiany ciepła pomiędzy czynnikiem roboczym (np. glikolem) a gruntem. Współczynnik przewodzenia ciepła dla powietrza ($\lambda = 0,02 \text{ W/mK}$) jest kilkudziesięciokrotnie niższy niż dla dedykowanego materiału wypełniającego. Z tego względu należy dołożyć wszelkich starań, żeby uniknąć pustych przestrzeni w odwiertcie z sondą. Wyłącznie należyce przeprowadzona aplikacja sondy i wypełnienie otworu zgodnie z wytycznymi PORT PC lub VDI 4640 zapewnia odpowiednie funkcjonowanie szczególnie głębszych sond.

Parametry dobrego materiału wypełniającego

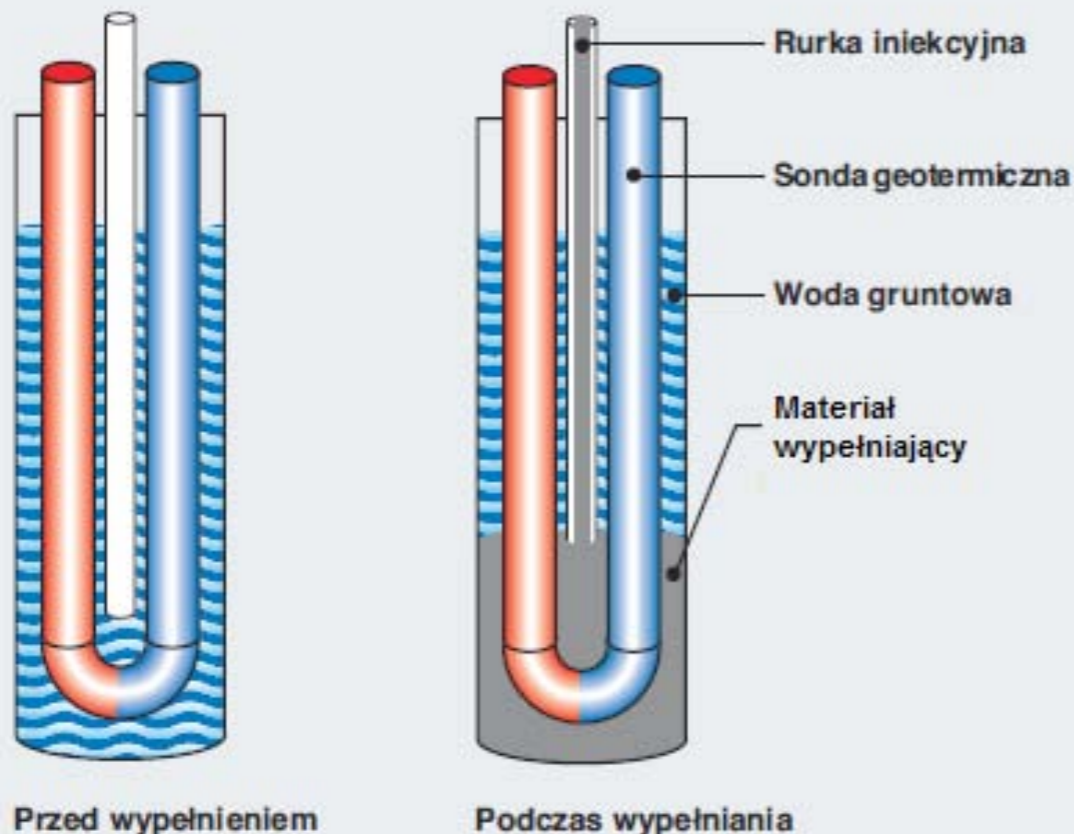
Najlepiej stosować materiały wypełniające przeznaczone do tego celu, spełniające poniższe parametry.

Uwaga! Przygotowywanie tzw. mieszanek na budowie jest obciążone możliwym błędem przy doborze i utrzymaniu odpowiednich proporcji poszczególnych składników. Ponadto tego typu mieszanka nie będzie zweryfikowana laboratoryjnie pod kątem optymalnego, z góry założonego, współczynnika przewodzenia ciepła.

Właściwości materiału wypełniającego:

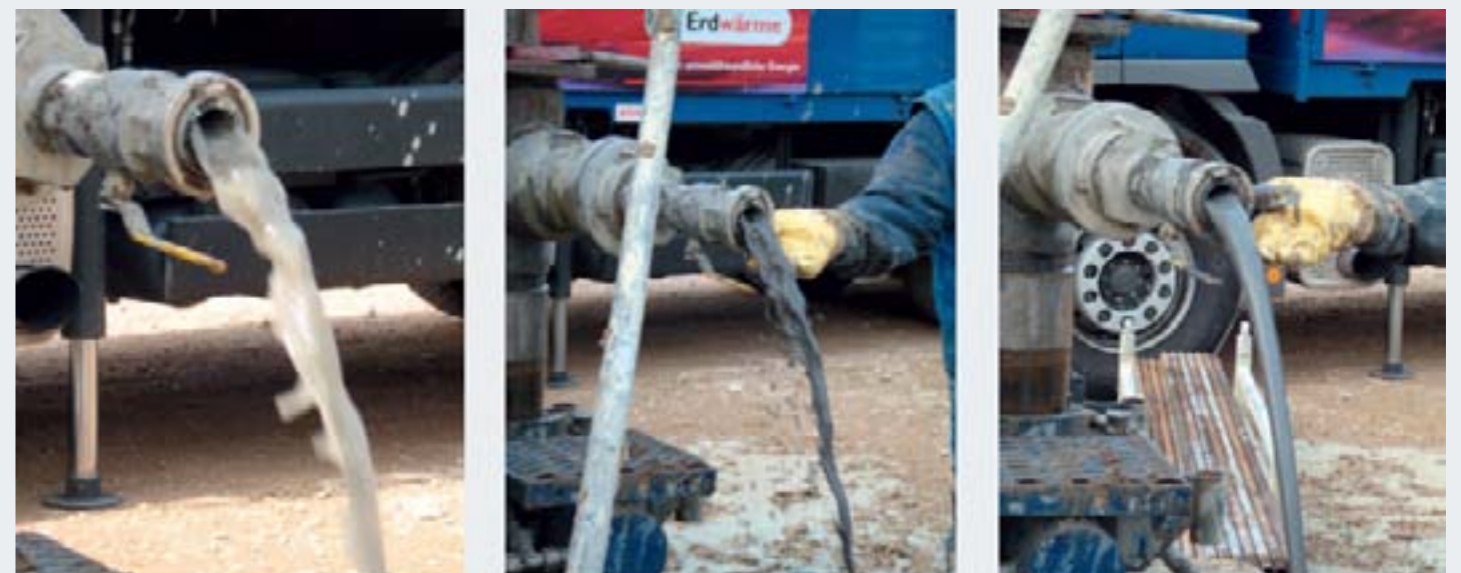
- 1. przewodność cieplna** – współczynnik λ min. 1 W/mK, a najlepiej ok. 2 W/mK – sprawdzony w warunkach laboratoryjnych,
- 2. brak kurczenia się w czasie poprzez oddawanie wody** – najlepiej znikoma zawartość lub całkowity brak bentonitu. Bentonit w przypadku zbytniego wysuszenia ma właściwość kurczenia się i oddawania wody, co powoduje powstawanie pustych przestrzeni.
- 3. niski współczynnik przepuszczalności**

Fot. Grupa Górażdże



2 Otwór wiertniczy przed wypełnieniem (po lewej) oraz podczas wypełniania (po prawej)

Fot. Grupa Górażdże



wypływ płuczki wiertniczej wypieranej z otworu

wypływ mieszaniny płuczka/ThermoCem

wypływ czystego zaczynu ThermoCem

3 Proces wypełniania odwiertu musi trwać do momentu, gdy gęstość aplikowanego materiału wypełniającego oraz tego, który wypływa na górze otworu, będzie jednakowa

wody $k_f < 1 \times 10^{-9} \text{ m/s}$ – co zapewnia dobry efekt uszczelnienia i szybkie twardnienie, również pomiędzy poszczególnymi warstwami wodonośnymi,

4. **właściwość tiksotropowa**, która gwarantuje szybkie krzepnięcie po iniekcji w otworze wiertniczym oraz brak roznoszenia materiału wypełniającego do wód gruntowych,

5. **mrozoodporność przy 10 cyklach zamrażania i odmrażania dla -15°C** – zapewnia długotrwałe i całkowite związanie sondy z górotworem,

6. **brak szkodliwego wpływu na środowisko** – przystosowanie do nieograniczonego stosowania w wodzie gruntowej oraz znikoma zawartość chromu zg. z Dyrektywą UE 2003/53/WE. Ważnym aspektem wykonawczym jest ponadto stosowanie dystansowników montowanych na przewodach sondy pionowej w odległościach min. co 2 m. Zadaniem dystansowników jest utrzymanie stałej odległości pomiędzy przewodami zasilania i powrotu sondy pionowej, tak żeby ustrzec instalację przed tzw.

zwarciami termicznymi, czyli negatywnym przekazywaniem ciepła z przewodu zasilania pompy ciepła do przewodu powrotu. Spełniają one również rolę ułatwiającą wprowadzenie dodatkowej rury do iniekcji materiału wypełniającego. Warto stosować kompletne systemy sonda – materiał wypełniający – górotwór, mają one bowiem odpowiednio wysoki współczynnik przewodzenia ciepła dzięki trwałemu i całkowitemu związaniu sondy z górotworem, czego potwierdzeniem jest zmierzony na drodze testów parametr – opór termiczny otworu wiertniczego $< 0,09 \text{ mK/W}$. Dodatkowo przed odbiorem całej instalacji i jej uruchomieniem należy przeprowadzić próbę szczelności, np. zgodnie z PN-EN 805. Należy również sprawdzić, czy we wszystkich sondach odbywa się równomierny przepływ i sporządzić protokół z próby szczelności. ■

Fot. Grupa Górażdże



4 Na wylocie wierconego otworu należy zwrócić uwagę na to, aby zawieszona posiadała wymaganą gęstość

Fot. Rehau



5 Wypełniony odwiert z sondą pionową

Fot. Rehau



6 Dystansownik