



ORDINE  
GEOLOGI  
PIEMONTE



# HUESKER

Idee. Ingegneria. Innovazione.

## Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

### Soluzioni tecniche, prove sperimentali e casi applicativi

Ing. Alberto Simini  
HUESKER Italia, Trieste

19 Aprile 2024

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

### Applicazioni idrauliche

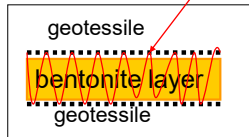
- Impermeabilizzazione con geomembrane (sintetiche, bentonitiche) canali, vasche e bacini
- Rinforzo arginature in terra rinforzata
- Overtopping, tracimazione dei fiumi sugli argini
- Rivestimento canali/bacini (sponde e fondo) e sfioratori con materassi in cls
- Protezione contro l'erosione marittima/costiera




Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

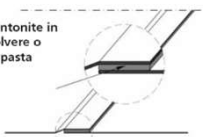
### Impermeabilizzazione con Geocompositi Bentonitici

#### Geocompositi Bentonitici Geosynthetic Clay Liners (GCLs)

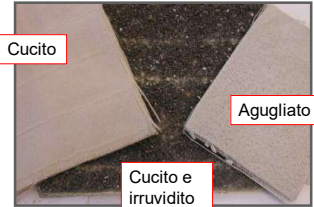


geotessile  
bentonite layer  
geotessile





Bentonite in polvere o in pasta



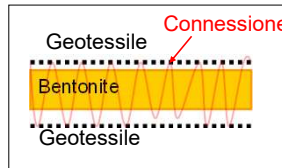
Cucito

Agugliato

Cucito e irruvidito

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

- Due geosintetici interconnessi
- Bentonite (70-90% in Montmorillonite) interposta due geosintetici
- Effetto impermeabile per rigonfiamento confinato della bentonite
- **Strato copertura (confinamento) richiesto (protezione, disidratazione, ripartizione carico)**
- Copertura con terreni molto permeabili (es. Pietrame) non sono la soluzione per prevenire danneggiamento da effetto gelo/disgelo (strato intermedio ad es. Sabbia) - Realizzazione giunti con pasta bentonitica
- Sistema impemeabile a cedimento leggero: sono tollerati e possibili assestamenti del terreno (di lieve entità)



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

### Concetti base: Clayey Geosynthetic Barriers (GBR-C) alias Geosynthetic Clay Liners (GCLs)

**70 %-90 % Montmorillonite**

- Minerale a 3-strati
- Elevata superficie specifica
- Cristalli a carica negativa
- cationi  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$
- Elevato assorbimento di acqua & capacità di espansione
- Elevata capacità di scambio cationico
- permeabilità molto bassa

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

### Concetti base: BENTONITE

**Cationi dominanti**

- $\text{Na}^+$  → Sodica naturale o attivata  
4-5 kg/m<sup>2</sup> conten. bent.
- $\text{Ca}^{2+}$  → Bentonite calcica naturale  
8-10 kg/m<sup>2</sup> cont. bent., comporta permeabilità un pò più alta

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

### BENTONITI SODICHE & CALCICHE

Assorb. H <sub>2</sub> O DIN 18132	400%-800% Na 100%-300% Ca
Esp. volume ASTM 5890	≥24 ml/ 2g Na ≥8-14 ml/ 2g Ca
Limite liquido DIN 18 122-1	500 % Na 190 % Ca
Permittività DIN 18 130-1 @ 25 kN/m <sup>2</sup>	2,1.10 <sup>-9</sup> , s <sup>-1</sup> Na 5,7.10 <sup>-9</sup> , s <sup>-1</sup> Ca

Property	Na-bentonites, fresh, average	Na-bentonites, excavated after appr. 2 years, average
Water adsorption, %	808	270 (appr. 3 x lower)
Swelling volume, ml/2g (x 10)	290	90 (appr. 3 x lower)

**Modifica proprietà in situ**

Modifica di permeabilità del „Na-GCLs“ in situ causa scambio ionico in  $\text{Ca}^{2+}$ , intervallo incremento permeabilità dipende dallo spessore & e tipo del top soil.

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

### PERMEABILITA' & PERMITTIVITA' all'acqua

#### Permittività vs. carico

Permittività, s<sup>-1</sup>

sigma, kPa

GCL:  $k = 5 \cdot 10^{-11}$  m/s

Clay:  $k = 5 \cdot 10^{-9}$  m/s

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

## TIPI & CARATTERISTICHE GCL

### Tessuto non rivestito

liscio → medio attrito superficiale:  
 •vs. sabbia ( $\varphi=35^\circ$ ) →  $\varphi=29^\circ$   
 •vs. argilla ( $\varphi=25^\circ$  c=14) →  $\varphi=16^\circ$  c=5  
 •vs. GM liscio →  $\varphi=8^\circ$  c=3 kPa  
 •vs. GM ruvido →  $\varphi=16^\circ$ - $19^\circ$  c=7  
 → **solo basse pendenze!!**

aerofeltro, non-tessuto ad alta porosità 60 g/m<sup>2</sup>

### Tessuto rivestito con bitume + granuli di argilla espansa

ruvido → alto attrito superficiale:  
 •vs. sabbia ( $\varphi=35^\circ$ ) →  $\varphi=34^\circ$   
 •vs. argilla ( $\varphi=29^\circ$  c=14) →  $\varphi=21^\circ$  c=6  
 •vs. GM liscio →  $\varphi=14^\circ$  c=8 kPa  
 •vs. GM ruvido →  $\varphi=25^\circ$ - $29^\circ$

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

## VANTAGGI DEL RIVESTIMENTO



•evita rigonfiamento immediato → permette posa con pioggia  
 •evita essiccazione immediata e rapida  
 •rende il GCL più resistente al danneggiamento meccanico

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

## L'effetto del rivestimento (coating) del vs. l'essiccazione

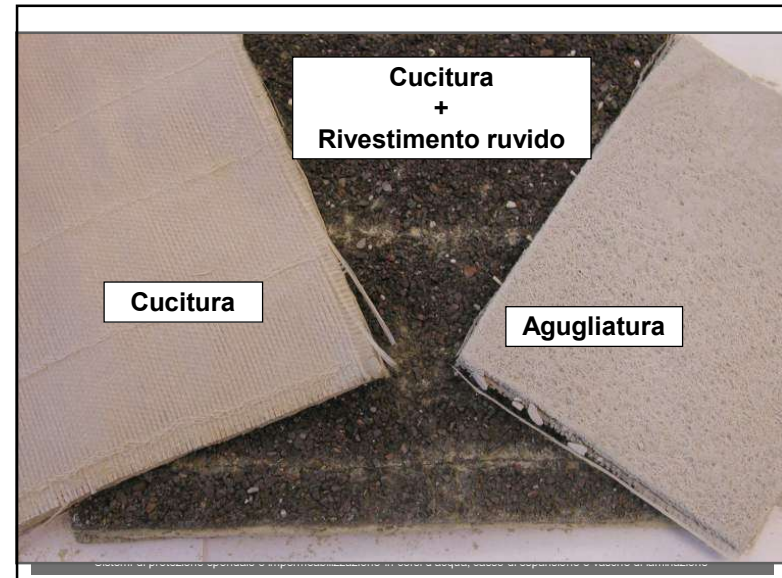
Ricerca di "University of Federal Armed Forces", Monaco - Germania

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

### Cucitura + Rivestimento ruvido

Cucitura

Agugliatura









**Progetto:** Vasca volano L1, Arese. Opere regionali di sistemazione idraulica del fontanile Cagnola

**Materiali:** Geocomposito bentonitico cucito e irruvidito

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

#### Vasca laminazione Arese

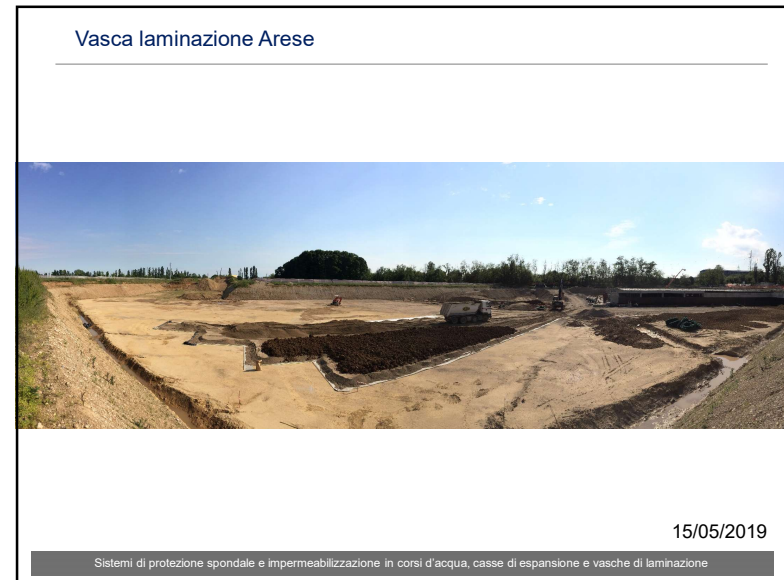
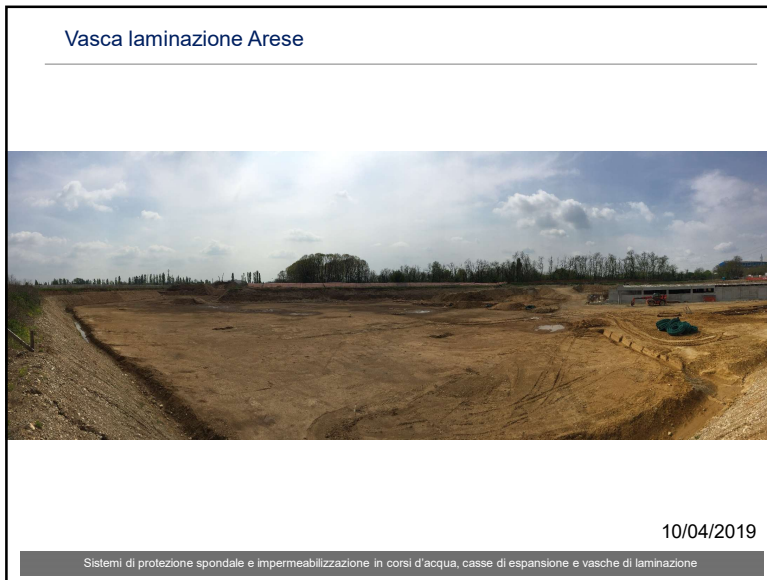
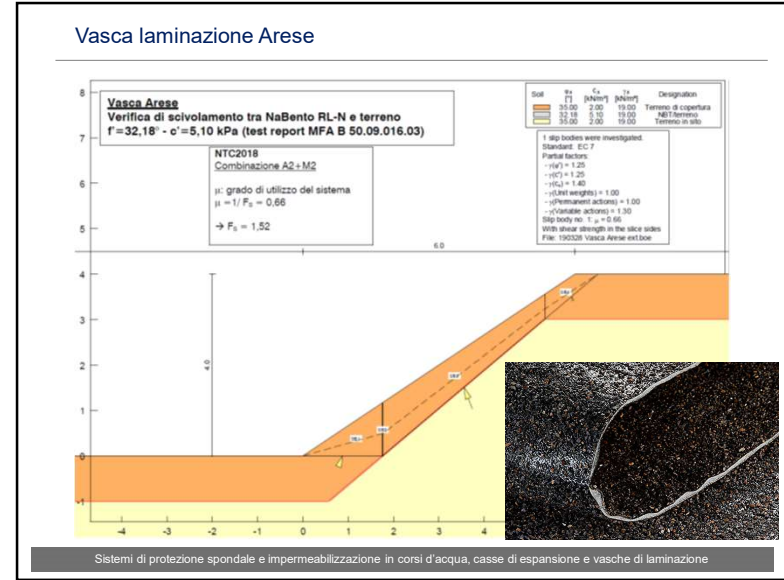
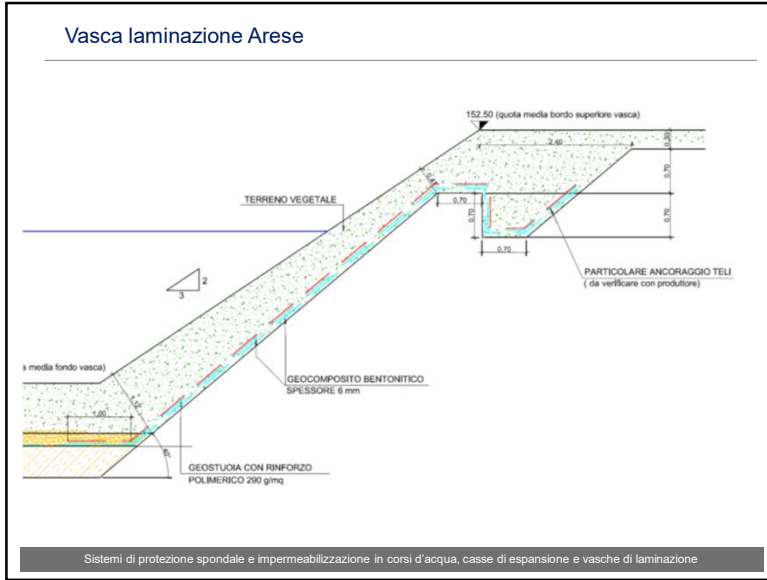


Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

#### Vasca laminazione Arese



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione



Vasca laminazione Arese



15/05/2019

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

Vasca laminazione Arese



20/09/2019

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

Vasca laminazione Arese



20/09/2019

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

Vasca laminazione Arese



20/09/2019

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione



Vasca laminazione Arese



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

## LE TERRE RINFORZATE NELLE APPLICAZIONI IDRAULICHE

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione



### PROGETTO DI RICERCA

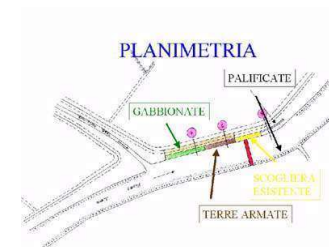
Il progetto di ricerca sviluppato interamente dal servizio Ambiente e Territorio, ufficio tecnico di Bonifica, della Comunità Montana.

### GRUPPO DI RICERCA

Dipartimento di Scienze della Terra e Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Firenze

<http://www.cm-mugello.fi.it/sieve/index.html>

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione



### LA SCELTA DEL SITO

- Confluenza del torrente Muccione nel fiume Sieve, in località Zufolaia, nel comune di Vicchio.
- Presenza di una forte dinamica erosiva in essere.
- Interventi di consolidamento sottoposti ad elevate azioni da parte della corrente del fiume.

Il tratto di studio costituisce proprio un tratto di sponda che presentava fenomeni di instabilità ed in corrispondenza del quale si era verificata una rottura del rilevato arginale, richiedendo una serie di interventi di stabilizzazione e ripristino arginale eseguiti a cura della Comunità Montana del Mugello.

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione



**TECNICHE ADOTTATE**

La ricostruzione arginale è stata eseguita con tre tipologie diverse: a) mediante la realizzazione di **gabbionate** rinverdite ( tipologia a tasche interne e tipologia con talee appoggiate), b) mediante la realizzazione di **terre rinforzate**; c) mediante la realizzazione di **palificate** in castagno e talee di salice.



**TEMPI:**

**Realizzazione delle varie opere:** i lavori sono iniziati i primi mesi dell'anno 2000 per concludersi in aprile dello stesso anno.

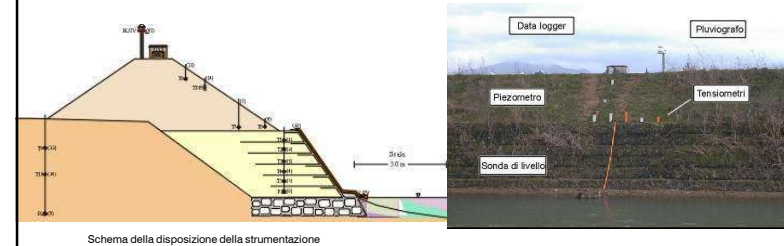
**Idrosemina delle superfici:** è stata effettuata il 15 maggio 2000

**Monitoraggio:** si è concluso nel dicembre 2001.

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

**STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO**

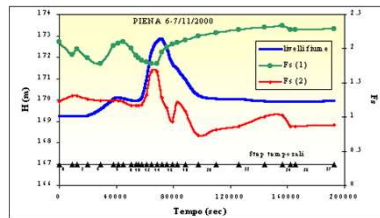
In corrispondenza delle terre rinforzate è stata allestita una stazione di monitoraggio costituita dai seguenti strumenti: 10 **tensiometri** per la misura delle **pressioni interstiziali**; 2 **piezometri** per la **misura del livello di falda**; 1 **pluviografo** per la misura dell'**intensità di precipitazione**; 1 **TDR** (Time Domain Reflectometry) per la misura del **contenuto d'acqua volumetrico**; 1 **sonda di livello** per la misura del **livello idrometrico del fiume**; un **data logger** per l'acquisizione dei dati.



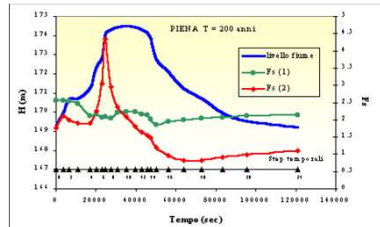
Schema della disposizione della strumentazione

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

**Piena del 6-7/11/2000 accaduta 6 mesi dopo l'ultimazione degli interventi.**



**Piena con tempo di ritorno T=200 anni.**



H (m): livello  
 FS. Fattore di sicurezza  
 (linea verde) variazione FS argine rinforzato  
 (linea rossa) Variazione FS argine non rinforzato

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione



#### I RISULTATI CONSEGUITI

Le **terre rinforzate** dimostrano di essere **affidabili** ed economicamente vantaggiose, e **particolarmente adatte ad essere impiegate con successo** in presenza di materiale in alveo adatto ad un impiego diretto nella costruzione. Inoltre l'applicazione di questa tecnica **consente profilature di sponda con pendenze elevate** (fino a 70° di pendenza), che consentono di **migliorare la capacità di deflusso e delle sezioni idrauliche**, e risolverne a monte il problema della diminuzione nel tempo a causa dello sviluppo naturale della flora riparia e delle talee di salice normalmente utilizzate in ingegneria naturalistica.

La realizzazione di **gabbionate** rinverdite di dimensioni rilevanti quali quelle in esame, ha dato **risultati appena sufficienti per attecchimento** e sviluppo delle talee impiegate; nel complesso sembrerebbe **poco opportuno l'impiego di questa tecnica** in condizioni simili, visti i costi di costruzione relativamente più elevati.

Ottimi risultati infine sono stati evidenziati dall'applicazione delle **palificate** che hanno mostrato buone capacità fisiche di resistenza agli eventi di piena cui sono state sottoposte, oltre alle ottime doti di adattamento ed attecchimento e sviluppo delle talee di salice impiegate



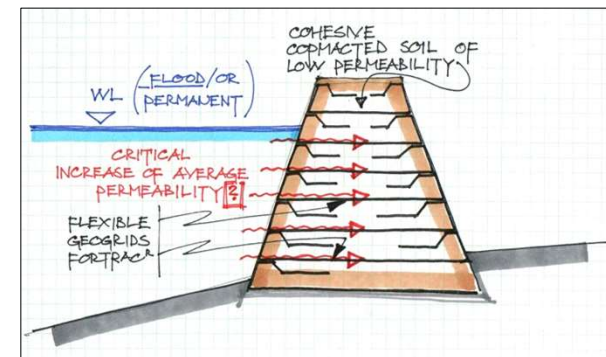
### Le geogriglie Fortrac® impiegate per il rinforzo di terreni coesivi (argille, limi) normalmente presenti in dighe ed argini .

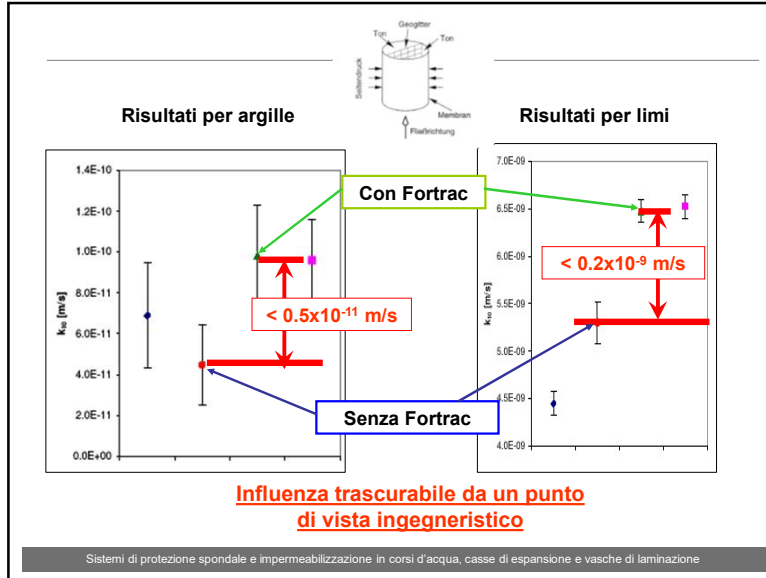
Le dighe e gli argini realizzati nell'ingegneria idraulica come protezione contro le inondazioni, vengono realizzati utilizzando terreni fini (argille, limi, ecc.) a bassa permeabilità all'acqua.

A volte questi rilevati possono essere rinforzati con geogriglie (alla base o lungo le scarpate) per aumentare la stabilità.

L'influenza dei geosintetici di rinforzo nella permeabilità del corpo del rilevato è un parametro che deve essere noto per permettere di valutare il comportamento finale dell'opera da un punto di vista idraulico.

#### Influenza delle geogriglie nella permeabilità dei rilevati.





### CONCLUSIONI:

#### Influenza geogriglia nella permeabilità planare:

1. Può influenzare, ma è **trascurabile da un punto di vista pratico**.
2. **Non ci sono differenze** tra i risultati ottenuti per geogriglie di 35 kN/m e di 110 kN/m (quindi i risultati sono validi per le resistenze intermedie).
3. **Non si verificano aumenti di permeabilità** durante il periodo di prova, di alcuni giorni di durata, quindi **non si sviluppano linee d'infiltrazione preferenziali**.
4. I risultati sono molto consistenti, con **bassa dispersione**, quindi **affidabili**.
5. **I rilevati arginali possono essere realizzati con terreni argillosi rinforzati con le geogriglie**.
6. La problematica legata alla scelta del paramento (rivestimento) deve essere trattata a parte.

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

### Comportamento del paramento contro i fenomeni erosivi

Il grafico elaborato dal Ciria fornisce i gradi di protezione dei vari rivestimenti idraulici su scarpate sottoposte ad un'azione di flusso orizzontale (parallelo al fronte). Nel caso dei paramenti delle terre rinforzate protetti con una rete sintetica antierosione sul fronte, si può far riferimento alla curva relativa a "Meshes" (Ciria report 116).

Figure 9 Recommended limiting values for erosion resistance of plain and reinforced grass

Notes: 1. Minimum superficial mass: 135 kg/m<sup>2</sup>; see Section 4.3.3 for other criteria.  
 2. Minimum nominal thickness: 20 mm.  
 3. Installed within 20 mm of soil surface, or in conjunction with a surface mesh.  
 4. See Section 4.3.2 for other criteria for geotextile reinforcement.  
 5. These graphs should only be used for erosion resistance to unidirectional flow. Values are based on available experience and information at date of this report.  
 6. All reinforced grass values assume well-established, good grass cover.  
 7. Other criteria (such as short-term protection, ease of installation and management, susceptibility to vandalism, etc.) must be considered in choice of reinforcement.

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

### SPONDE DI UN CANALE REALIZZATO CON TERRE RINFORZATE (ISOLA D'ELBA – ITALIA – 2005)

**Dati del progetto:**

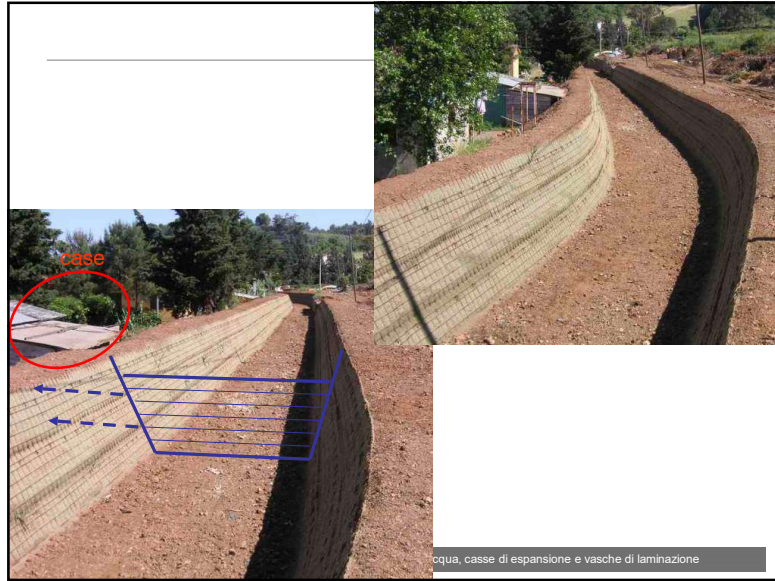
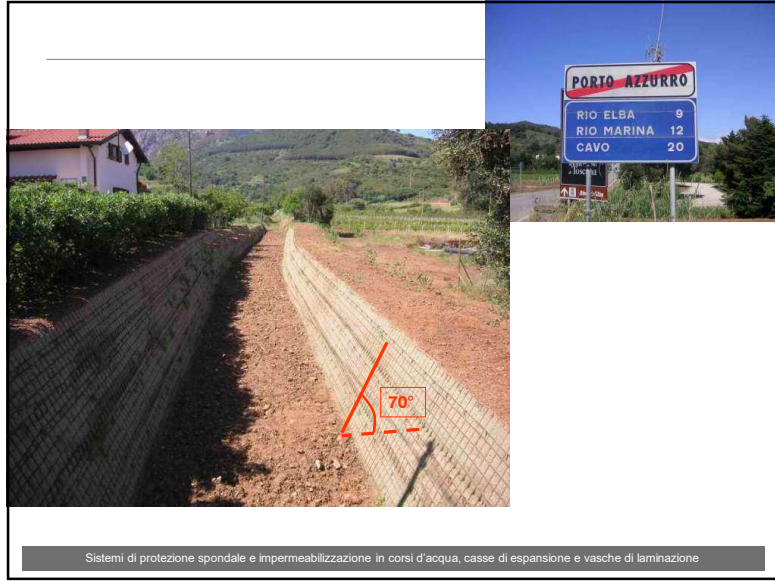
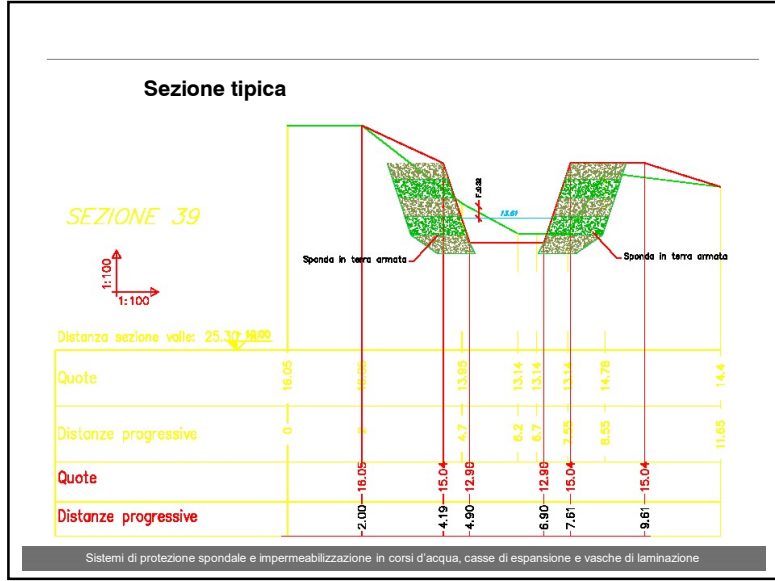
- Altezza max delle sponde rinforzate: 2,40 m
- Pendenza: 70°
- Lunghezza delle sponde rinforzate: 1.500 m

**MATERIALI**

- Rinforzo: Geogriglia 35 kN/m
- Biorete antierosione in Juta
- Casseri a perdere in rete elettrosaldata

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione





## Overtopping



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

## Overtopping

**TEST DI TRACIMAZIONE (OVERTOPPING) DI ARGINI NEL PROGRAMMA DI RICERCA COMCOAST - OLANDA 2006 - 2007**



Development of Alternative Overtopping-Resistant Sea Defences  
Phase 2: Elaboration of Smart Grass Reinforcement Concept







Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

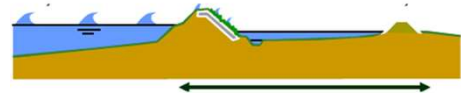
## Overtopping

**traditional**



Innalzamento dell'argine


**new**




Rafforzamento dell'argine con geogriglie antierosione

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

## Overtopping



Development of Alternative Overtopping-Resistant Sea Defences  
Phase 2: Elaboration of Smart Grass Reinforcement Concept



Principali requisiti del sistema:

- struttura aperta, preferibilmente 3D
- flessibile
- elevata resistenza
- bassa deformazione
- durabile
- Interrata ad una certa profondità dalla superficie
- Economicamente conveniente
- possibilità di essere arrotolata

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

## Overtopping



Campi prove realizzati utilizzando geogriglie tridimensionali di 120 kN/m di resistenza, per il rinforzo della scarpata dell'argine lato campagna.

1) Metodologia provata:

- Rimozione del manto erboso di superficie ed arrotolamento
- Installazione della geogriglia tridimensionale
- Riposizionamento dell'erba rimossa

(recupero della resistenza del manto in una stagione vegetativa)

2) Metodo tradizionale: Posa della geogriglia ricoperta con terreno e semina.  
(recupero della resistenza del manto in più stagioni vegetative)

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

## Overtopping

POSA



taglio del manto erboso e arrotolamento in grandi rotoli

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

## Overtopping

POSA



Posa della geogriglia tridimensionale

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

## Overtopping

POSA



Riposizionamento del manto erboso

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione



## Overtopping

Recupero della resistenza del manto erboso dopo una stagione vegetativa



Ottobre 2006

radici ancorate con il geosintetico Feb 2007

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

## Overtopping

Prova in campo della resistenza all'erosione per tracimazione



Simulatore di tracimazione

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

## Overtopping

Prova in campo della resistenza all'erosione per dilavamento



Simulatore di tracimazione

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

## Overtopping



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

## Overtopping



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

## Overtopping

### Risultati della prova



Sezione non rinforzata (formazione di solchi)



sezione rinforzata

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

## Overtopping

### Ancoraggio delle radici durante le condizioni estreme del test



Ancoraggio delle radici alla geogriglia tridimensionale

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

## Overtopping

### Conclusioni del test di esondazione a Delfzijl:

#### (1) Solamente terreno argilloso sull'argine

Il test è stato fermato a **10 l/m/s**; l'erosione è iniziata già a **1 l/m/s** sull'argine; diga con argilla ad elevata coesività → argilla o limi sabbiosi eroderebbero con maggiore facilità

#### (2) Argine con sola vegetazione naturale

Con buone condizioni dell'erba, la scarpata ha retto bene fino a **50 l/m/s**. Quando si è creata una zona senza erba, si è innescata l'erosione progressiva sotto manto fino al collasso del sistema.

#### (3) Argine con vegetazione rinforzata con geogriglia 3D

Le condizioni dell'erba erano scadenti. Il sistema ha lavorato molto bene anche fino a **50 l/m/s**.

La geogriglia 3D ha ancorato le radici dell'erba. Quando è stata creata una zona senza erba, non si è verificata erosione e l'argilla sottostante è rimasta protetta dalla geogriglia 3D.

→ Il sistema con vegetazione rinforzata è molto efficace.

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione



## Rivestimenti con materassi iniettabili

• Geocomposito a materasso costituito da due geotessili tessuti in poliammide e/o polietilene, collegati mediante lacci distanziatori, in modo da conformare un cassero flessibile da riempire con cls, sabbia ed ogni materiale iniettabile.

• Applicazioni: per il rivestimento di argini e fondali in canali, fiumi ed in applicazioni marittime. Utilizzati anche per la protezione delle membrane impermeabili nelle discariche

• I materassi possono essere classificati secondo le seguenti caratteristiche principali: Spessore → Peso, grado di flessibilità (o rigidità), grado di permeabilità (o impermeabilità)

• Lo spessore dei materassi può variare da 50 mm a 600 mm

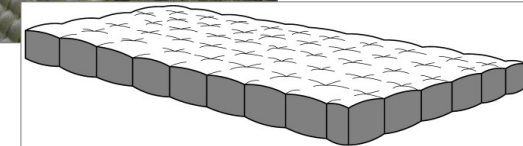
• E' possibile confezionare pannelli di grandi dimensioni fatti su misura (fino a 1000 mq)

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

## Rivestimento Canali

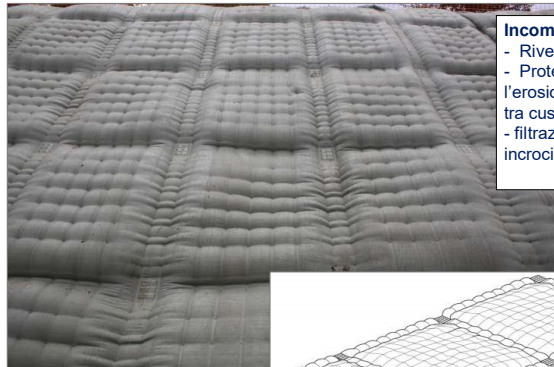


**Incomat® Standard**  
 - Spessore costante  
 - Protezione all'erosione  
 - Impermeabilizzazione

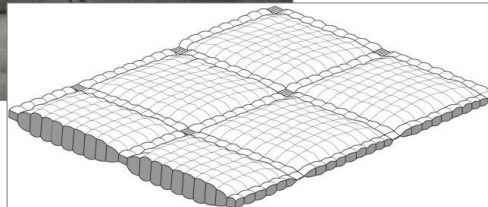


Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

## Rivestimento Canali



**Incomat® Flex**  
 - Rivestimento a cuscino  
 - Protezione flessibile contro l'erosione (formazione di cerniere tra cuscini)  
 - filtrazione attraverso i punti di incrocio

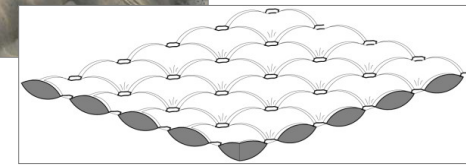


Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

## Rivestimento Canali




**Incomat® Filterpoint "FP"**  
 - Punti drenanti multipli  
 - Protezione rigida contro l'erosione




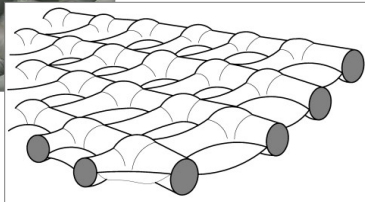
Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione



Rivestimento Canali


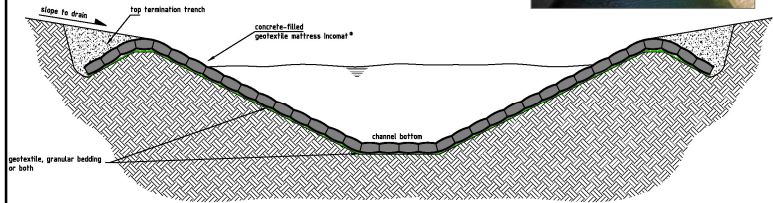


**Incomat® Crib**  
 -Materasso grigliato  
 -Aree centrali non riempite  
 - Possibilità di rinverdimento parziale

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

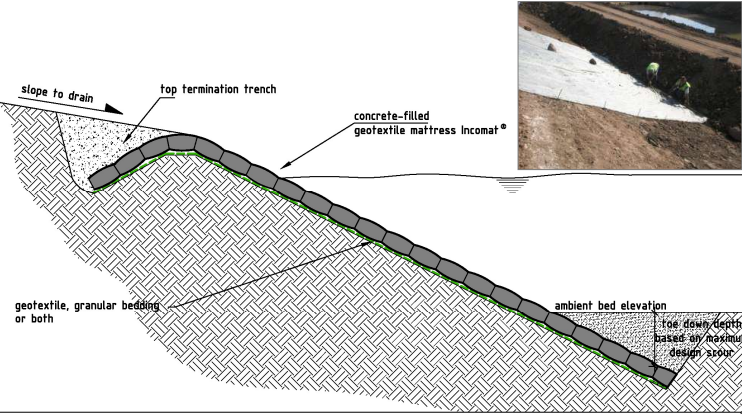
Rivestimento Canali

Canale rivestito su tutta la sezione

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

Rivestimento Canali



Canale rivestito sulle sponde. Ancoraggio in trincea in sommità ed al piede

Rivestimento Canali




Confezionamento:  
 Connessione tra pannelli per cucitura

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

Rivestimento Canali



**Confezionamento:  
Connessione con  
chiusure lampo**

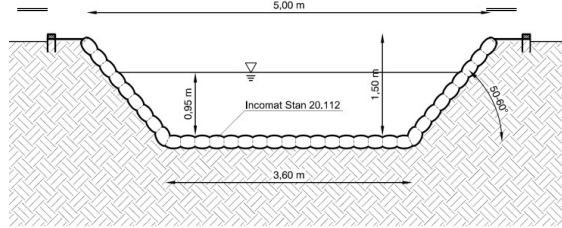
Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

Rivestimento Canali

**Progetto Morrovalle - Macerata, Marche**

**Soluzione proposta:**

- INCOMAT STANDARD 20.112
- Sezione trapezoidale:
  - Base 3,60 m , Altezza 1,20-1,50 m, Pendenza sponde 50°-60°
  - Larghezza base canal 3,5 – 4,00 m
  - Larghezza superiore: 5,00 m
  - Battente d'acqua di progetto: 0,95 m



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

Rivestimento Canali



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

Rivestimento Canali



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione



### Rivestimento Canali



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

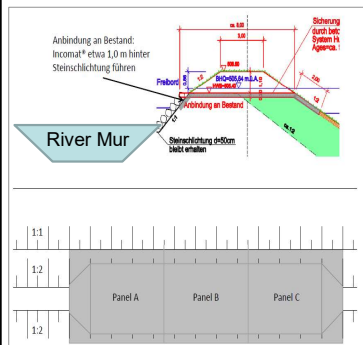
### Rivestimento Canali



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

### Sfioratori

#### Picheldorfer Bach, Austria 2011 (CRIB 10.200)



Preparazione del sottofondo

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

### Sfioratori

#### Picheldorfer Bach, Austria 2011 (CRIB 10.200)



Trincea di ancoraggio della geomembrana al piede; la ghiaia ha un effetto stabilizzante nei confronti dell'erosione e concorre alla realizzazione della copertura della diga

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione



**Sfioratori**

---

**Picheldorfer Bach, Austria 2011 (CRIB 10.200)**




- Posa dei pannelli Incomat
- Connessione dei pannelli con chiodo lampo

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

**Sfioratori**

---

**Picheldorfer Bach, Austria 2011 (CRIB 10.200)**






- Durante il pompaggio
- Attrezzatura per il riempimento

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

**Sfioratori**

---

**Picheldorfer Bach, Austria 2011 (CRIB 10.200)**



- Riempimento completato
- Riempimento completato

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione

**Sfioratori**

---

**Picheldorfer Bach, Austria 2011 (CRIB 10.200)**

- Situazione in primavera 2013
- Situazione in primavera 2013

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione



**Sistemi di protezione spondale e  
impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di  
espansione e vasche di laminazione**  
**Soluzioni tecniche, prove sperimentali e casi applicativi**

**Ing. Alberto Simini**  
**HUESKER Italia, Trieste**

**19 Aprile 2024**

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione