

# L'idrologia delle strade forestali

## Introduzione

L'idrologia delle strade forestali nelle Alpi è spesso trascurata così come, in via generale, avviene per la viabilità minore in montagna. Un'elencazione degli episodi patologici è purtroppo ricca sia di casi gravi (per esempio, tombamento di rii temporanei oppure occupazione permanente di aree di gola o di parte di quelle degli alvei), sia di casi caratterizzati, a prima vista, da minori rischi (per esempio, soffocamento di vene d'acqua messe allo scoperto dagli scavi con il riaddosso delle terre dei rilevati oppure insufficiente prosciugamento dei piani di fondazione dei manufatti).

Eppure esiste una ricca letteratura scientifica e tecnica sull'importanza della presenza delle acque nei terreni sui versanti montani, sui loro movimenti nonché sulle variazioni che, quasi in ogni momento, le interessano specialmente nel corso delle piogge intense, della fusione delle nevi o durante i periodi di siccità.

I fenomeni idrologici, nonché quelli conseguenti di natura idraulica e di dinamismo idrografico, possiedono numerosissime varietà anche a causa della molteplicità degli ambienti alpini (geotecnica, morfologica, geografica, climatologica, meteorologica, pedologica, forestale, idrologica, idrografica, ecologica), perciò è assolutamente sconsigliabile l'adozione di progetti standardizzati o, ancor peggio, indeterminati o superficiali, anche se solo con riferimento ai delicati problemi idrologici ed idraulici.

Questi problemi comprendono sia quelli relativi al solido stradale, considerato nella sua sostanza, sia quelli che caratterizzano i versanti interessati dal solido sia infine quelli relativi al suo attraversamento.

Il tema è complesso e perciò richiede soluzioni ispirate dal principio della inalterabilità dell'idrologia pre-esistente, della conservazione della buona sanità statica dei versanti e della salvaguardia di tutti i valori culturali locali.

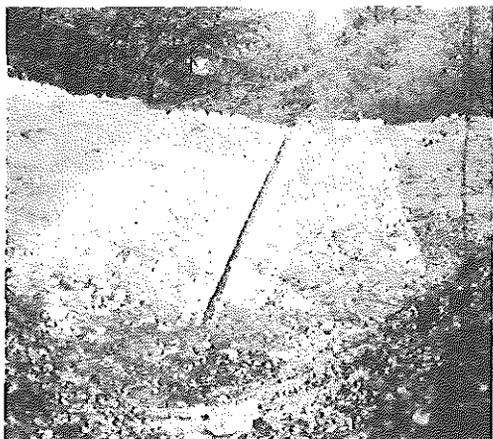
Sui vari tipi di presenza dell'acqua sul e nel terreno e sui suoi vari movimenti sul e nel terreno rinviamo, in particolare, agli autori che ne hanno discusso in relazione soprattutto alle piogge intense (Susmel, 1967 e 1971; Gherardelli e Marone, 1967 e 1971; De Philippis, 1971; Dunne e Leopold; Evans, 1980, Leyton, 1978; Querini, 1989/1 e 1989/2), poiché desideriamo soffermarci a considerare le metodologie della delicata scelta del tracciato stradale che, fin da questa iniziale ricerca, deve poter con decisione escludere le aree caratterizzate da problemi di dinamismo morfogenetico negativo.

## L'analisi ambientale ai fini della scelta del tracciato nei progetti di massima

L'identificazione dei tracciati stradali deve essere vincolata ai caratteri naturali dell'ambiente (McHarg cit. da Odum, 1988). Da due esempi, riferiti il primo da Oneto (1987) ed il secondo da Bresso *et al.* (1988) che riassumiamo, integriamo, semplifichiamo ed infine specializziamo verso



Selciato con canaletta - Strada forestale «Collalti» - Mezzano - Primiero



Cunettono in pietrame - Strada forestale «Pian del Lin» - Imer - Primiero.

in tema dell'idrologia della viabilità forestale alpina, è possibile proporre la formazione di un atlante tematico dei principali fattori naturali e culturali dell'ambiente (a grande scala), successivamente, le cartografie te-

matiche (semplici o integrate per specialità) ritenute più significative, redatte su fogli trasparenti per facilitarne la lettura sui tavoli luminosi con sovrapposizioni, confronti, selezioni e riscontri interdisciplinari mostreranno, dopo alcuni tentativi, il tracciato provvisorio della strada, cioè un percorso senza impedimenti dovuti a frane, valanghe, erosioni fluviali, lave torrentizie o di versante, ecc., che, dopo verifiche sul terreno con l'autorità amministrativa preposta al rilascio dell'autorizzazione provvisoria, potrà divenire quello definitivo, fatta salva la necessità di perfezionamenti micro-locali nel corso dell'elaborazione del progetto esecutivo.

### **Provvedimenti idrologici ed idraulici da introdurre nel progetto esecutivo**

Questi provvedimenti hanno il fine di concorrere alla conservazione della buona sanità statica dei versanti e del buon ordine idraulico della rete idrografica capillare locale.

**Tabella 1 - Esempi di piogge intense nelle Alpi (mm per minuto e per ora)**

Bacino idrografico	10'	15'	45'	1 <sup>h</sup>	3 <sup>h</sup>	6 <sup>h</sup>	8 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	24 <sup>h</sup>	48 <sup>h</sup>	72 <sup>h</sup>	96 <sup>h</sup>
Torre (a Musi)				78	183	194		325	470	606		
Resia (a Oseacco)				36	72	22		214	617	650	731	
Aupa (a Moggio)				90								
Tagliamento (a Tolmezzo)				55	134	206		362	409	443	532	
Cellina (a Barcis)	25	40						500				850
(a Claut)				72	116	193		308	452	567	586	
Piave (a Bosco Cansiglio)				40	118	200		360	550	597	608	
Toce				50	138							
Marchiazza			48	105								
Orco			50	87	125	130		160	164			
Orba				115	217	367	517	554				
Stura di Lanzo	14	14	32	60	88	141		186	268			
Dora Riparia	9			30	36	50		82	264	409	486	557
Alto Po	16	20	40	41	58	79		103	151			
Chiusone	12	14		37	55	89		127	192			
Dora Baltea				41	78	117		162	273			

Fonti: molto varie; in particolare sono: il Servizio Idrografico dello Stato, l'I.P.I.B.P. del C.N.R. di Torino, ecc.  
Nota: è indiscussa la grande pericolosità delle piogge intense sulle Alpi.

Il buon governo delle acque si raggiunge, oltre che con la prudente scelta del tracciato, anche con diversi tipi di opere idrauliche o dotate anche di funzioni idrauliche nonché con il loro razionale dimensionamento:

a) regolazione e controllo delle acque superficiali:

a/1) ponti (oltre i 10 m di luce) e ponticelli (fra 3 e 10 m di luce): ove possibile, dovranno essere dotati di una sola campata o di grandi luci con pochi piloni per non ostacolare i deflussi torrentizi ed i loro grossi trasporti solidi, specialmente quelli che costituiscono la pericolosa frazione galleggiante (grandi alberi, ceppaie, tronchi, ecc.). La loro luce dovrà essere calcolata con le formule prudenziali, per esempio, con quella di Zoli (1951) oppure, ove non siano noti i dati delle precipitazioni, con quelle di Kresnik-Valentini, Kresnik-EASF, Forti, Pagliaro, De Marchi, Giandotti, Giandotti Valentini, Tournon, ecc., oppure si potrà far riferimento ai valori limiti inferiori proposti dal Magistrato per il Po oppure a quelli indicati da Maione (1981), alle curve dei contributi

unitari di Anselmo (1980), a quelle di Maione (1981) e, in via di esemplificazione, a quelle di Aulitski (1974). In tutti questi casi, abbiamo osservato contributi unitari di piena eccezionalmente elevati (da pochi  $m^3/s$  per  $km^2$  fino a 30/40  $m^3/s$  per  $km^2$ ).

Queste considerazioni hanno valore anche per tutte le altre opere idrauliche delle strade forestali come, per esempio, i tombini, i fossi di guardia, i canali di raccolta, i doccioni, le cunette ed anche i guadi.

È molto importante per noi sottolineare che queste opere, prima ancora di essere dimensionate con riferimento all'importanza tecnico-economica del manufatto idraulico, debbono essere severamente progettate, con attenta analisi critica, alle delicate condizioni degli ambienti alpini attraversati.

a/2) tombini:

causano spesso gravi danni al corpo stradale poiché sono quasi sempre mal ubicati e sottodimensionati, perciò subiscono frequenti ostruzioni anche a causa della scarsa manutenzione. Potranno

**Tabella 2 – Atlante tematico (1ª parte) – L'ambiente fisico e biologico**

N°	Classi principali	Sottoclassi
1	Precipitazioni	- piogge (ordinarie, intense, critiche, ecc.) nevi (C.S., precoci, tardive, ecc.)
2	Cicli gelo-disgelo	- numero di cicli varianti secondo le esposizioni
3	Geolitologia	- in quanto alla costituzione delle rocce specialmente per la presenza di depositi superficiali (morene, alluvioni, detriti, accumuli caotici rimaneggiati, di gessi, di rocce carbonatiche carsificabili).
4	Geomorfologia	- in quanto ai processi di modellamento delle rocce (fluviali, glaciali, periglaciali, carsici, costieri, eolici, vulcanici, complessi).
5	Geomorfometria	- classi di pendenza (<10%; 10-20%; 20-35%; >35%) e classi di altitudini, ecc.
6	Geotecnica	- in quanto alla giacitura (caotica, franapoggio, reggipoggio, traverpoggio, orizzontale, verticale); - in quanto alla costituzione e caratteri meccanici (coerenti, semicoerenti, pseudocoerenti, incoerenti)
7	Idrografia	- superficiale (gronde temporanee ed occasionali; capillari di 1°, 2° e 3° ordine; laghi, stagni, paludi, ristagni, sorgenti); - profonda (acque ipodermiche, a. freatiche, a. artesiane, a. capillari, a. carsiche)
8	Destinazioni reali del suolo	- vegetazione naturale a) protettiva b) produttiva - protettiva c) altre funzioni - vegetazione coltivata e allevamenti - altre destinazioni intensive (cave, miniere, industrie, ecc.)
9	Faune	- popolazioni autoctone - popolazioni introdotte

**Tabella 3 – Atlante tematico (2ª parte) – L'ambiente culturale**

N°	Classi principali	Sottoclassi
1	Valori storici	principali tipologie
2	Valori archeologici	principali tipologie
3	Valori paleontologici	principali tipologie
4	Valori paleontologici	principali tipologie
5	Valori economici	principali tipologie
6	Valori sociali	protettivi, ricreativi, ecc.
7	Valori fondiari	principali tipologie riferite agli usi del suolo
8	Valori estetici	sia dell'ambiente, sia delle opere e altri valori esistenti
9	Valori istituzionali	vincoli giuridici, amministrativi, ecc.
10	Altri	p.m.

essere adottati solo con dimensionamenti corretti e la dotazione delle loro opere complementari (pozzetti di dissipazione dell'energia cinetica e opere di trattenuta dei trasporti solidi, a monte e a valle. Dal pozzetto di dissipazione dell'energia, a valle, i canali di convogliamento delle acque le debbono condurre fino a soglie rocciose sicure o al corso d'acqua recipiente dotati di difesa contro l'erosione fluvio-franosa.

- a/3) guadi per l'attraversamento dei rii: il corretto dimensionamento, la loro difesa con briglie di consolidamento, a monte e a valle, nonché una manutenzione dopo ogni piena per la rimozione di materiali alluvionali e le necessarie riparazioni, possono farne uno strumento integrativo della viabilità forestale specialmente nei rii con portate discontinue e scarso trasporto solido.
- a/4) fossi di guardia, scivoli, doccioni, canali di raccolta: hanno fini di difesa dalle acque e di trasporto delle acque fino al recipiente.
- a/5) cunette stradali: dovranno essere dimensionate secondo i criteri già esposti in a/1, ma ove fossero conosciuti i dati delle piogge intense locali si potranno applicare le formule ricordate senza alcuna detrazione di perdite; è importante che esse non trasferiscano da un bacinetto ad altro bacinetto le acque raccolte se non con adeguamenti preventivi del compluvio recipiente; ne distinguiamo le seguenti varietà:
- a/5-1) cunette longitudinali di piattaforma;
- a/5-2) cunette trasversali di piattaforma;
- a/5-3) cunette oblique di piattaforma;
- a/5-4) cunette di banchina: sono ubicate sulle banchine che interrompono le scarpate dei rilevati di

notevole altezza;

- b) captazione e controllo delle acque sotterranee:
- b/1) strati drenanti (10-15 cm di materiale arido) sulle gradonature orizzontali (o anche in contropendenza 4-5%) scavate sui versanti umidi che debbono ricevere i rilevati. Hanno il fine di migliorare la stabilità, interrompere la frangia capillare, ripartire i carichi, migliorare gli indici unitari del costipamento
- b/2) trincee drenanti longitudinali e trasversali (sulle piattaforme o lateralmente ad esse);
- b/3) gallerie filtranti semplici o a raggera;
- b/4) banchettoni filtranti;
- b/5) pettini filtranti (o muri di Collin);
- b/6) speroni drenanti;
- b/7) terre armate drenanti;
- b/8) sistemi organici di drenaggio profondo con sovrapposizione di canali o cunette sulle aree limitrofe a monte del corpo stradale;
- b/9) drenaggi sotto le cunette longitudinali delle piattaforme stradali per la captazione delle acque di deflusso ipodermico;
- b/10) drenaggi a tergo delle murature (orizzontali, verticali, inclinati; feritoie drenanti a seconda del tipo del manufatto e del terreno contrastato (Terzaghi, Peck, 1974);
- b/11) altri vari metodi di risanamento dalle acque.

### **Problemi speciali**

Molte sono le parti di un'opera stradale che possiedono un'elevata forza alteratrice degli ambienti montani; fra queste ci soffermeremo sui rilevati e sulle trincee, ma esamineremo criticamente le altre (torrioni, curve e controcurve, tronchi in forte pendenza, ecc.) con le matrici di controllo.

I rilevati stradali (Benini e Guiducci, 1966) sono sottoposti a notevoli fenomeni d'instabilità a causa della probabile formazione di pressioni interstiziali e dell'innalzamento della falda freatica a monte di



Costruzione di «arcia» in legno - Strada forestale «Del Fen» - Canal S. Bovo - Vanoi.

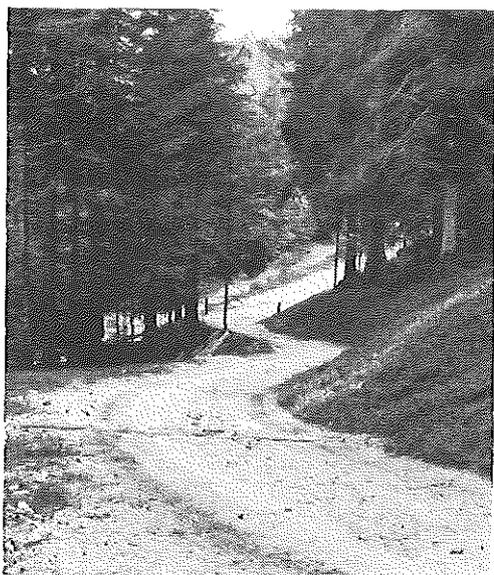
questo manufatto. Per prevenire e curare queste cause è necessario curarne la buona idrologia fin dal piano di appoggio, poi, nel corpo e, infine, nella piattaforma. È necessario che il corpo del rilevato sia costruito con materiali granulometricamente idonei, sia privo di materiali organici, sia costituito con terre ghiaiose e sabbiose e leggera presenza di quelle argillose, anche per ridurre con un miscuglio di terre la loro permeabilità, ma con esclusione di quelle gelive. Queste sono facilmente disgregabili e all'atto del congelamento subiscono un rigonfiamento che danneggia la superficie stradale e la stabilità delle scarpate esposte. I rilevati dovranno essere costruiti su un sottofondo ben preparato mediante scarificature ed eliminazione di ogni materiale organico che dovrà essere asciutto e dotato di ottima portanza. Dovranno essere costruiti a piccoli strati (0,30 m), inumiditi e compattati razionalmente; se, per esigenze costruttive, risulteranno alquanto elevati, allora la pendenza delle loro scar-

pate sarà variabile (in testa 2/3, poi 1/2 e alla base 1/3) anche in rapporto alla terre impiegate. In questi casi essi saranno interrotti da banchine (b. di scarpata da 0,75 a 1,20 m) sulle quali sarà necessario costruire le cunette dette di banchina o di scarpata.

Le trincee stradali dovranno essere idrologicamente sane, perciò:

- a) le acque di scorrimento superficiale, che scendono dalle pendici superiori dovranno essere intercettate da fossi di guardia o da canali di raccolta costruiti sulla sommità dei muri di controriva;
- b) le acque sotterranee che emergeranno a vari livelli sulle scarpate interne delle trincee dovranno essere accuratamente captate e drenate operando in profondità la loro ricerca;
- c) le acque della pavimentazione della piattaforma stradale dovranno essere raccolte da cunette laterali;
- d) infine, il sottofondo della pavimentazione, ove vi permanesse uno stato di

forte umidità, dovrà essere drenato con opere longitudinali e trasversali per eliminare ogni situazione idrologicamente sfavorevole alla conservazione dell'opera e del transito.



Strada forestale «Cercenadura Fratte» - Tonadico - Primiero.

### **Analisi critica del progetto esecutivo mediante lo studio di impatto**

Le verifiche del progetto esecutivo, unitamente a quelle relative all'organizzazione del cantiere e della conduzione dei lavori, è bene siano eseguite non solo per l'opera in sé, ma altresì per i suoi più importanti manufatti e tronchi funzionali. Può essere applicato il metodo delle matrici, ma convenientemente semplificato (Oneto, 1987, p. 32; Bresso *et al.*, 1988, p. 163) che mettano in rapporto le colonne verticali delle attività previste con le righe orizzontali dei fattori ambientali che meglio sottolineano, da una parte, i pregi, e dall'altra, gli impedimenti dell'ambiente.

Nei punti d'incontro delle matrici rileveremo i tipi, i gradi, le frequenze, le ampiezze e la significatività (positiva, negativa o neutra) dell'opera o delle attività sull'ambiente. Di conseguenza rileveremo il grado di efficienza del progetto e la nostra reale capacità di eliminare gli impatti più gravi o minimizzarli o compensarli con l'adozione

di provvedimenti di protezione delle strutture ambientali minacciate.

Queste verifiche del progetto esecutivo, anche allorché è arricchito da ricerche locali, si svolgeranno con difficoltà fra due gruppi di fatti negativi:

- a) scarsità di conoscenze dei caratteri dell'ambiente a meso e micro-scala, cioè insufficiente disponibilità di indicatori ambientali;
- b) insufficienti conoscenze sugli effetti provocati dalle diverse operazioni costruttive (e attività di cantiere o di esercizio) sull'ambiente.

Ma l'utilità di queste ricerche è senza dubbio alcuno, di fronte alla delicatezza, preziosità e fragilità degli ambienti alpini, molto importante, anzi essa è insostituibile.

Di fronte ad un'elevata scarsità di indicatori ambientali dovrà provvedersi con una grande prudenza progettuale, guidata da ipotesi di lavoro che prevedano interventi di emergenza.

L'analisi critica predetta va ripetuta con riguardo all'istituzione del cantiere (Ormea, 1973, p. 705-772) e, in particolare, agli splateamenti per l'ubicazione del cantiere, ai percorsi di servizio, alla durata dei lavori ed alle metodologie da seguire durante il maltempo che sempre aggrava le condizioni idrologiche, idrauliche e può fortemente modificare anche quello della rete idrografica capillare.

Dopo aver risolto il delicato problema dell'identificazione del tracciato ed aver individuato con l'esame locale delle parti funzionali della strada più difficili, i nuovi problemi di impatto, è ora necessario con matrici secondarie, terziarie, ecc. procedere alla scelta di opere d'arte speciali per l'eliminazione o l'attenuazione cospicua degli impatti alti ed altissimi. Ove però queste nuove analisi critiche dovessero dimostrarsi inutili, si dovrà provvedere a modifiche delle parti stradali risultate più pericolose o a modifiche del tracciato stradale.

Per esempio:

- a) alla distruzione della vegetazione naturale, si potrà opporre subito la riduzione delle aree di occupazione e di espropriazione ed un immediato programma

**Tabella 4 – Atlante tematico (3<sup>a</sup> parte) – I processi dinamici**

N°	Classi principali	Sottoclassi
1	Sistemi ecologici	Sottosistemi fondamentali con riferimento alla loro stabilità, regressione, evoluzione
2	Erodibilità	classificazione delle forme rilevabili (terreni poco erodibili, t. suscettibili di erosione, t. molto suscettibili all'erosione
3	Franosità	classificazione delle forme (f. reale, f. potenziale)
4	Torrenzialità	indici, coefficienti
5	Inondabilità	rilevamento in base ai testimoni muti (topografici, pedologici, biologici)
6	Valangosità	v. reale e v. potenziale, rilevamenti in base alle tracce degli eventi passati (topografici, pedologici, biologici, danni alle opere)
7	Sedimentazioni	rapide, lente, assenti
8	Sismicità	ripartizioni del territorio in base alle isosiste
9	Punti critici complessi	coltri detritiche caoticizzate con erosioni pluvio-franose al piede; cigli di altre scarpate in zone sismiche; falde idriche superficiali che provocano deformazioni o plasticizzazioni dei bordi dei loro letti di deflusso; altri
10	Stabilità precaria dei versanti	classi di instabilità massima, forte, media, limitata, stabile (Amadesi, 1977)

Nota: La carta 10 è un tipico esempio di carta complessa che è la sintesi di tutte quelle descritte sulla tabella 2 (1<sup>a</sup> parte). Per la sua elaborazione rinviamo ad Amadesi (1977).

- di rivegetazione artificiale potenziata;
- b) al pericolo di valanghe straordinarie non previste, si potranno opporre opere di difesa speciali ed i provvedimenti citati in a) predetto;
- c) contro il rischio di frane straordinarie si potranno opporre le opere di demolizione meccanica delle terre, riducendo i tagli delle terre e portando a rifiuto razionalmente le materie in eccesso;
- d) contro il rischio dell'erodibilità si provvederà con opere di regolazione dei deflussi superficiali e con i provvedimenti citati in a) predetto;
- e) contro il rischio residuo di inondabilità o di distruzione fluvio-franosa, si potrà opporre l'allontanamento del tracciato dal piede del versante che, fra l'altro è anche luogo di abbondanti e riemergenti deflussi ipodermici nonché di pericolosi depositi superficiali instabili perché caotici e continuamente rimaneggiati dalle acque;
- f) al rischio di allagamento da parte delle piogge intense si potrà opporre la riduzione di tronchi stradali in trincea ed un

- buon dimensionamento delle opere idrauliche di regolazione delle acque superficiali, ipodermiche e profonde;
- g) al pericolo di grandi depositi di neve e di formazione di ghiaccio si potrà provvedere allo spostamento del tracciato su migliori esposizioni del versante;
- h) numerosi altri rischi sono presenti specialmente a carico dei tronchi in forte pendenza, dei tornanti specialmente se sopralivellati, dei rilevati, ecc. oppure dei sistemi di conduzione dei lavori e quindi dell'impiego delle macchine.

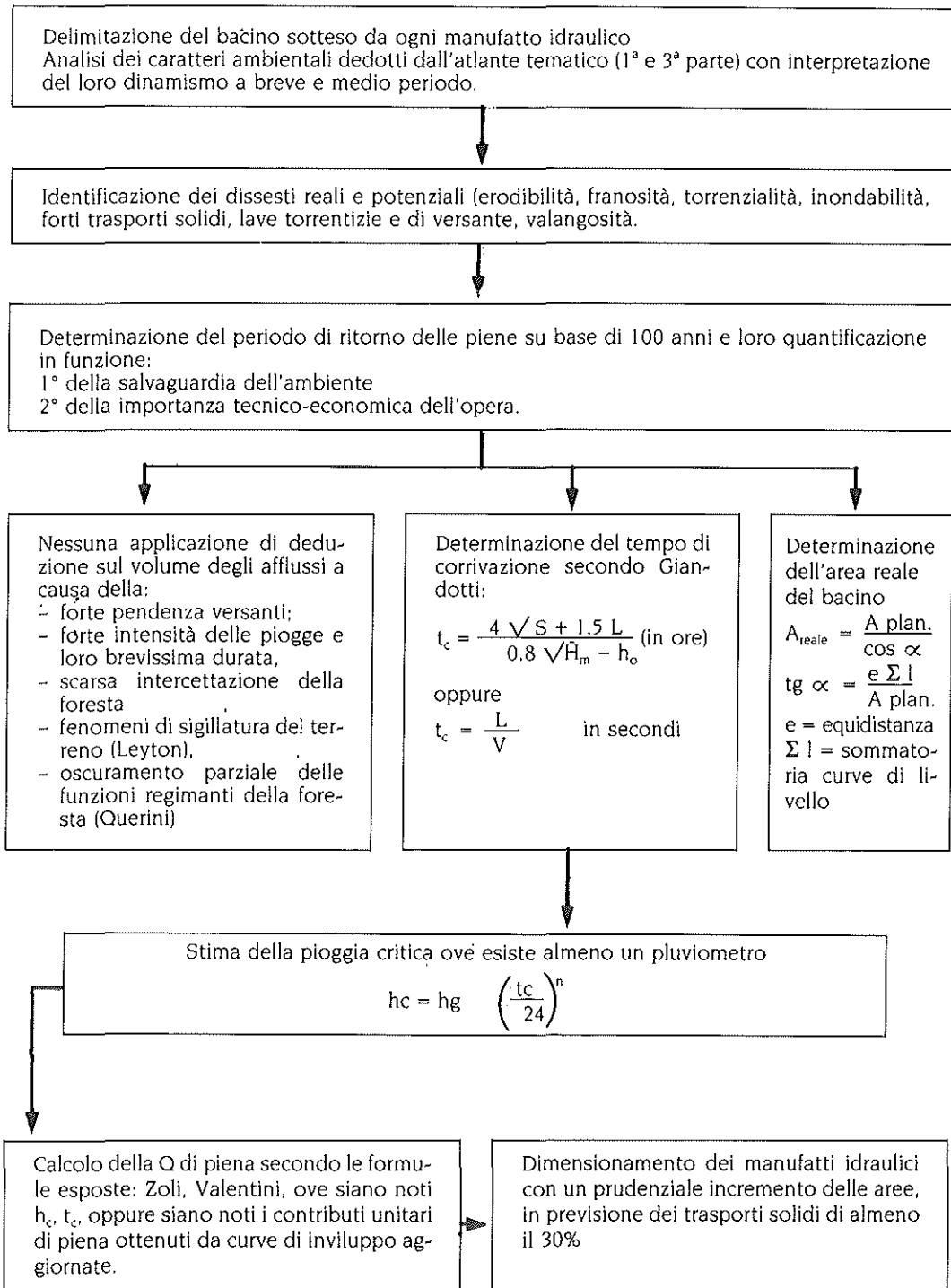
Con questi ed altri provvedimenti è possibile riscrivere una matrice secondaria portando la valutazione degli impatti, per esempio, sui movimenti di terra per la formazione della sede stradale riducendoli ma soprattutto razionalizzandoli mediante severi controlli delle tecnologie. Acquista grande importanza la scelta del parco-macchine, l'impiego oculato degli esplosivi, il metodo di trasporto a rifiuto dei materiali di scavo in eccesso rispetto ad altri loro usi (Neuber, 1977), che spesso sono costituiti dai dannosissimi accumuli a valle

**Tabella 5 – Esempi di valutazione delle massime piene con metodi empirici, semi-empirici e razionali**

N°	Autore	Formule	Note
1	Kresnik Valentini (1912)	$Q \max = \frac{27}{\sqrt{S}}$	S in km <sup>2</sup> ; Q in m <sup>3</sup> /per km <sup>2</sup>
2	Kresnik EASF (1974)	$Q \max = \frac{42}{\sqrt{S}}$	C.S.
3	Valentini (1930)	$Q \max = \frac{h_{1, \max} S}{3,6}$	$h_{1, \max}$ (mm) è la pioggia massima di 1 ora S è in km <sup>2</sup>
4	Forti (1922)	$Q \max = 2,35 \frac{500}{S + 125} + 0,50$	per piogge giornaliere inferiori a 200 mm
		$Q \max = 3,25 \frac{500}{S + 125} + 1$	C.S. superiori a 400 mm
		$Q \max = 5,00 \frac{500}{S + 125} + 6$	variante proposta da De Marchi per piogge, nelle 12 ore, di 400 mm e bacini dell'ordine di 100 km <sup>2</sup>
5	Pagliaro (1936)	$Q \max = \frac{2900}{S + 90}$	con S compresa fra 20 e 1000 km <sup>2</sup>
6	Tournon (1973)	$Q \max = \frac{1500}{S + 40} + 3$	nubifragi del Biellese
7	Zoli (1951)	$Q \max = 0,278 \frac{c hc S}{t_c}$	0,278 - coefficiente di armonizzazione delle misure $t_c = \frac{4 \sqrt{S + 1,5 L}}{0,8 \sqrt{H_m - h_0}}$ (in ore) $P_{tc} = p_g \left( \frac{t_c}{24} \right)^n$ (in mm/h) $n = \begin{cases} 0,3 & S > 10 \text{ km}^2 \\ 0,5 & S < 10 \text{ km}^2 \end{cases}$ c = coefficiente di deflusso 0.8-1
8	Magistrato per il Po	$Q \max = \frac{K P_t S}{T}$	K = 380 per S < 50 km <sup>2</sup> 333 per S 50-150 km <sup>2</sup> 277 per S 150-300 km <sup>2</sup>  P <sub>t</sub> = pioggia critica (in metri) T = tempo di corrvazione (in ore) S = km <sup>2</sup> Q = m <sup>3</sup> /s
9	Tonini, Bixio, Della Lucia (1969)	$Q_{100} = 0,651 S^{1,064}$	su 10 bacini dolomitici

Nota: Nella formula 3/Valentini il fattore  $h_{1, \max}$  può essere convenientemente sostituito da  $h_{tc}$ , cioè dall'altezza della pioggia caduta nel tempo di corrvazione, cioè della pioggia critica.

**Tabella 6 – Criteri di massima per il dimensionamento dei manufatti idraulici nelle alte Alpi in piccoli e piccolissimi bacini privi di strumentazione idrometeorologica**



degli scavi, il disordine dei quali è causa di frane (a causa dei sovraccarichi, della diminuzione della coesione e, per l'incremento delle infiltrazioni, anche dell'attrito, ecc.) e di degradazione.

### Conclusioni

Lo svolgimento di questo nostro tema è partito da alcuni principi generali, poi è stato sviluppato con l'applicazione di alcuni indicatori ambientali verso alcune applicazioni rivolte ad inserire l'attività dell'uomo in modo razionale ed armonioso per la costruzione della viabilità forestale nei difficili e delicati ambienti alpini e particolarmente in quelli di alta quota.

Infatti, la varietà delle condizioni ambientali sono così numerose che, a causa delle diverse discontinuità e disformità dei vari luoghi, alle quali corrispondono, in buona sostanza, grandi anisotropie meccaniche dei versanti, non è possibile adottare una progettazione né uniforme né speditiva. Per quanto modesta nella dimensioni trasversali, la viabilità forestale alpina incide con grande forza sull'ambiente, perciò richiede progettazioni sostenute da dati sicuri e significativi, raccolti sui luoghi d'intervento.

Una foresta ben coltivata non può e non

deve essere servita da una strada malamente tracciata, costruita senza cura e quindi di difficile ed onerosa manutenzione ed esercizio. In breve tempo trascinerebbe la foresta ed il suo versante verso la degradazione ed il dissesto idrogeologico.

Le nostre riflessioni ribadiscono le necessità dell'adattamento dell'opera agli ostacoli posti dall'ambiente, sempre che ciò sia possibile altrimenti sarà necessario modificare o ridurre l'intervento fino alla sua rinuncia nei casi di rischio probabile. Solo operando in questo modo il futuro legame tra veicolo e strada potrà essere duraturo, sicuro ed armonioso.

Infine, la strada deve essere, unitamente alle sue funzioni forestali, un mezzo necessario per il restauro di ogni struttura naturale degradata (fisicamente o culturalmente) e quindi anche di quelle forestali, poiché, facilitando le attività antropiche, potrà concorrere a favorire i processi di evoluzione della foresta; così, riacquistata la sua migliore idrologia, favorirà il controllo delle acque di precipitazione intensa sui versanti e l'attenuazione della torrenzialità della rete idrografica capillare locale.

### prof. Riccardo Querini

Associato di Tutela del paesaggio agricolo e forestale e riassetto del territorio  
Università della Tuscia, Viterbo

### BIBLIOGRAFIA

Amadesi E. e altri, 1977 - *Guida alla realizzazione di una carta della stabilità dei versanti*. Reg. Em. Rom., Pita-gora Ed., Bologna.

Anselmo V., 1980 - *Sul comportamento delle infrastrutture stradali in ambiente alpino nel corso di eventi alluvionali*. Att. Rass. Tec. Soc. Ing. e Arch. - Torino.

Benini A., Guiducci M.F., 1966 - *Stabilità del corpo stradale in Geotecnica stradale*. TCI, Milano.

Bortoli P.G., 1988 - *Viabilità forestale*. Dir. Reg. For. - Udine.

Bresso M., Rosso R., Zeppetella A., 1988 - *Analisi e progetti di impatto ambientale*. Angeli, Milano.

Caroni E., 1982 - *I metodi empirici per la valutazione delle portate in Valutazione delle piene*, CNR, Roma, pubb. 165.

Castany G., 1985 - *Idrologia*, Faccovio ed. Palermo.

Chardon M., Castiglioni G.B., 1984 - *Geomorfologie e risques naturels dans les Alpes*, in Atti Les Alpes (25° Con-

gres Intern. Geographie), Paris, pag. 28.

Ciaravino A., 1971 - *Sulla convenienza di eseguire un corretto dimensionamento idraulico delle opere d'arte interessanti il corpo stradale* (in Atti Conv. Idrologia e sistemazione piccoli bacini) AIDI, Roma, pag. 321.

Dainelli G., 1963 - *Le Alpi*, UTET, Torino.

Desio A., 1973 - *Geologia Applicata all'Ingegneria*, Milano, Hoepli.

Di Martino R., Esu F., 1966 - *Geologia e geotecnica nelle costruzioni stradali*, TCI, Milano.

Lancellotta R., 1980 *Geotecnica*, Zanichelli ed. Bologna.

Leyton L., 1978 - *Appunti di idrologia forestale*, Ist. Ecologia e Selvicoltura, Università di Padova.

Magistrato per il Po, 1959 - *Determinazione del valore della massima piena per il dimensionamento delle briglie*, Parma.

Megahan W.F., 1979 - *Effects of forest practices on runoff*

*and erosion.* Ist. Ecologia e Selvicoltura, Università di Padova.

Neuber B., 1977 - *Costruzione delle strade forestali con le dovute cure su terreni ripidi e rocciosi* (trad.: Schulthaus).

Oneto G., 1987 - *Valutazione di impatto sul paesaggio*. Pirola, Milano.

Ormeta G.B., 1973 - *Organizzazione del cantiere*. UTET, Torino.

Querini R., 1970 - *Principi naturalistici nella costruzione delle strade*. Quaderni, Università Trieste.

Querini R., 1989 - *Lezioni di tutela del Paesaggio Agricolo e Forestale e Riassetto del Territorio*. Ass. Dott. Agronomi e Forestali, Udine.

Schiechl H.M., 1987 - *Bioingegneria forestale*. Ed. Castaldi, Feltre.

Rios G., 1972 - *L'inserimento delle opere d'arte in alta montagna: antitesi tra progresso e rispetto della Natura*, in

Conv. Intern. sulla Sicurezza in Montagna S. Vicent, Aosta, Reg. Militare IV, Bolzano.

Susmel L., 1980 - *Sull'azione regolante ed antierosiva delle foreste*. Acc. Naz. Lincei, quad. 112, Roma.

Swank W.T., 1986 - *Pratiche in foresta e qualità dell'acqua*. Economia Montana, Padova.

Terzaghi K., Peck R.B., 1974 - *Geotecnica*. UTET, Torino.

Tonini D., 1968 - *Le piene nel Veneto, Friuli Venezia Giulia nel novembre 1966*, in Acc. Naz. Lincei, quad. 112, Roma.

Valentini, 1912 - *Sistemazione dei torrenti e dei bacini montani*. Hoepli, Milano.

Venzo G.A., 1968 - *Osservazioni su rapporti e relazioni fra caratteristiche geologiche e aspetti della grande alluvione del novembre 1966 nel Trentino*, in Acc. Naz. Lincei, quad. 112, Roma.

---

Ditta **ZUCCHELLI**

del dr. Eugenio Pignatti

---

*Vendita per corrispondenza di*

**ATTREZZI E STRUMENTI FORESTALI**

**37131 VERONA - Via G. da Verona, 6/b - Tel. 045/522358**