

Operatore in ingegneria naturalistica (UF II)

# INGEGNERIA NATURALISTICA

P. Aimo, Dott. forestale

# ARGOMENTI TRATTATI

**Presentazioni e motivazioni del corso**

**Cos'è l'ingegneria naturalistica**

**Problematiche progettuali**

materiali

ambiti di applicazione

classificazione interventi

modalità operative

costi

**L'esecuzione delle opere – il cantiere**

**L'esecuzione delle opere – la sicurezza**

**Gli errori da evitare**

# COS'È?

L'**Ingegneria Naturalistica** è una disciplina tecnico-scientifica che, attraverso metodologie proprie dell'ingegneria e sulla base di criteri meccanici, biologici ed ecologici, utilizza come **materiale da costruzione piante vive o parti di esse** in abbinamento con **altri materiali**, quali: pietrame, legno, terra, biostuoie, geotessili, ecc.

# PROBLEMATICHE PROGETTUALI

- **Gli ambiti di applicazione**
- **I materiali**
- **Le principali tecniche impiegate**
- **Il dimensionamento statico**
- **I costi di intervento con raffronto con l'ingegneria tradizionale**
- **Le problematiche amministrative (presentazione pratica, vincoli)**

# AMBITI DI APPLICAZIONE

## Versanti

Controllo dell'erosione

Consolidamento

Regimazione delle acque

## Corsi d'acqua

Consolidamento spondale – Opere longitudinali

Consolidamento fondo alveo – Opere trasversali

# INTERVENTI SUI VERSANTI

## Controllo dell'erosione superficiale >>>

semina, idrosemina, s. protette

messa a dimora di arbusti e alberi

posa di geosintetici e teli di fibre naturali

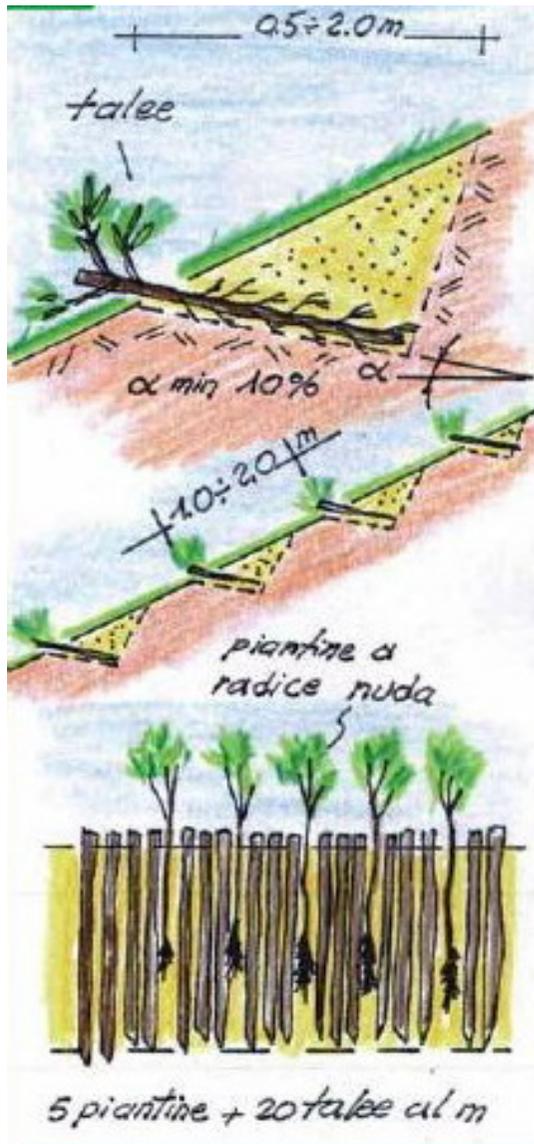
gradonate vive, cordonate, palizzate



## Idrosemina

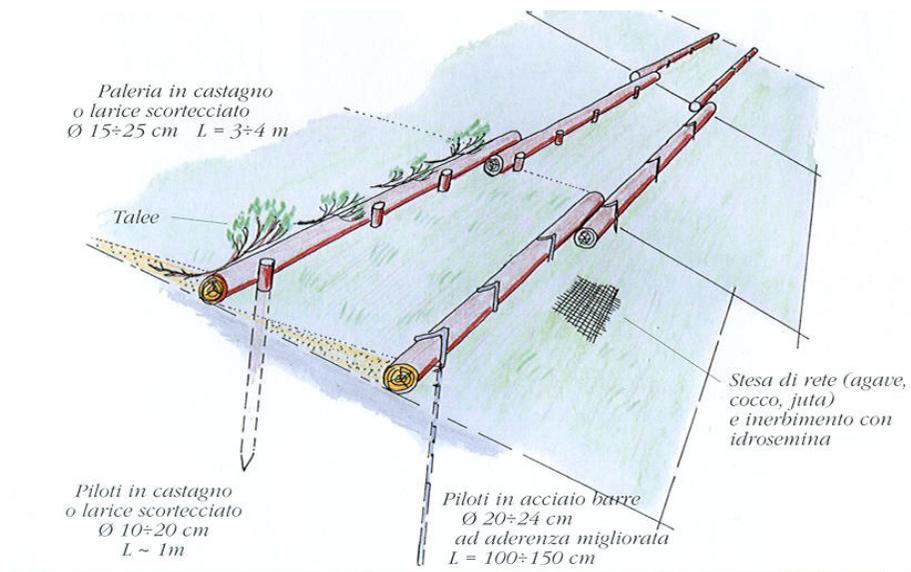


**Biostuoie in juta**



## Gradonata viva





## Palizzata viva

Figura 73



## Palizzata viva

# INTERVENTI SUI VERSANTI

## Consolidamento, sostegno, contenimento >>>

- Opere in legname  
Palificate semplici  
Palificate di sostegno a doppia parete  
Grate vive?!?
- Opere di pietrame  
Gabbionate,  
Scogliere,  
Muri a secco
- Opere di terra rinforzata



## Palificata semplice

## Palificata di sostegno a doppia parete





## Grata viva



## Gabbionata



## Scogliera in massi



## Terre rinforzate

# INTERVENTI SUI VERSANTI

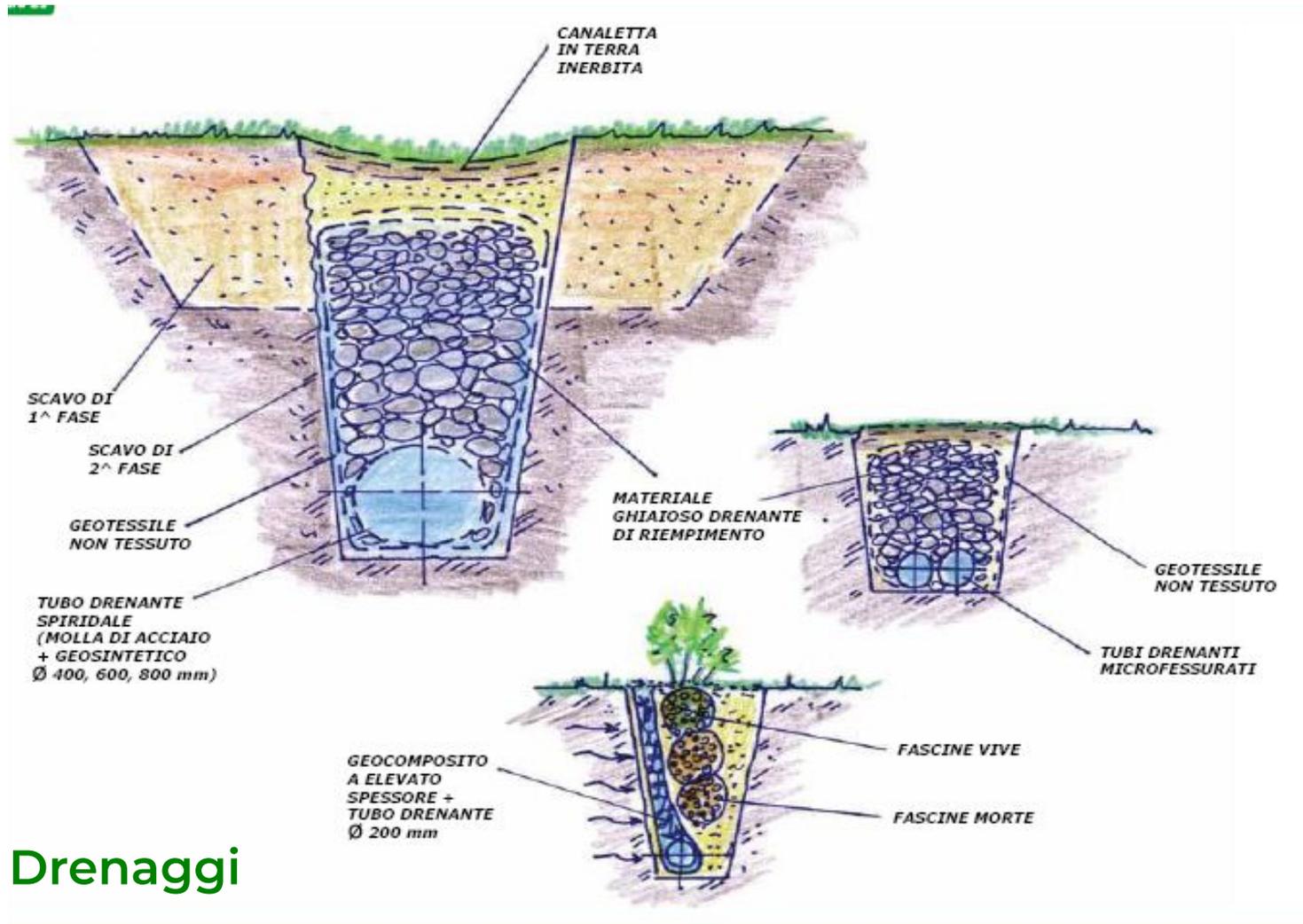
## Regimazione delle acque >>>>

Canalette      canalette in metallo,  
c. in legname e pietrame,  
c. in tavolati di legno,  
c. inerbite

Drenaggi      trincee drenanti,  
fascinate drenanti,  
cunei filtranti



## Canalette



## Drenaggi

# INTERVENTI SUI CORSI D'ACQUA

## **Consolidamento spondale - Opere longitudinali**

Scogliere

Gabbioni

Coperture diffuse

Palificate spondali

## **Consolidamento fondo alveo - Opere trasversali**

Briglie

Soglie

Pennelli



# MATERIALI

## MATERIALE VEGETALE VIVO

sementi  
zolle erbose  
piantine a radice nuda  
piantine in contenitore  
talee

**AUTOCTONE**

**LEGNAME**

**PIETRAMME**

**MATERIALI FERROSI**

**MATERIALI GEOSINTETICI**

# MATERIALI

## MATERIALE VEGETALE VIVO

sementi

zolle erbose

piantine a radice nuda

piantine in contenitore

talee



# MATERIALI

## MATERIALE VEGETALE – I SALICI



### IMPIEGO DEI SALICI NELL'INGEGNERIA NATURALISTICA

NOME VOLGARE	NOME SCIENTIFICO	% ATTECCIMENTO PER TALEA	LIMITE ALTITUDINALE m s.l.m.	SVILUPPO IN ALTEZZA m
Salice rosso (5)	<i>Salix purpurea</i> L.	100	1600	2 - 6
Salice glauco (4)	<i>Salix daphnoides</i> VILL.	90	1800	6 - 10
Salice da vimini	<i>Salix viminalis</i> L.	90	600	Fino a 4
Salice cinerino (6)	<i>Salix cinerea</i> L.	75	1300	2 - 6
Salice nero (2)	<i>Salix myrsinifolia</i> SALISB.	75	1700	2 - 5
Salice bianco (1)	<i>Salix alba</i> L.	75	1000	Fino a 24
Salice eleagno (3)	<i>Salix eleagnos</i> SCOP.	70	1100	Fino a 10
Salicone*	<i>Salix caprea</i> L.	5	1300	Fino a 5

\* l'impiego del "salicone" come talea è assolutamente sconsigliato.

# MATERIALI

## LEGNAME

### QUALITÀ

RESISTENZA MECCANICA

DURABILITÀ

### ESSENZE AMMESSE

LARICE

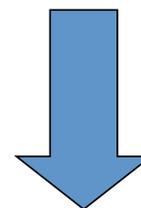
CASTAGNO

ROBINIA???

# MATERIALI

## PIETRAME

USATO PER: DIFESE SPONDALI  
FONDAZIONE  
RIEMPIMENTO



**DRENAGGIO**

# MATERIALI

## MATERIALI FERROSI

TONDINI AD ADERENZA MIGLIORATA

CAMBRE

PROFILATI O PUTRELLE

CAVI

RETI



## FUNZIONI

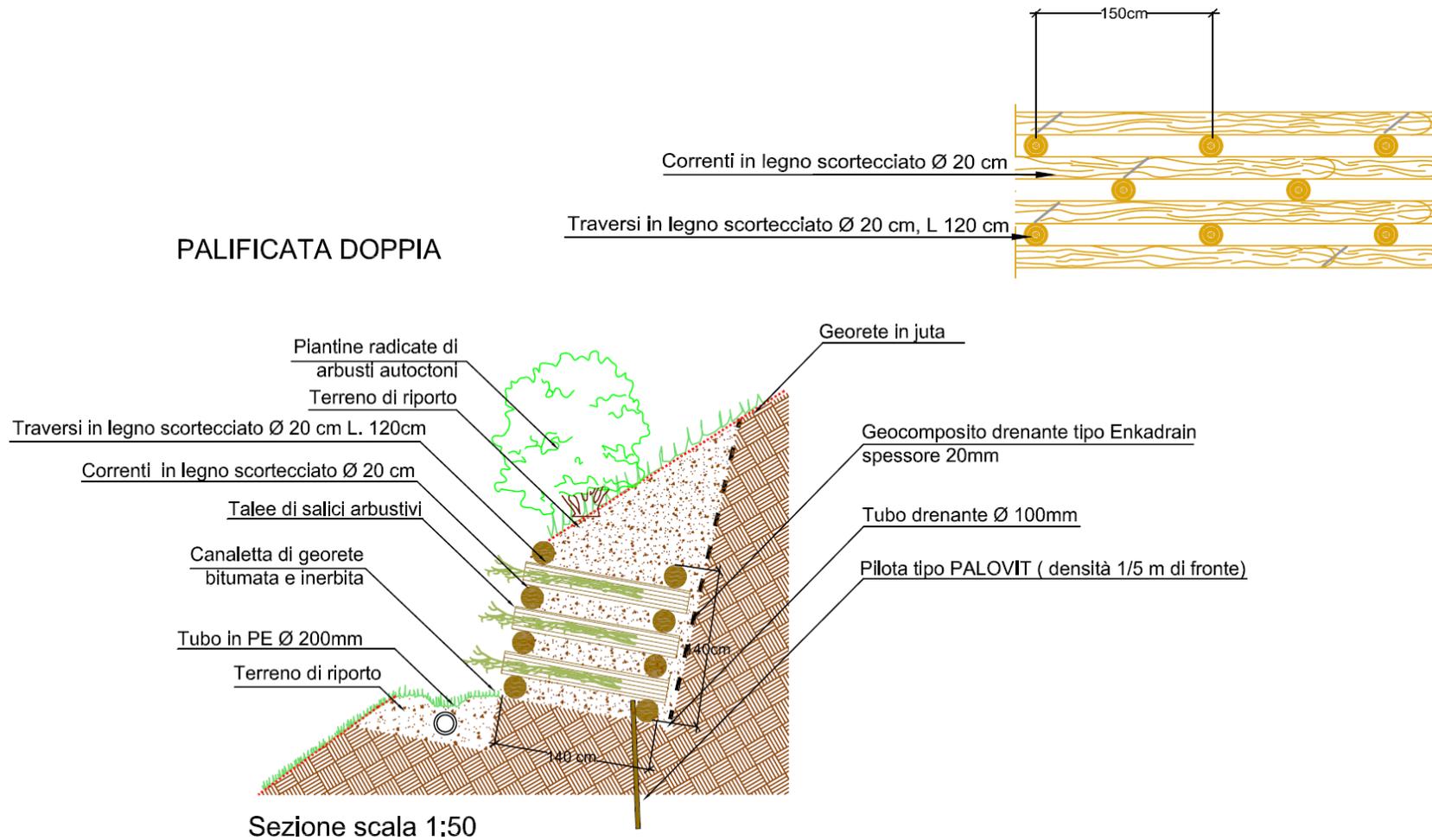
GIUNZIONE DI ELEMENTI

ANCORAGGIO DI STRUTTURE

RIVESTIMENTI SCARPATE



# LA PALIFICATA DOPPIA



# LA PALIFICATA DOPPIA

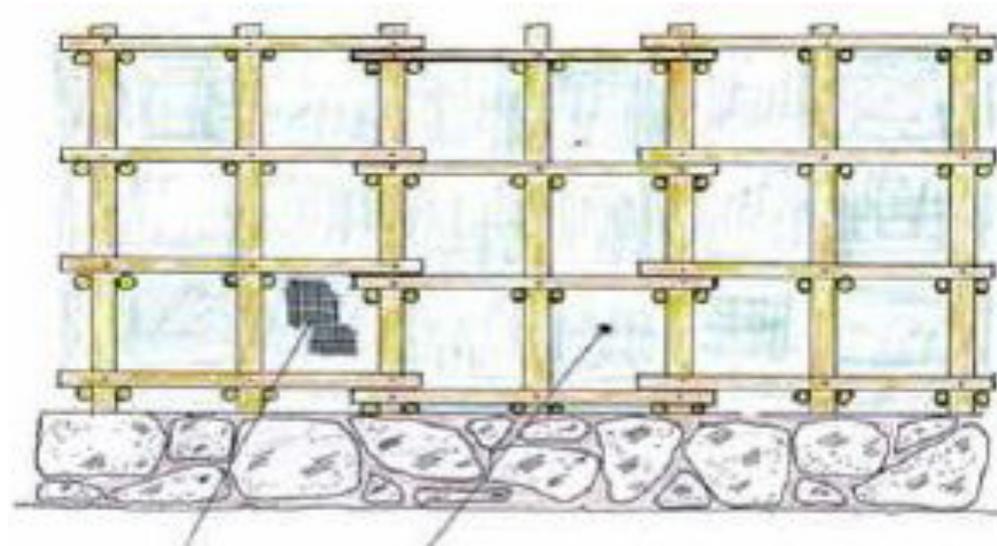
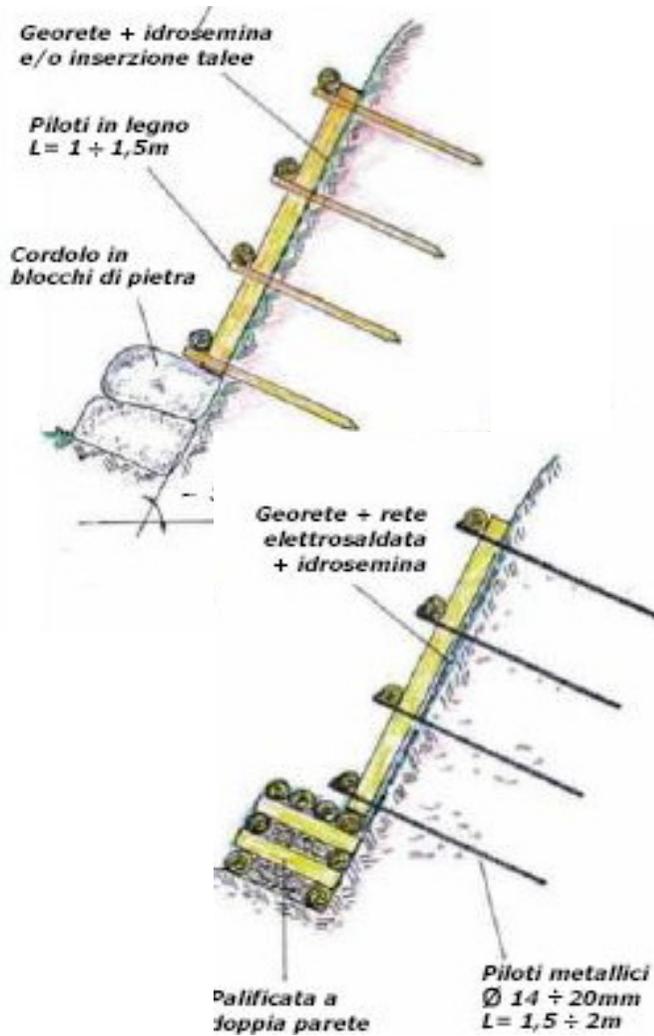
## Principali caratteristiche costruttive

- Scavo in contropendenza (10-15%)
- Paramento esterno inclinato (15-35%)
- Correnti longitudinali paralleli Diam. 20-25 cm scortecciati
- Traversi 20-25 cm scortecciati fissati (chiodature, cambre, ecc.) previa foratura
- Riempimento a strati con materiale di scavo e compattamento
- Posa delle talee (Diam >2-3 cm, sporgenza di 10-20 fuori terra, densità 10-20 p/m)
- Posa delle piantine radicate (densità 2-5 p/m)

# LA PALIFICATA DOPPIA



# LA GRATA VIVA



# LA GRATA VIVA

- Adatta per scarpate con pendenza elevata (40-60°) in cui non si possa ridurre l'inclinazione
- Contrasta l'erosione superficiale ma **NON È UN'OPERA DI SOSTEGNO PROPRIAMENTE DETTA e DEVE ESSERE APPOGGIATA SU UN'OPERA DI SOSTEGNO**

## Principali caratteristiche costruttive

- Maglie quadrate da 1 x 1 m a 2 x 2 m
- Tondoni verticali e orizzontali paralleli Diam. 20-25 cm scortecciati
- Piloti di ancoraggio alla parete in legname o in metallo infissi per 1-1,5 m
- Rinverdimento con idrosemina, posa delle talee o piantine radicate



## GRATA VIVA: DETTAGLI DI COSTRUZIONE



*Preparazione della base dei montanti*

*Trasporto e posizionamento  
dei montanti*



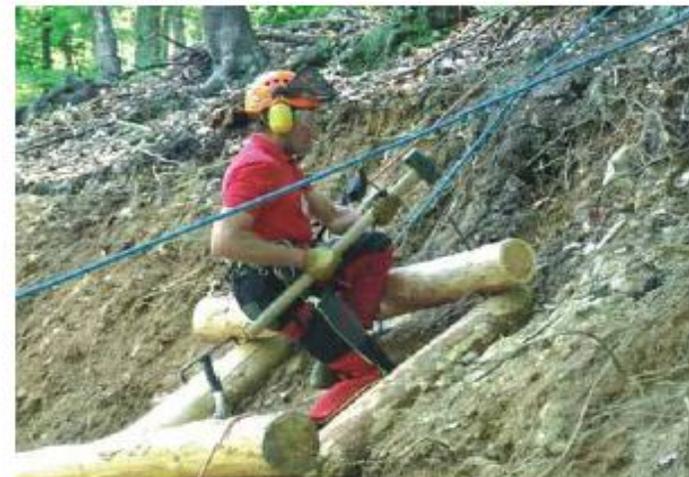
*Collegamento del montante  
al corrente intermedio esterno  
della palificata di sostegno*



### GRATA VIVA: DETTAGLI DI COSTRUZIONE



*Foratura delle travi della grata*



*Fissaggio delle travi ai montanti mediante chiodatura*

*L'operatore, ai fini della sicurezza,  
è ancorato a monte mediante  
attrezzatura specifica per il lavoro  
in esposizione*



*Particolare dell'appoggio di base*

# GLI INTERVENTI COMPLESSI

**Sistemazione area in frana  
Comune di Torino  
Committente privato**



# GLI INTERVENTI COMPLESSI



**Sistemazione area in frana  
Comune di Torino  
Committente privato**

# GLI INTERVENTI COMPLESSI



# GLI INTERVENTI COMPLESSI



# GLI ERRORI DA EVITARE

- Tronchi di diametro troppo piccolo
- Tronchi non scortecciati
- Opere in legname senza piantine o talee
- Scelta errata della tecnica di intervento (es. palizzate a più correnti al posto delle palificate)
- Biostuoie in juta non fissate saldamente al terreno
- Messa a dimora di piantine radicate secondo sestii irregolari, senza pacciamatura e non a file

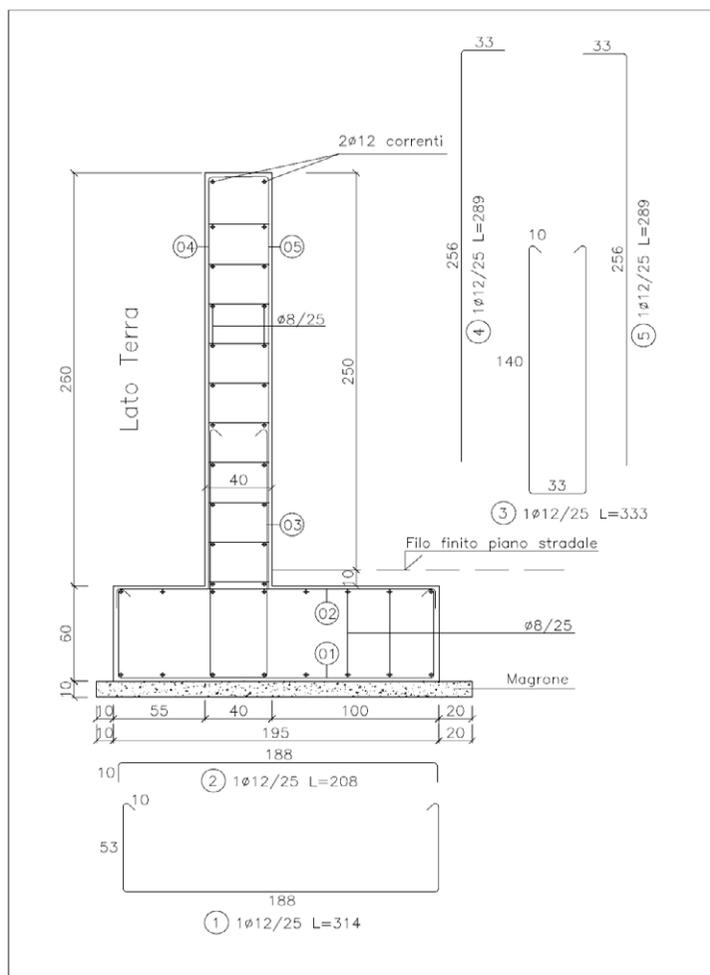
# GLI ERRORI DA EVITARE



# IL DIMENSIONAMENTO STATICO

- **Struttura a gravità**
- **Dimensionamento elementi**
- **Verifiche**

# COSTI DI REALIZZAZIONE



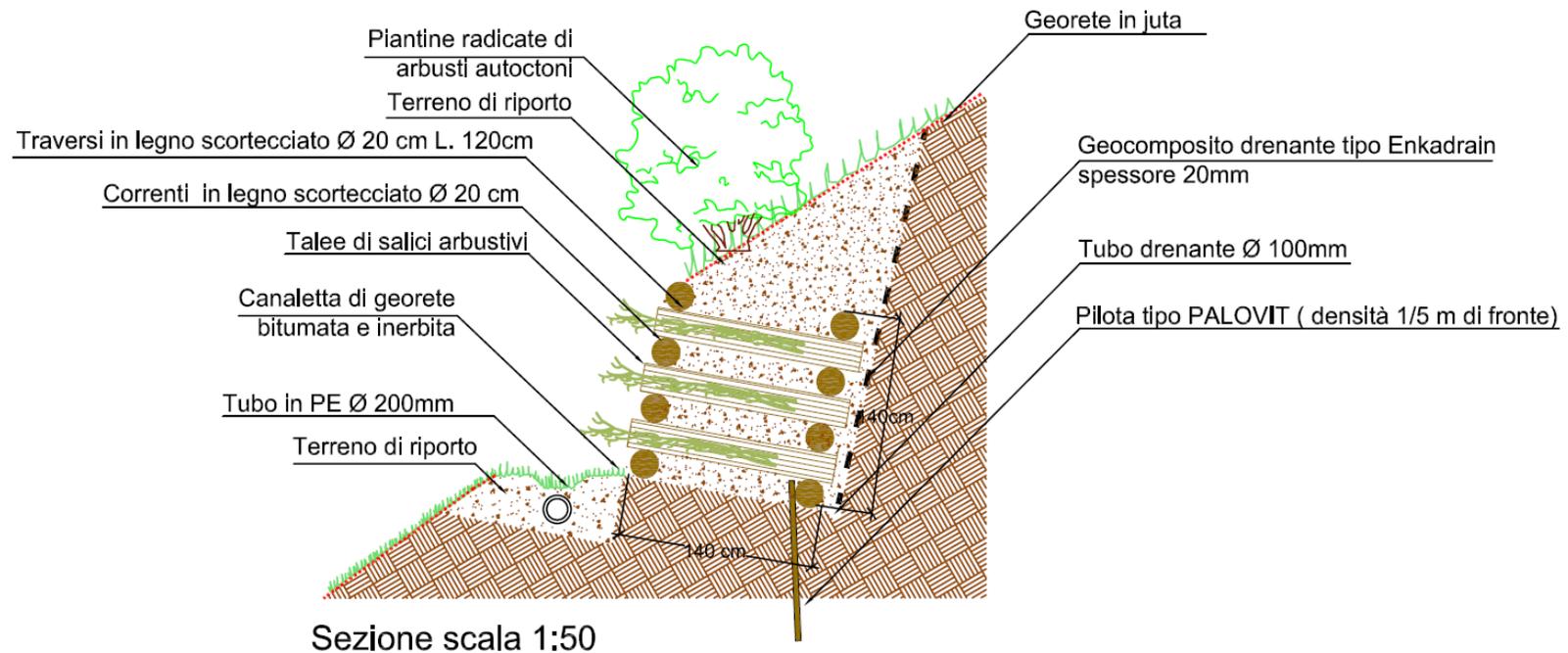
## ESEMPIO REALIZZATIVO CALCESTRUZZO ARMATO

MATERIALI					
CALCESTRUZZO calcestruzzo con le seguenti caratteristiche					
STRUTTURA	Rck N/mm <sup>2</sup>	DIM. MAX AGGREGATO	CLASSE ESPOSIZIONE	CLASSE RESISTENZA	COPRIFERRO
fondazioni	30	<25	XF2	S3	3.5 mm
setti e muri	30	<25	XF2	S3	3.5 mm
solai e pilastri	30	<25	XF2	S3	3.5 mm
- rapporto acqua cemento massimo 0.50 - classe resistenza cemento (UNI EN197/1): CEM 32.5 - controllo di accettazione (D.M. 14/01/2008 Cap.11.2.5): tipo A - tutte le caratteristiche sopra riportate devono essere indicate nella bolla di consegna - è vietata qualunque riaggiunta di acqua in cantiere - l'uso di additivi deve essere preventivamente autorizzato dalla D.L. - prima di ogni getto avvisare la D.L.					
ACCIAIO					
- acciaio ad aderenza migliorata B450C controllato in stabilimento avente le seguenti caratteristiche f <sub>yk</sub> > 450 N/mm <sup>2</sup> f <sub>tk</sub> > 550 N/mm <sup>2</sup> A <sub>s</sub> > 12%    F <sub>yd</sub> =3900 - l'acciaio deve risultare saldabile					

# COSTI DI REALIZZAZIONE

## ESEMPIO REALIZZATIVO PALIFICATA DOPPIA

### PALIFICATA DOPPIA



# COSTI DI REALIZZAZIONE

## CONFRONTO COMPUTO METRICO ESTIMATIVO

Realizzazione di una palificata di sostegno a due pareti composta da correnti e traversi scorrecciati di legno idoneo e durabile di larice, castagno o quercia, di diametro minimo 20-25 cm, fra loro fissati con barre (diametro = 12 mm) ad aderenza migliorata, ancorata al piano di base con piloti in acciaio ad aderenza migliorata (diametro minimo mm 32) o in legname (lunghezza > 1.5 m); inserimento progressivo, durante la realizzazione dell'opera, di talee di specie arbustive e/o arboree ad elevata capacità vegetativa e capaci di emettere radici avventizie dal fusto posate contigue in ogni strato e di piante, riempimento a strati con materiale ghiaio-terroso proveniente dagli scavi e/o riportato, previa miscelazione: compreso lo scavo di fondazione, la fornitura del materiale vegetale vivo, il trasporto del legname a piè d'opera, il taglio, l'allestimento, la costruzione della struttura, la messa a dimora del **materiale** vegetale (minimo 100 talee e 5 piantine radicate al m<sup>2</sup>), il riempimento e ogni altro onere per eseguire il lavoro a regola d'arte. Per sezione costruttiva costante di dimensioni pari a profondità 2.00 m, altezza 2.00 m

18.A02.E09

18.A02.E09.005 ...

m

**455,30**

**MURO CONTROTERRA – 580 €/ML**

# LE PROBLEMATICHE AMMINISTRATIVE

## **Primo passo – l'autorizzazione comunale**

- **D.I.A. (art. 22 TUE)**
  - . Tempistica 30 gg
  - . Progetto
  - . DURC
  
- **P.D.C. (art. 20 TUE)**
  - . Tempistica 60 gg
  - . Progetto
  - . DURC

# LE PROBLEMATICHE AMMINISTRATIVE

## **Secondo passo – la vincolistica**

- **VINCOLO PAESAGGISTICO**  
(D.Lgs 42/2004 s.m.i., L.R. 32/08 s.m.i.)
  - . Commissione paesaggio
- **VINCOLO IDROGEOLOGICO (L.R. 45/89)**
  - . Scavo < 50 m<sup>3</sup>
  - . 50 m<sup>3</sup> < scavo < 2500 m<sup>3</sup>

# L'ESECUZIONE DELLE OPERE

- **L'organizzazione del cantiere**
- **Il sopralluogo preliminare  
(accessibilità, stoccaggio materiali, ecc.)**
- **Le attrezzature**
- **Le modalità operative**
  
- **La sicurezza**
- **I documenti (il POS, il PSC, il DUVRI)**
  
- **La sicurezza in cantiere  
(DPI, coordinamento, modalità operative)**

# LA SICUREZZA

## GLI OBBLIGHI DEL COMMITTENTE:

- designare il coordinatore per la sicurezza in caso di presenza contemporanea di più imprese sul cantiere
- valutare l'idoneità tecnico amministrativa delle ditte operanti in cantiere
- trasmettere all'amministrazione competente il nominativo dei lavoratori autonomi ai quali sono state affidate le singole lavorazioni

# LA SICUREZZA

## **QUANDO SERVE IL COORDINAMENTO – CASI PARTICOLARI:**

- una ditta formata da due soci è considerata impresa, come se uno fosse dipendente dell'altro
- più lavoratori autonomi che coesistono all'interno dello stesso cantiere non sono soggetti a coordinamento
- se si coordina quando non è necessario, si è automaticamente sottoposti alla relativa normativa

# LA SICUREZZA

## **GLI OBBLIGHI DELLA DITTA INERENTI IL CANTIERE:**

- POS, documento agile da compilare come da allegato XV del D.Lgs 81/2008
- attenzione ai contenuti
- sorveglianza sanitaria
- certificati e formazione

# LA SICUREZZA – REGOLE ELEMENTARI



**NO! ...SOSTE NEL RAGGIO DI  
AZIONE DI MACCHINE OPERATRICI...**

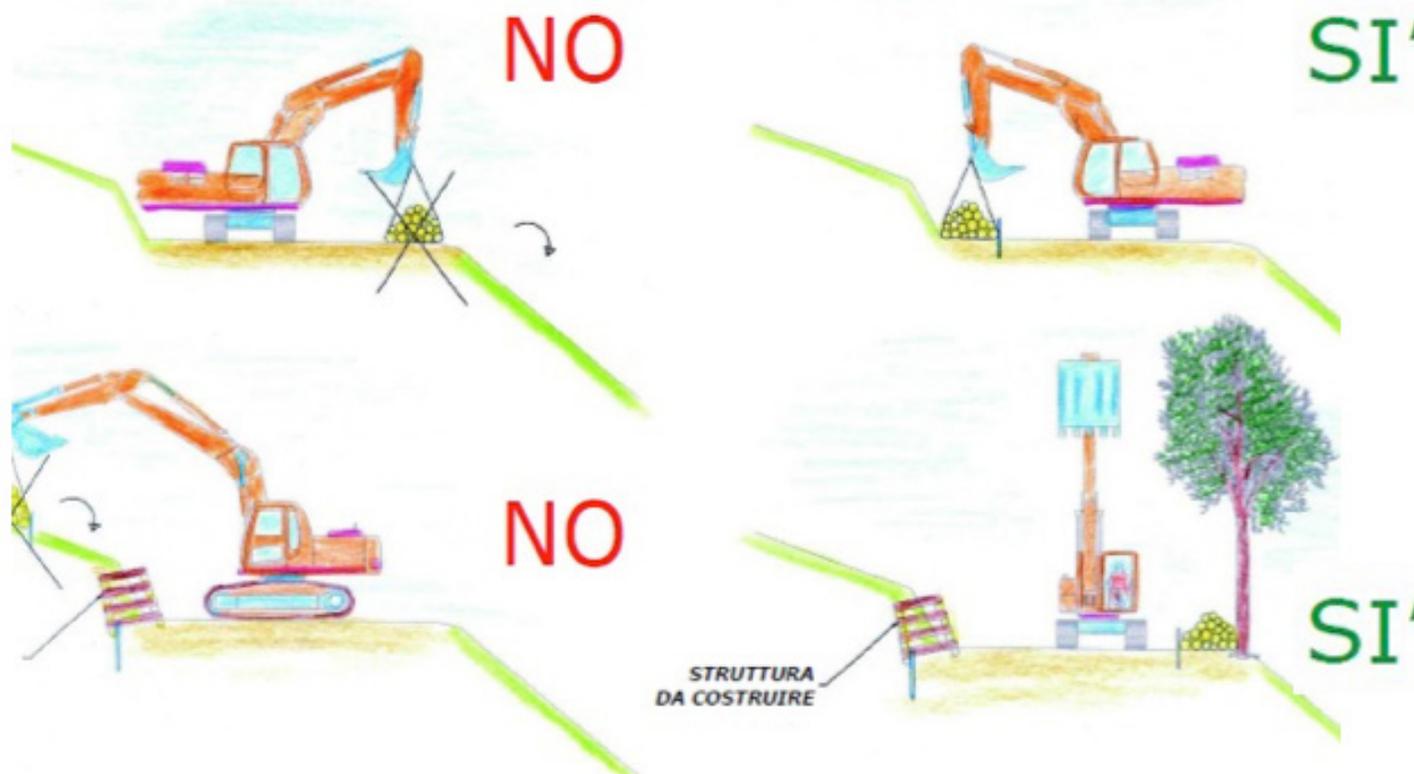


**NO! ...INTERFERENZE  
NELLE LAVORAZIONI...**



# LA SICUREZZA – REGOLE ELEMENTARI

## CADUTA MATERIALI DALL'ALTO



# LA SICUREZZA – REGOLE ELEMENTARI

## RIBALTAMENTO

