

MANUALE APPLICATIVO

SISTEMI BENTONITICI

SOMMARIO

1	CHI SIAMO	4
2	PREMESSA	4
2.1	Sistema Bentonitico	4
3	SISTEMA BENTONITICO: COMPONENTI	5
3.1	BENTOTELO	7
4	VERIFICA E PREPARAZIONE DEL SUPPORTO	9
4.1	Platea di fondazione	9
4.2	Posa in verticale	9
4.3	Diaframma	9
5	IMPERMEABILIZZAZIONE DI STRUTTURE DI FONDAZIONE	10
5.1	Plinti di fondazione	10
5.2	Platee di fondazione	10
5.2.1	APPLICAZIONE - SCAVI A PARETE LIBERA	11
5.2.2	APPLICAZIONE - PRE-INTERRO	16
5.2.3	APPLICAZIONE - SCAVI CONFINATI	16
5.3	Ripresa di getto in platea	17
5.3.1	APPLICAZIONE - GETTO IN PLATEA	17
5.4	Tubo passante in platea	17
5.4.1	APPLICAZIONE - GETTO IN PLATEA	17
5.5	Chiusura di un pozzo in platea	18
5.5.1	APPLICAZIONE - CHIUSURA POZZO	18
5.6	Fondazioni su pali	19
5.6.1	IMPERMEABILIZZAZIONE DELLA TESTA DEI PALI - CON TELO BENTONITICO NON PASSANTE	19
5.6.2	IMPERMEABILIZZAZIONE DELLA TESTA DEI PALI - CON TELO BENTONITICO PASSANTE	19
6	IMPERMEABILIZZAZIONE DI PARETI VERTICALI	20
6.1	PALANCOLE, DIAFRAMMI, TURE DI PALI E MICROPALI - impermeabilizzazione pre-getto	20

6.1.1	APPLICAZIONE SU PLANCOLE, DIAFRAMMI, TURE DI PALI E MICROPALI	21
6.2	STRUTTURE ESISTENTI - impermeabilizzazione post- getto	21
6.2.1	APPLICAZIONE SU STRUTTURE ESISTENTI	22
7	IMPERMEABILIZZAZIONE FOSSA ASCENSORE	22
7.1	APPLICAZIONE FOSSA ASCENSORE	23
8	UTILIZZO DEI SISTEMI BENTONITICI IN PRESENZA DI ACQUA SALATA	23
9	IMPERMEABILIZZAZIONE DELLE RIPRESE DI GETTO	24
10	INDICAZIONI AGGIUNTIVE PER LA PERFETTA POSA IN OPERA DEL PRODOTTO	25
11	INDICAZIONI PER LA SICUREZZA	25

1. CHI SIAMO

Diasen è una realtà di eccellenza della *green chemistry* per l'edilizia. L'azienda è nata nel 2000 ed è specializzata nella produzione di biomalte e pitture naturali per il comfort abitativo, capaci di soddisfare qualsiasi bisogno di benessere termico, acustico e igrometrico nelle abitazioni e negli edifici. Le soluzioni Diasen sono caratterizzate dall'uso di materie prime inorganiche e naturali a partire dalla corteccia di sughero. L'azienda è molto attiva e impegnata nell'attuazione di politiche ispirate dai principi dell'economia circolare e di una sostenibilità vissuta sia in termini ambientali che sociali. Diasen è un'azienda **BCorp**[®] dal 2017 e **Società Benefit** da settembre 2020.

2. PREMESSA

L'impermeabilizzazione delle strutture in calcestruzzo è un aspetto cruciale nella progettazione e costruzione di edifici, infrastrutture e sistemi di contenimento. Il presente documento è stato redatto sulla base delle nostre migliori conoscenze tecniche ed applicative, con l'obiettivo di fornire le istruzioni operative per la posa in opera del **sistema bentonitico**. Resta inteso che tutte le informazioni riportate hanno carattere generale e dovranno essere contestualizzate allo specifico intervento, in funzione di quanto previsto nel progetto e di quanto prescritto dalla Direzione Lavori.

Questo manuale tecnico descrive le corrette modalità di installazione del sistema impermeabilizzante bentonitico *Diasen* per manufatti in calcestruzzo gettati in opera, diversi tipo di fondazione (su plinti, a platea, su pali) e pareti di sostegno. Per maggiori informazioni su campi di applicazione non trattati in questo manuale rivolgersi all'ufficio tecnico *Diasen*. Prima dell'installazione dei prodotti *Diasen*, leggere con attenzione questo manuale per prendere confidenza con le procedure e le modalità applicative dei prodotti *Diasen*, e fare sempre riferimento alle schede tecniche dei prodotti scelti. *Diasen* fornisce su richiesta dei propri clienti un servizio di assistenza tecnica, per consigliare o assistere i clienti che utilizzano per la prima volta i prodotti *Diasen* o per l'avvio di un cantiere. L'intervento dell'assistenza tecnica *Diasen*, in qualunque forma, modalità e tempistica, costituisce in ogni caso un mero ausilio per l'impresa incaricata dei lavori, che continuerà a garantire in via esclusiva il possesso di adeguate competenze e sulla quale continueranno a gravare tutte le responsabilità derivanti dalla corretta esecuzione dell'incarico, anche in ordine alle soluzioni adottate per eventuali problematiche insorte durante le lavorazioni, con piena autonomia circa le scelte operative e tecniche, sulla valutazione dello stato del supporto, dell'opera e delle condizioni di applicazione.

2.1. Sistema Bentonitico

Il **Sistema Bentonitico** è stato specificamente progettato per coadiuvare l'azione di impermeabilizzazione in combinazione con altri prodotti **DIASEN**. Nello specifico, è ideale per il trattamento di strutture interrate in calcestruzzo verticali o orizzontali; platee di fondazione su cassero o contro diaframmi, pali, berlinesi; fosse d'ascensore,

box, silos, sottopassi; vasche in calcestruzzo per il contenimento delle acque, antincendio e di prima pioggia; opere di contenimento per le quali è richiesta ottima capacità impermeabilizzante, stabilità nel tempo, semplicità di posa e sormonti autosigillanti.

3. SISTEMA BENTONITICO: COMPONENTI

Diajoint

Giunto idroespansivo composto dal 75% di bentonite sodica e dal 25% di legante organico che a contatto con il getto in calcestruzzo si espande, sigillando ed impermeabilizzando la ripresa di getto da eventuali infiltrazioni provenienti dall'esterno.

Diajoint è studiato per l'impermeabilizzazione delle riprese di getto orizzontali e verticali di strutture interrato. Il prodotto è idoneo per la sigillatura delle infiltrazioni d'acqua in tutte le situazioni in cui è possibile confinare con un getto in calcestruzzo il prodotto stesso.

Tabella 1: Dati tecnici e prestazioni finali relative al giunto bentonitico autoespandente *Diajoint*.

Dati tecnici		Prestazioni	
Resa	1,00 m/m con 10 cm sovrapposizione	Espansione in acqua dopo 14 giorni	> 425%
Aspetto	Giunto	Rigonfiamento con espansione impedita	1,43 N/mm ²
Colore	Verde	Allungamento a rottura	141%
Peso specifico	1,65 ± 0,01 g/cm ³	Resistenza a trazione	0,31 N/mm ²
Tempo di asciugatura	Non necessita di asciugatura	Flessione massima	Nessuno strappo con un angolo di 180°
Temperatura di applicazione	-30 / + 60 °C	Idoneità al contatto con acqua potabile ^a	idoneo

Safety Joint Roll

Banda elastica in tessuto non-tessuto per il trattamento impermeabilizzante dei punti di raccordo^{b)} tra superfici orizzontali e verticali e dei punti critici. **Safety Joint Roll** viene utilizzata in abbinamento agli impermeabilizzanti liquidi monocomponenti e bicomponenti a base acqua per rinforzarli e aumentarne le resistenze meccaniche.

^{a)} D.M. 174/2004 e D. Lgs. 31/2001

^{b)} Per punti di raccordo si intende l'intersezione tra parapetto e massetto o intorno ai pilastri.

Dotata di grande maneggevolezza, plasticità e deformabilità, la bandina è utilizzabile anche in spazi stretti e in punti difficili da raggiungere, aumentand la resistenza degli impermeabilizzanti liquidi nei punti critici e permettendo di impermeabilizzare con continuità.

Tabella 2: Dati tecnici e prestazioni finali relative alla bandina in tessuto non tessuto Safety Joint Roll.

Dati tecnici		Prestazioni	
Resa	1,00 m/m 3 cm di sovrapposizione	Estensibilità (% al carico di rottura di 2 N/cm)	45 - 85 %
Aspetto	bandina elastica	Carico di rottura	> 20,0 N/cm
Colore	bianco		
Densità	42 - 52 g/cm ²		
Composizione	100% polistirene		
Temperatura di applicazione	+5 /+30		
Tempo di asciugatura (T=23°C; U.R. 50%)	non necessita di asciugatura		

Ultragum

Impermeabilizzante monocomponente elasto-bituminoso in emulsione acquosa, pronto all'uso, applicabile anche in condizioni di bassa temperatura ed elevata umidità relativa ambientali.

Per impermeabilizzare coperture in calcestruzzo piane o inclinate, tettoie, terrazzi, balconi, scossaline, gronde, cornicioni, camini, muri di fondazione, pareti, lastre in fibrocemento, ambienti interni quali bagni, box doccia, cucine e *wet areas*, **Ultragum** è la soluzione ideale. Caratteristiche principali del prodotto sono la sua rapidità di filmazione, la sua resistenza al dilavamento, allo sbiancamento e al raggrinzimento provocati da condizioni ambientali di nebbia e di rugiada entro 30 minuti dall'applicazione. Il prodotto è flessibile alle basse temperature grazie al particolare meccanismo "*smart drying technology*", ed è disponibile in varie colorazioni.

Ultragum è resistente ai ristagni d'acqua, ai raggi UV, agli agenti atmosferici, agli ambienti industriali e marini. Il prodotto è anche certificato con l'**European Technical Assessment - ETA n° 17/0769** se impiegato in abbinamento ad altri prodotti specifici (come *Acriflex Pro* o *Acriflex Rapido* rinforzati con *Polites TNT*).

Tabella 3: Dati tecnici e prestazioni finali relative all'impermeabilizzante Ultragum.

Dati tecnici		Prestazioni	
Resa	2,00 kg/m ² in due strati	Resistenza al wash out - dilavamento (fino a +5 °C e al 98% di U.R.)	30 min
Aspetto	liquido		
Colore	Nero e grigio	Allungamento a rottura (Break Elongation)	336 + 67 %
Acqua d'impasto	se necessario 5%	Resistenza a trazione	1,0 + 0,3 N/mm ²
Tempo di attesa fra il 1° ed il 2° strato (T=23°C e U.R.=50%)	4 ore	Trattamento termico d'invecchiamento**	100 giorni a 80°C
Tempo di asciugatura (T=23°C e U.R.=50%)	4 ore	Prova di aderenza per trazione diretta su calcestruzzo	0,53 N/mm ²
Temperatura di applicazione	+1 / +35 °C		

3.1. BENTOTELO

Il prodotto *Bentotelo* rappresenta una soluzione innovativa e versatile per affrontare una vasta gamma di problematiche legate alle infiltrazioni d'acqua, essendo ideale per proteggere strutture interrato, platee di fondazione, sottopassi e vasche in calcestruzzo, garantendo stabilità e durabilità nel tempo grazie alla sua elevata capacità impermeabilizzante e alla facilità di posa.

Il *Bentotelo* è un geocomposito impermeabilizzante auto-sigillante e auto-agganciante al calcestruzzo, composto da uno strato di non-tessuto, uno strato di bentonite sodica naturale e da un tessuto in polipropilene. Gli strati sono collegati tramite una fitta *agugliatura* tale da garantire alla bentonite un auto-confinamento con espansione controllata. Con questo sistema si evita lo scivolamento e l'accumulo di bentonite a seguito di tagli, strappi, applicazioni in verticale e movimentazione. *Bentotelo* è idoneo per l'impermeabilizzazione di tutte le strutture interrato in calcestruzzo verticali o orizzontali. Grazie all'elevato contenuto di bentonite (5000 g/m²) il *Bentotelo* garantisce un'ottima impermeabilizzazione, con un coefficiente di permeabilità $\leq 1,2 \times 10^{-11}$ m/s. In accordo con la formula:

$$v = k \times i$$

la velocità di passaggio dell'acqua attraverso il *Bentotelo* è pressoché nulla.

Tabella 4: Dati tecnici e prestazioni finali del prodotto Bentotelo.

Dati tecnici				Prestazioni finali	
Resa		1 m ² /m ²		Indice di rigonfiamento	> 30 mL / 2 g
Aspetto		Geocomposito		Capacità di assorbimento d'acqua	> 550%
Colore		sabbia		Contenuto d'umidità	Max 12%
Spessore		7,6 cm		Permeabilità	≤ 1,20 x 10 ⁻¹¹ m/s
Composizione geotessile	Strato superiore	tessuto in polipropilene	100 g/m ²	Resistenza a trazione longitudinale trasversale	≥ 10,40 kN/m
	Strato centrale	bentonite sodica naturale	5000 g/m ²		
	Strato inferiore	non-tessuto in polipropilene	200 g/m ²		
Grammatura		5300 g/m ²		Adesione al calcestruzzo	2,50 kN/m
Contenuto di Montmorillonite		≥ 90%			
Temperatura di applicazione		+5 / +35 °C		Resistenza al punzonamento	> 2,50 kN
Temperatura di utilizzo		-15 / +40 °C			

Il prodotto può essere applicato in una pletera di casi:

- **Infiltrazioni d'acqua in strutture interrato** (cantine, garage sotterranei, box, silos o fosse d'ascensore), *Bentotelo* può aiutare a prevenire l'ingresso dell'acqua grazie alla sua elevata capacità impermeabilizzante.
- **Impermeabilizzazione di platee di fondazione** (costruzione di cassero o contro diaframmi, pali o berlinesi), *Bentotelo* può essere utilizzato per garantire che le platee di fondazione rimangano asciutte e protette dall'umidità del terreno.
- **Protezione di sottopassi e strutture in calcestruzzo.** Sottopassi stradali o ferroviari e altre strutture in calcestruzzo possono beneficiare dell'impermeabilizzazione offerta da *Bentotelo*, prevenendo danni strutturali dovuti all'acqua.

- **Vasche per il contenimento delle acque.** Per impermeabilizzare vasche per l'acqua antincendio, per la raccolta di prima pioggia o altri tipi di contenitori d'acqua in calcestruzzo, *Bentotelo* è un'ottima scelta grazie alla sua stabilità nel tempo e alla capacità di autosigillarsi.
- **Impermeabilizzazione di bacini artificiali** (agricoli, ricreativi, ecc.), *Bentotelo* può essere utilizzato per garantire che l'acqua non fuoriesca dal bacino, mantenendo l'integrità della struttura.
- **Strutture in calcestruzzo esposte a forti carichi idrostatici.** *Bentotelo* è adatto per strutture che devono sopportare carichi idrostatici elevati, grazie alla sua eccellente capacità impermeabilizzante e alla semplicità di posa.

4. VERIFICA E PREPARAZIONE DEL SUPPORTO

Il sottofondo deve essere completamente indurito e dotato di sufficiente resistenza. La superficie deve essere accuratamente pulita, asciutta, ben consolidata, senza parti friabili e inconsistenti. Nel caso di fondo cementizio di nuova realizzazione, questo deve essere sufficientemente stagionato ed avere espletato gli adeguati ritiri. È essenziale che non vi sia acqua di scorrimento e/o stagnante. Quando è presente una falda, il livello dell'acqua deve essere tenuto basso utilizzando appositi sistemi di aggottamento, fino al completamento della struttura in grado di contrastare la spinta idraulica.

4.1. Platea di fondazione

Per la posa in orizzontale, prevedere uno strato di calcestruzzo (magrone di pulizia) per realizzare un piano uniforme per la posa di *Bentotelo*.

4.2. Posa in verticale

Nel caso di impermeabilizzazione del muro verticale di fondazione (impermeabilizzazione post-getto), si deve provvedere all'eliminazione di tutte le asperità presenti. Eventuali avvallamenti devono essere riempiti con malta fibrorinforzata antiritiro.

4.3. Diaframma

Nel caso di posa in verticale contro diaframma in calcestruzzo (impermeabilizzazione pre-getto), si deve procedere alla regolarizzazione del piano di posa che non deve presentare né asperità né avvallamenti. Le asperità devono essere eliminate e gli avvallamenti devono essere colmati con malta fibrorinforzata antiritiro.

5. IMPERMEABILIZZAZIONE DI STRUTTURE DI FONDAZIONE

Il **Sistema Bentonitico** è stato progettato per essere confinato, non può quindi essere utilizzato a diretto contatto con acqua o ghiaccio. Per la costruzione delle strutture di fondazione viene effettuato uno scavo che va inevitabilmente ad alterare l'equilibrio idrogeologico della zona. Quindi, in presenza di falda va costruito un apposito sistema di drenaggio per permettere l'esecuzione dei lavori in un ambiente asciutto. Quando invece non si è in presenza di falda, l'acqua meteorica si va ad accumulare nello scavo.

In ogni caso, le strutture interrato vanno impermeabilizzate con il metodo chiamato "a vasca", formando cioè un'impermeabilizzazione continua in aderenza alla fondazione stessa.

5.1. Plinti di fondazione

Per l'impermeabilizzazione dei plinti di fondazione pre-getto, prima della posa del **Bentotelo**, si deve prevedere uno strato di calcestruzzo (magrone di pulizia) di almeno 10 - 15 cm per realizzare un piano uniforme idoneo alla stesura del telo. La superficie del magrone deve essere regolare, non deve presentare asperità che potrebbero danneggiare il prodotto o avvallamenti. Il magrone, inoltre, deve essere completamente stagionato, asciutto e deve avere espletato gli adeguati ritiri.

Prima di posizionare il **Bentotelo** vanno realizzati i casseri per l'esecuzione del getto di calcestruzzo. Dovranno essere utilizzate casseforme con superficie liscia che andranno rimosse dopo l'indurimento del getto. Il **Bentotelo** va steso direttamente sui casseri utilizzati per il getto di calcestruzzo con il non-tessuto in polipropilene rivolto verso la parete del cassero stesso. Il tessuto in polipropilene deve risultare visibile. I teli devono essere posati evitando di generare tensioni di trazione dovute ad un'eccessiva velocità di posa. Analogamente si deve evitare la formazione di pieghe dovute ad una stesura non corretta e la presenza di materiali estranei nei sormonti. Una volta stesi, i teli andranno risvoltati sul bordo del cassero e fissati mediante chiodi. I teli andranno inoltre risvoltati sul magrone di fondazione per una fascia di almeno 20 cm. Dopo aver fissato i teli ai casseri, si procede con la posa sul magrone con il non-tessuto in polipropilene rivolto verso il basso e infine con il fissaggio mediante chiodi. È molto importante che tra il telo bentonitico e il getto in calcestruzzo non siano presenti materiali estranei che potrebbero interferire con l'espansione della bentonite

5.2. Platee di fondazione

Preparazione del supporto

Per l'impermeabilizzazione delle platee di fondazione pre-getto, prima della posa del **Bentotelo**, si deve prevedere uno strato di calcestruzzo (magrone di pulizia) per realizzare un piano uniforme idoneo alla stesura del telo (Figura 1).

La superficie del magrone deve essere regolare, non deve presentare asperità che potrebbero danneggiare il prodotto o avvallamenti. Il magrone, inoltre, deve essere completamente stagionato, asciutto e deve avere espletato gli adeguati ritiri. Non è ammessa la presenza di acqua di scorrimento e / o stagnante, la sola presenza di umidità invece non pregiudica il sistema. Quando è presente una falda, il livello dell'acqua deve essere tenuto basso utilizzando appositi sistemi di aggotamento, fino al completamento della struttura in grado di contrastare la spinta idraulica.



Figura 1: Preparazione del piano di posa

5.2.1. APPLICAZIONE - SCAVI A PARETE LIBERA

1. Prima della posa del **Bentotelo** vanno posizionati i casseri per il getto della platea.
2. Stendere il **Bentotelo** direttamente sui casseri con il non-tessuto in polipropilene rivolto verso la parete del cassero stesso per un'altezza di 5 / 10 cm inferiore rispetto allo spessore della platea. Il tessuto in polipropilene deve risultare visibile (Figura 2, Figura 3 e Figura 4). I teli devono essere posati evitando di generare tensioni di trazione dovute ad un'eccessiva velocità di posa. Analogamente si deve evitare la formazione di pieghe dovute ad una stesura non corretta e la presenza di materiali estranei nei sormonti. Una volta stesi, i teli andranno risvoltati sul magrone per minimo 20 cm (Figura 5). I teli andranno fissati sui casseri mediante graffette metalliche o chiodi di carpenteria.



Figura 2: Stesura del Bentotelo sui casseri



Figura 3: Stesura del Bentotelo su un angolo chiuso



Figura 4: Stesura del Bentotelo su un angolo aperto

3. In seguito si srotolano i teli manualmente o mediante un mezzo meccanico con barra di srotolamento. La superficie di colore scuro andrà posizionata sul magrone di fondazione. Assicurarsi che i teli siano ben stesi e tirati, senza pieghe (Figura 5).



Figura 5: Stesura del Bentotelo sul magrone di regolarizzazione

4. Sovrapporre i bordi per almeno 15 - 20 cm fissandoli con chiodi e rondelle ogni 50 cm, assicurandosi che non vi siano pieghe o materiali estranei tali da ostacolare la perfetta adesione delle sovrapposizioni (Figura 6). I sormonti trasversali (lato corto) devono essere, nell'applicazione orizzontale, sfalsati tra loro di minimo 50 cm nella direzione di svolgimento dei rotoli.



Figura 6: Chiusura delle sovrapposizioni tra i teli.

5. Al termine della posa del **Bentotelo**, ricoprire i teli con una cappa (getto) in calcestruzzo di spessore minimo pari a 5 cm (Figura 7). Eseguire il getto nel senso delle sovrapposizioni per evitare che il calcestruzzo possa penetrare all'interno delle sovrapposizioni stesse.
6. Se è necessario procedere con un ulteriore lotto, lasciare scoperta una striscia di 50 cm di **Bentotelo**.



Figura 7: Cappa di protezione gettata sopra il Bentotelo

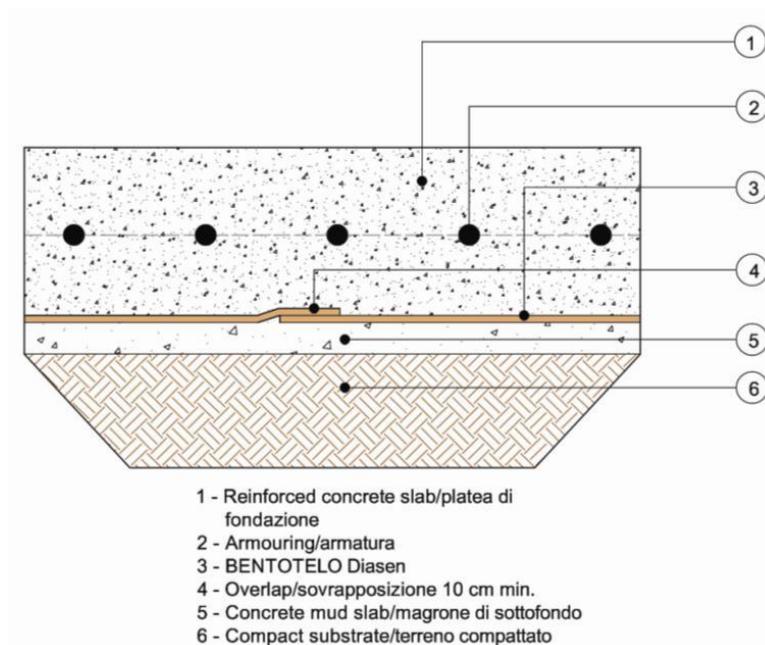


Figura 8: Particolare tecnico dell'impermeabilizzazione della platea di fondazione con sistema bentonitico

7. Se si dovesse interrompere il lavoro, proteggere il geocomposito con un telo in polietilene. Prima di riprendere i lavori, rimuovere il telo in polietilene e pulire perfettamente il **Bentotelo** per garantire la perfetta adesione.
8. È molto importante che tra il telo bentonitico e il getto in calcestruzzo non siano presenti materiali estranei che potrebbero interferire con l'espansione della bentonite.

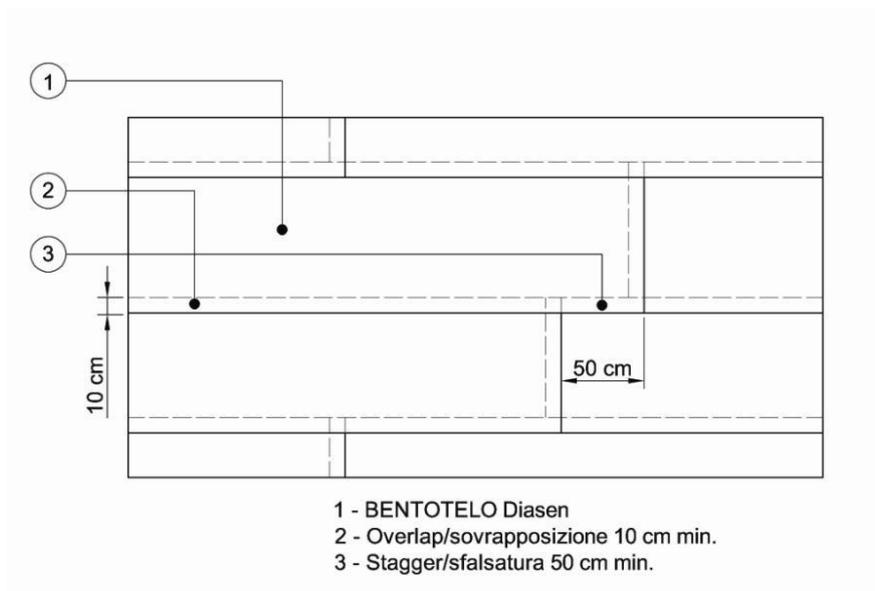


Figura 9: Particolare tecnico dei sormonti longitudinali e trasversali

5.2.2. APPLICAZIONE - PRE-INTERRO

1. Stendere il **Bentotelo** su un magrone in calcestruzzo privo di asperità e in assenza di acqua stagnante, avendo cura di rimuovere qualsiasi residuo. Nella posa del telo, rispettare i sormonti elencati precedentemente e fissare i teli mediante chiodi. Si raccomanda di:
 - a. Posizionare il non-tessuto in polipropilene rivolto verso il basso dal magrone fino all'altezza della platea.
 - b. Risvoltare il **Bentotelo** sui casseri perimetrali per un'altezza pari allo spessore della platea meno 5cm circa.
2. Dalla fine del **Bentotelo**, si proceda con l'applicazione dell'impermeabilizzante monocomponente elasto-bituminoso **Ultragum**, come riportato in scheda tecnica.
3. Infine si proceda con il re-interro.

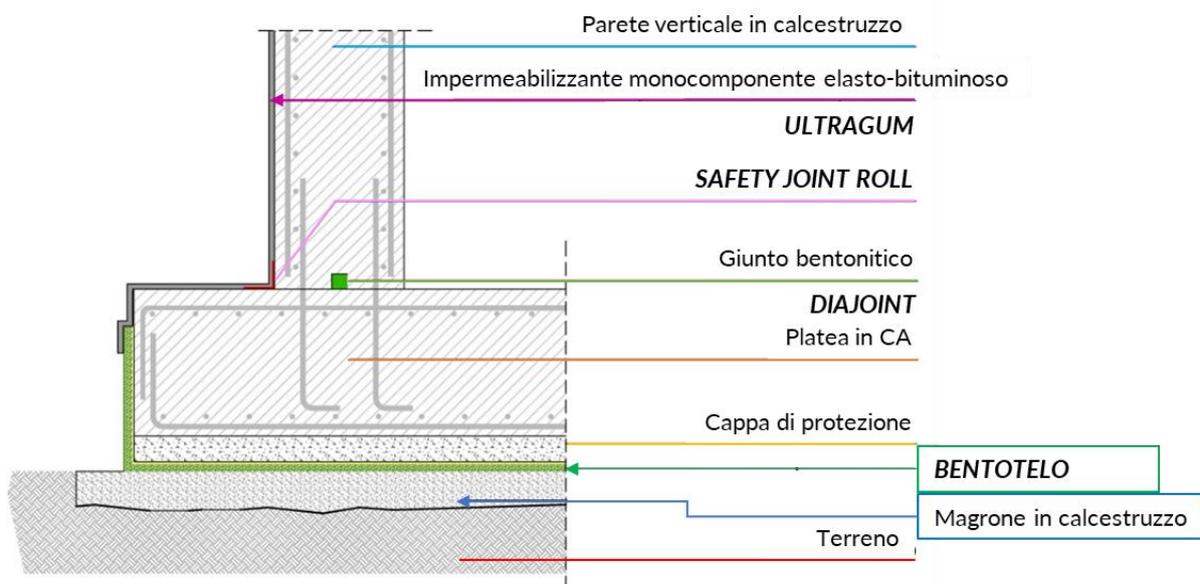


Figura 10: Particolare tecnico dell'impermeabilizzazione pre interro

5.2.3. APPLICAZIONE - SCAVI CONFINATI

4. Se sono presenti strutture di sostegno del terreno come paratie, parancole, ecc., stendere il **Bentotelo** nella zona inferiore delle paratie con il non-tessuto in polipropilene rivolto verso il basso. Anche in questo caso il tessuto in polipropilene deve risultare rivolto verso l'alto e visibile.
5. Nella posa vanno rispettati i sormonti elencati precedentemente e infine si procederà al fissaggio dei teli mediante chiodi.
6. I teli andranno inoltre risvoltati sul magrone di fondazione per una fascia di almeno 20 cm. Infine si procede con la posa sul magrone come descritto precedentemente.

Dopo aver applicato il **Bentotelo**, procedere il prima possibile alla posa delle armature metalliche ed all'esecuzione dei getti di calcestruzzo per la platea di fondazione in

modo da evitare l'accumulo di materiali estranei che potrebbero interferire con l'espansione della bentonite.

5.3. Ripresa di getto in platea

Preparazione del supporto

La superficie di posa va realizzata con calcestruzzo magro e deve essere regolare e pulita. Il magrone, inoltre, deve essere completamente stagionato e asciutto. Non è ammessa la presenza di acqua di scorrimento e / o stagnante, la sola presenza di umidità invece non pregiudica il sistema. Quando è presente una falda, il livello dell'acqua deve essere tenuto basso utilizzando appositi sistemi di aggettamento, fino al completamento della struttura in grado di contrastare la spinta idraulica.

5.3.1. APPLICAZIONE - GETTO IN PLATEA

1. Srotolare i teli manualmente o mediante un mezzo meccanico con barra di srotolamento. La superficie di colore scuro andrà posizionata sul magrone di fondazione. Assicurarsi che i teli siano ben stesi e tirati, privi di pieghe.
2. Sovrapporre i bordi per almeno 15 - 20 cm fissandoli con chiodi e rondelle ogni 50 cm, assicurandosi che non vi siano pieghe o materiali estranei tali da ostacolare la perfetta adesione delle sovrapposizioni. I sormonti trasversali (lato corto) devono essere, nell'applicazione orizzontale, sfalsati tra loro di minimo 50 cm nella direzione di svolgimento dei rotoli.
3. Se è necessario procedere con un ulteriore lotto, lasciare scoperta una striscia di 50 cm di **Bentotelo**.
4. Sulla platea appena realizzata applicare in mezzera il giunto idroespansivo bentonitico **Diajoint**. Tra il giunto e la sovrapposizione con il nuovo telo assicurarsi che vi siano almeno 60 cm.
5. È molto importante che tra il telo bentonitico e il getto in calcestruzzo non siano presenti materiali estranei o sporcizia che potrebbero interferire con l'espansione della bentonite.

5.4. Tubo passante in platea

Preparazione del supporto

La superficie di posa deve essere regolare, pulita e non devono essere presenti vuoti.

5.4.1. APPLICAZIONE - GETTO IN PLATEA

1. Impermeabilizzare la parete esterna del tubo passante fasciando la superficie verticale con una striscia di **Bentotelo**. Far aderire perfettamente il telo al tubo e risvoltarlo sul magrone in modo da raccordarsi con il Bentotelo che verrà posato sul magrone.
2. Fissare il **Bentotelo** sul tubo utilizzando una reggetta metallica molto stretta.

3. Fissare la parte superiore del **Bentotelo** con il giunto idroespansivo bentonitico **Diajoint** e compensare eventuali irregolarità presenti con adeguato mastice idroespansivo.
4. Il **Diajoint** dovrà essere posizionato in modo da essere annegato nel getto della platea per uno spessore minimo di 10 cm.
5. È molto importante che tra il telo bentonitico e il getto in calcestruzzo non siano presenti materiali estranei che potrebbero interferire con l'espansione della bentonite.

5.5. Chiusura di un pozzo in platea

Preparazione del supporto

La superficie di posa deve essere regolare, pulita e non devono essere presenti vuoti.

5.5.1. APPLICAZIONE - CHIUSURA POZZO

1. Impermeabilizzare la parete esterna del pozzo fasciando la superficie verticale con una striscia di **Bentotelo**. Far aderire perfettamente il telo al pozzo e risvoltarlo sul magrone in modo da raccordarsi con il **Bentotelo** che verrà posato sul magrone.
2. Fissare il **Bentotelo** sul pozzo utilizzando una reggetta metallica molto stretta.
3. Fissare la parte superiore del **Bentotelo** con il giunto idroespansivo bentonitico **Diajoint** e compensare eventuali irregolarità presenti con adeguato mastice idroespansivo.
4. Il **Diajoint** dovrà essere posizionato in modo da essere annegato nel getto della platea per uno spessore minimo di 10 cm.
5. Riempire internamente il pozzo con un getto di calcestruzzo ad alto dosaggio di cemento.
6. È molto importante che tra il telo bentonitico e il getto in calcestruzzo non siano presenti materiali estranei che potrebbero interferire con l'espansione della bentonite.
7. Chiudere, infine, il pozzo con un tappo in metallo fissato ad una piastra flangiata con bulloni saldati.
8. Applicare adeguato mastice idroespansivo tra la piastra e il tappo in metallo.

5.6. Fondazioni su pali

5.6.1. IMPERMEABILIZZAZIONE DELLA TESTA DEI PALI - CON TELO BENTONITICO NON PASSANTE

Preparazione del supporto

Regolarizzare la testa del palo con un getto di malta colabile impermeabile e trattarla successivamente con un impermeabilizzante osmotico a penetrazione capillare (Figura 11).

Applicazione del sistema

1. Prima del getto della malta colabile, trattare ogni singolo ferro con il sigillante idroespansivo **Diajoint**.
2. Dopo il getto della testa del palo, posare il geocomposito **Bentotelo** sul calcestruzzo magro fino a ridosso della parete verticale del palo, in modo da fasciarlo completamente. La superficie di calcestruzzo deve presentarsi regolare e pulita.
3. Nel perimetro di raccordo tra il magrone ed il palo, su tutta la circonferenza applicare il giunto idroespansivo bentonitico **Diajoint** e compensare eventuali irregolarità presenti con idoneo mastice idroespansivo.



Figura 11: Impermeabilizzazione della testa dei pali con telo bentonitico.

5.6.2. IMPERMEABILIZZAZIONE DELLA TESTA DEI PALI - CON TELO BENTONITICO PASSANTE

Preparazione del supporto

La superficie di posa deve essere regolare e pulita e va realizzata con calcestruzzo magro che verrà gettato in un'unica soluzione sia in mezzo al palo che esternamente per avere una superficie di posa regolare (Figura 12).

Il magrone, inoltre, deve essere completamente stagionato e asciutto. Non è ammessa la presenza di acqua di scorrimento e / o stagnante, la sola presenza di umidità invece non pregiudica il sistema.

Applicazione del sistema

1. I ferri dovranno essere verticali in modo da poter inserire un disco di **Bentotelo** tagliato circolarmente a misura con un diametro di 40 cm maggiore rispetto al diametro del palo.
2. Intorno ai ferri, coprire il taglio con idonea bentonite sodica e, per ogni ferro, inserire un pezzo di **Bentotelo** fissandolo con delle graffette metalliche al telo sottostante.
3. Sigillare poi ogni ferro con idoneo mastice idroespansivo.



Figura 12: Impermeabilizzazione della testa dei pali con telo bentonitico.

6. IMPERMEABILIZZAZIONE DI PARETI VERTICALI

Gli scavi possono essere confinati in diversi modi (palancole, pali, micropali, diaframmi, ecc.), si distinguono quindi vari tipi di applicazione del sistema bentonitico.

6.1. PALANCOLE, DIAFRAMMI, TURE DI PALI E MICROPALI - impermeabilizzazione pre-getto

Bentotelo si adatta perfettamente alle forme della struttura e può essere posato direttamente sulle palancole, diaframmi, ture di pali o micropali. Se le palancole devono essere recuperate o se si ha necessità di un piano di posa perfettamente liscio e regolare, può essere previsto un tavolato da appoggiare alla struttura presente.

Preparazione del supporto

Prima dell'applicazione diretta sulle palancole, sui diaframmi, sui pali o i micropali, il supporto va pulito con idrolavaggio a pressione per eliminare tutte la polvere e le parti friabili e fatto asciugare. Se il piano di posa non è regolare o presenta asperità / avvallamenti, è consigliabile utilizzare un tavolato. In alternativa la asperità potranno

essere eliminate, gli avvallamenti e le teste di eventuali tiranti presenti devono essere colmati e livellati con malta fibrorinforzata antiritiro. Al termine dell'asciugatura della malta le teste dei tiranti vanno impermeabilizzate con un pezzo di **Bentotelo** fissato con chiodi per rinforzare localmente l'impermeabilizzazione

6.1.1. **APPLICAZIONE SU PLANCOLE, DIAFRAMMI, TURE DI PALI E MICROPALI**

1. Posare i rotoli di **Bentotelo** dall'alto verso il basso.
2. Posizionare il non-tessuto in polipropilene più scuro a contatto con le palancole, i diaframmi, i pali, i micropali o il tavolato.
3. Il tessuto in polipropilene più chiaro deve risultare rivolto verso l'esterno e pertanto visibile.
4. I teli devono essere posati "stendendoli" sulla struttura, evitando di generare tensioni di ragione dovute ad un'eccessiva velocità di posa. Analogamente si deve evitare la formazione di pieghe dovute ad una stesura non corretta e la presenza di materiali estranei nei sormonti.
5. Rispettare i sormonti precedentemente elencati e fissare il telo al sottofondo con chiodi per evitare l'apertura del telo in corrispondenza dei sormonti.
6. I teli di **Bentotelo** andranno infine risvoltati sul magrone di fondazione per formare uno strato impermeabilizzante continuo.
7. Se sono presenti dei ferri di collegamento (connettori) tra la struttura di confinamento dello scavo e la struttura da gettare successivamente, dovranno essere previsti dei fori sul **Bentotelo** per il passaggio dei ferri. Completata la stesura del telo bentonitico, i ferri andranno sigillati con altri pezzi di **Bentotelo** chiodati e con idoneo mastice idroespansivo.
8. Prima di procedere con il getto in calcestruzzo, se necessario, riempire con sabbia o materiale inerte i vuoti tra il tavolato e le palancole, i pali o i micropali per dare maggiore rigidità al supporto.
9. È molto importante che tra il telo bentonitico e il getto in calcestruzzo non siano presenti materiali estranei che potrebbero interferire con l'espansione della bentonite.

6.2. **STRUTTURE ESISTENTI - impermeabilizzazione post-getto**

Se è stato eseguito uno scavo a parete libera, è possibile lavorare sul lato esterno delle pareti verticali, realizzando il sistema impermeabilizzante bentonitico post-getto.

Preparazione del supporto

Il supporto in calcestruzzo deve essere sano e compatto. Rimuovere i distanziatori e sigillare i fori con malta antiritiro. Anche la rasatura di eventuali aree con presenza di vespai dovrà essere effettuata con malta antiritiro. Eliminare tutte le asperità presenti. Il calcestruzzo deve presentare il sistema capillare aperto per permettere ai composti chimici di penetrare e legare con la struttura. Eseguire quindi una idropulizia ad alta

pressione (250 atm; 16 l/min) o una idrosabbatura. Nel punto di raccordo tra platea di fondazione e parete verticale e in corrispondenza degli angoli andrà realizzata una guscia di raccordo con malta antiritiro per facilitare la posa del telo. Il supporto dovrà presentarsi pulito, eventuali materiali estranei potrebbero compromettere l'espansione della bentonite.

6.2.1. APPLICAZIONE SU STRUTTURE ESISTENTI

1. Tagliare i teli di **Bentotelo** a misura in funzione delle altezze dei muri.
2. Il geocomposito va posizionato con la superficie di colore chiaro rivolta verso la parete in calcestruzzo con i bordi sovrapposti di circa 20 cm. **Bentotelo** deve essere ben steso e tirato, evitando la formazione di pieghe e andrà fissato con delle bandelle metalliche (in corrispondenza delle sovrapposizioni verticali e orizzontali) e chiodi ogni 20 cm. Assicurarsi che non vi siano pieghe o materiali estranei tali da ostacolare la perfetta adesione delle sovrapposizioni.
3. La posa dei teli superiori deve essere eseguita sormontandoli al telo inferiore (principio della tegola).
4. Il **Bentotelo** non deve mai superare la quota di -1 m rispetto al piano di campagna.
5. La chiusura superiore andrà realizzata con una bandina metallica applicata lungo tutto il perimetro, 30 cm sotto il bordo superiore del **Bentotelo**. Quest'area deve risultare priva di elementi metallici per permettere il raccordo tra l'impermeabilizzazione superiore da realizzarsi con l'impermeabilizzante epossimentizio **WATstop** (per le modalità applicative consultare la scheda tecnica). È possibile fissare temporaneamente alla parete gli ultimi 30 cm di **Bentotelo** con delle tavole di legno che andranno rimosse prima di completare il raccordo. Il raccordo tra l'impermeabilizzante epossimentizio **WATstop** e il telo bentonitico **Bentotelo** dovrà essere realizzato ad una quota superiore al massimo livello della falda se presente.
6. Terminata la posa del **Bentotelo**, si può procedere con il rinterro. Utilizzare materiali fini, compattando a strati il terreno contro il telo per evitare la formazione di vuoti.
7. In caso di rinterro con materiale inerte, proteggere il **Bentotelo** con un tessuto non tessuto avente grammatura minima di 500 g/m². Per il rinterro non utilizzare materiali di scarto da cantiere o taglienti.
8. Se sono presenti tubazioni o altri corpi passanti, il **Bentotelo** andrà tagliato intorno a questi elementi e sigillato con idoneo mastice idroespansivo.

7. IMPERMEABILIZZAZIONE FOSSA ASCENSORE

Preparazione del supporto

La superficie di posa in calcestruzzo deve presentarsi priva di sporcizia, grosse asperità o cavità per evitare problemi di adesione tra il telo e la struttura o danni al telo stesso.

7.1. APPLICAZIONE FOSSA ASCENSORE

1. Posare il **Bentotelo** su tutte le superfici orizzontali e verticali della fossa sovrapponendo i teli di 20 cm.
2. Fissare il telo con chiodi in acciaio (distanza 20 cm) e con bandelle metalliche da fissare sulle sovrapposizioni. La distanza tra i chiodi può variare in funzione della zona di applicazione.
3. Verificare che il **Bentotelo** aderisca bene alla struttura soprattutto negli angoli, evitando la formazione di tensioni che, in fase di getto, potrebbero causare la lacerazione del telo stesso.
4. Raccordare il **Bentotelo** posato nella fossa ascensore con il telo presente tra il magrone di regolarizzazione e la platea di fondazione.
5. Tutte le riprese di getto andranno impermeabilizzate con il giunto bentonitico **Diajoint**.

8. UTILIZZO DEI SISTEMI BENTONITICI IN PRESENZA DI ACQUA SALATA

Il telo bentonitico **Bentotelo** può essere utilizzato anche in presenza di infiltrazioni di acqua salata. Per il suo utilizzo bisogna però tener conto di alcuni parametri riferiti a tre elementi chimici, che, disciolti in acqua, hanno la possibilità di influenzare il comportamento della bentonite sodica naturale e vanno presi in considerazione all'analisi delle acque prelevate in cantiere.

Gli elementi considerati sono:

- Potassio (K) con una concentrazione massima di 60 mg/l;
- Sodio (Na) con una concentrazione massima di 1.200 mg/l se non reidratata;

Oppure

- 30.000 mg/l (corrispondente pressappoco al valore dell'acqua di mare - Mar Mediterraneo) dopo la preidratazione.

Altri parametri che è possibile considerare ma che possono ridurre solo lievemente il coefficiente di permeabilità idraulica K senza inficiare il funzionamento in situ del materiale sono:

- la conducibilità elettrica, data come valore massimo pari a 2000 microS/cm;
- la durezza dell'acqua che non dovrebbe superare il valore di 20 °d (gradi tedeschi). 1 °f (grado francese) è pari a 0.56 °d.

La posa in opera del **Bentotelo** e dei sistemi bentonitici deve comunque avvenire in assenza di acqua salata che deve essere allontanata con opportuni sistemi di drenaggio. Inoltre, una volta terminate le operazioni di posa in opera va effettuata la preidratazione che consiste nel bagnare il **Bentotelo** subito prima del getto del calcestruzzo. Con

questo accorgimento si attiva la bentonite che andrà a formare un film di gel continuo che ha una maggiore resistenza all'acqua salata.

9. IMPERMEABILIZZAZIONE DELLE RIPRESE DI GETTO

Nella realizzazione di elementi strutturali di grandi dimensioni non è possibile ultimare l'opera in modo continuo ed occorre procedere a delle interruzioni (per il sopraggiungere della notte o del fine settimana) per un periodo di tempo superiore a quello di fine presa del calcestruzzo (dalle 6 alle 18 ore secondo il tipo di calcestruzzo e la temperatura ambientale), in questo caso vengono realizzate le riprese di getto.

Quando le riprese di getto devono garantire anche la tenuta idraulica, come nel caso delle fondazioni, è necessario sigillarle con un giunto autoespandente come il *Diajoint*.

Il *Diajoint* è composto dal 75% di bentonite sodica e dal 25% di legante organico. Una volta a contatto con il getto in calcestruzzo, il giunto si espande, sigillando ed impermeabilizzando la ripresa di getto da eventuali infiltrazioni provenienti dall'esterno. *Diajoint* ha un'espansione iniziale ritardata anche se a contatto immediato con l'acqua. Non utilizzare la rete di fissaggio, ha elevata resistenza, anche dopo l'espansione per assorbimento d'acqua.

Prima dell'applicazione del *Diajoint* il calcestruzzo deve essere completamente indurito e asciutto e la superficie va preparata pulendola accuratamente, deve quindi risultare priva di polvere, parti friabili o inconsistenti. *Diajoint* va posizionato con un confinamento di almeno 8 cm di calcestruzzo. I distanziatori dei casseri (in legno, plastica, calcestruzzo o altro materiale) vanno posizionati ad una distanza dal piano orizzontale non inferiore a 5 cm. In caso di riprese di getto 20 - 40 cm di larghezza, posizionare il *Diajoint* a metà larghezza. Per riprese di getto di larghezza maggiore, è opportuno posare 2 giunti bentonitici.

Per un fissaggio ottimale, *Diajoint* deve essere inchiodato ogni 20 cm, in questo modo il nastro rimarrà saldamente fissato durante il getto del calcestruzzo. La testa del chiodo dovrà comprimere il giunto in modo da farlo aderire perfettamente al sottostante calcestruzzo. Assicurarsi che il *Diajoint* sia a contatto diretto con il supporto, in caso contrario adattarlo alla superficie con un martello a base larga.

Eventuali vuoti o irregolarità andranno compensati con il mastice idroespansivo S-600. Far scorrere in parallelo le estremità dei singoli rotoli per una distanza non inferiore a 5 cm. Dopo l'applicazione del *Diajoint* mantenere pulita la zona fino al getto di calcestruzzo, che dovrà essere eseguito entro 24 ore dalla posa del giunto bentonitico.

10. INDICAZIONI AGGIUNTIVE PER LA PERFETTA POSA IN OPERA DEL PRODOTTO

È importante non applicare i componenti del sistema in caso di temperature ambientali e del supporto inferiori a +5°C e superiori a +35°C. In generale, non applicare con imminente pericolo di pioggia o di gelo, in condizioni di forte nebbia o con umidità relativa superiore al 70%. In presenza di sostanze aggressive nel terreno (idrocarburi, acqua salata, ecc.), prima di eseguire il getto di calcestruzzo il **Bentotelo** va bagnato completamente con acqua dolce per attivare la bentonite. Non utilizzare il **Diajoint** come giunto di dilatazione. La velocità di polimerizzazione del mastice idroespansivo idoneo scelto varia in base alla marca scelta, ma generalmente è leggermente inferiore in acqua salata. L'attrezzatura utilizzata può essere lavata con acqua prima dell'indurimento dei prodotti.

11. INDICAZIONI PER LA SICUREZZA

Tutti i componenti in DIASEN del ciclo applicativo di **Sistema Bentonitico** sono dotati di Schede di Sicurezza redatte in conformità con gli standard europei, ed ottenute tramite software **Chemeter**.^c Per quanto riguarda il giunto idroespansivo **Diajoint**, la banda elastica in tessuto non-tessuto **Safety Joint Roll** ed il geotessile **Bentotelo**, in conformità con quanto previsto dalle attuali normative europee (Reg. 1907/2006/CE - REACH) non è richiesta la redazione della Scheda dati di Sicurezza. Durante la movimentazione e l'utilizzo si raccomanda comunque di indossare guanti e occhiali protettivi e di attenersi alle normali prescrizioni di sicurezza previste nel luogo di lavoro.

^c **Chemeter** è un software innovativo indirizzato all'industria chimica e disegnato per essere diverso dagli altri software già esistenti sul mercato. Il software genera la scheda di sicurezza tramite l'utilizzo di un calcolo automatico, adattato al paese in cui si commercializza e conforme alle normative specifiche del settore nel quale si sta lavorando.