

<b>BUDOWNICTWO GOSPODARKI WODNEJ</b>	<b>N O R M A B R A N Ź O W A</b>	<b>BN-87</b>
	<b>Budownictwo hydrotechniczne Prace iniekcyjne w budownictwie wodnym</b>	<b>8950-15</b>
	<b>Ogólne zasady i warunki techniczne iniekcji</b>	Grupa katalogowa 0770

## SPIS TREŚCI

### 1. WSTĘP

- 1.1. Przedmiot normy
- 1.2. Zakres stosowania normy
- 1.3. Określenia

### 2. OŚRODKI INIEKCJI

- 2.1. Ośrodki naturalne spękane
- 2.2. Ośrodki naturalne porowate
- 2.3. Budowle wodne

### 3. ŚRODKI INIEKCYJNE

- 3.1. Rodzaje i podstawowe własności środków iniekcyjnych
- 3.2. Składniki środków iniekcyjnych

### 4. PODSTAWY TECHNOLOGII PRAC INIEKCYJNYCH

- 4.1. Rozmieszczenie, głębokość, kierunek i kolejność realizacji otworów iniekcyjnych
- 4.2. Wykonawstwo otworów iniekcyjnych
- 4.3. Dobór rodzaju i składu iniektu
- 4.4. Ciśnienie iniekcji
- 4.5. Sposób prowadzenia iniekcji

### 5. SPRZĘT DO PRAC INIEKCYJNYCH

- 5.1. Sprzęt do wiercenia i uzbrojenia otworów iniekcyjnych
- 5.2. Sprzęt do przygotowania i wtlaczania iniektów
- 5.3. Aparatura kontrolno-pomiarowa

### 6. OGÓLNE ZASADY PROJEKTOWANIA I WYKONYWANIA PRAC INIEKCYJNYCH

- 6.1. Projekt techniczny próbnych prac iniekcyjnych
- 6.2. Projekt prac iniekcyjnych
- 6.3. Wykonawstwo robót iniekcyjnych

### 7. KONTROLA EFEKTÓW INIEKCYJNYCH

- 7.1. Bieżąca kontrola efektów iniekcji
- 7.2. Kontrola eksploatacyjna

### 8. DOKUMENTOWANIE PRAC INIEKCYJNYCH

- 8.1. Dokumentacja bieżąca -
- 8.2. Dokumentacja powykonawcza

### INFORMACJE DODATKOWE

## 1. WSTĘP

**1.1. Przedmiot normy.** Przedmiotem normy są ogólne zasady, warunki techniczne i metody prowadzenia prac iniekcyjnych dla potrzeb budownictwa wodnego i obiektów towarzyszących.

**1.2. Zakres stosowania normy.** Normę należy stosować przy projektowaniu i wykonywaniu prac iniekcyjnych w podłożu budowli wodnych, samej budowli, w celu uszczelnienia, poprawy własności mechanicznych lub dla powiązania budowli z podłożem, w którego obrębie jest ona posadowiona. Norma obowiązuje również przy pracach badawczych i projektowych dla potrzeb budownictwa wodnego, których celem jest określenie parametrów prac iniekcyjnych.

## 1.3. Określenia

**1.3.1. iniekcja** — zabieg polegający na wtlaczaniu w szczeliny kawerny, pustki lub pory iniekowalnego ośrodka zaczynów lub iniektów chemicznych dla poprawienia jego właściwości fizycznych i mechanicznych.

**1.3.2. prace iniekcyjne** — zespół czynności obejmujący prace przygotowawcze umożliwiające przeprowadzenie iniekcji, wtlaczanie środków iniekcyjnych, kontrolę efektów iniekcji.

**1.3.3. otwór iniekcyjny** — otwór wykonany metodą wiertniczą lub inną, umożliwiający przeprowadzenie iniekcji ośrodka.

**1.3.4. otwór kontrolno-doszczelniający** — otwór iniekcyjny, którego celem jest sprawdzenie efektów iniekcji

Zgłoszona przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej  
Ustanowiona przez Sekretarza Naukowego IMGW dnia 17 września 1987 r.  
jako norma obowiązująca od dnia 1 października 1988 r.  
(Dz. Norm. i Miar nr 14/1987 poz. 36 i Dz. Norm. i Miar nr 5/1988, poz. 12)

sąsiednich otworów iniekcyjnych, a w razie potrzeby przeprowadzenie iniekcji doszczelniających.

**1.3.5. odcinek próbny** — cztery lub więcej otworów iniekcyjnych, na których podstawie ustala się warunki i sposób przeprowadzania prac iniekcyjnych dla określonego rejonu robót.

**1.3.6. strefa iniekcyjna** — wydzielona część otworu iniekcyjnego, w której jest wykonywana iniekcja i badania towarzyszące.

**1.3.7. badania towarzyszące** — badania dla określenia parametrów iniekcji poszczególnych stref lub dla kontroli efektów iniekcji w strefach i obrębie ośrodka iniekcji.

**1.3.8. zaczyn** — mieszanina substancji wiążących w wodzie, w postaci zawiesin z dodatkami chemicznymi lub mineralnymi stabilizującymi jego właściwości. Za podstawowy uważa się zaczyn cementowy będący mieszaniną cementu z wodą.

**1.3.9. iniekt chemiczny** — roztwór lub emulsja substancji chemicznych tworzących ciało stałe w iniekowanym ośrodku.

**1.3.10. chłonność jednostkowa zaczynu lub iniektu** wyrażona w  $m^3/s$  odnoszona do 1 m długości każdej strefy iniekcyjnej i ciśnienia iniekcji równego 0,01 MPa.

**1.3.11. zużycie jednostkowe środka iniekcyjnego** — sumaryczna masa wszystkich składników mineralnych zaczynu lub objętość iniektu chemicznego w odniesieniu do 1 m długości strefy iniekcyjnej lub jednostki objętości uszczelnianego ośrodka.

**1.3.12. kryterium zakończenia iniekcji** — uzyskanie założonego spadku chłonności zaczynu lub iniektu chemicznego przy określonym ciśnieniu lub wtłoczenie określonej objętości środka iniekcyjnego na 1 m strefy iniekcyjnej lub 1  $m^3$  uszczelnianego ośrodka.

**1.3.13. Pozostałe określenia** — wg BN-75/8950-07, BN-75/8950-10.

**1.3.14. Wykaz oznaczeń** — wg tabl. 1.

Tablica 1. Wykaz oznaczeń

Symbol	Wielkość	Jednostki miary	
		stosowane w praktyce	SI
1	2	3	4
$h$	Głębokość położenia stropu strefy iniekcyjnej poniżej poziomu terenu	m	m
$l$	Długość strefy iniekcyjnej	m	m
$q_p$	Średni ciężar objętościowy gruntów występujących poniżej stropu strefy iniekcyjnej	$kG/m^3$	$N/m^3$
	Porównawcza wodochłonność jednostkowa	$dm^3/min \cdot m \cdot 0,1 \text{ at}$	$m^3/s \cdot m \cdot MPa$
$p$	Ciśnienie iniekcji	at	MPa
$Q_z$	Chłonność zaczynu	$dm^3/min$	$m^3/s$
$Q_i$	Chłonność iniektu chemicznego	$dm^3/min$	$m^3/s$
$q_z$	Chłonność jednostkowa zaczynu	$dm^3/min \cdot m \cdot 0,1 \text{ at}$	$m^3/s \cdot m \cdot MPa$
$q_i$	Chłonność jednostkowa iniektu chemicznego	$dm^3/min \cdot m \cdot 0,1 \text{ at}$	$m^3/s \cdot m \cdot MPa$
$c$	Jednostkowe zużycie cementu w strefie iniekcyjnej	$kG/m$	$N/m$
$i$	Jednostkowe zużycie iniektu chemicznego w strefie	$dm^3/m$	$m^3/m$

## 2. OŚRODKI INIEKCJI

**2.1. Ośrodki naturalne spękanne** są zbudowane ze skał osadowych, magmowych i metamorficznych. Występująca w nich podzielność wynika z warstwowania, działalności tektonicznej lub procesów wietrzeniowych. Może ona tworzyć siatkę spękań wzajemnie połączonych lub pojedyncze szczeliny o różnicowanej rozwartości. Przepływ środków iniekcyjnych podczas procesu iniekcji odbywa się między płaszczyznami poszczególnych spękań i zależy od ich przewodności hydraulicznej.

Rodzaje ośrodków i ich charakterystyka — wg tabl. 2.

Tablica 2. Rodzaje naturalnych spękanych ośrodków iniekcji

Grupa	Przepuszczalność ośrodka iniekcyjnego	Wartości porównawczej wodochłonności jednostkowej $q_p^{(1)}$		Rodzaj najczęściej wykonywanych prac iniekcyjnych
		dotychczas stosowany	$l/min \cdot m \cdot 0,1 \text{ at}$	
		wg SI	$m^3/s \cdot m \cdot MPa$	
1	2	3		4
I	Praktycznie nie przepuszczalny	$\leq 0,01$		iniekcja poza wymaganiami specjalnymi nie jest stosowana
		$\leq 1,7 \cdot 10^{-5}$		
II	Słabo przepuszczalny	$0,01 < q_p \leq 0,03$		wykonawstwo przesłon przeciwfiltracyjnych dla zapór betonowych o wysokości piętrzenia $h > 30,0$ , uszczelnianie stref kontaktowych podłoża z fundamentem zapory dla zapór ziemnych o wysokości piętrzenia $h$ do 30,0 m
		$1,7 \cdot 10^{-5} < q_p \leq 5,1 \cdot 10^{-5}$		

cd. tabl. 2

Grupa	Przepuszczalność ośrodka iniekcyjnego	Wartości porównawczej wodochłonności jednostkowej $q_p$ <sup>1)</sup>		Rodzaj najczęściej wykonywanych prac iniekcyjnych
		dotychczas stosowany	l/min · m · 0,1 at	
		wg SI	m <sup>3</sup> /s · m · MPa	
1	2	3		4
III	Przepuszczalny	$0,03 < q_p \leq 0,1$		przesłony przeciwfiltracyjne dla zapór ziemnych i betonowych o wysokości piętrzenia do 30,0 m
		$5,1 \cdot 10^{-5} < q_p \leq 1,7 \cdot 10^{-4}$		
IV	Silnie przepuszczalny	$q_p > 0,1$		iniekcja wykonywana dla przesłon przeciwfiltracyjnych dla wszystkich rodzajów zapór o piętrzeniu $h \geq 8,0$ m
		$q_p > 1,7 \cdot 10^{-4}$		
<sup>1)</sup> $q_p$ określono wg BN-75/8950-07.				

**2.2. Ośrodki naturalne porowate** są to grunty mineralne rodzime zróżnicowane pod względem uziarnienia i porowatości, w których przepływ środków iniekcyjnych odbywa się przez pory i jest uzależniony od współczynnika filtracji oraz lepkości stosowanego środka iniekcyjnego.

Rodzaje ośrodków i ich charakterystyka — wg tabl. 3.

Tablica 3. Rodzaje naturalnych porowatych ośrodków iniekcji

Grupa	Rodzaj ośrodka iniekcyjnego	Współczynnik filtracji $k$ m/s	Rodzaj gruntów	Cel najczęściej wykonywanych prac iniekcyjnych
1	2	3	4	5
I	Niepodatny na procesy iniekcyjne	$\leq 10^{-6}$	ity, gliny, pyły	iniekcje dla celów specjalnych lub dla niewielkich partii ośrodka, których uszczelnianie lub odwodnienie innymi metodami jest ekonomicznie nieopłacalne
II	Bardzo trudno iniekowalny	$10^{-6} < k \leq 10^{-5}$	piaski pyłaste, piaski drobne	iniekcje dla przypadków, gdy wykonawstwo ścianek szczelnych lub ekranów przeciwfiltracyjnych jest technicznie niemożliwe
III	Trudno iniekowalny	$10^{-5} < k \leq 10^{-4}$	piaski drobne równo- i średnioziarniste	jw. oraz wykonanie przesłon w podłożu istniejących zapór, uszczelnianie korpusu zapór ziemnych i wałów
IV	Podatny na procesy iniekcyjne	$10^{-4} < k \leq 10^{-3}$	piaski średnio i gruboziarniste	jw.
V	Dobrze iniekowalny	$10^{-3} < k \leq 10^{-2}$	piaski grube, pospółki, żwirki	jw.
VI	Łatwo iniekowalny	$k > 10^{-2}$	żwir, otoczaki	jw.

**2.3. Budowle wodne** są to obiekty budownictwa wodnego wraz z obiektami towarzyszącymi, rozpatrywane w części nadziemnej i podziemnej pod kątem wykonania prac iniekcyjnych. Dzielimy je na:

— obiekty o konstrukcji sztywnej wykonane z żelbetu, betonu i murowane. Zalicza się do nich: betonowe lub kamienne korpusy zapór, galerie drenażowo-kontrolne, wypady, przelewy, inne urządzenia upustowe, sztolnie energetyczne, komory oraz elementy śluz i jazów. Warunki wykonywania iniekcji dla tych ośrodków, szczególnie pod kątem przepływu środków iniekcyjnych podczas procesów iniekcyjnych są zbliżone do występujących w naturalnych spękanych. W zależności od rodzaju obiektu, celu wykonywanej iniekcji, należy stosować indywidualne kryteria jej wykonania.

— obiekty wykonane z gruntów mineralnych sztucznie zagęszczonych. Zalicza się do nich: korpusy zapór ziemnych, wały przeciwpowodziowe, grodzie ziemne. Warunki wykonania iniekcji zbliżone jak dla ośrodków naturalnych porowatych.

### 3. ŚRODKI INIEKCYJNE

#### 3.1. Rodzaje i podstawowe własności środków iniekcyjnych

**3.1.1. Postanowienia ogólne.** Rodzaj i podstawowe własności środków iniekcyjnych określa się w wyniku badań wstępnych wg 6.1 i są uzależnione od zastosowanego składnika podstawowego: cementu, żywicy organicznej, szkła wodnego lub innych.

**3.1.2. Zaczyny** to rodzaj środków iniekcyjnych zawieszinowych o zróżnicowanej lepkości pozornej, stanowiące mieszaninę substancji wiążącej w wodzie, niekiedy z dodatkami chemicznymi modyfikującymi ich właściwości lub mineralnymi o działaniu stabilizacyjnym lub spełniających rolę wypełniacza. Ze względu na skład zawiesziny, wyróżniamy następujące rodzaje zaczynów:

— cementowo-wodne nie stabilizowane o proporcjach wagowych cementu do wody  $1:8 \div 1:0,75$  (sedymentujące),

— cementowo-wodne zmodyfikowane dodatkami chemicznymi — plastyfikatorami polepszającymi płyn-

ność — kłutaniit, żywica lub innymi środkami ograniczającymi sedymentację, lub przyspieszającymi czas wiązania — chlorek wapnia, szkło wodne itp.,

— cementowo-iłowe stabilizowane o podwyższonych własnościach tiksotropowych, nie sedymentujące,

— zawiesiny wapienne stosowane przy zabiegach specjalnych, np. przy pracach iniekcyjnych w gruntach z domieszkami części organicznych i gruntach pęczniących.

Podstawowymi własnościami fizykomechanicznymi zaczynów są:

- ciężar objętościowy w  $N/m^3$ ,
- lepkość porównawcza określana lejkiem Marscha w s,
- lepkość dynamiczna określana na podstawie wiskozymetru, wyrażana w  $Pa \cdot s$ ,
- wskaźnik sedymentacji określany w cylindrze szklanym o objętości  $1 dm^3$  stanowi stosunek objętości stwardniałego zaczynu do wody po upływie 24 h, wyrażony w %,
- czas początku i końca wiązania,
- odporność na działanie wód agresywnych,
- odporność na erozję,
- wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie stwardniałego zaczynu,
- skurez.

**3.1.3. Iniektory chemiczne** są to małowlepkie ciecze, w których skład wchodzi: roztwory lub emulsje polimerów, monomerów organicznych lub szkła wodnego, także roztwory lub emulsje substancji iniekcyjnych regulujących procesy utwardzania lub koagulacji. Cechą podstawową jest możliwość regulacji czasu żelowania przez dobór odpowiednich proporcji składników. Dla celów iniekcji mogą być stosowane żywice chemiczne<sup>1)</sup>.

Podstawowe właściwości fizykochemiczne iniektów są następujące:

- czas żelowania w s,
- czas wiązania w ośrodku w s,
- lepkość początkowa w  $Pa \cdot s$ ,
- toksyczność,
- zmiany lepkości w czasie,
- gęstość w  $N/m^3$ .

**3.1.4. Podstawowe właściwości fizykomechaniczne utwardzonego ośrodka iniekcyjnego** są następujące:

- wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie w MPa,
- współczynnik filtracji w m/s,
- odporność na starzenie w latach,
- zmiana współczynnika filtracji w czasie, w warunkach stałego przepływu wody.

### 3.2. Składniki środków iniekcyjnych

**3.2.1. Podstawowe składniki zaczynów** mogą stanowić tworzywa wymienione w 3.1.2.

#### 3.2.2. Składniki iniektów chemicznych

**3.2.2.1. Żywice** — roztwory polimerów lub monomerów organicznych zdolnych do utwardzania w warunkach panujących w iniekowanym ośrodku.

**3.2.2.2. Utwardzacz** — substancje chemiczne powodujące proces utwardzania żywic wymienionych w 3.2.2.1.

**3.2.2.3. Katalizatory i aktywatory procesu żelowania** — substancje chemiczne umożliwiające wymagany przebieg reakcji: żywica — utwardzacz oraz dobór odpowiedniego czasu żelowania iniektu.

**3.2.2.4. Wypełniacz mineralny** — substancje mineralne dodawane do zaczynu lub iniektu w celu zwiększenia jego gęstości, lepkości, a także dla nadania właściwości tiksotropowych.

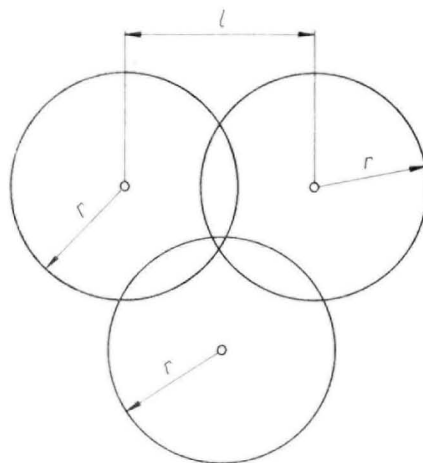
**3.2.2.5. Szkło wodne** — roztwór wodny krzemianu sodowego lub potasowego o odczynie zasadowym, o właściwościach odpowiednich dla prac iniekcyjnych.

**3.2.2.6. Koagulant** — wodny roztwór lub emulsja substancji chemicznych wywołujących koagulację szkła i wytworzenie żelu krzemowego o odpowiednich właściwościach.

## 4. PODSTAWY TECHNOLOGII PRAC INIEKCyjnych

### 4.1. Rozmieszczenie, głębokość, kierunek i kolejność realizacji otworów iniekcyjnych

**4.1.1. Rozmieszczenie otworów iniekcyjnych** jest uzależniane od rodzaju ośrodka, który ma być poddany iniekcji, celu iniekcji oraz efektywnego promienia zasięgu iniekcji. Przy doborze odległości powinien być spełniony warunek:  $L \leq 2r$  (rys. 1), w którym:  $L$  — odległość między otworami iniekcyjnymi,  $r$  — efektywny promień zasięgu iniekcji.



BN-87/8950-15-1

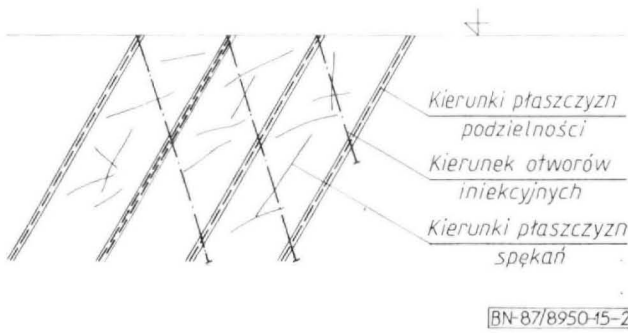
Rys. 1. Rozmieszczenie otworów iniekcyjnych

**4.1.2. Głębokość otworów iniekcyjnych** należy dostosować do głębokości projektowanych prac iniekcyjnych. Może być ona różnicowana w trakcie realizacji prac w zależności od napotkanych warunków geologiczno-inżynierskich, uzyskiwanych efektów iniekcji i zamierzonego jej celu.

**4.1.3. Kierunek otworów iniekcyjnych** w ośrodkach naturalnych spękanych oraz budowlach sztywnych powinien być dostosowany do kierunków przebiegu głównych płaszczyzn podzielnosci lub miejsc występowania kawern, lub pustek. Przy doborze kierunku należy przyjmować zasadę, aby oś otworu iniekcyjnego prze-

<sup>1)</sup> Wymienione w Informacjach dodatkowych p. 5.

bijała jak największą liczbę głównych kierunków spękań. Ideowy schemat doboru kierunków otworów przedstawiono na rys. 2.



BN-87/8950-15-2

Rys. 2. Ideowy schemat doboru kierunków otworów iniekcyjnych w zależności od kierunków spękań i podzielnosci

W ośrodkach porowatych naturalnych oraz budowach sypanych z gruntów mineralnych sztucznie zagęszczanych lub w ośrodkach naturalnych spękanymi i budowach sztywnych, w których kierunki podzielnosci charakteryzuje duża zmienność, otwory powinny być pionowe.

**4.1.4. Kolejność realizacji otworów iniekcyjnych.** Poszczególne otwory iniekcyjne powinny być realizowane metodą kolejnego zagęszczania na podstawie zasady, że każdy otwór następnej kolejności spełnia rolę otworu kontrolnego, określając efekty iniekcji otworów sąsiednich. W miarę możliwości, otwory iniekcyjne powinny być rozmieszczane w regularnych odstępach. Przykład kolejności realizacji otworów iniekcyjnych zilustrowano na rys. 3.



BN-87/8950-15-3

Rys. 3. Przykład kolejności realizacji otworów przy prowadzeniu iniekcji w dwóch rzędach

## 4.2. Wykonawstwo otworów iniekcyjnych

**4.2.1. Postanowienia ogólne.** Sposób głębienia otworów iniekcyjnych musi być dostosowany do rodzaju ośrodka. Otwory mogą być głębione metodą obrotową, udarową lub inną gwarantującą uzyskanie wymaganej głębokości uszczelnienia. Przyjęty system głębienia nie powinien pogarszać naturalnych warunków, jakie występują w iniekowanym ośrodku.

**4.2.2. Podział otworu na strefy iniekcyjne.** W otworach, których długość jest większa niż 5,0 m, przed przystąpieniem do iniekcji, należy dokonać podziału na strefy iniekcyjne. Dobór długości stref powinien

być przeprowadzony w taki sposób, aby poszczególne strefy, w miarę możliwości, charakteryzowały jednorodne pod względem iniekcji warunki. Zalecana długość stref w ośrodkach naturalnych spękanymi, oraz w budowach o konstrukcji sztywnej powinna wynosić  $1 \div 5$  m, w ośrodkach porowatych i budowach wykonanych z gruntów mineralnych  $0,3 \div 1,0$  m. Dla budowli, w których iniekcją ma być objęta część ośrodka równa lub mniejsza od 1,0 m, długość stref należy dobierać indywidualnie.

**4.2.3. Badania towarzyszące** stanowią integralną część prac iniekcyjnych i obejmują:

- badania przed wykonaniem iniekcji, określające wstępne parametry dla iniekcji, właściwości fizyko mechaniczne ośrodka przed iniekcją — przepuszczalność, wytrzymałość,

- badania kontrolne wyżej wymienionych cech po wykonaniu w ośrodku iniekcji.

Metody wykonania badań powinny umożliwić porównanie ich wyników<sup>1)</sup>.

**4.2.4. Likwidacja otworów iniekcyjnych.** Wykonuje się ją po zakończeniu wszystkich założonych w projekcie prac jako:

- likwidację pod ciśnieniem,
- likwidację przez wypełnienie grawitacyjne.

Przy likwidacji pod ciśnieniem powinien być stosowany iniekt lub zaczyn odpowiedni do tego, który był używany podczas zasadniczych prac iniekcyjnych. Odcinki otworu wyznaczone do likwidacji powinny stanowić  $3 \div 5$  wielokrotności długości stref iniekcyjnych.

Przy likwidacji grawitacyjnej mogą być użyte zaprawy cementowe, pasty iłowo-cementowe lub iniekty chemiczne gwarantujące szczelne wypełnienie otworu w warunkach panujących w ośrodku.

## 4.3. Dobór rodzaju i składu iniektu

**4.3.1. Ogólne zasady doboru.** Przy doborze rodzaju i składu iniektu należy kierować się następującymi kryteriami:

- możliwość penetracji użytego iniektu w ośrodku o określonej przewodności hydraulicznej,
- cel robót iniekcyjnych,
- aspekty ekonomiczne,
- technologia wykonywania robót w warunkach budowy,

- możliwością wiązania z materiałem ośrodka,
- odporność na wymywanie,
- odporność na starzenie,
- odporność na okresowe przesuszanie.

**4.3.2. Rodzaje i składy iniektów** zależą od rodzaju i charakteru ośrodka oraz celu prac iniekcyjnych<sup>2)</sup>.

## 4.4. Ciśnienie iniekcji

**4.4.1. Postanowienia ogólne.** Ciśnienie iniekcji stanowi podstawowy warunek osiągnięcia pozytywnych efektów, jak i założonego celu iniekcji. Ma on wpływ na:

<sup>1)</sup> Badania prowadzić należy na podstawie obowiązujących norm związanych podanych w Informacjach dodatkowych p. 2.

<sup>2)</sup> Podstawowe czynniki doboru iniektu przedstawiono w Informacjach dodatkowych p. 6.



— odległość między poszczególnymi otworami iniekcyjnymi wynikającą z efektywnego prowadzenia iniekcji.

— ograniczenie zużycia środków iniekcyjnych przy uzyskaniu założonego efektu prac,

— zachowanie w miarę możliwości struktury pierwotnej iniekowanego ośrodka nie wywołując trwałych uszkodzeń ośrodka lub obiektów występujących w sąsiedztwie.

**4.4.2. Wielkość dopuszczalnych ciśnień** należy przyjmować<sup>1)</sup> w zależności od:

— rodzaju i właściwości wytrzymałościowych ośrodka,

— głębokości położenia iniekowanej strefy,

— kolejności wykonania otworów.

#### 4.5. Sposób prowadzenia iniekcji

**4.5.1. Dobór metody iniekcji** jest uzależniony od rodzaju i właściwości ośrodka, stosowanego iniektu, i celu prac iniekcyjnych<sup>2)</sup>.

**4.5.2. Ogólne zasady prowadzenia iniekcji** w strefach ustalać należy w dostosowaniu do właściwości ośrodka stwierdzonych badaniami wstępnymi na podstawie następujących parametrów:

— rodzaj iniektu,

— początkowe ciśnienie i maksymalne dopuszczalne ciśnienie iniekcji,

— zakres niezbędnych obserwacji prowadzonych podczas zabiegu iniekcyjnego i po jego zakończeniu.

**4.5.3. Sposób przeprowadzania iniekcji przy użyciu zaczynów.** W naturalnych ośrodkach spękanych i budowlach sztywnych słabo przepuszczalnych i przepuszczalnych, stosując zaczyny, iniekcję rozpoczynać należy od zaczynów o niskiej lepkości przy ciśnieniu 50 ÷ 70% maksymalnego ciśnienia dopuszczalnego. W następnej fazie iniekcji, jeżeli nie występuje spadek chłonności zaczynu lub gdy w ciągu 20 ÷ 30 min tłoczenia określonego zaczynu nie wzrasta ciśnienie, należy stopniowo zwiększać lepkość zaczynu, aż do uzyskania założonego spadku chłonności i ciśnienia maksymalnego określonego w kryterium zakończenia iniekcji. W ośrodkach silnie przepuszczalnych, z występującymi kawernami lub pustkami o dużej chłonności, iniekcję należy rozpoczynać, stosując zaczyny o dużej lepkości, mało sedymentujące. Następnie po częściowym wypełnieniu pustek i związaniu zaczynu, iniekcję należy dalej prowadzić, stosując zasady obowiązujące dla ośrodków słabo przepuszczalnych.

**4.5.4. Sposób przeprowadzania iniekcji przy użyciu iniektów chemicznych.** W ośrodkach spękanych, porowatych podczas wykonywania zabiegu z użyciem iniektów wypełniających po zżelowaniu całą objętość pustek, porów lub szczelin należy wtłoczyć określoną objętość iniektu, jaka wynika z obliczonych objętości przestrzeni, które zająć powinien iniekt. Iniekcję należy prowadzić pod stałym ciśnieniem, równym przyjętej

wielkości maksymalnego ciśnienia dopuszczalnego. W ośrodkach silnie przepuszczalnych i łatwo iniekowalnych, zgodnie z przyjętym podziałem wg 2.1 i 2.2, do iniektu chemicznego stosować należy wypełniacze mineralne w ilości 20 ÷ 40% masy iniektu chemicznego, a iniekcję należy prowadzić dwuetapowo, stosując do wstępnego wypełnienia pustek lub porów iniektu chemicznego bez wypełniaczy o skróconym czasie żelowania.

**4.5.5. Kryteria zakończenia iniekcji** należy ustalać indywidualnie dla każdego rodzaju ośrodka, z uwzględnieniem właściwości stosowanego środka iniekcyjnego. Dla ośrodków naturalnych spękanych oraz budowli sztywnych, przy wykonaniu iniekcji za pomocą zaczynów, za podstawowe kryterium należy uznać uzyskanie spadku chłonności zaczynu do wartości mniejszej od  $1 \cdot 10^{-5}$  m<sup>3</sup>/s w przeliczeniu na 1 m długości iniekowanej strefy w ciągu 20 min przy ciśnieniu równym maksymalnemu dopuszczalnemu ciśnieniu iniekcji.

W ośrodkach porowatych za właściwe kryterium ukończenia zabiegu należy przyjąć objętość wtłoczonego iniektu, który po zżelowaniu powinien wypełnić przestrzeń równą objętości porów w odniesieniu do jednostki objętościowej uszczelnianego ośrodka przy założonym efektywnym promieniu iniekcji.

**4.5.6. Zaburzenia przebiegu iniekcji.** W przypadku gdy podczas zabiegu iniekcyjnego występują takie zjawiska, jak: wzrost chłonności, spadek ciśnienia, nadmierne zużycie środków iniekcyjnych lub wpływy powierzchniowe, należy przeprowadzić analizę zaistniałych zjawisk i ustalić sposób postępowania, uwzględniając obniżenie ciśnień iniekcyjnych.

**4.5.7. Określenie efektów iniekcji w strefach za pomocą badań kontrolnych** (wymienionych w rozdz. 7) powinno być wykonane w przypadku, gdy:

— zachodzą wątpliwości odnośnie prawidłowego przebiegu iniekcji w danej strefie,

— nie uzyskano założonego kryterium ukończenia zabiegu.

W przypadku negatywnej oceny, zabieg iniekcyjny w danej strefie należy powtórzyć.

## 5. SPRZĘT DO PRAC INIEKCYJNYCH

### 5.1. Sprzęt do wiercenia i uzbrojenia otworów iniekcyjnych

**5.1.1. Urządzenia wiertnicze** dobiera się w zależności od rodzaju ośrodka, w którym będą prowadzone prace, głębokości otworów iniekcyjnych oraz lokalizacji robót. Urządzenia powinny spełniać następujące warunki:

— średnica otworów umożliwiająca wprowadzenie instalacji iniekcyjnej na żadaną głębokość,

— zasięg głębokościowy większy o 50% od projektowanej głębokości wykonania iniekcji,

— szybki postęp prac,

— gabaryty urządzeń umożliwiające łatwość manewrowania oraz nieskomplikowany montaż,

— możliwość wykonywania otworów kierunkowych.

**5.1.2. Uzbrojenie otworów iniekcyjnych.** Przewody doprowadzające środki iniekcyjne powinny mieć średnicę dostosowaną do średnicy otworów iniekcyjnych umożliwiającą doprowadzenie przewidzianej ilości iniektu

<sup>1)</sup> Ogólne zasady ustalania ciśnień maksymalnych podano w Informacjach dodatkowych p. 6.

<sup>2)</sup> Zasady doboru i przegląd stosowanych metod iniekcji przedstawione zostały w Informacjach dodatkowych p. 7.

bez nadmiernych strat hydraulicznych.

W obrębie otworu iniekcyjnego powinny być one sztywne: stalowe lub z tworzyw sztucznych o odpowiedniej szczelności i wytrzymałości na ciśnienie.

Uszczelka do izolacji stref musi zapewnić właściwą jej izolację podczas iniekcji. W zależności od własności ośrodka oraz technologii wykonania robót, mogą być stosowane uszczelki naciskowe, obiegowe zgodnie z BN-75/8950-07 lub skonstruowane przez wykonawcę robót<sup>1)</sup>.

## 5.2. Sprzęt do przygotowania i włączania iniektów

**5.2.1. Stanowisko do przygotowywania iniektów** powinno obejmować:

- podręczny magazyn materiałów iniekcyjnych,
- dozowniki, wagi, objętościomierze do pomiaru ilości materiałów sypkich lub płynnych,
- mieszalniki mechaniczne dla integracji poszczególnych składników iniekcyjnych,
- zaplecze socjalne.

Zabudowa stanowiska do przygotowywania iniektów, w zależności od zakresu robót, może być stała lub tymczasowa, przesuwana zgodnie z kierunkiem postępu robót. Stanowisko do przygotowywania iniektów powinno być zlokalizowane w odległości nie większej niż 50 m od miejsca wykonywania iniekcji. W przypadku odległości większej, szczególnie podczas prowadzenia prac przy użyciu zaczynów sedymentujących, stosować należy dodatkowe mieszalniki na stanowisku, gdzie jest wykonana iniekcja.

**5.2.2. Pompy do włączania iniektów** powinny spełniać następujące wymagania:

- zapewnić odpowiednie ciśnienie iniekcji, równe 1,5 maksymalnego ciśnienia dopuszczalnego,
- mieć regulację wydajności i ciśnienia,
- zapewnić ciągle i równomierne włączanie iniektu,
- mieć zamontowane zawory bezpieczeństwa,
- być zaopatrzone w urządzenie do pomiaru ciśnienia,
- w miarę możliwości mieć mierniki przetłoczonego iniektu.

Zaleca się stosowanie typowych pomp dla celów iniekcji. W przypadku ich braku, można stosować pompy innych typów — wiertnicze, płuczkowe, agregaty tynkarskie, które spełniają podane wyżej wymagania.

## 5.3. Aparatura kontrolno-pomiarowa

**5.3.1. Aparatura do rejestracji przebiegu iniekcji** powinna być dostosowana do wymagań wynikających z przyjętej technologii.

W zakres aparatury wchodzi:

- manometry wskazujące — rejestrujące, umożliwiające pomiar i rejestrację ciśnienia iniekcji z błędem nie przekraczającym  $\pm 1,0\%$  ciśnienia maksymalnego, zabezpieczone przed bezpośrednim działaniem środków iniekcyjnych,
- przepływomierze do rejestracji ilości wtłoczonego iniektu zapewniające pomiar z dokładnością  $\pm 1 \text{ dm}^3$ .

**5.3.2. Sprzęt laboratoryjny do badań podstawowych właściwości zaczynów i iniektów** oraz ich składników podanych w 3.1.2 i 3.1.3.

## 6. OGÓLNE ZASADY PROJEKTOWANIA I WYKONYWANIA PRAC INIEKCYJNYCH

**6.1. Projekt techniczny próbnych prac iniekcyjnych** wykonuje się dla dużego zakresu robót (ponad 100 m wierceń) na podstawie wyników iniekcji wykonanej w zbliżonych warunkach.

Badania wstępne powinny być przeprowadzone szczególnie wtedy, gdy prace iniekcyjne mają być realizowane w ośrodkach, których charakterystyka i własności są bliżej nieokreślone oraz gdy będą używane iniekty dotychczas nie stosowane. Podczas realizacji prac wstępnych, należy określić warunki panujące w ośrodku, ustalić skład iniektów oraz ich cechy, jak również podstawowe parametry technologii iniekcji.

Odcinki próbne powinny być zlokalizowane w miejscach, gdzie będą wykonane zasadnicze prace iniekcyjne. Liczba odcinków próbnych powinna odpowiadać wydzielonym rejonom o zbliżonych warunkach realizacji prac.

**6.2. Projekt prac iniekcyjnych** wykonuje się na podstawie wyników badań wstępnych i powinien zawierać:

- analizę wyników prac badawczych,
- charakterystykę techniczną obiektu,
- cel i zadania projektowanej iniekcji,
- technologię prac iniekcyjnych,
- czas i koszty prac,
- organizację transportu i placu budowy,
- przepisy bhp uwzględniające w szczególności bezpieczeństwo związane ze stosowaniem iniektów chemicznych.

Opracowany projekt powinien umożliwiać wprowadzanie niezbędnych korekt technologii i zakresu robót w dostosowaniu do stwierdzonych praktycznie warunków wykonywania robót.

**6.3. Wykonawstwo robót iniekcyjnych** odbywać się powinno zgodnie z wytycznymi zawartymi w projekcie robót, przy zachowaniu:

- założonej kolejności wykonywania otworów,
- projektowanego reżimu technologicznego,
- głębokości poszczególnych otworów iniekcyjnych dostosowanej do zamierzonych efektów i naturalnych warunków ośrodka,
- bieżącej analizy efektów.

Roboty iniekcyjne powinny być prowadzone pod specjalistycznym nadzorem.

## 7. KONTROLA EFEKTÓW INIEKCYJNYCH

**7.1. Bieżąca kontrola efektów iniekcji** obejmuje głównie analizę stopnia uszczelnienia, wzrostu wytrzymałości ośrodka w miarę zagęszczania otworów iniekcyjnych oraz zmniejszenia zużycia materiałów iniekcyjnych.

Dla ośrodków naturalnych spękanych i budowli sztywnych za podstawę przyjmować można badania

<sup>1)</sup> Przykłady stosowania odpowiednich typów uszczelki przedstawiono w Informacjach dodatkowych p. 7.

wodochłonności wykonane zgodnie z BN-75/8950-07. Dla ośrodków porowatych i budowli sypanych z gruntów stosować można badania współczynnika filtracji (metodami polowymi lub laboratoryjnymi) można także stosować badanie cech fizycznych prób zainiekowanego gruntu. Próby należy pobierać z ośrodka, w którym były wykonane prace iniekcyjne. Kontrolę wykonywać można również metodami geofizycznymi.

**7.2. Kontrola eksploatacyjna** prowadzona po całkowitym zakończeniu robót iniekcyjnych powinna obejmować stan i zachowanie się iniekowanego ośrodka oraz obiektów na nim posadowionych za pomocą reperów wgłębnych i powierzchniowych, specjalnych otworów piezometrycznych i badań geofizycznych.

Kontrola taka powinna być prowadzona szczególnie dla ośrodków i obiektów przewidzianych do długotrwałej eksploatacji. Wyniki kontroli powinny być gromadzone i analizowane przez jednostkę zajmującą się stanem bezpieczeństwa obiektu oraz wykorzystywane przy sporządzaniu projektów prac iniekcyjnych.

## 8. DOKUMENTOWANIE PRAC INIEKCYJNYCH

**8.1. Dokumentacja bieżąca** powinna być prowadzona podczas realizacji prac iniekcyjnych. W zakres jej wcho-

dą: rejestracja i wyniki przebiegu iniekcji, wyniki badań towarzyszących oraz obserwacje wraz z wnioskami dotyczącymi wykonawstwa prac. Forma dokumentacji, jak i wzory formularzy powinny być dostosowane do specyfiki prowadzonych robót i opracowane przez wykonawcę robót. Robocze materiały dokumentacyjne należy przechowywać w archiwum wykonawcy robót lub przedsiębiorstwa pełniącego nadzór nad robotami.

**8.2. Dokumentacja powykonawcza** powinna być wykonana po zakończeniu robót iniekcyjnych, na podstawie dokumentacji bieżącej.

Zawierać powinna:

- plan wykonanych otworów iniekcyjnych w skali umożliwiającej ich szczegółową lokalizację,
- przekroje szczegółowe z wynikami prac iniekcyjnych i badań towarzyszących,
- przekroje geologiczno-inżynierskie dla ośrodków naturalnych spękanych i porowatych,
- przekroje techniczne obiektów z wynikami prac iniekcyjnych,
- syntezę wykonanych robót wraz z ich oceną,
- inne załączniki dostosowane do charakteru i specyfiki prac.

K O N I E C

## INFORMACJE DODATKOWE

**1. Instytucja opracowująca normę** — Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej — Warszawa.

### 2. Normy związane

- PN-86/B-01300 Cement. Terminy i określenia  
 PN-86/B-02480 Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów  
 PN-80/B-04300 Cement. Metody badań. Oznaczanie cech fizycznych  
 PN-85/B-04500 Zaprawy budowlane. Badania cech fizycznych i wytrzymałościowych  
 PN-65/B-14504 Zaprawy budowlane cementowe  
 PN-80/B-30000 Cement portlandzki  
 PN-80/B-30005 Cement hutniczy 25  
 PN-80/B-30011 Cement portlandzki szybkotwardniejący  
 PN-80/B-30002 Cementy specjalne  
 PN-75/C-04630 Woda do celów budowlanych. Wymagania i badania  
 PN-71/C-84038 Wodorotlenek sodowy techniczny  
 PN-75/C-84127 Chlorek wapniowy techniczny  
 PN-76/G-01201 Wiertnictwo. Nazwy i określenia  
 PN-77/G-01300 Hydrogeologia. Podstawowe nazwy i określenia  
 PN-82/M-42304 Ciśnieniomierze wskazówkowe zwykle z elementami sprężystymi  
 PN-84/M-42310 Ciśnieniomierze wskazówkowe ze sprężyną rurkową i przeponowymi wskaźnikami ciśnienia  
 PN-87/M-42312 Przyrządy do pomiaru ciśnienia. Terminologia  
 PN-82/M-42354 Ciśnieniomierze przemysłowe wskazująco-rejestrujące i rejestrujące z elementami sprężystymi  
 PN-67/M-54900 Wodomierze. Nazwy i określenia  
 BN-76/1785-01 Pluczka wiertnicza. Metody badań własności w warunkach polowych  
 BN-74/6016-41 Szkło wodne sodowe

BN-75/8950-07 Budownictwo hydrotechniczne. Badania geologiczne i hydrogeologiczne. Określenie wodochłonności skał litych. Warunki techniczne i metody badań

BN-75/8950-10 Budownictwo hydrotechniczne. Uszczelnianie podłoża skalnego. Próbną cementacją

### 3. Normy i dokumenty zagraniczne

- CSRS ČSN 73 6814 (1973) Navrhování přehrod. Hlavní parametry a vybavení  
 ČSN 73 6850 (1977) Sypané přehradní hráze  
 RFN DIN 4093 (1962) Grundbau. Einpressungen in Untergrund und Bauwerke. Richtlinien für Planung Ausführung  
 DIN 19700 (1965) Stauanlagen. Richtlinien für Entwurf. Bau Betrieb von Talsperren  
 NRD TGL 21239.BL.1 (1965) Stauanlagen. Talsperren. Allgemeine Grundstze für Vorbereitung, Bau und Betrieb  
 TGL 21239.BI.2 (1968) Stauanlagen. Talsperren. Technische Forderungen für Projektierung und Bau von Gewichtsstaumauern  
 СССР ТУ-112-48 Технические условия и нормы проектирования гидротехнических сооружений. Цементационные противofiltrационные завесы. Госстройиздат, Москва, 1949.  
 ТУ-31-54 Технические условия на производство гидротехнических работ. Цементация скальных пород. Госэнергоиздат, Москва, 1955.  
 СН-123-60 Технические условия и нормы проектирования бетонных гравитационных плотин на скальных основаниях. Госстройиздат, Москва, 1961  
 NRD Hinweise für die Projektierung von Stauanlagen. Teil 4-Die Untergrunddichtung von Staubauewerken auf lockergesteinen. Institut für Wasserwirtschaft, Berlin, 1960

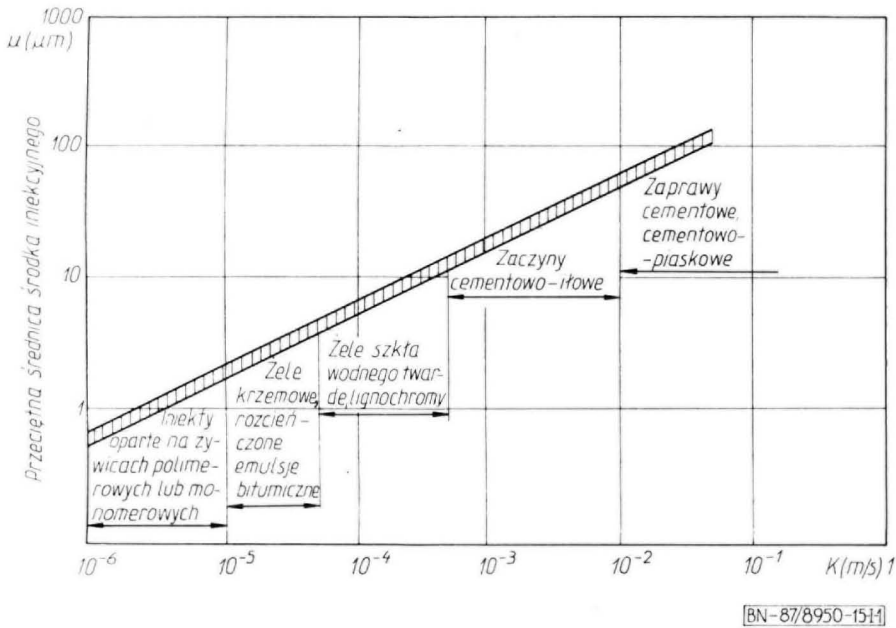


**4. Literatura**

Cambefort H.: Injection des sols. Paris: Eyrolles, 1964  
 Cambefort H.: Reconnaissance des sols et fondations speciales. Paris: Eyrolles, 1966  
 Cambefort H.: Introduction a la geotechnique. Paris: Eyrolles, 1971  
 Franti K.: Cementacja w budowlach wodnych i inzynierskich. *Gospodarka Wodna* nr 1 1978  
 Giżyński W., Gnatowski M.: Polimery organiczne w technice iniekcyjnej. *Przegląd Chemiczny* nr 1, 1978  
 Jawański W.: Badania ciśnien dopuszczalnych cementacji w skałach litych. *Przegląd Geologiczny* nr 3, 1969  
 Jawański W., Thiel K.: Zagadnienia optymalizacji prac uszczelniających w podłożu zapór posadowionych na fliszu Karpackim. *Gospodarka Wodna* nr 6, 1971

Iniekcje wzmacnianie i uszczelnianie gruntów i skał. Materiały Konferencji Naukowej — Jadwisin 1980. Warszawa, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, 1980, t.1 i 2  
 Katalog Polskich środków iniekcyjnych. Warszawa, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, 1982  
 Miłkowski W., Gliwa E., Szedel P.: Wzmacnianie i uszczelnianie górotworu środkami chemicznymi. Katowice, Śląsk 1982  
 Thiel K.: Projektowanie zaczynów cementowo-łowych dla uszczelnienia podłoża pod zapory. *Gospodarka Wodna* nr 7, 1966  
 Tkany Z.: Kontrola iniekcyjnych karotazi. Brno, Kniznice VUT,sv. B-13, 1970

**5. Podstawowe zasady doboru rodzajów, składu zaczynu lub iniektu chemicznego w dostosowaniu do własności ośrodka iniekcji przedstawiono na rys. I-1 i w tabl. I-1.**



BN-87/8950-1514

Rys. I-1. Zakresy zastosowań różnych środków iniekcyjnych w zależności od współczynnika filtracji podłoża k

**Tablica I-1. Dobór rodzaju zaczynu lub iniektu chemicznego**

Rodzaj ośrodka	Charakter ośrodka	Cel prac iniekcyjnych	Zalecane rodzaje iniektów lub zaczynów	Uwagi
1	2	3	4	5
Naturalny spękany	praktycznie nie przepuszczalny	uszczelnienie	iniekcje chemiczne o lepkości zbliżonej do wody	iniekcję wykonuje się dla obiektów o wymaganiach specjalnych
	slabo przepuszczalny	uszczelnienie	zaczyny cementowe wykonane z cementów marki 40÷50, z ewentualnymi domieszkami stabilizatorów sedymentacji, o stosunku: c:w = 0,5 z dodatkami plastyfikatorów, emulsje bitumiczne	przy wytwarzaniu zaczynów stosować mieszarki szybkoobrotowe
	przepuszczalny	uszczelnienie, częściowo wzmocnienie	zaczyny cementowe z cementów marki 35 z ewentualnym wypełniaczem mineralnym, stabilizatorami chemicznymi zaczyny 0,5 < c:w ≤ 1	
	silnie przepuszczalny	uszczelnienie, wzmocnienie	zaczyny o c:w > 1 z cementów marki 35 z wypełniaczem w ilości do 30% wagi cementu i stabilizatorami (pyły, piaski drobne), zaczyny cementowo-łowe o niskiej sedymentacji z dodatkami zwiększającymi wytrzymałość i skracającymi czas wiązania	

cd. tabl. I-1

Rodzaj ośrodka	Charakter ośrodka	Cel prac iniekcyjnych	Zalecane rodzaje iniektów lub zaczynów	Uwagi
1	2	3	4	5
Budowle wodne o konstrukcji sztywnej	praktycznie nieprzepuszczalny, przepływ przez pojedyncze spękania o rozwarości do 1 mm	uszczelnienie i wzmocnienie	iniektory chemiczne o małej lepkości, dobrej przyczepności do płaszczyzn spękań po zżelowaniu podatne na współpracę z konstrukcją przy jej zmianach skurczowych i wytrzymałości utwardzonego żeluz nie mniejszej niż 1,0 MPa	
	slabo przepuszczalny, przepływ przez spękania częściowo skomunikowane ze sobą o rozwarości szczelin do 2 mm, betony źle zagęszczone	uszczelnienie lub wzmocnienie	zaczyn o c:w $\leq 0,5$ z cementu marek 40÷50 z dodatkami plastyfikatorów chemicznych zwiększających płynność, ograniczających sedimentację, polepszających wytrzymałość, wytrzymałość zaczynu po związaniu nie niższa niż 20 MPa	
	przepuszczalne, gęsta sieć spękań kontaktujących się z sobą, spękania o rozwarciu do 5 mm, skorodowane partie betonu	uszczelnienie lub wzmocnienie	zaczyny jw. z cementu marki 35 z dodatkami przyspieszającymi wiązanie i zwiększającymi wytrzymałość, wytrzymałość zaczynu po związaniu przekraczająca 20 MPa	
	silnie przepuszczalny, gęsta sieć spękań kontaktujących się ze sobą o rozwarości spękań ponad 5 mm ubytki i kawerny	uszczelnienie lub wzmocnienie	gęste zaczyny cementowe z cementu marki 35, zaprawy stabilizowane z dodatkami przyspieszającymi czas wiązania, wskazana wytrzymałość jw.	
Naturalny porowaty	bardzo slabo przepuszczalny, bardzo trudno iniekowalny	uszczelnienie lub wzmocnienie	iniektory chemiczne rozcieńczone oparte na żywicach organicznych o średnicy cząstek $d=0,8\mu$ i lepkości do 5 MPa · s	
	slabo przepuszczalny, trudno iniekowalny	uszczelnienie lub wzmocnienie	rozcieńczone żele szkła wodnego o średnicy cząsteczek $6 < d \leq 8 \mu$ i lepkości do 10 MPa · s	
	przepuszczalny, podatny na procesy iniekcyjne	uszczelnienie lub wzmocnienie	żele szkła wodnego, iniektory chemiczne i mieszaniny zawiesin bentonitowych o średnicy ziaren iniektu $d > 8 \mu$ i lepkości do 10 MPa · s	
	znacznie przepuszczalny, dobrze iniekowalny	uszczelnienie lub wzmocnienie	zaczyny cementowe z domieszkami itów i środków chemicznych jw. o średnicy ziaren zawiesiny $d=10 \mu$	
	silnie przepuszczalny, łatwo iniekowalny	uszczelnienie lub wzmocnienie	zaczyny jw. o średnicy ziaren iniektu $d=80 \mu$	
Budowle wykonane z gruntów mineralnych		wg wskazań jak dla ośrodków naturalnych porowatych		
c — zawartość cementu, w — zawartość wody; we wszystkich przypadkach stosunki wagowe.				

Dobór składu i własności zaczynów przedstawiono w tabl. I-1. Ogólne wskazówki dotyczące rodzajów i składu zaczynów podano wg BN-75/8959-10.

Dobór rodzaju i składu iniektu chemicznego w zależności od charakteru ośrodka przedstawiono na rys. I-2.

Do celów iniekcyjnych mogą być użyte środki chemiczne wytwarzane na skalę przemysłową wymienione w tabl. I-2 lub inne substancje, które zostaną wprowadzone do produkcji w przyszłości, jeżeli ich własności odpowiadają warunkom iniekcji podanym w niniejszej normie.

Szczegółowe informacje dotyczące składu i własności dostępnych w kraju iniektów podano w Katalogu polskich środków iniekcyjnych.

**6. Ogólne zasady ustalania wielkości ciśnienia iniekcji.** Wielkości dopuszczalne ciśnienia mogą być przyjmowane na podstawie do-

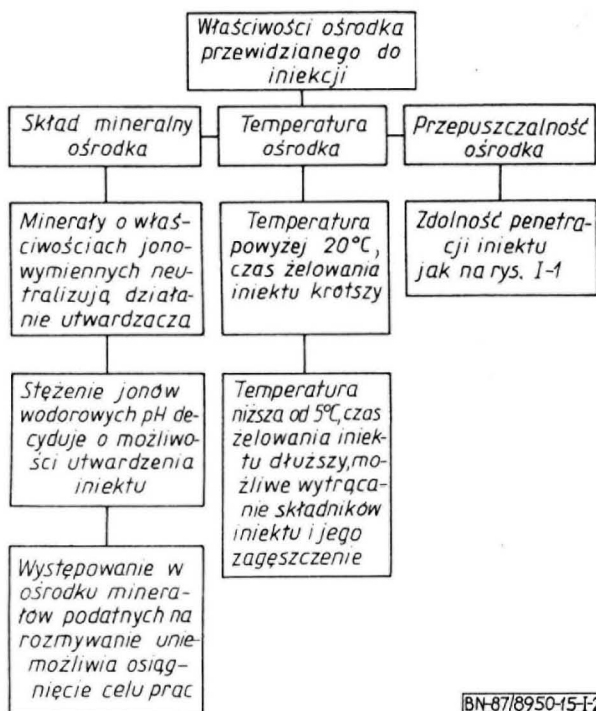
świadczeń z prac iniekcyjnych wykonanych w takich samych warunkach, z badań terenowych dla określenia przepuszczalności lub na odcinkach próbnych. W szczególnych przypadkach określenie ciśnień może być poprzedzone badaniami w specjalnych zespołach otworów iniekcyjnych. Przy wstępnym ustalaniu największych ciśnień iniekcji można się oprzeć na wzorach empirycznych<sup>1)</sup> lub przyjąć wg tabl. I-3

#### 7. Dobór metody iniekcji

**7.1. Postanowienia ogólne.** W zależności od typu ośrodka oraz sposobu głębinienia otworów, iniekcja może być wykonana metodami:

- stref zstępujących,
- stref wstępujących,
- przy użyciu rur manszetowych,
- pośrednimi.

<sup>1)</sup> wg. Informacji dodatkowych p. 4.



BN-87/8950-15-I-2

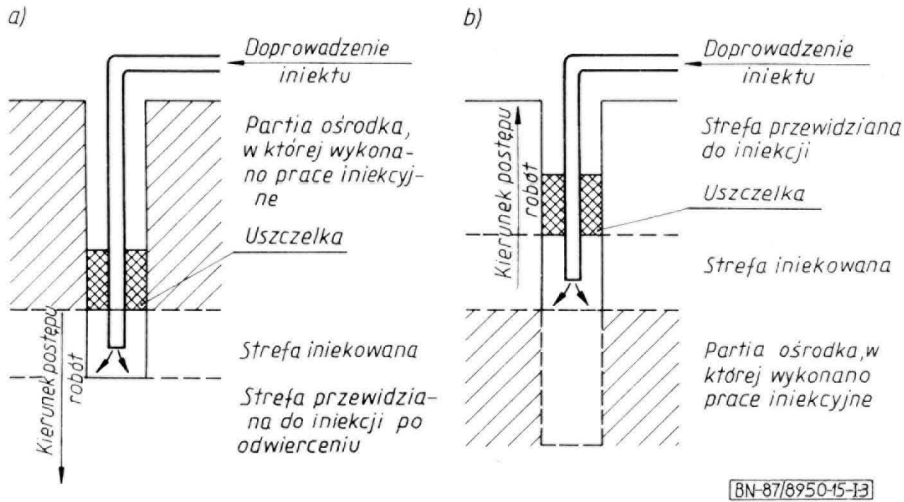
Rys. I-2. Ważniejsze czynniki decydujące o rodzaju i składzie iniektu chemicznego

Tablica I-2. Substancje chemiczne stosowane dotychczas do wytwarzania iniektów

Grupa iniektów chemicznych	Rodzaje iniektu krajowego (nazwa handlowa)	Utwardzacz (aktywatory, koagulanty)	Charakterystyczne cechy iniektu
1	2	3	4
Poliuretanowe	Izocyn PT-100 Elastomery EPU	składnik poliowy	w kontakcie z wodą zachodzi spienienie
Akrylowe	Solakryl M Solakryl S	roztwory wodne trójetanolominy TEA	pęcznią w środowisku wodnym
Krzemiany	na bazie szkła wodnego <sup>1)</sup>	octan etylu detergent utwardzacz: MOC-1	w zależności od składu mogą tworzyć: — żele miękkie — żele twarde
Acetonowo-formaldehydowe	AF-3	roztwory wodne NaOH, KOH, NaCl	stosuje się w ośrodkach o charakterze zasadowym
Mocznikowo-formaldehydowe	MS-10K	mocznik, kwas fosforowy, fosforan jednoamonowy	stosuje się w ośrodkach o charakterze kwaśnym
	Klej 116	wodny roztwór HCl	

Inne rzadziej stosowane: epoksydowe, poliestrowe, fenolowo-formaldehydowe, bituminy, lignosulfoniary.

<sup>1)</sup> Iniektu typu: SOR, SWG, Geożel.



Rys. 1-3. Schemat metod iniekcji w ośrodkach naturalnych spękanych i obiektach o konstrukcji sztywnej

Tablica I-3. Orientacyjne wielkości maksymalnych ciśnień dopuszczalnych

Rodzaj ośrodka	Charakter ośrodka	Orientacyjna wielkość maksymalnych ciśnień dopuszczalnych
1	2	3
Naturalny spękany	uwarstwiony lub nie uwarstwiony, praktycznie nie przepuszczalny o wytrzymałości skał większej od 30 MPa	$Pd = 0,3\gamma h$
	nie uwarstwiony lub słabo przepuszczalny o wytrzymałości skał 30 MPa uwarstwiony jw.	$Pd = 0,25\gamma h$ $Pd = 0,20\gamma h$
	uwarstwiony lub nie uwarstwiony, przepuszczalny o wytrzymałości skał mniejszej niż 30 MPa	$Pd = 0,15\gamma h$
	uwarstwiony lub nie uwarstwiony, silnie przepuszczalny	$Pd = 0,1-0,15\gamma h$
Naturalny porowaty	nie podatny na zabiegi iniekcyjne, bardzo trudno iniekowalny, trudno iniekowalny	$Pd = 3Pos$
	podatny na zabiegi iniekcyjne, dobrze iniekowalny, łatwo iniekowalny	$Pd = 2Pos$
Obiekty budowlane o konstrukcji sztywnej i gruntów mineralnych sztucznie zagęszczanych		wielkość ciśnień ustalona indywidualnie w zależności od rodzaju obiektu i wymagań iniekcji
$Pd$ — maksymalne ciśnienie dopuszczalne w MPa, $\gamma$ — ciężar właściwy skał nadkładu, $h$ — głębokość do środka strefy iniekcyjnej, $Pos$ — wielkość ciśnień naturalnych panujących w ośrodku.		

**7.2. Metody iniekcji w ośrodkach naturalnych spękanych.** Iniekcja metodą stref zstępujących w ośrodkach naturalnych spękanych może być stosowana gdy są one przepuszczalne i silnie przepuszczalne, szczególnie, gdy: otwory nie wykazują stałości, trudna jest izolacja poszczególnych stref, są wykonywane badania kontrolne po iniekcji.

Zaletą metody jest możliwość bezpiecznego kontynuowania wiercenia bez konieczności stosowania rur okładzinowych, łatwiejsze izolowanie poszczególnych stref. Wadą jest mały postęp prac, związany z przestojami technologicznymi na stwardnienie środka iniekcyjnego i koniecznością przewiercania iniekowanych stref. Schemat metody — wg rys. 1-3a

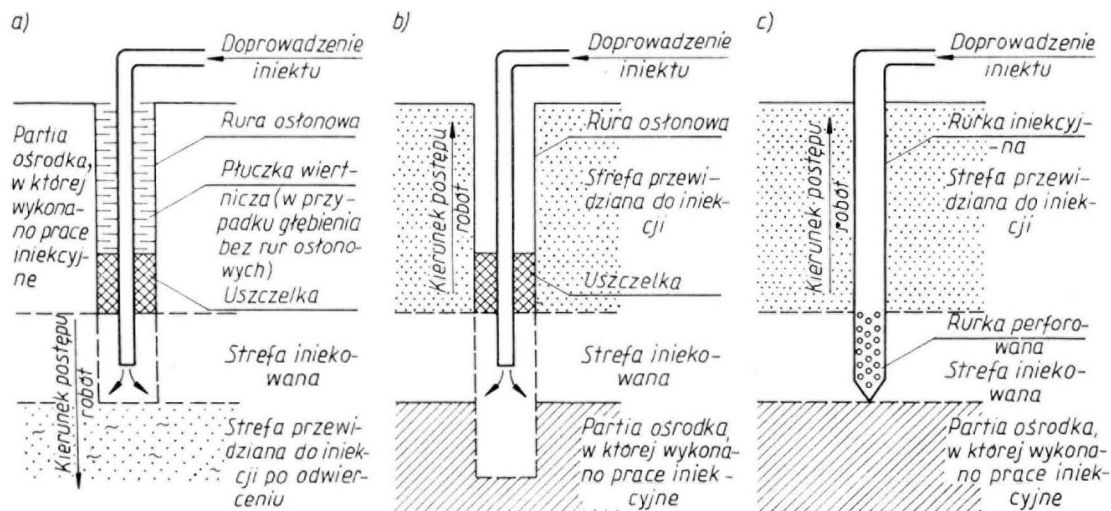
Iniekcja metodą stref wstępujących może być stosowana w ośrodkach naturalnych spękanych słabo przepuszczalnych lub praktycznie nie przepuszczalnych, jeżeli ściany otworów wykazują stałość i umożliwiają wiercenia bez stosowania płuczek lub rur okładzinowych oraz gdy nie występują trudności w izolacji stref iniekcyjnych. W koniecznych przypadkach może być wykonywane kontrolne badanie strefy po iniekcji, po uprzednim zwierceniu utwardzonego iniektu. Zaletami tej metody jest szybki postęp robót przez skrócenie przestojów technologicznych na utwardzenie iniektu oraz ich mniejszy koszt. Wadą metody jest brak bezpośrednich badań kontrolnych po wykonanych iniekcjach. Schemat metody — wg rys. 1-3b.

Metody iniekcji w obiektach budowlanych o konstrukcji sztywnej mogą być stosowane jak dla ośrodków naturalnych spękanych, z uwagi na zbliżony charakter ośrodków.

**7.3. Iniekcja w ośrodkach naturalnych porowatych.** Iniekcja strefami zstępującymi może być stosowana w ośrodkach podatnych na iniekcję i łatwo iniekowalnych. Rodzaj użytego iniektu powinien gwarantować stabilizację ścian otworu podczas jego głębienia, a także prawidłową izolację stref. W koniecznych przypadkach można stosować rury okładzinowe lub płuczki wiertnicze. Metoda ta może być zalecana dla otworów iniekcyjnych do głębokości 15 m i przy stosowaniu stref o długości od 0,5 do 0,7 m.

Zalety i wady przedstawionej metody są podobne jak dla ośrodków naturalnych spękanych. Schemat metody przedstawiono na rys. 1-3a. Iniekcja strefami wstępującymi dla pozostałych typów ośrodków naturalnych porowatych i budowli sypanych z gruntów mineralnych może być wykonywana przy użyciu niskolepkich cieczy iniekcyjnych. Metoda ta może być stosowana dla otworów o głębokości do 30 m przy użyciu rur iniekcyjnych wprowadzanych w grunt za pomocą wibrowania, wbijania lub wpułkiwania dla wykonania iniekcji do głębokości 10 m (rys. 1-4 bis).





BN-87/8950-15-4

Rys. 1-4. Schemat metod iniekcji w ośrodkach naturalnych porowatych i obiektach sypanych z gruntów mineralnych

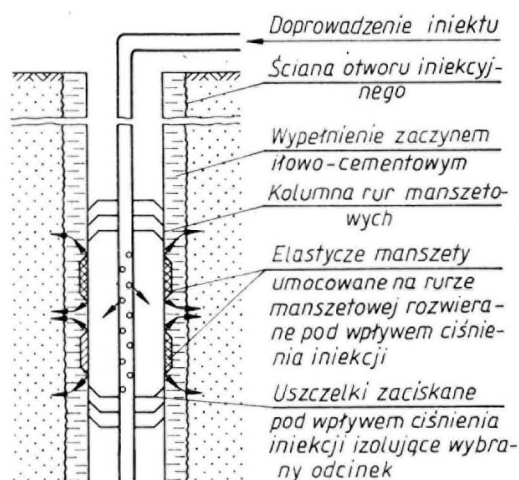
Zaletą tej metody jest szybki postęp prac, a wadą — możliwość niekontrolowanego wypływu iniektu na powierzchnię, zwłaszcza w górnych warstwach iniekowanego ośrodka. W tych przypadkach można zastosować nasyp dociążający.

Iniekcję przy użyciu rur manszetyowych wykonywać można we wszystkich grupach ośrodków porowatych naturalnych. Zalecana ona może być szczególnie dla iniekowania partii leżących na głębokościach poniżej 30 m lub gdy iniekcji należy poddać pewne wydzielone partie ośrodka. Jest to metoda dość skomplikowana z uwagi na konieczność dobrania odpowiednich własności cieczy buforowej utrzymującej stałość ścian otworu iniekcyjnego, zapobiegającej zarazem wypływowi iniektu na powierzchnię przez otwór oraz umożliwiającej przenikanie iniektu przez ciecz buforową w głąb iniekowanego ośrodka. Najczęściej stosowanymi cieczami buforowymi są zawiesiny ilowo-cementowe z dodatkami chemicznymi. Schemat metody — wg rys. 1-5.

**7.4. Metoda iniekcji ciśnieniowo-strumieniowa** jest metodą nową i może być zastosowana we wszystkich rodzajach ośrodka porowatego, wraz z grupą ośrodków niepodatnych na zabiegi iniekcyjne.

Umożliwia ona kontrolowane urabianie podłoża z nasyceniem go środkami wiążącymi za pomocą wysokoenergetycznego spójnego strumienia cieczy iniekcyjnej. Zastosowanie wysokich ciśnień 10 ÷ 30 MPa umożliwia wykonanie brył wzmocnionego lub uszczelnionego podłoża w różnych formach — pale, ścianki szczelne. Metoda ta ze względu na zwiększony zasięg działania w podłożu, wpływa na zmniejszenie koniecznej liczby otworów iniekcyjnych i daje lepsze rezultaty.

**8. Autorzy projektu normy** — dr inż. Wiesław Jawański, mgr inż. Wiesław Młodawski, Wiktor Nowicki — Przedsiębiorstwo Geologiczne Budownictwa Wodnego HYDROGEO — Kraków.



BN-87/8950-15-5

Rys. 1-5. Schemat wykonania iniekcji przy użyciu rur manszetyowych