

GIULIO PAZZAGLI
Iga Consulting - Roma
www.igacons.com

Ingegneria naturalistica: un mezzo verso un'ingegneria ecocompatibile?



Premessa

La rilettura del volume “Tecniche di rinaturazione e di ingegneria naturalistica” – Pàtron Editore Bologna 1995 – permette senz’altro alcune considerazioni relative allo stato d’arte della rivisitazione progettuale delle grandi infrastrutture in chiave naturalistica(1).

Soprattutto inquadrandone il contenuto nell’attuale grande interesse verso l’inserimento ambientale, lo Studio e Valutazione di Impatto, nel quadro del così detto “dissesto idrogeologico” del territorio nazionale e comunque verso tutto ciò che concerne il rispetto dell’ecosistema.

Si riportano quindi, prendendo spunto dagli Atti del Congresso Internazionale di Ingegneria Naturalistica di Lignano Sabbiadoro (UD) del 1992, di cui il volume sopra menzionato è la veste monografica, alcune considerazioni relative all’inserimento delle grandi infrastrutture, essenzialmente di comunicazione e di trasporto, in un territorio quale quello italiano che racchiude, proprio nell’Ambiente, una delle sue fondamentali ricchezze.

Si cercherà pertanto di raggiungere questo scopo ripercorrendo passo dopo passo l’iter seguito nel corso del Congresso di Lignano Sabbiadoro, nelle sue diverse sessioni di studio.

Classifica e Metodi

In questa prima sessione gli Autori, partendo dall’esperienze delle varie Nazioni d’appartenenza, mettono in evidenza quali siano le caratteristiche fondamentali dell’ingegneria naturalistica ed entro quali limiti essa possa essere impiegata e sviluppata.

Determinante risulta essere la perfetta conoscenza del “*materiale da costruzione*” Pianta, in particolare del suo apparato radicale e delle sue caratteristiche di assorbimento d’acqua, in quanto elemento essenziale che agisce positivamente sui parametri geotecnici intrinseci di un’opera in terra.

Di pari importanza è l’aver sottolineato che i metodi d’ingegneria naturalistica possano essere impiegati solo in determinate e particolari condizioni e che il loro campo d’applicabilità si allarga solo ricorrendo ad interventi, detti di tipo misto, ovvero in cui vengano impiegati materiali da costruzione “naturali” (piante, legni, pietre ad esempio) associati a quelli normalmente adottati (Calcestruzzo, ferro, ecc. ecc.) tra di loro collaboranti. Ciò facilita per di più la possibilità di una loro verifica di stabilità ed il rispetto dei principi fondamentali dell’ingegneria geotecnica.

Nel caso di sistemazione d’aste fluviali o di altre



Foto 1 - Imbocco L'Aquila della galleria di Roviano nella Roma-L'Aquila. Potrebbe essere una facile “zona di studio dell’ecosistema”.

vie d'acqua (foto n. 2), dove l'ingegneria naturalistica trova un suo specifico campo d'azione, è per prima cosa essenziale il rispetto di tutti i principi dell'Idraulica, intervenendo con i metodi di rinaturazione solo quanto serve e quanto basta, lasciando all'acqua la maggior libertà possibile.

Scaturisce già da quanto detto fin da ora l'importanza che la preparazione dei Tecnici che si occupano di questo campo specifico, ovvero geotecnico ed idraulico visto nell'ottica della rinaturazione, debba essere decisamente interdisciplinare ovvero sia naturalistica che ingegneristica.

Sembra comunque opportuno evitare affermazioni francamente eccessive come appaiono quelle, sempre che la traduzione riportata sia corretta, dell'austriaco Schiechtel: *“Le opere di ingegneria naturalistica dimostrano che questa disciplina relativamente giovane può realizzare l'ideale di un'ingegneria civile ecocompatibile, soddisfacendo sia ai requisiti tecnici che a quelli ecologici ed estetici”*.

In questo contesto il Relatore italiano, dr. Sauli, propone un'accurata casistica di interventi di ingegneria naturalistica che sono “in fase di netta espansione in Italia al seguito delle ricadute progettuali degli studi di impatto e in particolare delle opere di mitigazione e in generale di “ricucitura del territorio”. Avverte però come il continuo sviluppo di tali interventi sia dipeso più dalla necessità di commercializzazione di alcuni prodotti (in particolare i “geotessili”) che da “..un effettivo fenomeno di vera cultura professionale in sede di progettazione e direzione lavori”.

Ed è questo il primo punto su cui è necessario soffermarsi se si vuole individuare il vero ruolo dell'ingegneria naturalistica. Essa infatti non deve essere considerata unicamente come elemento di miglioramento, o meglio mitigazione, di un progetto, ma piuttosto quale caratteristica fondamentale della progettazione. Almeno nel senso che essa potrà avere funzione di miglioramento o di mitigazione di impatto solo nei casi in cui

le forze in gioco siano tali da non permettere ai suoi (naturali) elementi caratterizzanti di contrastarle. Infatti, come abbiamo già accennato, sarà gioco forza in questo caso ricorrere ad interventi “classici” d'ingegneria civile che potranno da essa essere “mitigati” per un migliore inserimento nell'ambiente.

A riprova di ciò si riporta una foto (foto n. 4) in cui si mostra un “muro in pali vivi e fascinate” che sostituisce totalmente, nei tornanti di una stradina di campagna (intersezione della stessa con un metanodotto Edison a Bussi in Abruzzo), un muro di controripa che, altrimenti, sarebbe stato realizzato, con tutta probabilità, in calcestruzzo. È opportuno notare che una simile soluzione, oltre ad ottenere un sostanziale miglioramento di inserimento ambientale, comporta un minor impiego di calcestruzzo. Ciò, soprattutto se visto sotto un'ottica generale, ovvero diffusa su tutto il



Foto 2 - Processo di “inverdimento naturale” di una briglia in “gabbioni”.

territorio nazionale, porterebbe ad un sostanziale minor consumo di inerti e di calcestruzzo e quindi un minor ricorso a cave che sono molto spesso causa di un difficile inserimento ambientale.

Nelle foto 2 e 3 si mostra invece un caso in cui la stabilizzazione “al piede scarpata” di un movimento franoso richiese il ricorso a forze stabilizzanti che superano le possibilità di un semplice intervento naturalistico. La mitigazione dell’impatto dell’opera di stabilizzazione fu però ottenuta attraverso la realizzazione di un “muro verde” nella parte inferiore dell’intervento.

L’esempio riportato nelle foto dimostrano la necessità di prevedere gli interventi di naturalizzazione e più in generale d’ingegneria ecocompatibile, fin dalla prima fase d’ideazione progettuale dell’opera, in via preliminare allo Studio e quindi alla Valutazione di Impatto della infrastruttura da realizzare.

Ricostruzione di ambienti umidi, zone costiere, sponde fluviali e boschi planiziali.

Gli Autori di questa seconda sessione di studio descrivono essenzialmente tecniche di rinaturazione proprie, direttamente o indirettamente, dell’ingegneria naturalistica.

Direttamente quando vi si parla di sistemazioni in alveo delle aste fluviali, indirettamente quando vi si descrivono processi di rinaturazione di canali, boschi planiziali o dune costiere.

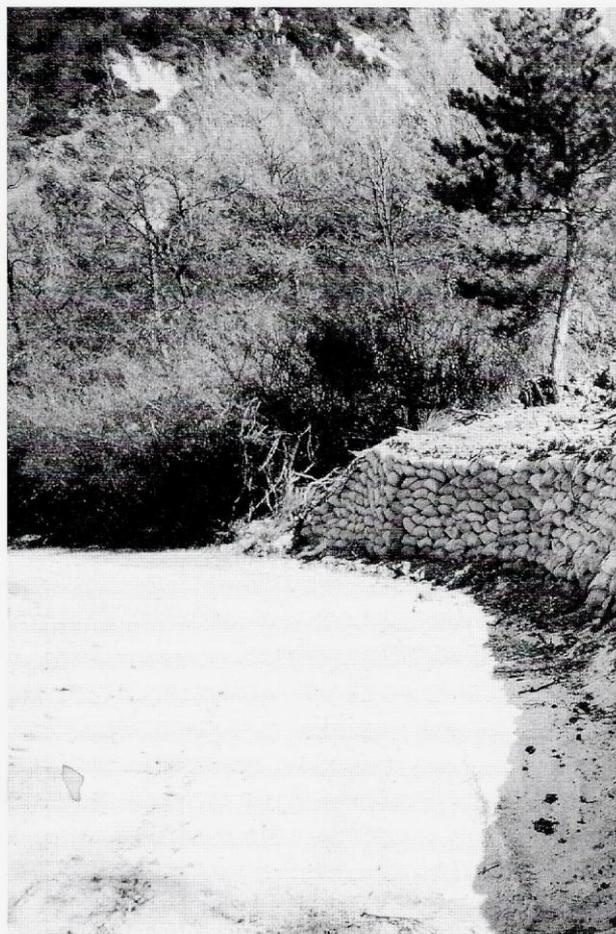
Anche in questa seconda sessione gli Autori sottolineano la necessità di un’accurata programmazione degli interventi e di un continuo studio e controllo del loro evolversi essendo, il più delle volte, necessario apportare variazioni man mano che essi vengono realizzati e successivamente nel corso della loro evoluzione nel tempo. Infatti quando si parla di “opere in terra” e, a maggior ragione, quando ad esse si associno interventi basati sull’impiego di vegetazione, è molto spesso necessario ed opportuno ricorrere a quel tipo di progettazione che ne segue passo per passo la realizzazione e che gli anglosassoni definiscono *design as you go*.

Non si può far a meno di notare inoltre che mentre ormai in molte nazioni si pensi alla sistemazione dei corsi d’acqua soprattutto in termini di ingegneria naturalistica, nella maggior parte del territorio del nostro Paese raramente ci si discosti dal calcestruzzo o, nel migliore dei casi, da interventi che prevedano l’impiego dei soliti “gabbioni” (2) (Foto 2). Pur essendo indiscutibile che gli interventi di sistemazione con gabbioni, siano indubbiamente preferibili a quelli in semplice calcestruzzo e, soprattutto, offrano tutta un’indubbia serie di vantaggi quali ad esempio la loro adattabilità ai cedimenti, la deformabilità e la “permeabilità” della struttura,

la semplicità ed in definitiva quindi la sostanziale efficacia, è altrettanto innegabile la difficoltà di assicurarne un accettabile adattamento ed inserimento nell’ambiente naturale. Infatti anche semplici accorgimenti quali ad esempio l’introduzione di una piccola percentuale di terra tra il pietrame – l’esame della foto 2 ne mostra l’efficacia in un caso in cui il riempimento dei “vuoti” si è verificato naturalmente grazie al limo trasportato dal fiume in piena – o l’introduzione di talee o legname vivo all’interno e/o tra ogni singolo elemento strutturale, vengono il più delle volte disattesi. Ciò a prescindere dalla loro semplicità ed economicità caratteristiche che vengono negate e contestate per mascherare la vera ragione del loro mancato impiego ovvero la difficoltà da parte di molte Imprese di costruzione di realizzare opere diverse dalle abituali.

Fenomeno questo che, a parere di chi scrive, può essere ritenuto una delle cause di una certa “sclerosi progettuale” che spesso è possibile notare nel campo delle infrastrutture.

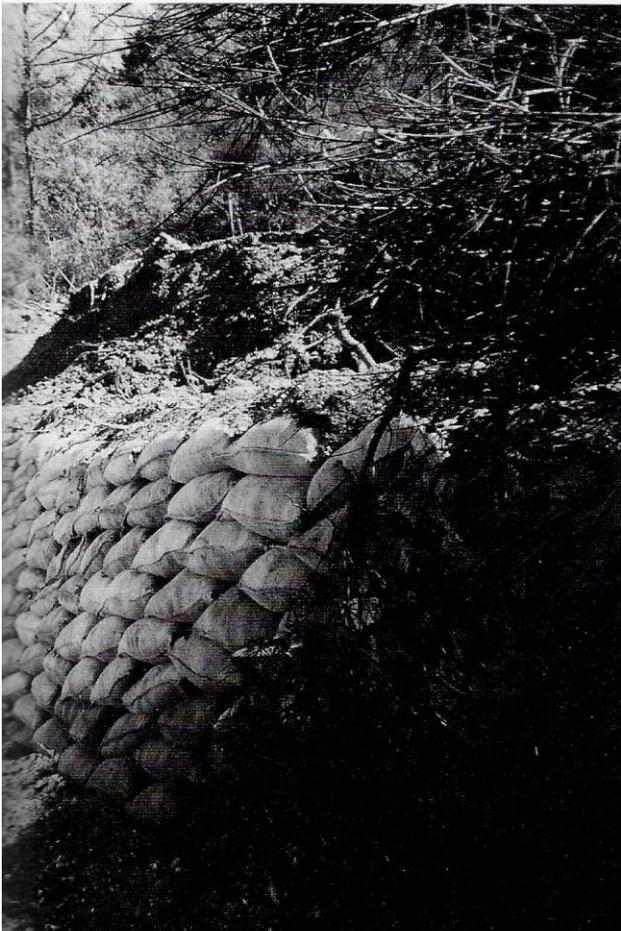
In Italia le Officine Maccaferri (3), di Bologna, azienda produttrice dei gabbioni si è ben resa conto della necessità d’evoluzione nel campo specifico e,



precedendo molti progettisti, si è preoccupata di ideare soluzioni che, pur impiegando i soliti gabioni, si adattino con facilità alle caratteristiche di interventi di minor impatto sull'ambiente.

Sulla base di esperienze portate avanti in altre Nazioni, descritte nella II° sessione, ci sembra opportuno sottolineare l'opportunità che molte nuove esperienze naturalistiche vengano sviluppate in zone protette, quali Parchi Nazionali e "Zone di interesse geomorfologico" (dune costiere ad esempio) da Enti Ufficiali di Studio e Ricerca in modo tale che i dati così ricavati siano successivamente messi a disposizione di quanti debbano progettare infrastrutture in condizioni ambientali simili. I vantaggi che se ne potrebbero ricavare sono prevedibilmente tali da far pensare che gli oneri derivanti da ricerche di questo tipo potrebbero essere addossati ad Enti Pubblici e Privati potenziali usufruttuari dei risultati di tali indagini.

Basti pensare ad esempio ai vantaggi in fase di Studio di Impatto Ambientale e del possibile adeguamento delle infrastrutture indagate all'ambiente. Ciò senza mettere in conto l'importanza derivante dal far prendere coscienza di problemi legati agli ecosistemi specifici ed aver quindi contribuito a



smontare molti alibi a cui di norma si tende ad appellarsi.

Interventi in aree montane antierosivi e infrastrutturali

In questa III° Sessione si descrive un tentativo di elaborazione di una "metodologia speditiva, possibilmente sotto forma di programma informatico" per stabilire la tipologia di ripristino ottimale da impiegarsi per il restauro ambientale a seguito della costruzione di metanodotti.

Pur apprezzando l'intento di un tentativo teso a stabilire aprioristicamente la tipologia degli interventi da adottare, non è facile essere ottimisti sulla reale possibilità di riuscita. Infatti la complessa varietà interdisciplinare propria dell'ingegneria naturalistica, unita alla continua varietà degli ecosistemi incontrati lungo l'asse di costruzione di un'infrastruttura a forte sviluppo lineare – quale appunto è un metanodotto – sembra escludere, o meglio rendere estremamente complessa, una standardizzazione degli interventi di naturalizzazione sia pur accorpandoli in una schematizzazione computerizzata. Infatti l'inevitabile schematizzazione dei parametri in gioco potrebbe portare ad un'approssimata definizione dei parametri dell'ecosistema interessato e quindi ad un'errata impostazione progettuale degli interventi da realizzare.

A riprova di quanto detto si osservino le foto 2, 3 e 4, riguardanti non a caso i lavori connessi alla posa in opera di metanodotti. In esse si vede riassunta la varietà degli interventi di mitigazione realizzati mediante geojuta, fascinate, viminate, muretti in sacchetti di sabbia e cemento, assai efficaci contro l'azione erosiva superficiale delle acque a breve ed a lungo termine.

Successivamente, sempre nella stessa sezione, si analizza un'ampia casistica d'interventi di ingegneria naturalistica puntualizzandone alcuni principi essenziali ovvero:

- l'impiego di materiali organici vivi e morti in combinazione con materiali inorganici;
- il rispetto delle verifiche di stabilità;
- l'importanza del drenaggio superficiale e profondo.

In particolare (Florineth) indica nelle **Piante vive** la parte veramente nuova dell'ingegneria naturalistica e descrive in dettaglio l'*azione drenante* che avviene grazie all'evaporazione e l'aumento della *resistenza al taglio* dei pendii come conseguenza dell'azione dell'apparato radicale. Vi si indica infine quali siano le specie di piante più resistenti allo scopo.

È evidente, in questo caso, sia l'influenza del pen-

Foto 3 - Muretto di "sottoscarpa" in sacchetti di "terra e cemento" che sostituiscono il solito calcestruzzo.

siero austriaco come conseguenza della vicinanza fisica ed in parte culturale dell’Austria dove, da circa mezzo secolo, ci si avvale dell’ingegneria naturalistica, sia la sensibilità ambientalistica di alcune Regioni che hanno permesso la traduzione e divulgazione di alcuni testi di Bioingegneria Ambientale.

Da quanto riportato in questa sessione appare in sintesi evidente l’esigenza che le ricerche relative a questo nuovo ramo dell’ingegneria debbano essere preferenzialmente impostate verso l’interazione i principi della meccanica dei suoli e delle rocce, e le caratteristiche “meccaniche”, quali evaporazione, resistenza al taglio e trazione dell’apparato radicale delle piante e le caratteristiche dei materiali, siano essi organici che inorganici, impiegati.

Scarparte stradali e ferroviarie

Dato lo sviluppo che la rete stradale, autostradale e ferroviaria ha in Italia, nonché la possibilità che vi si realizzino, o almeno si progettino a breve opere addirittura “al di fuori delle consuetudini”, questo argomento riveste, anche nella sua attualità, un’importanza del tutto particolare. Ciò tenendo presente che, almeno a parere di chi scrive, gli interventi di bioingegneria ambientale, oltre che nella realizzazione di nuove infrastrutture dovranno, o meglio dovrebbero, essere impiegati anche nei lavori di manutenzione in quanto così si potrebbe arrivare progressivamente al miglioramento della situazione ambientale anche al contorno di opere già eseguite da tempo.

Dall’esame dei contributi scientifici riportati in questa sessione se ne ricava un quadro abbastanza completo in cui gli elementi di spicco appaiono i seguenti:

- gli Autori italiani pongono essenzialmente l’accento sulle modalità di inerbimento delle scarparte mediante idrosemina sola o accompagnata dalla posa in opera di GeoJuta o georeti (4). Positivo sembra in particolare l’accento fatto da alcuni Autori circa la necessità di scelta di categorie vegetali che si adattino al nuovo ecosistema creato da un’autostrada. Questo particolare aspetto sottolinea l’importanza di prevedere, già a livello di progettazione, zone sperimentali di studio in cui possano venir effettuate ricerche sull’evoluzione dell’ecosistema vegetale ed animale. Ciò anche se l’imperativo di base per la scelta delle specie vegetali deve rimanere quello di impiegare specie autoctone già selezionate dalla natura per quel particolare ambiente, la cui ricostruzione rimane, comunque, il vero obiettivo di qualsiasi intervento di rinaturazione.

Nel complesso purtroppo se ne è ricavata l’impressione, che ci auguriamo errata od almeno

già attualmente superata, che gli interventi di bioingegneria siano ancora visti nel nostro Paese tutt’al più quali semplici accessori non certamente, intimamente collegati agli interventi classici propri dell’ingegneria civile. Ne è prova ad esempio il fatto che un interessante esempio di “palificata viva” proposta per un’attuazione sulla Linea Direttissima Firenze-Roma in una località compresa tra Montevarchi e Figline Valdarno, disposta al piede di un rilevato (5) al posto del classico muro d’unguia (6) in c.l.s., sia descritta a livello di possibile impiego e non come opera da realizzare.

- Una interessante annotazione è quella che si riferisce a dati ricavati da interventi d’ingegneria naturalistica eseguiti nella parte austriaca dell’Autostrada del Brennero. Infatti dopo circa trenta anni dalla loro realizzazione si è riusciti a definire in 25-30 anni il periodo di reinserimento ambientale. Periodo che diviene ancora più lungo quando si consideri l’ecosistema suolo-vegetazione-fauna nel suo insieme e non nelle singole componenti.
- Da parte svizzera si giunge alla conclusione che, nella maggior parte dei casi, le opere “classiche” di bonifica e contenimento, quali ad



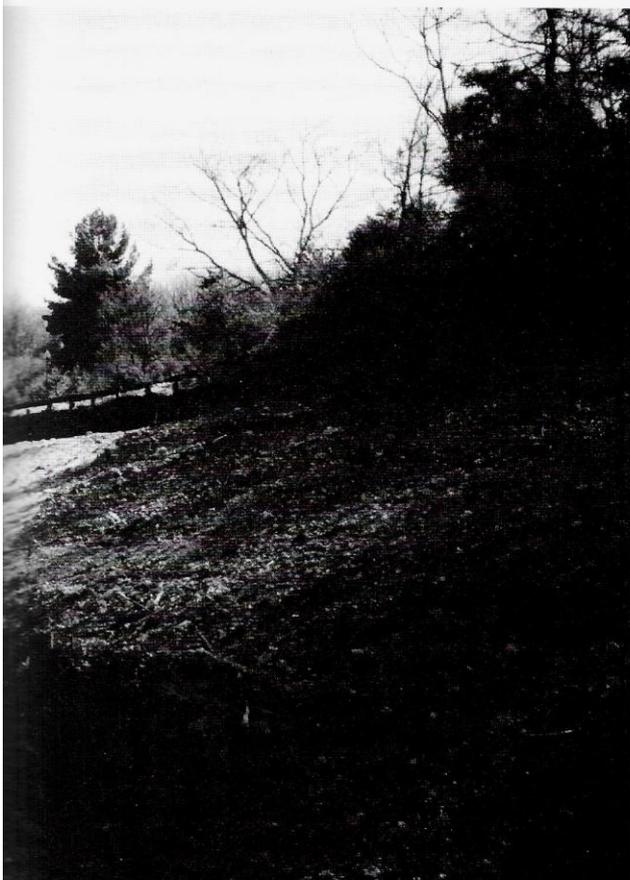
esempio drenaggi, canalette e muri di sostegno, possono essere sostituiti con opere vive che, comunque, possono essere sempre impiegate come elemento di mitigazione. Un altro aspetto assai interessante è l'aver introdotto in alcune Scuole di Ingegneria svizzere corsi di formazione ecologica.

- Viene infine consigliato, da Autori dell'Europa dell'Est, che ogni intervento naturalistico in scarpate a forte pendenza, debba essere trattato caso per caso. Pertanto vi si conferma la necessità che zone di studio dell'ecosistema debbano essere previste sia in infrastrutture di nuova progettazione che già realizzate (foto n. 1).

Cave e discariche

Un campo ideale di attuazione di interventi di bioingegneria è sicuramente rappresentato dal recupero di vecchie cave e discariche e dai progetti relativi a quelle di nuova concessione.

Ciò è particolarmente vero in un territorio morfologicamente così movimentato quale quello italiano. È quindi curioso che manchino in questa sessione di studio, per altro più limitata delle altre, interventi di Autori italiani per quanto concerne lo spinoso



problema del recupero ambientale delle cave. Viene analizzato solo il recupero ambientale di alcune discariche nella Provincia di Trento in cui si è riusciti a raggiungere gli obiettivi previsti i fase di progettazione ovvero:

- la messa in sicurezza delle aeree da un punto di vista idrogeologico;
- l'eliminazione del rischio di emissioni gassose;
- la ricostruzione del paesaggio e di un ecosistema in sintonia con quello circostante.

Il raggiungimento di tali obiettivi, fondamentali nel recupero di discariche, giustifica la richiesta degli Autori di non "abbandonare" le aree così bonificate, ma di seguirle con una continua manutenzione.

Molto più approfondite l'analisi riguardanti le cave. Vi si giunge infatti ad una prima suddivisione schematica della tipologia delle cave in:

- cave di terra (e di argilla);
- cave di roccia;
- cave di sabbia, ghiaia ed argilla.

Raccomandando per le cave in roccia di:

- realizzare gradoni larghi (7) e quindi più adatti alla piantumazione;
- assicurare alla superficie dei gradoni una pendenza verso l'interno che faciliti il raccoglimento delle acque;
- realizzarvi piccoli terrapieni di contenimento ai bordi ;
- limitarsi rigorosamente all'impiego di specie autoctone.

E per quelle di sabbia, ghiaia ed argilla:

- definire in fase progettuale il perimetro di sfruttamento della cava;
- accettare come inevitabile un cambiamento dell'ecosistema preesistente;
- trattare in modo differenziato ogni singolo cava;
- ricorrere a più cave di piccole dimensioni rispetto a poche di dimensioni maggiori.

L'insieme di queste raccomandazioni può essere esteso a tutte le cave con alcune ulteriori raccomandazioni tra le quali essenzialmente:

- Imporre un piano di recupero (destinazione ultima) in fase di richiesta di concessione;
- Imporre la sua attuazione durante le fasi di sfruttamento cava e non al suo termine. È infatti frequente che si tenda a tralasciare queste operazioni in quanto non produttive.

Per le cave in terra inoltre è necessario imporre l'accantonamento od addirittura la stesa del terreno vegetale durante la fase di coltivazione, e per le

Foto 4 - Muretti in "legname vivo" e "biostuoia" o "geojuta" posta in opera a protezione delle sementi e contro l'azione erosiva degli agenti atmosferici. I muretti si erano resi necessari per sostenere il terreno nei tornanti di una stradina di montagna intersecata dai lavori di posa in opera di un metanodotto.

cave in roccia sarà opportuno prevedere gradoni disposti non solo per assicurare la stabilità delle scarpate, ma anche per evitare barriere insormontabili nell'ecosistema esistente.

In linea ancor più generale è opportuno controllare, prima dell'apertura di qualsiasi tipo di cava, che non esistano già in zona grossi accumuli di materiale già scavato, evitando così che "da una parte si debba investire per mitigare una montagna d'inerti e dall'altra si debba dare il permesso per una nuova concessione d'estrazione." (Da : "Progettazione Ambientale"). In alternativa il materiale precedentemente accumulato o di scarto può essere impiegato per il riempimento necessario a mitigare i vecchi fronti di scavo.

Fattori ostativi all'introduzione in Italia di un'ingegneria ecocompatibile.

Per mettere meglio a fuoco quanto segue e che rappresenta la sostanza di quanto indicato in questa articolo, è necessario inquadrare il momento storico in cui in Italia si intraprese il piano di ricostruzione viaria e ferroviaria e, successivamente, di costruzione autostradale.

Il Paese era da poco uscito da un lungo periodo di isolamento internazionale che aveva acuito il suo carattere già prevalentemente provinciale. Non vi è quindi da meravigliarsi se, come reazione, si identificarono nell'apparente funzionalità e nel soddisfare alcuni parametri estetici ritenuti all'epoca postmoderni, modelli tipici di altri paesi assai distanti per la loro stessa natura dalla realtà ambientale e dalle particolari caratteristiche della nostra penisola.

Se si escludono infatti alcune rare eccezioni dovute alla cultura o all'intuizione di pochi, solo molto più tardi, indicativamente all'inizio degli anni ottanta, cominciò ad affacciarsi il concetto del rispetto ambientale come fattore intimamente collegato alla progettazione e costruzione delle opere d'ingegneria civile. Anche se, a ben vedere, tuttora non è stato assorbito lo spirito della Direttiva C.E.E. 85/377 che così vi è testualmente espresso nell'articolo 7: "...gli effetti di un progetto sull'ambiente debbono essere valutati per proteggere la salute umana, provvedere al mantenimento delle varietà delle specie e conservare le capacità di riproduzione dell'ecosistema in quanto risorsa essenziale della vita".

Sembrano invece prevalere tuttora quei fattori che in passato avevano condizionato la progettazione e la costruzione delle opere e che, nella buona sostanza, possono essere riassunti in due soli concetti di base:

– il seguire una visione utilitaristica che limita a soddisfare gli effetti immediati, quali ad esempio maggior velocità e miglior comodità di tra-

sporto ed anche, *se mal valutata*, la maggior economicità delle opere, trascurando del tutto il vero problema che è appunto il progettare e realizzare infrastrutture nell'assoluto rispetto dell'ecosistema naturale in cui l'uomo è solo uno dei componenti.

– *"L'essere soggiogati (9) dall'influenza e dominio di teorie tradizionalmente affermate, ovvero dal non avere il coraggio di pensare in maniera autonoma rispetto ad errori tramandati dalle tradizioni ed accreditati dalle autorità"* Definizione riportata nella Enciclopedia di Filosofia (Garzanti 1987) per descrivere il concetto di **Idola Theatri** di Francis Bacon nel sedicesimo secolo!

Ritornando alla ideazione e progettazione delle grandi infrastrutture di trasporto, sostanzialmente si è del parere che anche solo adattando maggiormente i tracciati alla morfologia del terreno ed impiegando in fase di progettazione il concetto fondamentale per le opere in terra enunciato da Karl Terzaghi, padre riconosciuto della Geotecnica, ovvero *"Il progetto va di volta in volta adattato alle caratteristiche dei materiali disponibili"* (10), si otterrebbe una sostanziale limitazione di consumo di inerti, cemento e terre "selezionate" tutti causa di grandi cave di difficile mitigazione che spesso risultano veri e propri insulti al paesaggio ed all'ambiente.

Conclusioni

Il Prof. Ing. J.A. Jimenez Salas, nel suo testo "Geotecnica y Cimientos", introduce e riassume così i rapporti tra le "opere in terra" di una grande infrastruttura e l'Ambiente: *"Una parte importante del lavoro di un costruttore consiste nel dominare il terreno per adattarlo ai suoi fini. Nel caso di gallerie o di altro scavo in sotterraneo, l'opera è in pratica costituita dallo stesso terreno modificato. La costruzione di un canale, di una strada è poco più che una ferita nel terreno, eseguita però con tale abilità che la cicatrice risultante prende la forma che si desidera"*.

Ebbene, da quanto abbiamo scritto appare evidente che l'ingegneria naturalistica può risultare un buon metodo per fa sì che la "cicatrice" venga assorbita dall'ambiente circostante od almeno vi si mimetizzi.

È infatti inevitabile che un'infrastruttura crei una variazione nell'ecosistema presente al contorno, ma ciò può essere limitato se non, in alcuni casi particolari, portare a miglioramenti anche sostanziali nell'ambiente. Cosa dimostrabile con molti esempi, ma tra questi forse il più evidente ed immediato è il risanamento di un versante in frana che, dopo l'intervento, viene restituito alla natura ed al paesaggio.

In Italia, tranne in alcune isole fortunate, l'ingegneria naturalistica stenta ad affermarsi.

Grazie però all'impegno di pochi, e "Tecniche di Rinaturazione e di Ingegneria Naturalistica" lo sta a dimostrare, si notano oggi tutti i presupposti necessari per un suo rapido sviluppo.

Se poi venissero superati alcuni "tabù" tuttora presenti nella progettazione d'infrastrutture e se Naturalisti ed Ingegneri si impegnassero a superare le tradizionali (e ben comprensibili) difficoltà d'intesa, allora non vi sarebbero difficoltà insormontabili per tendere a raggiungere un'ingegneria realmente ecocompatibile nella progettazione delle infrastrutture.

Note

1 L'articolo scritto poco dopo la pubblicazione del volume citato (1996) è stato solo parzialmente rivisitato, ma molti concetti che vi sono espressi ci sembrano ancora attuali. NdA

2 **Gabbione** = Elemento di contenimento realizzato da pezzame lapideo confinato in una gabbia metallica.

3 Azienda storicamente leader nel campo delle "gabbionate".

4 **Geojuta (biostoia)** = Stuoia composta da fibre naturali rinforzate da reti di materiale plastico, avente funzione di protezione del terreno di superficie dall'azione della pioggia, del vento e dei cicli termici in fase preliminare alla crescita della vegetazione.

5 **Rilevato** = Tratto in cui il corpo stradale si sviluppa su riperto di terra.

6 **Muro d'unglia** = Muro di contenimento disposto al piede del rilevato.

7 **Gradone (o berma)** = Stretto ripiano suborizzontale che interrompe le superfici di scarpata nelle trincee nei rilevati.

8 **Terreno vegetale** = In gergo delle costruzioni si intende con questo termine il terreno ossigenato superficiale in cui si sviluppa la vegetazione ovvero, biologicamente attivo (Spesso nei disegni costruttivi viene abbreviato in TV).

9 I committenti, i progettisti e i costruttori. NdA

10 e non viceversa. NdA

Bibliografia

- F. BACON (*Bacone*), "Novum Organum", 1561-1626.
- C. BLASI - A. PAOLELLA, "Progettazione Ambientale", NIS, 1992.
- F. CORBETTA, "Autoctone, perché?" Ambiente e territorio Bologna, 1990.
- Direttiva C.E.E. 85/377, 1985.
- Enciclopedia di Filosofia, Garzanti, 1987.
- F. FLORINETH, "Consolidamento di frane ed erosioni in zone montane", 1996.
- G. GISOTTI - M. BENEDINI, "Il dissesto idrogeologico", NIS, 1995.
- G. GISOTTI, "Valutare l'Ambiente", NIS, 1992.
- JIMENEZ SALAS J.A. - DE JUSTO ALPINES J.L., "Geotecnia y Cimientos", Edizione Rueda, 1978.
- Officine Maccaferri, "Nuovi criteri di progettazione", "Channeling Works", "Retaining structures", 1995.
- PAZZAGLI G., "Ambiente - infrastrutture: proposte di coesistenza", Dispense Dpt. Scienze Ambientali L'Aquila, 1996-2000.
- PAZZAGLI G., "Infrastrutture e ambiente: termini contrapposti?", le Strade, n° 6, giugno 2002.
- A. POZZI, "Cave e paesaggio", Natura e Montagna, 1985.
- Regione Emilia Romagna - Regione Veneto, "Manuale tecnico di Ingegneria Naturalistica", Edizioni Malaguti, 1993.
- Road Research Publications, "Soils Mechanics for road Engineers", 1952.
- H.M. SCHIECHTEL, "Bioingegneria Ambientale", Ed. Castaldi, 1991.
- "Tecniche di rinaturazione e di ingegneria naturalistica" Pàtron Editore, Bologna, 1995.
- H. ZEH, "Tecniche di Ingegneria Naturalistica", Il Verde Editore, 1997.