

Buzzi Unicem

SOLIDUR[®] Premiscelato pronto all'uso
per miscele plastiche
autoindurenti

Buzzi Unicem Solidur®

Premiscelato pronto all'uso per miscele plastiche autoindurenti

Solidur® è un prodotto premiscelato, pronto per l'impiego, composto da leganti minerali cementizi e componenti argillosi e bentonitici oltre ad aggiunte speciali. Nella sua formulazione viene utilizzata solo bentonite di alta qualità escludendo l'utilizzo di additivi chimici.

Solidur® è costituito esclusivamente da componenti minerali e viene confezionato in cementeria con specifica tecnologia di produzione.

Solidur® viene fornito in polvere e in cantiere il confezionamento della miscela plastica viene effettuato mescolandolo velocemente con acqua senza aggiunta di alcun additivo in appositi mescolatori ad alta turbolenza dotati di dosatori automatici. In pochi minuti si ottiene una miscela stabile autoindurente pronta per l'impiego. La sospensione rimane lavorabile per un sufficiente periodo di tempo che varia a seconda dell'applicazione e può venire pompata anche a distanze che superano il chilometro. Il fango plastico, dopo l'indurimento, acquisirà le caratteristiche di impermeabilità e resistenza richieste dall'opera. Con **Solidur®** i benefici che si hanno sulla gestione economica del cantiere sono considerevoli, in quanto:

- Non necessita di vasche di maturazione per la bentonite come prevede il sistema tradizionale, con conseguente risparmio di spazi e di tempi

Requisiti delle miscele plastiche autoindurenti Solidur®

Ai materiali usati per il confezionamento di una miscela plastica minerale per diaframmi impermeabili viene generalmente richiesta una pre-qualifica di idoneità. A richiesta per determinati cantieri viene effettuato uno studio preliminare con prelievi di campioni del terreno, acqua di falda o percolato del sito su cui si deve intervenire e conseguenti analisi di laboratorio, finalizzate a individuare la miscela dei componenti più adatta al sito e rispondente alle specifiche tecniche del progetto.

Ulteriori vantaggi nell'impiego del **Solidur®** sono rappresentati dalla semplicità ed economicità dell'attrezzatura di cantiere, oltre all'elevata omogeneità del premiscelato. I controlli di qualità sono semplici e rapidi: il prodotto viene miscelato solo con acqua di rete ed è immediatamente utilizzabile.

Affinché un diaframma impermeabile da realizzare sia stabile, la sospensione deve raggiungere una densità ed una viscosità prestabiliti. Per ogni procedimento costruttivo è necessario effettuare una prova di stabilità tenendo conto delle rispettive condizioni quadro. Oltre alle condizioni

del terreno e del carico, è necessario tenere conto delle caratteristiche della sospensione, quali densità, viscosità, stabilità, tempo di lavorabilità e compatibilità ambientale.

Alcuni metodi di prova semplici caratterizzano una sospensione per diaframmi impermeabili: la determinazione della viscosità tramite il cono di Marsh, la densità della sospensione tramite bilancia Barroid (o bilancia elettronica + cilindro graduato) e la decantazione con il cilindro graduato.

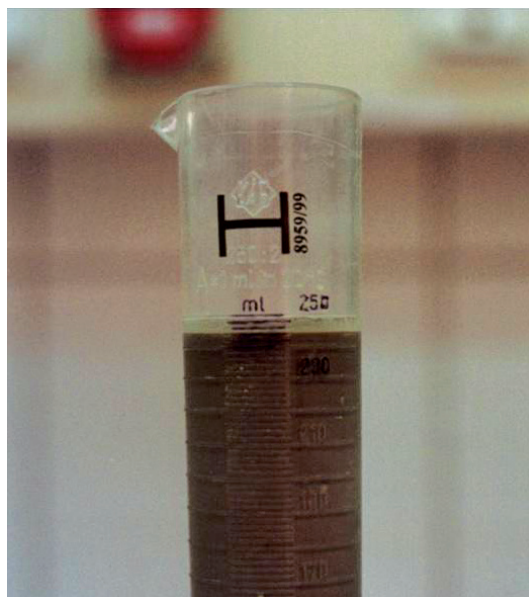
Quando il fango per diaframmi impermeabili si indurisce, a seconda del procedimento produttivo, si forma il diaframma impermeabile, che deve presentare una resistenza minima alla compressione ed essere impermeabile all'acqua. Ulteriori requisiti sono la deformabilità e la resistenza alle erosioni, nonché la durabilità a lungo termine e la compatibilità ambientale. In applicazioni specifiche è necessaria anche una certa resistenza alle acque di infiltrazione, per es. in caso di cinturazioni di discariche come protezione passiva dalle inondazioni o dalle falde acquifere circostanti.



- Riduce la manodopera
- Semplifica l'impianto di cantiere con l'occupazione di spazi limitati
- Riduce le prove di controllo grazie alla costanza delle caratteristiche del prodotto.

Solidur® dispone di una vasta gamma di ricette collaudate e certificate sia sotto il profilo idraulico "permeabilità" che in quello chimico-fisico ambientale "resistenza alle aggressioni chimiche, erosioni".

Le "famiglie" del prodotto si suddividono in **Solidur**® 274, **Solidur**® 274 Speciale e **Solidur**® 273 che si distinguono in funzione della densità della miscela plastica e delle caratteristiche prestazionali del materiale indurito, **Solidur**® 270 studiato appositamente per opere di ingegneria idraulica, **Solidur**® Erdbeton utilizzato per il confezionamento di calcestruzzi plastici.



Test in cantiere:

- Prova di lavorabilità con cono Marsh
- Controllo della densità con bilancia Barroid
- Prova di decantazione con cilindro

Norme di riferimento relative alle prove di controllo e caratterizzazione della miscela plastica autoindurente

Prove	in cantiere fango plastico fluido	in laboratorio fango plastico indurito
Confezionamento sospensione	DIN 4127	-
Densità	UNI 11152 Parte 6 DIN V 4126-100	-
Cono Marsh	UNI 11152 Parte 13 DIN V 4126-100	-
Decantazione	UNI 11152 Parte 11 DIN V 4126-100	-
Permeabilità	-	DIN EN ISO 17892-11
Sforzo di Taglio	-	BS 1377 Parte 7
Ritiro / Espansione	-	UNI 8996
Resistenza a Compressione	-	UNI 11152 Parte 21 UNI EN196-1 prisma 40x40x160mm DIN EN ISO 17892-7 prisma/cilindro
Inizio Presa	UNI 11152 Parte 19	-
Durata pratica utilizzo sospensione	UNI 11152 Appendice A	-



Getto di Solidur®

Norme di riferimento relative all'esecuzione dei diaframmi:

- UNI EN 1538 • Linee Guida della Provincia di Milano • DIN V 4126-100 • DIN 4127 • ÖNORM B 4452

Impieghi correnti

Diaframma plastico con asportazione di terreno

- Diaframmi scavati con benna mordente
- Diaframmi scavati con escavatore a cucchiaia rovescia
- Diaframmi scavati con idrofresa
- Diaframmi composti da pali secanti
- Diaframmi combinati in miscela e teli in HDPE
- Diaframma sottile scavato tramite vibroinfissione di casseri in acciaio

Diaframma plastico senza asportazione di terreno

- Diaframma sottile realizzato con tecnologia Vibro Jet
- Diaframma sottile combinato Vibro Jet con telo in HDPE
- Diaframma sottile realizzato tramite jetting lamellare monodirezionale

Barriere verticali e orizzontali

- Barriere impermeabili verticali realizzate con tecnologia Jet Grouting
- Impermeabilizzazioni orizzontali con "tappo di fondo" tramite iniezioni ad alta o bassa pressione

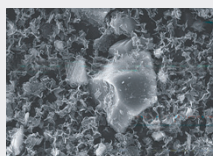
Riempimenti e isolamenti di vuoti sotterranei

- Iniezioni e riempimenti di cavità e vuoti cittadini sotterranei con un prodotto eventualmente scavabile in futuro come un'argilla compatta
- Intasamento dell'intercapedine tra il tunnel e l'elettrodotta o la condotta (gas, ecc.)

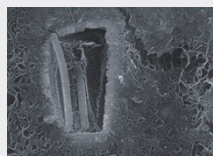
Vantaggi

- **Solidur®** è una miscela pronta all'uso, a qualità garantita dal produttore
- Impiego diretto del prodotto, senza necessità di maturazione in vasche di stoccaggio. **Solidur®** viene mescolato solo con acqua e in pochi minuti si ottiene una miscela stabile autoindurente pronta per l'impiego
- Semplicità dell'impianto di cantiere, con ridotto investimento ed occupazione di spazi limitati garantendo grandi produzioni
- Riduzione della manodopera
- Elevata impermeabilità, superiore a quella ottenibile con miscele comuni a parità di spessori
- Qualità dei materiali e di conseguenza dell'opera finita
- Alta resistenza alle erosioni
- Alta resistenza all'aggressione chimica
- Stabilità nel tempo
- Rispetto delle specifiche dei capitolati più restrittive.
- Caratteristiche costanti del prodotto con relativa riduzione delle prove di controllo in cantiere
- Miscela formulata ad hoc, in base alle caratteristiche del sito ed alle specifiche tecniche del progetto
- Assistenza tecnica qualificata

Solidur® al microscopio



dopo
1 giorno



dopo
28 giorni

Esempi di ricette		Solidur® 270 per l'ingegneria idraulica	Solidur® 274	Solidur® 274 speciale	Solidur® 273
Dosaggio	kg / m ³	250	250	480	800
Acqua	kg / m ³	910	910	820	700
Densità della sospensione	g / cm ³	1,16	1,16	1,30	1,50
Tempo Marsh	s / dm ³	34	34	43	< 70
Decantazione	vol. - %	< 2	< 2	< 2	< 2
Permeabilità	dopo 28 gg	m / sec	< 1E - 8	< 1E - 10	< 5E - 10
	dopo 90 gg	m / sec	< 5E - 9	< 1E - 10	< 1E - 10
Resistenza	dopo 28 gg	N / mm ²	ca. 0,6	ca. 1,2	ca. 1,0

Tecnica costruttiva

Diaframma plastico impermeabile, con scavo BIFASE

Con il processo costruttivo a due fasi si possono realizzare anche diaframmi plastici. Le operazioni di scavo sono analoghe a quelle del diaframma strutturale ma in questo caso il fango bentonitico viene sostituito da una miscela plastica autoindurente con un getto dal basso verso l'alto, raccogliendo il primo in apposite vasche previa depurazione delle parti fini che dovranno essere opportunamente smaltite in apposite discariche. È facile intuire l'aumento di costo e di tempo esecutivo per tale procedura. Per il confezionamento della miscela plastica autoindurente si può utilizzare il **Solidur®**, anche se risulta più conveniente e più semplice dal punto di vista tecnologico la procedura con scavo in monofase.

Diaframma plastico impermeabile, con scavo MONOFASE.

In questo caso, una miscela plastica autoindurente svolge sia il ruolo di fluido di perforazione che, una volta maturata, quella di setto a bassa permeabilità e consente la realizzazione di opere sotterranee in un'unica fase, unendo le operazioni di scavo e di getto. Questo procedimento è il più diffuso e risulta di gran lunga più semplice ed economico (processo costruttivo in una fase); viene adottato, per esempio, nella costruzione di

discariche o nella loro messa in sicurezza tramite diaframmi di cinturazione, nell'impermeabilizzazione di opere di difesa idraulica, nella bonifica di siti contaminati, ecc. Per questi procedimenti si utilizzano il **Solidur® 270**, **Solidur® 274**, il **Solidur® 274 Speciale** o il **Solidur® 273**. Nei diaframmi plastici impermeabili talvolta vengono inseriti speciali teli in HDPE (High Density PolyEtilene) per meglio sopportare la pressione idraulica oppure, per contrastare la spinta attiva orizzontale del terreno, possono essere aggiunte palancole o profilati in acciaio ancorati.

Realizzazione di diaframmi con scavo monofase





Messa in sicurezza di siti industriali

Diaframma di 60cm. Sono realizzabili diaframmi fino a una larghezza di 1,20 m.

Solidur® per l'ingegneria ambientale [discariche e siti contaminati]

Nella costruzione e bonifica di discariche vengono realizzati diaframmi impermeabili verticali analoghi a quelli utilizzati per i consolidamenti di fondazioni. Di norma un apposito strato di argilla orizzontale (naturale preesistente o artificiale) impermeabilizza il fondo della discarica. Il diaframma plastico impermeabile verticale di cinturazione del sito da un lato deve impedire che l'acqua di falda penetri all'interno della discarica, dall'altro che il percolato possa defluire all'esterno.

Le tecniche di isolamento di discariche e di siti da bonificare, possono essere classificate nelle seguenti categorie:

Sistemi passivi di cinturazione perimetrale:

- diaframma immerso dentro al sottostante substrato impermeabile
- diaframma sospeso entro l'acquifero

Sistemi passivi di isolamento del fondo:

- Impermeabilizzazioni con "tappo di fondo" tramite iniezioni ad alta o bassa pressione

In Italia e in Europa le barriere costituite da miscele autoindurenti sono le più usate.

Diversi parametri influenzano le prestazioni di tali sistemi:

- la tipologia e il dosaggio dei singoli materiali impiegati
- le procedure di miscelazione
- le tecniche di applicazione

Sono pertanto richiesti un numero elevato di test preliminari per qualificare materiali e tecnica di lavorazione dei diaframmi.

L'impiego di **Solidur®**, come testimoniano le numerose referenze, si è dimostrato la soluzione tecnico-economica ottimale, garantendo il rispetto delle specifiche più restrittive dei capitolati.

Calcestruzzi plastici a base di **Solidur® Erdbeton**

Con **Solidur® Erdbeton** (dal tedesco ERDE = terra-terreno) si realizzano calcestruzzi plastici impermeabili miscelando il prodotto in centrale di betonaggio con aggregati di adeguata granulometria (preferibilmente 0-8 mm).

Un calcestruzzo plastico viene utilizzato quando è necessario ottenere densità molto elevate, pari a circa $1.800 \div 2.000 \text{ kg/m}^3$, non raggiungibili con le normali miscele plastiche autoindurenti, senza compromettere le prestazioni di bassissima permeabilità ($k < 5E-11 \text{ m/s}$) e mantenendo una deformazione mediamente $\geq 1\%$.

L'utilizzo dei calcestruzzi plastici a base di **Solidur® Erdbeton** è indicato soprattutto in caso di formazione di diaframmi molto profondi realizzati in due fasi, dove, per la posa dal basso verso l'alto del calcestruzzo tramite tubo di getto, è necessario avere un prodotto ad elevata densità per sostituire il fango bentonitico dello scavo del diaframma, senza effetti di miscelazione dei due materiali.

Solidur® Erdbeton può anche essere utilizzato nel caso in cui ci siano terreni di natura sabbiosa o poco consistenti

con falde in movimento, per evitare il dilavamento del setto impermeabile appena realizzato e sostenere al meglio lo scavo. Con **Solidur® Erdbeton** si possono ottenere calcestruzzi plastici con bassissima permeabilità (utilizzando gli aggregati reperibili in loco) con elevata resistenza alle aggressioni chimiche, evitando fenomeni di segregazione nel calcestruzzo (consistenza S5) nonostante l'elevata percentuale di bentonite presente in formula, necessaria per ottenere una bassa permeabilità.



Costruzione di una barriera impermeabile tramite pali CSP (cased secant piles). Posa in opera di calcestruzzo plastico a base di **Solidur® Erdbeton**

Solidur® per l'ingegneria idraulica

Per opere di difesa idraulica vengono costruiti argini di contenimento che, in funzione del terreno utilizzato per la loro formazione, a volte necessitano di barriere impermeabili. La funzione di questi diaframmi verticali è principalmente quella d'impedire l'attraversamento della corrente d'acqua, ma anche di contrastare fenomeni di sifonamento ("fontanazzi") evitando che l'acqua passi al di sotto dell'argine, situazione che nel tempo provocherebbe pericoli di stabilità dell'opera a causa della prolungata azione erosiva.

Solidur® nelle opere di ingegneria idraulica viene utilizzato anche nell'impermeabilizzazione di scavi in presenza di acqua e nelle diaframmatore profonde di dighe con carichi idraulici notevoli. Questi diaframmi idraulici possono essere realizzati con la tecnica dei diaframmi sottili senza asportazione di terreno con spessore $10 \div 25 \text{ cm}$, utilizzando **Solidur® 273**, oppure tramite diaframmi con escavazione a spessore da $30 \div 120 \text{ cm}$, utilizzando **Solidur® 270**, **Solidur® 274** oppure **Solidur® 274 Speciale**.

Solidur® per fondazioni speciali

Le miscele plastiche autoindurenti **Solidur®** vengono utilizzate ormai da anni in Germania e nel Nord Europa per la realizzazione di diaframmi combinati fango autoindurente + acciaio (per es. profili "Larsen", "Hoesch", "HEB"). Il fango plastico ha inizialmente la funzione di fluido di perforazione e di stabilizzazione delle pareti di scavo. In seguito, prima che la miscela plastica del diaframma definitivo abbia fatto presa, vengono inseriti i profili in acciaio. A presa avvenuta il sistema acquisisce i requisiti meccanici e idraulici richiesti per l'opera finita.



Palancola inserita all'interno del diaframma con **Solidur®** ancora allo stato liquido

Voce di capitolato

Miscela plastica per diaframma plastico impermeabile

La miscela plastica autoindurente con cui si realizzerà il diaframma sarà costituita da un premiscelato tipo **Solidur®** composto da leganti minerali quali cementi speciali, componenti argillosi, loppe d'altoforno e aggiunte speciali, con composizione preliminarmente verificata e mantenuta costante nel corso della lavorazione. La miscela dovrà essere a prestazione garantita: dovrà cioè rispondere ai requisiti funzionali richiesti dal progetto e comprovati da opportuna documentazione che dovrà essere presentata in fase di gara. Tale documentazione dovrà comprendere i risultati di prove di permeabilità in cella triassiale (secondo DIN EN ISO 17892-11) comprovanti le prestazioni della miscela e i risultati di prove di compressione a rottura. L'appaltatore in fase preliminare dovrà provvedere alla verifica delle caratteristiche della miscela da impiegare, con l'esecuzione di prove di resa volumetrica, di densità, di viscosità, di resistenza a compressione semplice e di permeabilità.

I provini realizzati per i test preliminari dovranno essere confezionati impiegando acqua proveniente dall'acquedotto o da fonte di approvvigionamento, mentre per la stagionatura dei campioni e le prove di permeabilità dovrà essere impiegata acqua con le medesime caratteristiche dell'acqua di falda che lambirà le pareti del diaframma; a tale scopo, nel caso di siti contaminati, saranno disponibili i piezometri eseguiti nel corso della caratterizzazione per il prelievo di campioni d'acqua. I provini dovranno essere portati a maturazione completamente immersi in acqua di falda, a temperatura costante di 20°C, e sottoposti alle prove sopra descritte a 28 giorni dal confezionamento. Una volta determinata la composizione che soddisfi i requisiti per la realizzazione del diaframma, la quale dovrà essere approvata dalla D.L., la miscela sarà fornita in polvere su cisterna autoarticolata e dotata di documento attestante la provenienza, la certificazione e le relative prove di qualità del prodotto trasportato, redatto dallo stabilimento del Fornitore.

Il confezionamento della miscela sarà effettuato mescolando il prodotto ottenuto con acqua, in appositi mescolatori ad alta turbolenza con dosatori automatici e dovrà essere pronto per l'utilizzo in pochi minuti. Nel caso di diaframmi con telo in HDPE, la miscela deve

consentire un'adeguata lavorabilità, intesa quale possibilità di inserimento del telo. Per valutare il tempo di lavorabilità e la reazione di presa di miscele plastiche autoindurenti minerali si possono eseguire le cosiddette prove con agitazione. Nella prova con agitazione la miscela plastica autoindurente viene mescolata per 5 minuti e lasciata riposare per altri 15 minuti. La velocità dell'agitatore deve essere di 500 ± 200 giri al minuto. Le prove con agitazione devono essere eseguite su un lasso di tempo simile a quello previsto per l'inserimento del telo in HDPE in cantiere. Per determinare la durata pratica di utilizzo della miscela si assume, come "proprietà indicatrice", la viscosità Marsh, riportando su un grafico la curva di incremento della viscosità in funzione del tempo.

La miscela plastica autoindurente, prelevata all'impianto di confezionamento, dovrà presentare le seguenti caratteristiche:

- Viscosità Marsh secondi
- Decantazione dopo 2 ore < 2%
- Densità g/cm³

La sospensione solidificata dovrà presentare le seguenti caratteristiche:

- Resistenza alla compressione semplice dopo 28 giorni N/mm²
- Permeabilità in cella triassiale dopo 28 giorni \leq m/s

In corso d'opera dovranno essere prelevati dall'impianto di confezionamento n°3 campioni di miscela ogni 300 m³ in appositi contenitori cilindrici da inviare ad un laboratorio attrezzato, e dopo 28 giorni di maturazione dalla data di confezionamento dovranno essere eseguite prove di densità, di resa volumetrica, di resistenza a compressione semplice e di permeabilità. I campioni dovranno essere portati a maturazione completamente immersi in acqua, a temperatura di 20°C.

I provini per le prove di permeabilità devono essere di forma cilindrica, con diametro 100 mm e altezza 100 mm. Per le prove di resistenza alla compressione semplice possono essere utilizzati provini di forma prismatica 40x40x160 mm oppure cilindrica con diametro 50÷100 mm e altezza doppia rispetto al diametro. Tutti i provini cilindrici vanno ricavati da campioni di maggior altezza.

Nota: Le prescrizioni sopra riportate, frutto della nostra migliore esperienza, sono da ritenersi del tutto indicative. Non si assumono responsabilità per difetti o danni causati dall'utilizzo improprio del prodotto e quando le condizioni di impiego non corrispondono alle nostre indicazioni. Il Servizio Assistenza Tecnica è a completa disposizione per consigli inerenti il corretto uso del prodotto e per l'esecuzione delle prove tecniche.

Buzzi Unicem S.r.l.

via Luigi Buzzi, 6
15033 Casale Monferrato [AL]
Italia
tel +39 0142 416219
fax +39 0142 416320
direzionecommerciale@buzziunicem.it
www.buzziunicem.it