



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Ufficio federale delle strade USTRA



Costruzione e manutenzione di sentieri escursionistici

Manuale



Colophon

A cura di

Ufficio federale delle strade USTRA
Sentieri Svizzeri

Ideazione e realizzazione

Simon Liechti, Olivia Grimm, Sentieri Svizzeri
Anita Schnyder, Ufficio federale delle strade USTRA

Assistenza tecnica

Adrian Arnold (Wanderweg- und Bikefachstelle Kanton Uri), Adrian Wüest (Luzerner Wanderwege), Claudio Schnurrenberger e Severin Schindler (vast trails GmbH), Dominik Hug (SvizzeraMobile), Silvio Zala (Ufficio federale delle strade USTRA), Vincent Gigandet (Jura Rando), Commissione tecnica Sentieri Svizzeri

Impaginazione e grafica

Rolf Bruckert

Traduzione e revisione

si dice Sàrl, 1700 Friburgo
Servizio linguistico USTRA

Ordinazione

Ufficio federale delle strade USTRA, 3003 Berna, info@astra.admin.ch
Sentieri Svizzeri, 3007 Berna, info@schweizer-wanderwege.ch

Download

www.mobilita-lenta.ch / www.sentieri-infrastruttura.ch

Parità linguistica

Ai fini di una migliore leggibilità è stata usata solo la forma maschile, che tuttavia sottintende anche quella femminile.

Rilevanza giuridica

Il presente manuale fa parte della serie di guide attuative edite dall'USTRA che raccoglie documenti di riferimento e raccomandazioni finalizzati ad armonizzare l'attuazione delle misure. Attenersi a questa documentazione garantisce alle autorità esecutive di agire secondo gli obiettivi e le norme di legge, senza precludere il ricorso a soluzioni diverse più consone ai singoli casi.

3ª edizione 2025

© Ufficio federale delle strade USTRA

© Sentieri Svizzeri

Altre pubblicazioni dell'USTRA sulla mobilità lenta:

www.astra.admin.ch/astra/it/home/temi/mobilita-lenta/publikationen-langsamverkehr.html

Prefazione

Unica al mondo, la rete di sentieri escursionistici della Svizzera e del Principato del Liechtenstein è l'infrastruttura sportiva all'aperto più utilizzata in assoluto (Sport Svizzera, 2020). L'escursionismo, attività fisica e sportiva più amata in Svizzera, promuove la salute della popolazione e crea valore aggiunto nel settore turistico. La legge federale sui percorsi pedonali ed i sentieri, entrata in vigore nel 1987, incarica i Cantoni di provvedere alla sistemazione e manutenzione di sentieri segnalati, con la possibilità di delegare determinati compiti alle associazioni cantonali per l'escursionismo, ai Comuni e ai proprietari fondiari, che contribuiscono così in modo significativo alla preservazione della rete escursionistica.

Per realizzare una rete di sentieri fruibile e sicura occorre adottare tecniche costruttive adeguate in funzione della situazione specifica e garantire un'accurata manutenzione. Questo presuppone un'ampia base di conoscenze, dalle condizioni climatiche alle caratteristiche del suolo, dai materiali ai metodi di costruzione. È inoltre importante intrattenere buoni rapporti con i proprietari fondiari e altri gruppi d'interesse.

In quanto servizio federale competente per la mobilità lenta, l'Ufficio federale delle strade USTRA stabilisce i principi base per le reti di sentieri escursionistici. Nel 2009, su suo incarico, l'associazione Sentieri Svizzeri ha elaborato la prima versione del manuale «Costruzione e manutenzione di sentieri escursionistici», che è stata poi rivista parzialmente nel 2017 e necessita ora di una riedizione. Determinate pratiche di costruzione sono cambiate e per quanto riguarda la manutenzione sono stati sviluppati e adottati nuovi approcci e strategie. A medio termine alcuni temi, come l'intensificarsi di eventi naturali dovuti al cambiamento climatico o le vie di comunicazione storiche, richiederanno maggiore attenzione. Anche l'uso polifunzionale dei sentieri acquisisce sempre più rilevanza: la compresenza di pedoni e mountain biker, in particolare, ha ripercussioni su tracciati, sistema di drenaggio, scelta dei manufatti e manutenzione.

Il presente manuale è destinato agli esperti del settore come ausilio per le attività di costruzione e manutenzione dei sentieri. I metodi presentati possono essere attuati con mezzi semplici e materiali prevalentemente naturali. Rispetto all'edizione precedente, questa versione si concentra maggiormente sull'importanza di un tracciato sostenibile e di misure di drenaggio efficaci, elementi fondamentali per garantire interventi di costruzione e manutenzione duraturi e rispettosi delle risorse.

Ringrazio di cuore tutti coloro che con il proprio lavoro contribuiscono a garantire la qualità di una rete sentieristica unica nel suo genere.

Jürg Röthlisberger
Direttore dell'Ufficio federale delle strade USTRA



Jürg Röthlisberger
Direttore dell'USTRA



Indice

1. Criteri generali	9
1.1 Panoramica e delimitazione	9
1.2 Scopo, competenze e destinatari	10
1.3 Categorie di sentieri escursionistici	11
1.4 Pianificazione della rete escursionistica: presupposto per i progetti di costruzione	12
1.5 Sicurezza e responsabilità.....	12
2. Pianificazione della costruzione	15
2.1 Tracciato sostenibile	15
2.1.1 Suggestività e varietà di un sentiero.....	16
2.1.2 Sicurezza degli utenti.....	16
2.1.3 Comfort per gli utenti.....	17
2.1.4 Evitare lavori e interventi inutili.....	17
2.2 Fattori influenti su tracciato e grado di costruzione	17
2.2.1 Grado di costruzione in base alla categoria di sentiero	17
2.2.2 Fruizione elevata e/o utenza eterogenea.....	18
2.2.3 Tipo di utilizzo	18
2.2.4 Topografia e sottosuolo.....	18
2.2.5 Clima locale e tipologia territoriale	19
2.2.6 Interessi protezione di natura, paesaggio e fauna selvatica	21
2.2.7 Interessi gestione forestale, dell'agricoltura e dell'economia alpestre.....	22
2.3 Sopralluogo e rilevamenti topografici.....	23
2.4 Progetto di costruzione	24
2.5 Misure legate alla soppressione di sentieri escursionistici	24
3. Sentiero e realizzazione	27
3.1 Standard costruttivi e larghezza dei sentieri.....	27
3.2 Tipi di sentiero	27
3.2.1 Sentieri sterrati	27
3.2.2 Tracciato con strato di fondazione.....	27
3.2.3 Tracciato nella roccia.....	28
3.2.4 Camminamenti	29
3.3 Realizzazione del tracciato	30
3.3.1 Lavori di sgombero.....	30
3.3.2 Lavori di scavo	30
3.3.3 Posa dello strato di fondazione.....	31
3.3.4 Cordoli.....	32
3.4 Misure per convogliare l'utenza.....	32
3.5 Misure per convogliare escursionisti e mountain biker	33
4. Drenaggio	35
4.1 Tracciato e drenaggio	36
4.2 Drenaggio trasversale	39
4.2.1 Drenaggio tramite inclinazione della superficie del sentiero	39
4.2.2 Drenaggio tramite canalette	40
4.2.3 Drenaggio trasversale con spostamento di materiale di scavo	43
4.3 Drenaggio longitudinale	44

4.4	Drenaggio delle scarpate.....	45
5.	Manufatti.....	47
5.1	Attraversamento di corsi d'acqua e fossi	47
5.1.1	Pietre da guado	47
5.1.2	Guadi.....	47
5.1.3	Canali di scolo.....	47
5.2	Ponti.....	48
5.2.1	Scelta dell'ubicazione.....	48
5.2.2	Dimensionamento e standard costruttivi	49
5.2.3	Spalle.....	50
5.2.4	Sovrastruttura.....	51
5.2.5	Ponti mobili	52
5.2.6	Passerelle.....	53
5.3	Scale	54
5.3.1	Scale in legno con rinterro.....	54
5.3.2	Scale in pietra	55
5.3.3	Scale sospese.....	56
5.4	Scale a pioli	56
5.5	Protezioni contro le cadute	56
5.5.1	Parapetti	56
5.5.2	Recinzioni.....	57
5.5.3	Corrimani	58
5.6	Passaggi attraverso recinzioni	58
5.7	Stabilizzazione di scarpate e versanti	60
5.7.1	Inerbimento e ingegneria naturalistica	60
5.7.2	Opere di consolidamento in legno.....	62
5.7.3	Opere di consolidamento in pietra	63
6.	Controllo e manutenzione dei sentieri	65
6.1	Controllo dello stato di sentieri e manufatti.....	66
6.2	Piano e misure di manutenzione.....	67
6.2.1	Piano di manutenzione.....	67
6.2.2	Misure di manutenzione: manutenzione corrente	67
6.2.3	Misure di manutenzione: risanamento/ripristino.....	68
6.3	Problemi e danni tipici.....	69
6.3.1	Elementi di fissaggio sporgenti sui gradini	69
6.3.2	Presenza di fogliame su elementi in legno e vegetazione eccessiva	69
6.3.3	Pali di legno marci a contatto con il terreno.....	69
6.3.4	Franamento del tracciato.....	70
6.3.5	Cedimento del piano di calpestio e dei margini del sentiero.....	70
6.3.6	Accumulo d'acqua sul piano di calpestio.....	71
6.3.7	Punti fangosi.....	71
6.3.8	Solchi di erosione	72
6.3.9	Scarsa manutenzione di una canaletta trasversale	72
	Acronimi	75
	Immagini	76

Fonti	77
Allegato	81
Checklist «Pianificazione della costruzione».....	81
Contenuto della relazione tecnica (esempio).....	84
Modulo per preventivo costi	85
Dati di riferimento per i costi di costruzione di sentieri escursionistici.....	86
Prezzi indicativi di singole opere su sentieri escursionistici	88
Verbale di collaudo dell’opera	89
Checklist «Controllo dei sentieri escursionistici: sentieri, manufatti e vie di comunicazione storiche»	90
Verbale danni	93
Durabilità delle specie legnose	94



1. Criteri generali

1.1 Panoramica e delimitazione

Il presente manuale contiene raccomandazioni per la costruzione e la manutenzione di sentieri escursionistici. Concepito per **lavori di costruzione semplici**, è di aiuto in termini di:

- definizione del tracciato
- determinazione del grado di costruzione
- costruzione di sentieri con cordoli e protezioni
- realizzazione di un drenaggio efficace
- costruzione di manufatti semplici di vario genere
- manutenzione dei sentieri.

Il grafico seguente fornisce una panoramica dei contenuti del manuale.

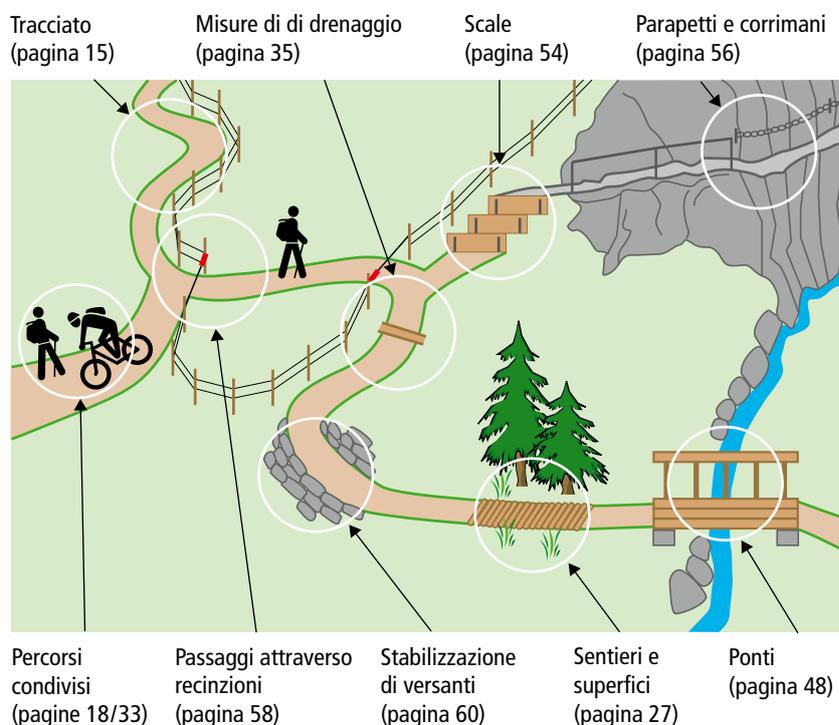


Fig. 1 Contenuti del manuale

Il manuale non contiene raccomandazioni per sentieri e opere con requisiti elevati né per manufatti complessi, ad esempio ponti imponenti con grandi campate, strutture di protezione contro i pericoli naturali, brillamenti, costruzione di strade (incluse quelle forestali) o infrastrutture specifiche per mountain bike.

Per la manutenzione di strade agricole e forestali si rimanda alla letteratura specializzata («Wald- und Güterstrassen», Kuonen Viktor, 1983). La preparazione e la manutenzione di sentieri escursionistici invernali sono invece trattate in una guida specifica intitolata «Sentieri escursionistici invernali e percorsi per ciaspole» (Ufficio federale delle strade USTRA, Sentieri Svizzeri, SvizzeraMobile, 2019). Il presente manuale non approfondisce le questioni legate alle responsabilità, che sono oggetto di un'analisi dettagliata nella pubblicazione «Sentieri escursionistici: prevenzione dei rischi e responsabilità» (USTRA, Sentieri Svizzeri, 2017). Tra gli altri fattori determinanti per

Chi finanzia i sentieri?

La costruzione e la manutenzione sono finanziate in prevalenza dai Comuni. I Cantoni contribuiscono alla realizzazione o, in rari casi, provvedono alla manutenzione. Talvolta sono coinvolte anche altre realtà del comparto, quali società di impianti di risalita o destinazioni turistiche.

La Confederazione e i Cantoni possono stanziare sussidi supplementari per la manutenzione conservativa di opere inventariate in virtù della legge federale sulla protezione della natura e del paesaggio (LPN), ad esempio vie di comunicazione storiche con sostanza. A tale riguardo possono essere presi in considerazione anche contributi di terzi, ad esempio di fondi o fondazioni.

Per informazioni dettagliate su strumenti di finanziamento, condizioni quadro e altri possibili ausili ci si può rivolgere ai servizi cantonali.

una rete escursionistica di qualità figurano una pianificazione dettagliata e una segnaletica uniforme e corretta degli itinerari, conforme ai dati ufficiali pubblicati (cfr. manuale «Segnaletica dei sentieri», USTRA, Sentieri Svizzeri, 2013 e manuale «Pianificazione della rete dei sentieri», USTRA, Sentieri Svizzeri, 2014).

1.2 Scopo, competenze e destinatari

L'obiettivo prioritario nella costruzione e manutenzione di sentieri è **garantire una rete escursionistica fruibile, sicura e ben interconnessa**. I principi per conseguire questo scopo sono esposti nella pubblicazione «Obiettivi di qualità per i sentieri svizzeri» (USTRA, Sentieri Svizzeri, 2022).

In virtù della legge federale sui percorsi pedonali ed i sentieri (LPS), gestione, manutenzione conservativa e segnaletica dei sentieri sono di competenza dei Cantoni, i quali possono delegare determinati compiti ai Comuni, alle associazioni cantonali per l'escursionismo e a terzi. Molti Cantoni delegano alle associazioni cantonali in particolare la segnaletica e i controlli periodici. In generale i sentieri sono costruiti e mantenuti dai Comuni, dai proprietari fondiari o dagli usufruttuari (imprese di trasporto a fune, rifugi di montagna ecc.), ma in alcuni Cantoni sono le stesse associazioni cantonali a occuparsene.

Il presente manuale si rivolge a tutti gli attori coinvolti nella realizzazione e manutenzione di sentieri escursionistici, tra cui progettisti ed esecutori di amministrazioni e imprese cantonali e comunali, ma anche associazioni cantonali per l'escursionismo e altri promotori, tra cui organizzazioni turistiche e società di impianti di risalita. È uno strumento di supporto anche per gli studi d'ingegneria, le imprese di costruzione e altre organizzazioni quali la protezione civile o le associazioni incaricate della costruzione di questo tipo di sentieri.

1.3 Categorie di sentieri escursionistici

La **rete escursionistica** si compone di sentieri escursionistici, sentieri di montagna e sentieri alpini, tutti collegati tra loro. È situata di regola fuori dagli insediamenti e rende accessibili aree particolarmente adatte allo svago, paesaggi suggestivi (ad es. rive o punti panoramici), attrazioni culturali e infrastrutture turistiche, nonché integra per quanto possibile vie di comunicazione storiche.



I **sentieri escursionistici** sono sentieri accessibili a chiunque e destinati generalmente a persone che si spostano a piedi.

Si snodano preferibilmente lontano da strade aperte al traffico motorizzato e di norma sono privi di pavimentazione in asfalto o cemento (sull'intera superficie o sotto forma di corsie). Spesso sono larghi (cfr. cap. 3.1), ma possono anche essere stretti e accidentati. I passaggi ripidi sono provvisti di gradini e quelli con rischio di caduta di parapetti. Passerelle e ponti permettono di superare i corsi d'acqua. A parte l'attenzione e la prudenza, necessarie in ogni caso, i sentieri non pongono particolari difficoltà a chi li percorre. Sono raccomandate scarpe robuste con suola profilata, un equipaggiamento adatto alle condizioni meteorologiche e carte topografiche. La segnaletica è gialla.



I **sentieri escursionistici di montagna** consentono di accedere a zone in parte impervie. Sono in prevalenza ripidi, stretti e presentano tratti esposti. Nei passaggi particolarmente complessi la sicurezza è garantita tramite corde o catene di sicurezza. I torrenti si attraversano spesso a guado. I sentieri di montagna richiedono un passo sicuro, assenza di vertigini, una buona forma fisica e la conoscenza dei pericoli della montagna (caduta sassi, rischio di scivolare e cadere, cambiamenti repentini delle condizioni meteorologiche). Per percorrerli occorrono scarpe robuste con suola profilata, un equipaggiamento adatto alle condizioni meteorologiche e carte topografiche. I segnali di direzione sono gialli con punta in bianco-rosso-bianco, i segnali di conferma e i segnavia a vernice sono in bianco-rosso-bianco.



I **sentieri escursionistici alpini** sono in parte privi di tracciato e possono comportare l'attraversamento di nevai, ghiacciai, pietraie e ghiaioni o brevi passaggi rocciosi di arrampicata. La presenza di tratti attrezzati non è garantita o è limitata a punti particolarmente esposti con rischio di caduta. I sentieri alpini richiedono un passo sicuro, assenza di vertigini, un'ottima forma fisica e la capacità di usare corda e piccozza e di arrampicarsi con le mani. È inoltre indispensabile conoscere i pericoli della montagna. In aggiunta all'equipaggiamento per i sentieri di montagna sono necessari bussola e altimetro e, per l'attraversamento dei ghiacciai, corda, piccozza e ramponi da ghiaccio. I segnali di direzione sono blu con punta in bianco-blu-bianco, i segnali di conferma e i segnavia a vernice sono in bianco-blu-bianco. Il pannello informativo all'inizio del sentiero alpino indica i requisiti necessari.

Osservazione sulle definizioni delle categorie di sentieri

Le tre categorie di sentieri sono definite nella norma svizzera «SN 640829A Strassensignale, Signalisation Langsamverkehr» (disponibile in tedesco e francese). Secondo gli esperti, alcune formulazioni contenute in tali definizioni possono prestarsi a confusione, per cui sono state precisate nel manuale «Pianificazione della rete dei sentieri» (USTRA, Sentieri Svizzeri, 2014) e riprese nel presente manuale.

1.4 Pianificazione della rete escursionistica: presupposto per i progetti di costruzione

Il manuale «Pianificazione della rete dei sentieri» (USTRa, Sentieri Svizzeri, 2014) illustra fondamentali, metodi ed esempi per la pianificazione e l'ottimizzazione della rete escursionistica.

La costruzione di sentieri è sempre preceduta da un'attenta fase di pianificazione nell'ambito della quale, tenendo conto della rete escursionistica esistente, si definiscono il punto di partenza, il punto di arrivo e le mete intermedie dei percorsi, nonché il tracciato approssimativo. L'obiettivo è far sì che i sentieri formino nel loro insieme un sistema coeso. Questa attività di pianificazione consente di collegare in modo coerente paesaggi suggestivi, sentieri esistenti (ad es. vie di comunicazione storiche) e punti d'interesse turistico. Nel limite del possibile è garantito anche il collegamento con i trasporti pubblici.

La rete escursionistica è pianificata **in coordinamento con altre forme di utilizzazione del territorio** (ad es. selvicoltura e agricoltura, trasporti, sport, attività di svago e turismo) e nell'interesse della protezione delle specie, della natura e del paesaggio (ad es. aree protette, zone di tranquillità per la fauna selvatica). La pianificazione avviene nell'ambito di una procedura cantonale in conformità all'articolo 4 LPS, spesso nel quadro di piani direttori o piani di utilizzazione.

È opportuno negoziare con i proprietari fondiari (persone o organismi) un **accordo scritto concernente il diritto di passo** che disciplini anche la manutenzione. È raccomandata l'iscrizione nel registro fondiario. Per maggiori informazioni sulla garanzia giuridica per il pubblico accesso ai sentieri escursionistici si rimanda al manuale «Pianificazione della rete dei sentieri» (USTRa, Sentieri Svizzeri, cap. 3.5, pag. 38-39, 2014).

In fase di pianificazione della rete escursionistica, nel piano dei sentieri vengono indicati «corridoi» (senza considerare la delimitazione per particelle) all'interno dei quali passa o è previsto che passi un sentiero. Un progetto di costruzione è generalmente associato a una **procedura di autorizzazione edilizia** (cfr. cap. 2.4).

1.5 Sicurezza e responsabilità

Principi di prevenzione dei rischi e responsabilità

La guida «Sentieri escursionistici: prevenzione dei rischi e responsabilità» (USTRa, Sentieri Svizzeri, 2017) descrive in dettaglio i processi di prevenzione dei rischi sui sentieri in fase di costruzione e manutenzione. Nei limiti del possibile occorre garantire una percorribilità «tendenzialmente priva di pericoli» (art. 6 cpv. 1 lett. b LPS), tenendo conto però del principio di autoresponsabilità dei fruitori e di una certa proporzionalità per quanto riguarda la messa in sicurezza..

Sui sentieri escursionistici si applica il principio dell'**autoresponsabilità** dei fruitori, ad esempio per quanto riguarda la scelta del percorso, la considerazione delle previsioni meteorologiche e l'obbligo di supervisione dei bambini. Questo principio assume grande importanza nelle questioni legate alla responsabilità.

Dal punto di vista dei responsabili della costruzione e della manutenzione di tali sentieri, l'**obbligo di sicurezza** concerne soprattutto i punti pericolosi che possono causare infortuni mortali o gravi anche a utenti mediamente attenti e prudenti. Le infrastrutture realizzate lungo i sentieri devono essere esenti da difetti e sottoposte a una manutenzione professionale allo scopo di evitare pericoli atipici.

1. Criteri generali

Oltre a una **segnaletica adeguata**, per garantire la sicurezza e l'attrattiva della rete escursionistica sono essenziali **controlli periodici** e una **manutenzione professionale** dei sentieri e dei manufatti. Se si rilevano danni potenzialmente pericolosi per gli escursionisti, occorre adottare subito adeguati provvedimenti (ad es. valutare una chiusura/deviazione oppure organizzare accertamenti con specialisti in pericoli naturali). Per motivi di tracciabilità (ad es. nelle questioni di responsabilità) si raccomanda di **documentare in forma scritta** le osservazioni, le decisioni e le misure relative a difetti, pericoli, infortuni o anomalie riscontrati su sentieri o manufatti.

Le esigenze concrete per la manutenzione dei sentieri e dei manufatti sono descritte nel capitolo 6 Controllo e manutenzione dei sentieri.

In caso di lavori di costruzione relativi a sentieri e manufatti occorre rispettare le disposizioni vigenti in materia di sicurezza e protezione della salute dei lavoratori. Recapiti per ricevere direttive, schede informative e checklist al riguardo sono disponibili ad esempio sul sito internet della Suva, della Commissione federale di coordinamento per la sicurezza sul lavoro CFSL o della Società svizzera degli ingegneri e degli architetti SIA.



2. Pianificazione della costruzione

Un'attenta pianificazione è essenziale per la realizzazione di sentieri di qualità. Già in questa fase è opportuno definire i lavori considerando di intervenire il «meno possibile, ma quanto necessario», tenendo conto di **sicurezza, attrattiva e durabilità**. Nel presente capitolo sono spiegati in dettaglio gli aspetti seguenti:

- scelta del tracciato
- fattori che influiscono sul tracciato e sul grado di costruzione
- sopralluogo e rilevamenti topografici
- iter di un progetto di costruzione
- misure da adottare in caso di soppressione di sentieri escursionistici.

Per tenere conto di tutti gli interessi ed evitare ritardi nei lavori è particolarmente importante informare in modo tempestivo e rendere partecipi, all'occorrenza, tutte le realtà coinvolte nel processo di pianificazione (cfr. checklist «Pianificazione della costruzione» in allegato).

2.1 Tracciato sostenibile

Il tracciato di un sentiero svolge molteplici funzioni. Tenerne conto in fase di realizzazione ha un impatto non solo sull'**esperienza, il comfort e la sicurezza** degli utenti, ma anche sulla **durabilità della struttura** del sentiero. La rappresentazione su larga scala del tracciato (macro design) è definita per lo più nella fase di pianificazione della rete escursionistica e al momento della presentazione della domanda di costruzione. Seguono gli adeguamenti su piccola scala del sentiero e la predisposizione della superficie (micro design), comprese le decisioni relative a materiali, drenaggio, cambiamenti di pendenza e direzione.



Il tracciato svolge un ruolo essenziale per lo **smaltimento delle acque** sui sentieri. Tutti gli aspetti relativi al drenaggio sono descritti nel capitolo 4.

Fig. 2 Rappresentazione su larga scala del tracciato (a sinistra) e configurazione del sentiero su piccola scala (a destra)

2.1.1 Suggestività e varietà di un sentiero

Secondo gli obiettivi di qualità di Sentieri Svizzeri (USTRA, Sentieri Svizzeri, 2022), i tracciati attraversano paesaggi e spazi naturali diversificati, permettendo ai fruitori di vivere esperienze a contatto con la natura e il paesaggio e di scoprire il patrimonio naturale e culturale. Una qualità elevata è data ad esempio dall'alternanza di tratti nel bosco e a cielo aperto, di scorci panoramici e ravvicinati o dalla prossimità del tracciato a corsi o specchi d'acqua. Per quanto possibile la rete escursionistica integra vie di comunicazione storiche.

Fig. 3 Un tracciato suggestivo e diversificato accresce la qualità del sentiero.



2.1.2 Sicurezza degli utenti

La sicurezza degli utenti è un principio importante nella definizione del tracciato. Nel limite del possibile l'itinerario va scelto in modo da prevenire qualsiasi pericolo potenziale. Di seguito sono elencate situazioni da evitare e possibili soluzioni.

- Pendii particolarmente ripidi, scarpate rocciose, ghiaioni
Possibili soluzioni: limitare il pericolo con serpentine (cfr. cap. 4.1), gradini, scale o passerelle (cfr. cap. 5)
- Zone franose, terreno instabile
Possibili soluzioni: aggirare o mettere in sicurezza
- Attraversamenti problematici di pascoli con vacche nutrice, tori, cavalli o cani da pastore
Possibili soluzioni: aggirare o creare un percorso alternativo
- Punti senza visuale su sentieri condivisi
Possibili soluzioni: creare sicurezza con misure di convogliamento degli utenti (cfr. cap. 3.5)
- Attraversamenti di strade molto trafficate
Possibili soluzioni: scegliere punti di attraversamento ben visibili in cui le zone di attesa sono sicure e adeguatamente indicate e la velocità del traffico è ridotta.

2.1.3 Comfort per gli utenti

Gli escursionisti privilegiano i tracciati diretti senza deviazioni inutili. Se sospettano che il percorso comporti delle deviazioni, potrebbero ripiegare su sentieri alternativi non facenti parte della rete o su terreni non tracciati, con conseguenze per l'ambiente circostante. Per questo motivo bisogna evitare percorsi estremamente irregolari con una rapida successione di salite e/o discese. Per garantire il comfort degli escursionisti occorre inoltre evitare forti pendenze, ad esempio realizzando un sentiero a serpentine (cfr. cap. 4.1).

2.1.4 Evitare lavori e interventi inutili

Un tracciato definito con cura permette di evitare di dover aggiungere periodicamente materiale (di riempimento) e se segue per quanto possibile la conformazione naturale del terreno rende superflui importanti spostamenti di materiale. Permette inoltre di contenere l'impiego di risorse e personale nonché di evitare eventuali lavori di manutenzione successivi. Limitare gli interventi non necessari significa anche evitare di alterare inutilmente il paesaggio naturale.

2.2 Fattori influenti su tracciato e grado di costruzione

I sentieri escursionistici svolgono un'importante funzione ricreativa e devono offrire ai fruitori esperienze a contatto con la natura, tratti diversificati e/o sfide sportive. Per preservarne il carattere e l'autenticità è importante limitare gli interventi allo stretto necessario, tenuto conto dei fattori descritti di seguito, che idealmente devono essere valutati nell'ambito di un sopralluogo (cfr. cap. 2.3).

2.2.1 Grado di costruzione in base alla categoria di sentiero

Il grado di costruzione varia a seconda della categoria di sentiero (cfr. cap. 1.3). Sui sentieri segnalati in giallo, per garantire la sicurezza dell'utenza occorre intervenire nei punti potenzialmente pericolosi. Sui sentieri di montagna sono necessari accorgimenti costruttivi soltanto nei punti difficili, mentre sui sentieri alpini non è previsto alcun intervento. Per maggiori informazioni su questioni riguardanti il grado di costruzione e la distinzione fra le diverse categorie di sentieri si rimanda alla pubblicazione «Delimitazione delle categorie di sentieri escursionistici» (USTRA, Sentieri Svizzeri, 2017).



Fig. 4 Intervento che altera gravemente il paesaggio naturale.

2.2.2 Fruizione elevata e/o utenza eterogenea

Benché il grado di costruzione dei sentieri escursionistici dipenda fondamentalmente dalla categoria cui appartengono (cfr. cap. 2.2.1), in determinati punti è opportuno prevedere delle eccezioni, se la frequenza di utilizzo è elevata e/o l'utenza è molto eterogenea.

La frequenza di utilizzo può essere elevata in prossimità di infrastrutture turistiche (ad es. impianti di risalita), in aree ricreative ai margini degli agglomerati o nelle vicinanze di paesaggi naturali e culturali di particolare pregio. Questo implica spesso utenti con conoscenze e abilità molto diverse, pertanto occorre prevedere requisiti più elevati in materia di sicurezza, un tracciato più largo e in generale un investimento maggiore per la costruzione e la manutenzione. Gli ausili protettivi volti a prevenire cadute e pericoli naturali sono descritti in modo dettagliato nella guida «Sentieri escursionistici: prevenzione dei rischi e responsabilità» (USTRA, Sentieri Svizzeri, 2017).

2.2.3 Tipo di utilizzo

I sentieri sono spesso utilizzati a scopi vari, oltre che per l'escursionismo, anche per il mountain biking, l'equitazione o il trail running. Per tenere conto delle esigenze delle persone a mobilità ridotta, Procap e SvizzeraMobile hanno realizzato un manuale su requisiti, costruzione e segnaletica di sentieri senza ostacoli («Hindernisfreie Wege», Procap, SvizzeraMobile, 2024, disponibile in tedesco e francese).

Un aspetto che acquisisce sempre più rilevanza è il forte aumento dei mountain biker sui sentieri escursionistici. Se si prevede o si pianifica una forte affluenza di questa categoria di utenti, occorre prestare particolare attenzione agli aspetti relativi alla sicurezza e al comfort dei fruitori, ma anche alla funzione ricreativa del sentiero, adottando ad esempio misure mirate o indirizzando gli utenti su determinati tratti (cfr. capitolo sulle misure di convogliamento). La scelta del giusto grado di costruzione aumenta la resistenza del sentiero. Se i sentieri sono molto sollecitati (ad es. affluenza elevata, mancanza di visibilità, tratti esposti, velocità sostenute), occorre separare le diverse forme di utilizzo definendo un tracciato per l'escursionismo a piedi e uno per il mountain biking. Per consigli sull'iter pianificatorio e decisionale si rimanda alla scheda tecnica «Wandern und Mountainbiken – Entscheidungshilfe zu Koexistenz und Entflechtung» (USTRA, Sentieri Svizzeri, SvizzeraMobile, 2020, disponibile in tedesco e francese).

2.2.4 Topografia e sottosuolo

La topografia e il sottosuolo determinano la fattibilità tecnica e i costi di un progetto di costruzione. La qualità del suolo e del sottosuolo determina a sua volta la necessità di realizzare uno strato di fondazione, adottare misure specifiche per migliorare la capacità portante del suolo (ad es. camminamenti) o aggirare un punto specifico.

Realizzazione di trail per mountain bike

Il presente manuale non fornisce indicazioni sulla costruzione di trail per mountain bike. Per realizzare questo tipo di infrastruttura si consiglia di consultare pubblicazioni specialistiche.

Grado di costruzione per uso polifunzionale

Se un sentiero viene utilizzato da mountain biker senza che questo sia stato definito nei piani vincolanti per le autorità, i responsabili non devono adeguare il profilo dei requisiti. Si presume infatti che i mountain biker dispongano delle competenze di guida necessarie per percorrere sentieri escursionistici. In questi casi la realizzazione del sentiero rispetto alle capacità dei fruitori viene determinata in funzione della categoria di sentiero e degli aspetti legati alla sicurezza.

2. Pianificazione dei lavori

I pendii ripidi e ricchi di humus situati sopra il limite della vegetazione arborea e caratterizzati da scarsa copertura vegetale, come pure i terreni sabbiosi, limosi e argillosi sono particolarmente a rischio di franamento ed erosione. In questi casi è sconsigliato asportare l'humus e rimuovere la cotica erbosa. Crepe lungo i pendii, piccoli rigonfiamenti del terreno e alberi inclinati costituiscono segnali di un possibile franamento.

I sottosuoli caratterizzati da buona permeabilità e capacità portante richiedono pochi interventi. I terreni ad alto tenore d'argilla e quelli paludosi sono poco permeabili: quando piove la loro capacità portante si riduce, il processo di erosione si accelera e il sentiero diventa rapidamente fangoso. Su questi terreni, riconoscibili per la presenza di tratti umidi o saturi d'acqua, crepe e tracce di erosione nei periodi secchi, la costruzione dei sentieri risulta problematica.

Anche la composizione della vegetazione (piante indicatrici) può permettere di capire se il sottosuolo ha una buona o una scarsa permeabilità. I siti particolarmente umidi e saturi d'acqua, ad esempio, sono riconoscibili dalla presenza di vegetazione a foglia larga. Per maggiori informazioni sul tema della vegetazione si rimanda ad esempio alla pubblicazione «Lebensräume der Schweiz» (Delarze, Gonseth, Eggenberg, Vust, 2015, disponibile solo in tedesco).



Fig. 5 Le specie a foglia larga sono tipiche dei siti umidi.

2.2.5 Clima locale e tipologia territoriale

Il clima locale ha un'influenza significativa sul **dimensionamento dei manufatti e delle opere di drenaggio**. Un regime caratterizzato da precipitazioni frequenti e intense richiede maggiori interventi di drenaggio, di consolidamento del terreno per prevenire l'erosione e di stabilizzazione dei sentieri e delle scarpate. L'altezza dei ponti e le dimensioni dei canali di scolo devono essere adattate alle portate massime dei corsi d'acqua. I manufatti molto esposti alla neve vanno rinforzati in maniera opportuna o rimossi prima della stagione invernale (pressione esercitata dalla neve, valanghe).

Come il clima locale, anche la tipologia territoriale, ossia le caratteristiche di un territorio quali la fascia altimetrica o l'esposizione (versante sud o nord), ha un impatto significativo sul sottosuolo e sulle variazioni di temperature e precipitazioni in una determinata regione. Sui tratti con forti pendenze che coprono più fasce altimetriche, le condizioni esterne per la costruzione e la manutenzione dei sentieri possono variare notevolmente.

Paesaggi caratteristici delle tipologie territoriali in Svizzera (cfr. fig. 6-9).

- Alpi: ghiaioni/rocce, vegetazione rada, pendii in parte ripidi ed esposizione elevata, economia alpestre stagionale.
- Prealpi: boschi/pascoli, pendii moderati ed esposizione ridotta, parziali variazioni su piccola scala delle condizioni topografiche.
- Altopiano: paesaggi acquatici, boschi decidui e misti, agricoltura intensiva su vasta scala, aree densamente popolate, scarsa esposizione.
- Giura: selle e conche moderatamente esposte e altipiani, boschi di conifere e misti, allevamento di bestiame, escursioni termiche in parte marcate.

2. Pianificazione dei lavori

Fig. 6 Paesaggio alpino

Aspetti rilevanti per la costruzione di sentieri escursionistici: prevenzione dei pericoli, neve, superamento di pendii e ostacoli.



Fig. 7 Paesaggio delle Prealpi

Aspetti rilevanti per la costruzione di sentieri escursionistici: interessi della selvicoltura e dell'economia alpestre, uso polifunzionale e frequenza di utilizzo.



Fig. 8 Paesaggio dell'Altopiano

Aspetti rilevanti per la costruzione di sentieri escursionistici: interessi dell'agricoltura e della selvicoltura intensiva, smaltimento delle acque in una zona topograficamente piatta, garanzia di tracciati suggestivi e di sentieri con superfici naturali.



Fig. 9 Paesaggio del Giura

Aspetti rilevanti per la costruzione di sentieri escursionistici: interessi dell'allevamento, della selvicoltura e dell'agricoltura.



2.2.6 Interessi protezione di natura, paesaggio e fauna selvatica

Se il tracciato interessa aree sensibili (ad es. zone umide, prati secchi, bandite di caccia, zone di tranquillità per la fauna selvatica) oppure oggetti inventariati (ad es. habitat, paesaggi, rarità naturali, monumenti culturali, zone palustri, vie di comunicazione storiche da tutelare secondo la legge federale sulla protezione della natura e del paesaggio), occorre imperativamente consultare gli uffici cantonali competenti.

Nelle aree protette, i sentieri escursionistici svolgono un'importante funzione di convogliamento degli utenti. Per evitare danni gravi riconducibili all'accesso non autorizzato a tali zone, spesso è più opportuno consentire al pubblico di attraversarle seguendo sentieri suggestivi, ben definiti e chiaramente segnalati, con le dovute misure di sensibilizzazione (ad es. segnaletica).

Nel limite del possibile occorre includere le vie di comunicazione storiche nella rete escursionistica, in conformità all'articolo 3 della legge federale sui percorsi pedonali ed i sentieri (LPS).



Fig. 10 Nelle zone protette i sentieri escursionistici servono a convogliare gli utenti.

Fig. 11 Le vie di comunicazione storiche devono essere integrate nella rete escursionistica.

Vie di comunicazione storiche

Per informazioni sull'integrazione di vie di comunicazione storiche ci si può rivolgere ai servizi cantonali IVS che, a seconda dei Cantoni, sono aggregati alle autorità preposte alla conservazione dei monumenti storici, alla pianificazione territoriale, alle costruzioni ecc. I principi da rispettare per la manutenzione conservativa di questo tipo di percorsi sono descritti nella guida tecnica operativa della Confederazione «La conservazione delle vie di comunicazione storiche» (USTR, 2008).

2.2.7 Interessi gestione forestale, dell'agricoltura e dell'economia alpestre

Quando si creano nuovi sentieri escursionistici nel bosco, in una zona agricola o in un'area alpina, è imperativo contattare con sufficiente anticipo le realtà interessate. Il tracciato deve essere scelto d'intesa con le persone competenti in modo da arrecare il minor pregiudizio possibile alle aziende agricole, alpine e forestali. Il sentiero deve inoltre presentare una superficie naturale e occorre garantire che non vengano posati rivestimenti bituminosi o cementizi.

Pascoli con vacche nutrici e cani da pastore

Maggiori informazioni, opuscoli e checklist sui pascoli con vacche nutrici e cani da pastore sono disponibili all'indirizzo www.sentieri-infrastruttura.ch.

Nelle zone con pascoli di vacche nutrici e cani da pastore, è indispensabile evitare il più possibile gli incontri tra animali ed escursionisti. Al riguardo occorre valutare l'opportunità o la possibilità di adeguare il tracciato o recintare il sentiero. Si devono inoltre prevedere passaggi adeguati attraverso le recinzioni (a seconda della specie animale, eventualmente a chiusura automatica) in punti strategici.

Secondo la legge federale sulle foreste (LFo), i boschi devono essere accessibili al pubblico, nel rispetto delle riserve forestali, delle zone di tranquillità per la fauna selvatica e di altre aree da tutelare. In generale per la realizzazione di sentieri non sono necessarie autorizzazioni di dissodamento. Tutti i lavori pianificati in un bosco devono tuttavia essere discussi con il forestale di settore competente e la sezione forestale cantonale. In caso di utilizzazione nociva ai sensi dell'articolo 16 LFo (che intralcia o mette in pericolo le funzioni o la gestione della foresta) è necessaria un'autorizzazione dell'autorità competente, di norma la sezione forestale cantonale.

2.3 Sopralluogo e rilevamenti topografici

Punto di partenza per la definizione del tracciato sono studi delle varianti possibili, tra le quali, considerando gli interessi in gioco e il principio di proporzionalità, si sceglie quella che risponde meglio alle aspettative dei vari gruppi di utenti.

Durante il sopralluogo **vengono definiti il tracciato esatto del sentiero e il grado di costruzione**, idealmente in presenza di tutte le realtà coinvolte. Un'ispezione sul posto può anche aiutare a risolvere eventuali **conflitti** tra le singole parti e a coordinare le ulteriori tappe di **attuazione del progetto**. Generalmente partecipano le autorità comunali, l'impresa esecutrice dei lavori e i responsabili dell'associazione cantonale per l'escursionismo e del servizio cantonale per i sentieri escursionistici. A seconda della situazione è inoltre consigliabile coinvolgere i proprietari fondiari nonché altri uffici cantonali e gruppi d'interesse. Dopo il sopralluogo è buona prassi documentare i risultati in un **verbale** e chiedere a tutti i partecipanti di confermare l'esattezza dei dati.

Per i progetti di ampia portata si raccomanda di trasmettere alle parti coinvolte e ai gruppi d'interesse prima del sopralluogo i geodati disponibili (piano catastale delle particelle interessate, proprietari fondiari, carta dei pericoli naturali, aree protette ecc.) e gli studi sulle possibili varianti.

I **rilevamenti topografici** possono essere ridotti al minimo. Di regola è sufficiente quanto elencato di seguito.

- Rilevare i tratti di terreno adatti e quelli non adatti in base alla conformazione del suolo e tenendo conto di altre forme di utilizzazione.
- Rilevare la natura del sottosuolo (roccia, sabbia ecc.).
- Tracciare i punti assiali (cambi di direzione). Rilevare la distanza tra i punti assiali con un metro a nastro o una ruota misuratrice.
- Definire le opere necessarie (in base alla categoria di sentiero e al grado di costruzione).
- Rilevare le sezioni trasversali tipiche e accertare a quali tratti del sentiero si applica la sezione tipo. Per i sentieri escursionistici non sono necessari rilevamenti a intervalli regolari, bensì solo nei punti in cui i cambiamenti topografici (ad es. variazione di pendenza del versante, rocce, dossi) richiedono il riporto o l'asportazione di grosse quantità di materiale. Il rilevamento delle sezioni trasversali deve essere effettuato perpendicolarmente all'asse del sentiero, su una larghezza di 2–3 metri a sinistra e a destra dell'asse. Le brusche rotture del profilo topografico del terreno devono essere oggetto di rilevamenti. Sulla base delle sezioni trasversali è possibile calcolare i volumi di sterro e di riporto come base per la stima dei costi.
- Rilevare i materiali da costruzione disponibili in loco, ad esempio legno, pietrisco o pietre, e accertarsi che possano essere utilizzati. L'utilizzo di materiali locali permette di limitare i trasporti e ridurre i costi.
- Studiare l'accessibilità dei cantieri come base per stimare le spese da sostenere per l'installazione e il trasporto del materiale.

2.4 Progetto di costruzione

Secondo le disposizioni della legge federale sulla pianificazione del territorio (LPT), la costruzione di nuovi sentieri e manufatti è **soggetta ad autorizzazione**. La procedura per il rilascio di quest'ultima e i relativi documenti da presentare possono variare da Cantone a Cantone. Per informazioni al riguardo ci si può rivolgere all'autorità cantonale o comunale competente. A seconda degli interventi da realizzare, anche i lavori di manutenzione dei sentieri sono soggetti ad autorizzazione (cfr. cap. 6). Le fasi dettagliate di un progetto di costruzione sono riportate nella checklist in allegato (cfr. checklist «Pianificazione della costruzione»).

I **costi realizzativi** variano notevolmente a seconda della configurazione del terreno e dell'onere logistico che ne consegue (ad es. trasporti). Inoltre, la scelta dei **materiali** rappresenta un importante fattore in tal senso (riduzione al minimo dei costi di trasporto, manutenzione ridotta a fronte di una buona durabilità). Per i progetti con costi complessivi elevati è buona norma mettere a punto un preventivo dettagliato sulla base di offerte concrete presentate dalle imprese (cfr. allegato «Modulo per preventivo costi»). Già in fase di progettazione è opportuno verificare e definire per iscritto le **competenze** in materia di costruzione e manutenzione dei sentieri previsti e i **rapporti di proprietà** (ad es. convenzione, iscrizione nel registro fondiario).

2.5 Misure legate alla soppressione di sentieri escursionistici

Le reti escursionistiche cantonali sono costantemente oggetto di modifiche di maggiore o minore entità. Le ragioni che portano a eliminare determinati tratti o interi percorsi sono molteplici:

- nuova pianificazione di una rete di sentieri/percorsi in una regione o spostamento di singoli tratti
- tratto non più accessibile o interrotto
- motivi di sicurezza, ad esempio in presenza di pericoli naturali
- deterioramento, nel caso ad esempio di un tratto molto frequentato, aperto alla circolazione di veicoli o con una pavimentazione inadeguata.

Secondo l'articolo 7 della legge federale sui percorsi pedonali ed i sentieri, i sentieri soppressi integralmente o parzialmente devono essere adeguatamente **sostituiti**. I dettagli sono illustrati nella guida operativa «Obbligo di sostituzione dei sentieri» (USTRA, Sentieri Svizzeri, 2012).

Il provvedimento principale in tal senso è la **rimozione** completa **della segnaletica** (inclusi i segnali di conferma e i segnavia) e delle **infrastrutture** non più oggetto di manutenzione. Se un sentiero soppresso non destinato ad altri scopi comporta punti pericolosi o non è più transitabile, occorre impedirvi l'accesso, anche involontario, mediante le misure seguenti:

- bloccare il passaggio con massi, ramaglia, tronchi di alberi o simili
- rimuovere parapetti, scale a pioli, corde, passerelle e strutture simili

2. Pianificazione dei lavori

- rinaturare, piantare arbusti ecc.
- spostare terra e livellare il suolo
- ev. indicare temporaneamente che verrà realizzato un nuovo tracciato o che il sentiero sarà soppresso.

È opportuno prestare attenzione soprattutto all'**accesso** ai sentieri, visto che lo smantellamento completo di tratti estesi è spesso sproporzionato.



Fig. 12 Accesso a un sentiero soppresso bloccato con materiale presente in loco



3. Sentiero e realizzazione

Dopo aver definito il tracciato e il grado di costruzione si può passare alle fasi successive della costruzione del sentiero. Il presente capitolo tratta in dettaglio i punti seguenti:

- standard costruttivo e larghezza dei sentieri
- tipi di sentiero
- lavori di realizzazione del tracciato
- misure di convogliamento escursionisti e mountain biker.

3.1 Standard costruttivi e larghezza dei sentieri

Le misure da adottare per la realizzazione di un tracciato dipendono innanzitutto dalle **condizioni topografiche**, dal sottosuolo e dalle **esigenze di utilizzo** rispetto alla categoria di sentiero. Per i sentieri segnalati in giallo si opererà per una larghezza compresa tra 100 e 120 cm, da adattare in funzione del contesto specifico: in alcuni casi occorre garantire la larghezza massima nell'interesse della sicurezza o del comfort degli escursionisti (ad es. tracciato lungo una strada o tratto molto frequentato), in altri casi la larghezza deve essere ridotta al minimo (ad es. tracciato su terreni agricoli). In linea con i requisiti posti agli utenti, il tracciato dei **sentieri di montagna** è meno largo e meno lavorato. Al contempo i **sentieri alpini** sono per lo più privi di tracciato. A prescindere dalla categoria, è opportuno costruire o ampliare solo nella misura necessaria a garantire sicurezza, suggestività e durabilità dei sentieri.

3.2 Tipi di sentiero

3.2.1 Sentieri sterrati

Sui terreni poco ripidi, asciutti e con buona capacità portante si può spesso rinunciare a realizzare un tracciato e uno strato di fondazione (cfr. cap. 3.3.3). Ciò permette di disegnare percorsi molto vari, tutelare il paesaggio e allo stesso tempo contenere i costi di costruzione. Un drenaggio accurato (cfr. cap. 4) e, a seconda dell'utilizzazione, il consolidamento di determinati tratti, passaggi ripidi o curve garantiscono la qualità dei sentieri a lungo termine. Nei punti particolarmente sensibili all'erosione è bene rinunciare, nel limite del possibile, ad asportare l'humus e rimuovere la cortica erbosa (cfr. cap. 2.2.4).

3.2.2 Tracciato con strato di fondazione

Lo **strato di fondazione** è uno strato di ghiaia compattata che viene realizzato quando il terreno è caratterizzato da scarsa portanza, nei punti saturi d'acqua o quando la frequenza di utilizzazione è elevata. Sui sentieri escursionistici, uno strato dello spessore di 10-15 cm garantisce generalmente una stabilità sufficiente. Sui sentieri molto sollecitati (ad es. per il passaggio di bestiame) va previsto uno spessore di circa 30 cm.

Rivestimenti inadeguati

Secondo l'articolo 6 OPS, i rivestimenti in bitume, catrame o cemento sono inadeguati per i sentieri. Un fondo piano e duro comporta movimenti di marcia uniformi che causano stanchezza fisica facendo sì che il sentiero perda una parte importante del suo valore ricreativo.

Sedi pedonali su strade nei centri abitati

Il dimensionamento delle sedi pedonali su strade situate nei centri abitati è disciplinato dalla norma svizzera VSS SN 640 070 «Fussgängerkehr – Grundnorm» (disponibile in tedesco e francese). La sagoma limite della sede pedonale è determinata dalla dimensione standard degli utenti della strada e da diversi elementi aggiuntivi (cfr. manuale «Strategia di analisi delle criticità e di riqualificazione» USTRA, Mobilità pedonale Svizzera, 2019).



Fig. 13 Sentiero sterrato



Fig. 14 Sentiero con strato di fondazione

3. Sentiero e realizzazione

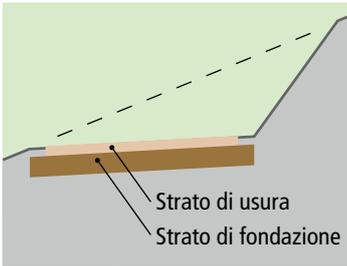


Fig. 15 Sezione tipo di un sentiero con strato di fondazione



Fig. 16 Pietre da guado in una zona paludosa

I materiali che meglio si prestano per gli **strati di fondazione** sono le sabbie ghiaiose e i pietrischi che, grazie alla loro granulometria assortita (da 0 a 32 mm), consentono di ottenere un piano ben compattato. Se è prevista la posa in opera di uno strato di usura (cfr. sotto), per lo strato di fondazione si possono usare pietrischi con granulometrie assortite fino a 45 mm (max. 0/45 frantumato con granulometrie normalizzate).

Se il terreno è fortemente sollecitato, lo strato di fondazione può essere ricoperto con uno **strato di usura** in sabbia ghiaiosa (granulometria fino a 16 mm) di uno spessore di circa 5 cm. I rivestimenti in bitume, catrame e cemento non sono ammessi per i sentieri escursionistici. La legislazione in materia di protezione delle acque vieta inoltre l'impiego di granulato di asfalto o cemento in forma non legata (cfr. «Obbligo di sostituzione dei sentieri», allegato «Fondi adatti per i sentieri», USTRA, Sentieri Svizzeri, 2012).

Di regola **nelle paludi e nelle torbiere** non si possono realizzare strati di fondazione, poiché la ghiaia favorisce un apporto indesiderato di nutrienti. In questi casi è raccomandata la realizzazione di **camminamenti**. Se del caso si possono anche posare pietre da guado (cfr. fig. 16). Il cippato non è consigliato perché richiede una manutenzione complessa.

3.2.3 Tracciato nella roccia

Nella roccia si può in molti casi rinunciare allo strato di fondazione, a condizione che il suolo assicuri una buona aderenza e il tracciato sia sufficientemente largo. Nei punti esposti occorre garantire una libertà di movimento sufficiente per la parte superiore del corpo: **all'altezza delle spalle** il sentiero dovrebbe essere più largo del piano di calpestio. A seconda del tipo di roccia e della frequenza di utilizzazione, si possono formare punti lisci e levigati molto sdruciolevoli. Per evitare **scivolamenti** verso valle, il piano di calpestio può essere realizzato con una lieve pendenza verso monte. Nei passaggi più ripidi si possono scolpire dei gradini nella roccia. In determinati punti del tracciato può rivelarsi necessario un drenaggio trasversale.

Fig. 17 Tracciato nella roccia

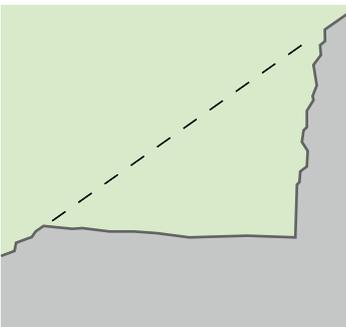


Fig. 18 Sezione tipo nella roccia. Piano di calpestio con lieve pendenza verso monte. Occorre garantire sufficiente libertà di movimento all'altezza delle spalle.



3.2.4 Camminamenti

I camminamenti sono costituiti da tondi o assi spesse allineati in senso perpendicolare all'asse longitudinale del sentiero. Pur essendo più complessi da realizzare, i camminamenti costituiti da assi presentano una superficie più regolare. I tronchi sono legati l'uno all'altro con filo metallico oppure fissati su longheroni sistemati in senso longitudinale. Se il sottofondo è instabile, i longheroni possono a loro volta essere sostenuti da elementi in legno trasversali (cfr. fig. 21). I camminamenti sono una soluzione efficace per l'attraversamento di terreni umidi con scarsa portanza. Per la realizzazione si prestano **specie legnose durevoli** (cfr. allegato «Durabilità delle specie legnose»). Sui sentieri escursionistici in generale e nelle zone umide in particolare si rinuncia a usare legno trattato chimicamente. Per prevenire il rischio di scivolamento sul legno bagnato è possibile irruvidire le superfici (con la motosega) o sovrapporre una rete metallica (lamiera stirata). Anche l'impiego di ghiaia è diffuso, ma possibile solo al di fuori di paludi e torbiere a causa dell'apporto di minerali nel suolo. La durabilità dei camminamenti aumenta notevolmente se si riducono al minimo infiltrazione e inclusione di ossigeno ricoprendo il legno lateralmente con materiale di sterro e il piano di calpestio con del pietrisco (cfr. fig. 20).

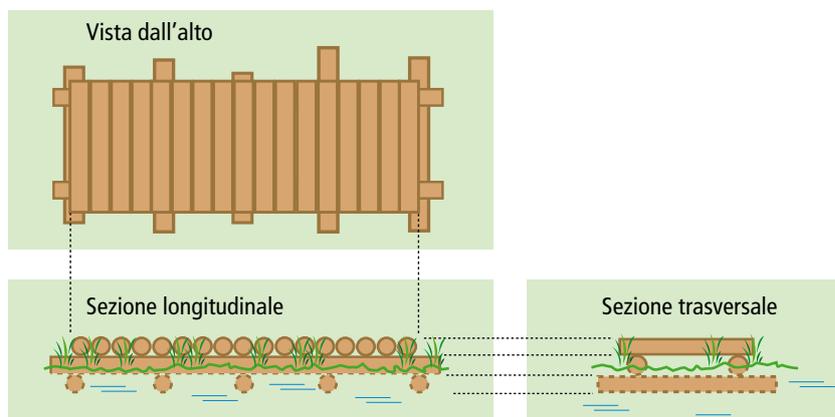


Fig. 19 Ricoprimento del camminamento con terra e pietrisco



Fig. 20 Piano di calpestio di un camminamento ricoperto di pietrisco. La durabilità dei camminamenti aumenta notevolmente se il legno è ricoperto anche lateralmente con del materiale di sterro.

Fig. 21 Camminamento

3.3 Realizzazione del tracciato

3.3.1 Lavori di sgombero

Prima di iniziare i lavori è necessario sgomberare il terreno su cui correrà il tracciato. Nel bosco il percorso deve essere scelto in modo da evitare per quanto possibile l'abbattimento di alberi; se non vi sono alternative, occorre contattare il servizio forestale competente. Il materiale rimosso possibilmente deve essere **accatastato nelle immediate vicinanze**. I rami raccolti e i tronchi (scortecciati e/o secchi per prevenire il rischio di infestazioni da bostrico tipografo) possono essere utilizzati anche per convogliare gli utenti (cfr. cap. 3.4 e 3.5). Allo stesso scopo possono essere impiegati anche i massi più grossi, che devono essere spostati ai margini del sentiero o tenuti come materiale di riserva per realizzare gradini oppure opere di consolidamento. Dopo la costruzione del tracciato, le superfici occupate dal cantiere devono essere smantellate e/o rinaturate

3.3.2 Lavori di scavo

Prima di iniziare grossi lavori di scavo è bene informarsi sulle **esigenze in materia di protezione del suolo** presso il servizio o la sezione cantonale competente. In prossimità di insediamenti e infrastrutture turistiche occorre inoltre informarsi sull'eventuale presenza di condotte di servizio (elettricità, telefono, gas, acqua ecc.) nel sottosuolo.

Terreno pianeggiante

Sui terreni pianeggianti e privi di copertura boschiva, una volta terminati i lavori di sgombero viene asportato uno strato di terra dello spessore necessario per raggiungere la profondità di posa dello strato di fondazione previsto. Sui terreni più porosi si procede alla compattazione del piano di scavo. Il materiale di scavo viene spianato se possibile ai margini del sentiero oppure trasportato altrove. Già in questa fase occorre prestare attenzione al drenaggio per evitare di dover rimediare in un secondo momento al problema dello smaltimento dell'acqua in eccesso sul sentiero. Per prevenire problemi di drenaggio può essere opportuno aggirare gli avvallamenti, rialzare il sentiero e/o realizzare un coronamento o un coronamento arrotondato (cfr. cap. 4.2.1).

Terreni declivi

La realizzazione di tracciati su terreni in pendenza comporta lavori di scavo più complessi. Viene dapprima asportato lo strato superiore di humus che viene conservato separatamente in modo da non mescolarsi con il materiale del sottosuolo. Al termine dello scavo, l'humus viene posato sulle scarpate per accelerare il processo di inerbimento e stabilizzare e consolidare le scarpate. Sui pendii erbosi, lo strato superiore del terreno può essere ritagliato, prelevato e depositato sotto forma di zolle erbose (cfr. cap. 5.7.1).

Una volta asportato lo strato di humus, il sottosuolo viene rimosso, scavando il necessario per ottenere un sentiero della larghezza prestabilita. Sui terreni più porosi si procede alla compattazione del piano di scavo. Il materiale

Le sezioni cantonali di protezione del suolo forniscono tutte le informazioni necessarie. Rivolgersi agli uffici tecnici per le opere ingegneristiche di Cantoni e Comuni o ai gestori competenti per informazioni sulle condotte di servizio.



Fig. 22 Lavori di scavo su un terreno pianeggiante

di scavo eccedente viene spianato sui lati o trasportato altrove. Può anche essere impiegato per modificare la pendenza. In tal caso, a partire da una certa pendenza è fondamentale rimanere sul terreno naturale stabilizzato. Si sconsigliano grosse opere di riporto per la realizzazione delle scarpate (rilevati), poiché sui sentieri vi è un notevole rischio di franamento. Quando si eseguono lavori di scavo su terreni in pendenza occorre prestare particolare attenzione al drenaggio e al consolidamento delle scarpate (cfr. cap. 5.7).

Roccia

La progettazione e la realizzazione di sentieri su terreni rocciosi vanno affidate esclusivamente a imprese specializzate. Si tratta infatti di lavori molto difficili e spesso costosi che implicano l'uso di attrezzature e tecniche speciali (compressore, martello demolitore, brillamenti). In molti casi si devono realizzare manufatti complessi quali passerelle e scale. L'accessibilità complicata e le speciali misure di sicurezza possono rendere i lavori ancora più costosi.

3.3.3 Posa dello strato di fondazione

Lo strato di fondazione viene posato possibilmente con le macchine edili che procedono sullo strato di fondazione già gettato per evitare di danneggiare il piano di scavo. Idealmente questa operazione va effettuata procedendo verso monte. Di regola il materiale viene trasportato sul posto con una carriola a motore e spianato con un escavatore. Lo strato di fondazione va compattato preferibilmente allo stato umido, assicurandosi che la sezione trasversale e longitudinale della sottostruttura corrisponda a quella della superficie del sentiero. Di norma la superficie del sentiero (piano di calpestio) è 5 cm più alta del terreno naturale circostante e per garantire un drenaggio efficace è opportuno che presenti **una pendenza trasversale e un coronamento o un coronamento arrotondato** (cfr. cap. 4.2.1).

Nel bosco lo strato di fondazione viene spesso posato direttamente sul suolo naturale in modo da preservare le radici. Questa misura si rivela efficace anche su suoli umidi, perché consente di prevenire la saturazione idrica del sentiero. Rifinendo il sentiero con appositi cordoli si può evitare il cedimento dei margini (cfr. cap. 3.3.4).

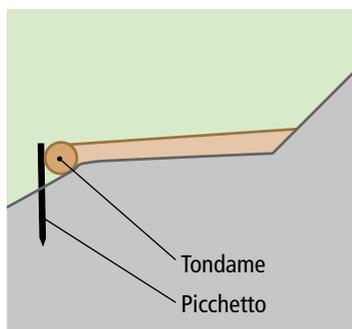


Fig. 23 Cordolo su un lato. È possibile realizzare cordoli anche su entrambi i lati.



Fig. 24 Cordolo su un lato

3.3.4 Cordoli

I cordoli sono strutture che servono a impedire il cedimento dei margini del sentiero. Possono essere realizzati facilmente con tondi fissati mediante picchetti o ferri di armatura. Queste strutture si rivelano molto efficaci sia su terreni declivi (cfr. fig. 23) sia su sentieri pianeggianti con strato di fondazione posato direttamente sul suolo naturale.

A differenza delle strade carrabili, i sentieri escursionistici non sono dotati di banchine. Spesso queste ultime si formano naturalmente con il tempo, man mano che la vegetazione cresce. Delimitare i sentieri con bordure in pietra non è una procedura usuale, eccetto nelle aree insediative.

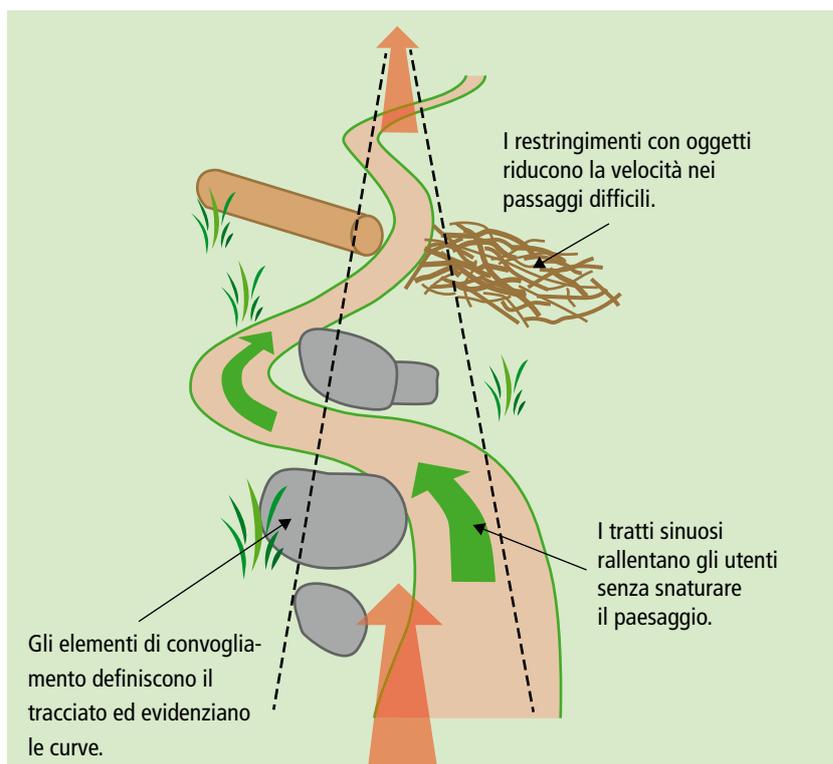
3.4 Misure per convogliare l'utenza

Per motivi di sicurezza e protezione della natura, per prevenire danni al suolo e per evitare diramazioni indesiderate su piste non percorribili è importante che gli utenti non abbandonino il sentiero. Le misure elencate di seguito sono efficaci a tal fine.

- Un sentiero **ben costruito e mantenuto** è il provvedimento più efficace. Gli utenti tendono infatti ad aggirare i tratti tenuti male, i punti fangosi o quelli sui quali la vegetazione cresce liberamente e così facendo allargano il sedime del sentiero. Lo stesso vale per le passerelle e le scale troppo strette per permettere agli utenti di incrociarsi o superarsi.
- Sono altrettanto importanti una **segnaletica** completa e ben visibile (cfr. manuale «Segnaletica dei sentieri», USTRA, Sentieri Svizzeri, 2013) e pannelli di indicazione posizionati nei punti giusti. In assenza di segnavia o mete precise, gli escursionisti tendono a camminare lungo linee di delimitazione (margini boschivi, cespugli).
- Per evitare **diramazioni indesiderate su piste non percorribili** si possono piantare arbusti o sistemare tronchi scortecciati e/o secchi, massi o mucchi di rami oppure spostare terra e livellare il terreno. In prossimità della meta gli escursionisti preferiscono prendere la via più breve e diretta. Inoltre, una volta raggiunta una certa quota, sono restii a percorrere tratti intermedi in discesa. In caso di sentieri a serpentine occorre inoltre evitare di sovrapporre le curve – un aspetto importante anche per l'evacuazione delle acque (cfr. cap. 4.1) – e posizionare elementi di convogliamento quali alberi o massi alle estremità delle curve per evitare che gli escursionisti prendano scorciatoie.
- Anche le **barriere** sono un metodo efficace per segnalare che in un dato punto bisogna rimanere sul sentiero.
- La posa di **recinzioni** lungo sentieri escursionistici va valutata quando è inevitabile l'attraversamento di pascoli con cani da pastore, tori o vacche nutrici e non è possibile spostare il sentiero o il pascolo.

3.5 Misure per convogliare escursionisti e mountain biker

L'obiettivo principale in caso di sentieri condivisi è permettere a tutti gli utenti di percorrerli in sicurezza e **senza stress**. La scheda tecnica «Wandern und Mountainbiken – Entscheidungshilfe zu Koexistenz und Entflechtung» (USTRA, Sentieri Svizzeri, SvizzeraMobile, 2020, disponibile in tedesco e francese) fornisce raccomandazioni per la pianificazione di sentieri destinati a un uso condiviso o separato da parte di escursionisti e mountain biker. Una misura utile per aumentare la sicurezza ed evitare i conflitti è la posa di elementi che **rallentino** i mountain biker (cfr. fig. 25). Oltre a mettere in evidenza il tracciato e le curve, gli **elementi di convogliamento** contribuiscono a ridurre la velocità dei mountain biker e danno maggiore sicurezza agli escursionisti che possono posizionarsi dietro di essi quando incrociano altri utenti. Anche i **restringimenti**, realizzati ad esempio con pietre, alberi o vegetazione, e i **sentieri sinuosi** sono misure efficaci per ridurre la velocità. Occorre assicurarsi che gli elementi di rallentamento si integrino in modo naturale nel tracciato, altrimenti vi è il rischio che vengano rimossi o aggirati.



È importante garantire una buona visibilità, soprattutto in prossimità degli **snodi** potenzialmente pericolosi per gli utenti. Lo si può fare ad esempio tagliando la vegetazione in corrispondenza delle curve o dei punti di incrocio. Allo stesso tempo, se possibile e opportuno, occorre prevedere elementi di rallentamento o zone di attesa. Si raccomanda di verificare l'efficacia delle misure di convogliamento durante i sopralluoghi e/o i controlli per la manutenzione.

Fig. 25 Diverse misure di convogliamento per rallentare i mountain biker e garantire la sicurezza degli escursionisti.



Fig. 26 Misure di riduzione della velocità per permettere di incrociarsi in sicurezza.



Fig. 27 Separare i tracciati su tratti brevi in corrispondenza di punti con scarsa visibilità aumenta la sicurezza degli escursionisti.



4. Drenaggio

I danni più frequenti riscontrati sui sentieri sono imputabili a un drenaggio insufficiente. Sistemi di drenaggio adatti alle condizioni locali (conformazione del terreno, intensità delle precipitazioni) che tengono conto delle diverse forme di utilizzazione permettono di ridurre drasticamente gli interventi di manutenzione. Sui sentieri escursionistici il drenaggio svolge essenzialmente due funzioni:

- far defluire l'acqua piovana che si accumula sulla superficie del sentiero;
- far defluire l'acqua di versante che scende sul sentiero.

Un'opera di drenaggio ben concepita si contraddistingue per il fatto che **raccolge le acque nel punto giusto** e le fa **defluire in un punto adatto** senza erodere il sentiero e il terreno. Le misure di drenaggio vanno quindi definite tenendo conto in modo adeguato del territorio. Per rimanere efficaci, ossia permettere all'acqua di defluire, le opere di drenaggio devono essere sottoposte periodicamente a **controlli, manutenzione e pulizia**. Le misure di drenaggio possono essere realizzate a basso costo utilizzando il materiale disponibile sul posto.

In caso di **precipitazioni intense** e frequenti, anche un sistema di drenaggio ben costruito ed efficiente può raggiungere i suoi limiti. Per preservare la qualità dei sentieri occorre quindi prestare particolare attenzione alla capacità di evacuazione delle acque a breve termine nei punti esposti e a rischio. Di seguito i possibili provvedimenti da adottare a tal fine.

- Definire un tracciato che permetta di far defluire le acque in modo efficace per evitare di dover realizzare costose opere di drenaggio (cfr. cap. 4.1).
- Dimensionare in modo generoso le opere di drenaggio in fase di progettazione e costruzione in modo che possano assorbire i picchi di deflusso, con il rischio però di realizzare opere che difficilmente vengono utilizzate al massimo delle loro capacità e che deturpano il paesaggio (cfr. punto successivo).
- Se le opere di drenaggio sono sottodimensionate rispetto ai picchi di deflusso attesi, è probabile che si debba procedere a un ripristino completo del sentiero dopo un evento di forte intensità. In questo caso, per motivi di responsabilità civile, occorre disporre rapidamente la chiusura del sentiero e allestire un piano di ripristino.



Fig. 28 Erosione estesa su un pendio

Fig. 29 Terreno a rischio di erosione

Nelle zone umide e nelle zone agricole un drenaggio inadeguato può avere ripercussioni particolarmente gravi. In caso di interventi in zone sensibili occorre quindi consultare esperti in materia di agricoltura e protezione della natura.

4.1 Tracciato e drenaggio

In sede di definizione del tracciato vengono poste le basi per un drenaggio efficace. È importante rispettare i principi e le regole seguenti.

Fig. 30 Schema della regola del 50 per cento della pendenza

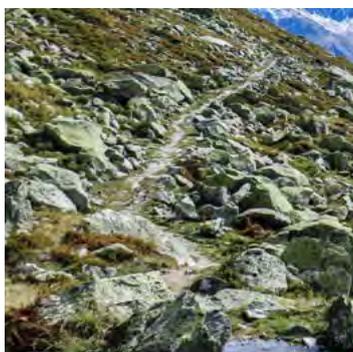
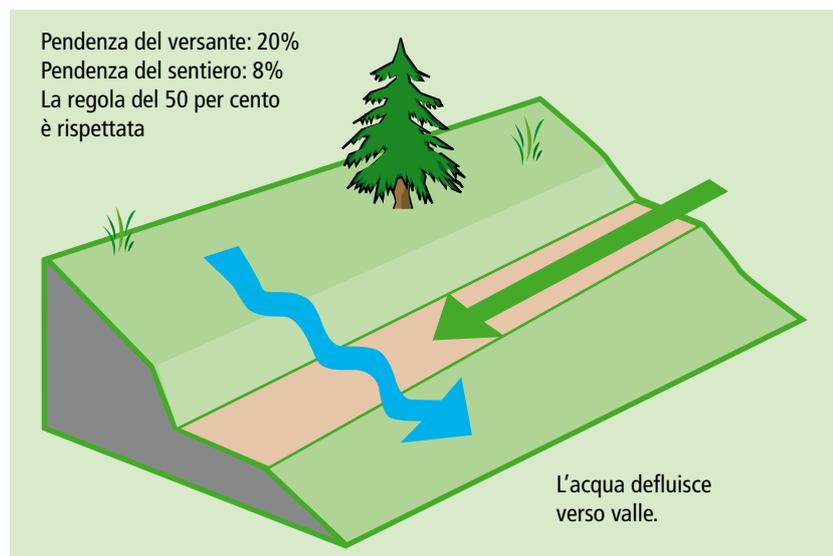


Fig. 31 Regola del 50 per cento della pendenza



Regola del 50 per cento della pendenza: la pendenza di un sentiero non dovrebbe superare la metà della pendenza del versante per evitare che l'acqua di superficie scorra lungo il sentiero con conseguente erosione del tracciato.

Fig. 32 Schema della pendenza media

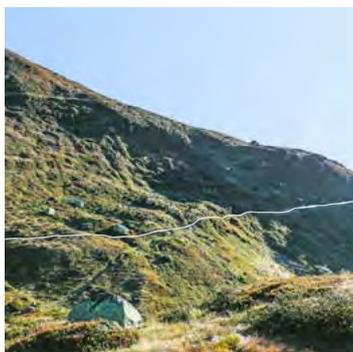
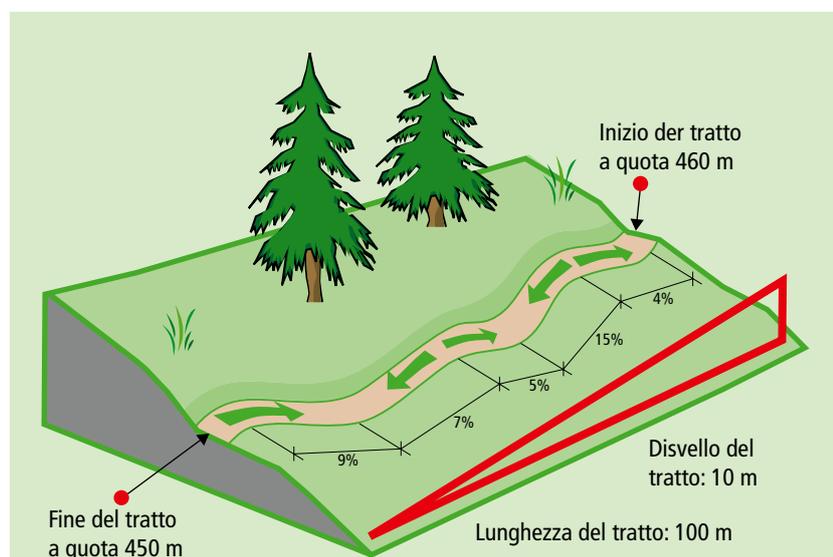
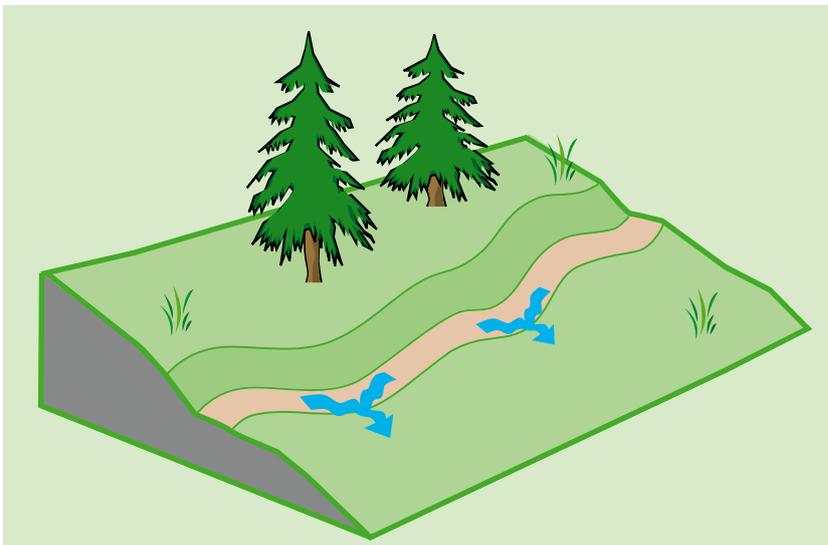


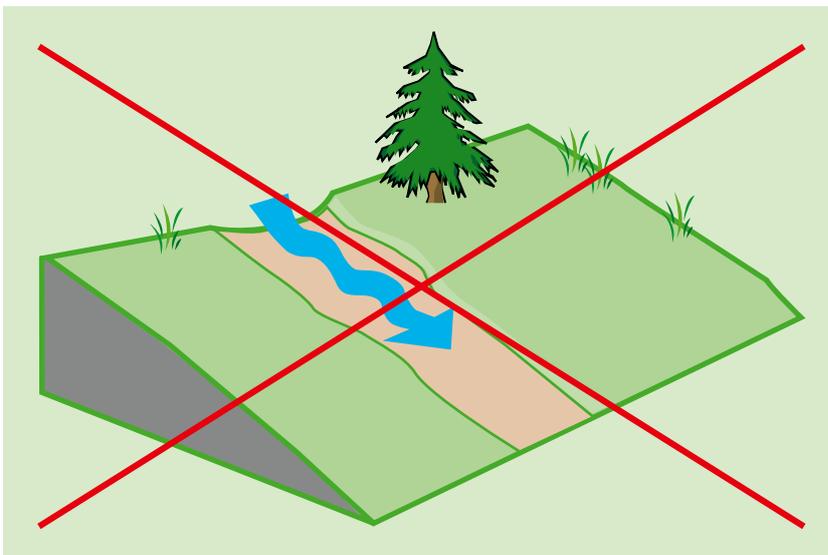
Fig. 33 Pendenza media



Pendenza media: la pendenza di un sentiero dovrebbe essere in media del 10 per cento affinché le acque di superficie non possano prendere velocità ed erodere il tracciato. Una pendenza media superiore al 15 per cento implica interventi di manutenzione molto più importanti. Per determinare la pendenza media è opportuno considerare un tratto piuttosto lungo del sentiero.



Cambi di pendenza regolari: un'altra misura per evitare che l'acqua prenda velocità su tratti estesi è prevedere cambi di pendenza. Con leggere contropendenze è possibile deviare le acque meteoriche a intervalli regolari e prevenire l'erosione della superficie.



Evitare la linea di massima pendenza: come l'acqua quando scorre naturalmente, la linea di massima pendenza segue la via più breve verso valle, ossia la pendenza del versante. Un sentiero costruito sulla linea di massima pendenza si erode rapidamente e sprofonda nel terreno lasciando esposte radici, pietre, ghiaia e rocce.

Fig. 34 Schema dei cambi di pendenza regolari



Fig. 35 Cambi di pendenza regolari

Fig. 36 Schema per evitare la linea di massima pendenza



Fig. 37 Evitare la linea di massima pendenza

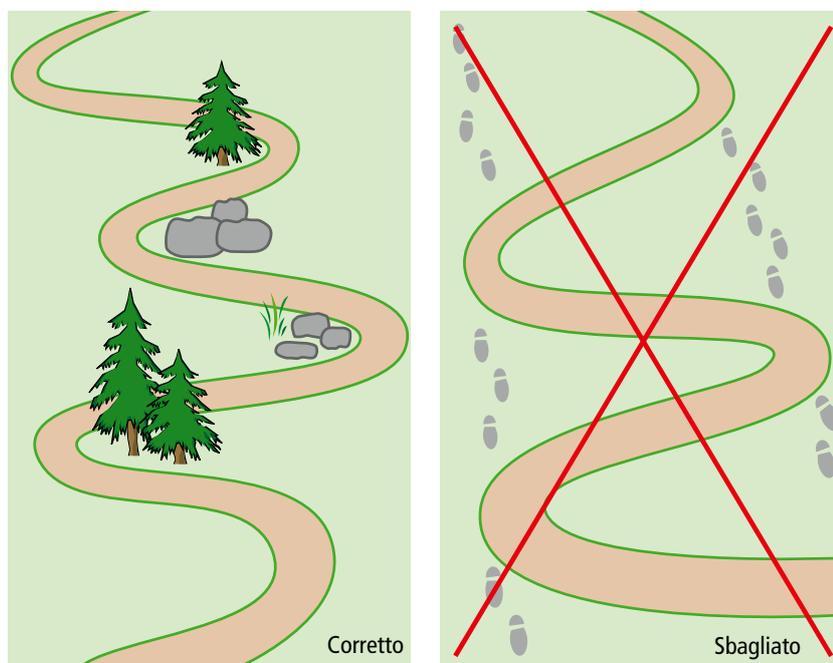
Serpentine

Le serpentine hanno lo scopo di **ridurre la pendenza del sentiero**. L'acqua proveniente dal drenaggio longitudinale viene fatta defluire in corrispondenza dei **punti di svolta**. In caso di pendenza all'uscita di una curva è fatta defluire verso valle (cfr. fig. 39). I cambi di direzione vengono realizzati su tratti piani e stabili del pendio e in linea di massima il percorso devia in presenza di massi e alberi. Queste misure sono finalizzate a rendere comodo il sentiero e prevenire il dilavamento del piano di calpestio. Quando i punti di svolta devono necessariamente essere realizzati su tratti ripidi, nell'area di curva la larghezza del tracciato viene raddoppiata. A valle i margini possono essere consolidati con delle pietre (muri a secco). Per facilitare la salita e la discesa nei punti di svolta si possono inoltre costruire alcuni gradini (cfr. fig. 40). Un'opportuna pendenza trasversale dei gradini verso il lato esterno della curva favorisce il deflusso dell'acqua.

Fig. 38 Le serpentine realizzate correttamente prevengono danni da erosione e possibili scorciatoie.

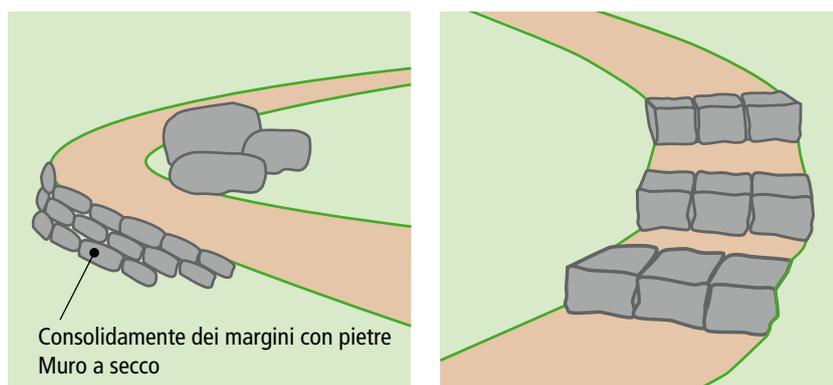


Fig. 39 Drenaggio nel punto di svolta



È importante che i punti di svolta **non siano situati tutti sulla linea di massima pendenza** (cfr. fig. 38). I tratti di sentiero tra un punto di svolta e l'altro dovrebbero quindi avere lunghezze diverse per evitare che in

Fig. 40 Punti di svolta con muretto o scala



corrispondenza dei cambi di direzione l'acqua defluisca direttamente verso la curva sottostante, provocando danni da erosione. Questo accorgimento dissuade inoltre gli utenti dall'accorciare il percorso tagliando la curva.

4.2 Drenaggio trasversale

Il drenaggio trasversale serve a far defluire verso i lati le acque meteoriche che scorrono sulla superficie del sentiero. Il deflusso è reso possibile dalla pendenza trasversale del sentiero. Sui sentieri che presentano una pendenza longitudinale occorre adottare soluzioni aggiuntive come la posa di canalette per garantire l'evacuazione delle acque (cfr. cap. 4.2.2).

4.2.1 Drenaggio tramite inclinazione della superficie del sentiero

Pendenza trasversale verso valle

In caso di pendenze lievi o medie, afflusso limitato di acqua di versante e scarpata stabile sul lato a valle, una pendenza del 3–5 per cento verso valle garantisce un drenaggio efficace lungo il sentiero. Il drenaggio verso valle ha il vantaggio di richiedere **interventi di manutenzione ridotti**, poiché non si rende necessario un sistema di drenaggio longitudinale.

Pendenza trasversale verso monte

In caso di forte afflusso di acqua di versante e/o suolo interessato da fenomeni di erosione, è opportuno conferire alla superficie del sentiero una pendenza verso monte del 3–5 per cento. Questa soluzione può rivelarsi efficace anche su terreni esposti, visto che consente di prevenire il rischio di scivolamento verso valle. Sui sentieri con pendenza trasversale verso monte l'acqua viene fatta defluire con l'aiuto di canalette trasversali mediante un **fosso di scolo longitudinale lungo il lato a monte**.

Pendenza su sentieri pianeggianti

Per favorire il drenaggio dei sentieri pianeggianti si può ricorrere a una **pendenza trasversale o a un coronamento** (arrotondato) del piano di calpestio. Se il terreno circostante è in grado di assorbire sufficienti quantità d'acqua, non è necessario adottare misure supplementari. Sui suoli tendenti a saturazione idrica si raccomanda di predisporre anche un sistema di drenaggio longitudinale o di rialzare il sentiero. La pendenza trasversale va ripristinata di tanto in tanto, visto che con il tempo si appiattisce.

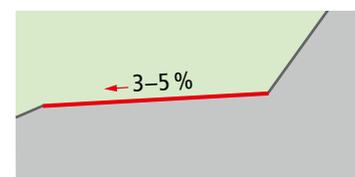


Fig. 41 Pendenza trasversale verso valle

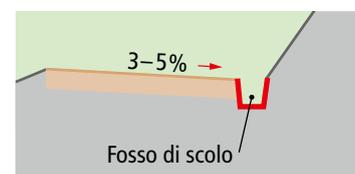


Fig. 42 Pendenza trasversale verso monte

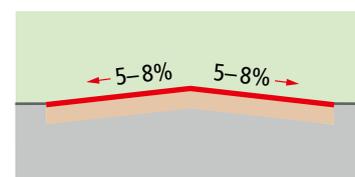


Fig. 43 Sentiero con coronamento

4.2.2 Drenaggio tramite canalette

Le canalette trasversali servono a far defluire lateralmente l'acqua sui sentieri con pendenze longitudinali pari o superiori al 10 per cento e l'acqua raccolta con i sistemi di drenaggio longitudinale.

Il corretto posizionamento, la pulizia e la manutenzione periodica delle canalette sono fondamentali per garantirne il buon funzionamento. Per far defluire le acque meteoriche in modo controllato, le opere di drenaggio devono essere realizzate al di sopra dei tratti di sentiero che seguono le linee di massima pendenza, dei manufatti (scale, cordoli e muretti di sostegno) e dei punti di svolta.

Fig. 44 Un tipo diffuso di drenaggio trasversale sono le cunette in legno.

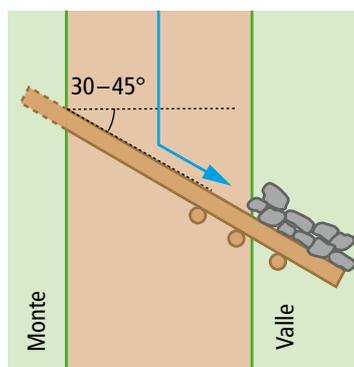


Fig. 45 Protezione dall'erosione con pietre

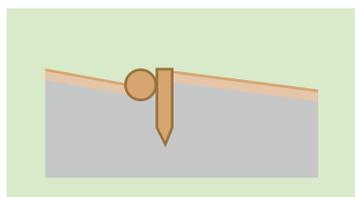


Fig. 46 Canaletta in tondi di legno

Per ottenere il **massimo effetto autopulente** con il deflusso dell'acqua, le canalette trasversali devono essere costruite con una pendenza del 5 per cento circa e un angolo compreso tra 30 e 45 gradi rispetto all'asse longitudinale del sentiero. Idealmente sporgono di almeno 20 cm dal bordo del sentiero. Per prevenire fenomeni di erosione, la scarpata a valle viene consolidata collocando pietre in corrispondenza del punto di sbocco (cfr. fig. 45). Sui pendii esposti al rischio di erosione le acque meteoriche vanno evacuate in maniera controllata e fatte convogliare ad esempio verso ruscelli, fossi o terreni più stabili nelle immediate vicinanze.

Canalette realizzate con tondi o travi

Per realizzare canalette semplici si può utilizzare il legno (cfr. fig. 46). I tondi o le travi di diametro non superiore a 25 cm vengono posati nel sedime a circa 10 cm di profondità e fissati con picchetti o ferri di armatura. In alternativa si possono utilizzare tronchi con intaglio longitudinale da posare con la superficie di taglio rivolta verso l'alto. Sul lato a monte le canalette vanno interrate nella scarpata per evitare che l'acqua possa scorrere lungo il sentiero. Le canalette in tondi si prestano per tutti i tipi di sentieri e regimi di precipitazioni.

Canalette in pietra naturale

Le canalette semplici possono essere realizzate anche con pietre naturali. Vengono spesso utilizzate sui sentieri di montagna e sono adatte a tutti i regimi di precipitazioni. Le pietre vengono allineate trasversalmente sul sentiero e interrate a una profondità di 10-20 cm. Il fissaggio con picchetti o

4. Drenaggio

ferri di armatura impedisce che le pietre si ribaltino. La prima pietra va integrata nella scarpata a monte per evitare che l'acqua possa scorrere lungo il sentiero. Le pietre non dovrebbero sporgere oltre 15 cm dal piano di calpestio del sentiero; se posate allo stesso livello sono superabili anche in mountain bike.

Canalette con labbro in gomma

In linea di principio i sentieri escursionistici vanno realizzati con materiali naturali disponibili in loco. Sui tratti con una pendenza longitudinale superiore al 20 per cento accessibili anche alle mountain bike, può tuttavia rivelarsi opportuna la posa di una striscia in gomma (labbro) con un angolo adeguato (30–45°) rispetto all'asse trasversale del sentiero (cfr. fig. 47). I vantaggi di questa soluzione sono dati dalla flessibilità del materiale: i detriti e l'acqua sono trattiene e fatti defluire, la pulizia è relativamente semplice. La canaletta è facilmente superabile in mountain bike.



Indicazione per sentieri percorribili in bicicletta e mountain bike

In questi casi il tipo di drenaggio deve essere oggetto di un'attenta valutazione. Le canalette con pareti verticali in legno o pietra naturale sono pericolose per chi si sposta sulle due ruote.

Le soluzioni più adatte sono quelle che presentano una successione di dossi e avvallamenti, con canalette in pietra naturale transitabili (cfr. cap. 4.2.3), in misura limitata anche con canalette trasversali dai bordi smussati.

Le canalette non dovrebbero sporgere oltre il livello del piano di calpestio per poter essere superate senza pericolo.

Fig. 47 Canaletta con labbro in gomma

Cunette

Le cunette trasversali sono una soluzione molto diffusa per far defluire le acque lungo i sentieri. Sono più resistenti delle semplici canalette in legno o pietra naturale, ma la loro realizzazione è più complessa. Possono essere costruite sul posto utilizzando legname segato o pietre sgrossate (cfr. fig. 48 e 49). In commercio sono disponibili cunette prefabbricate in legno, calcestruzzo e acciaio. La profondità d'infissione nel sedime è di circa 15 cm e il bordo superiore è allo stesso livello del piano di calpestio. La luce interna dovrebbe corrispondere a 10–15 cm. Occorre scegliere un tipo di cunetta trasversale le cui caratteristiche e dimensioni permettano di evitare il ricorso a cambre (per contrastare un'eventuale spinta delle sponde), che rendono difficoltosi i lavori di pulizia. Un consolidamento verticale con ferri di armatura o tiranti fissati al suolo garantisce una maggiore resistenza alla pressione dal basso. Le cunette trasversali sono una soluzione efficace sui sentieri larghi più di 2 m ed esposti a forti precipitazioni.

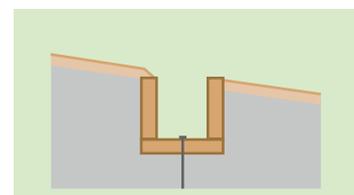


Fig. 48 Cunetta trasversale in legno

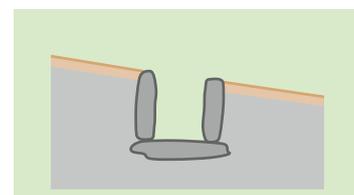


Fig. 49 Cunetta trasversale in pietra

4. Drenaggio

In fase di realizzazione occorre prestare attenzione alla scelta dell'angolo, che non deve essere né troppo stretto né troppo ampio rispetto all'asse longitudinale del sentiero (angolo ottimale: 30–45°). Anche i modelli e i materiali vanno scelti tenendo conto della situazione specifica: un'attenta valutazione delle condizioni presenti e future riguardo alle precipitazioni e al deflusso delle acque aiuta a scegliere la tipologia più idonea.

Fig. 50 Le cunette trasversali vanno scelte correttamente e sottoposte a regolare pulizia e manutenzione.



Fig. 51 Se l'angolo rispetto all'asse longitudinale del sentiero è troppo stretto (inferiore a 30°), è probabile che la canaletta si intasi più spesso e più rapidamente.



Tubazioni

L'acqua raccolta con sistemi di drenaggio longitudinale può essere evacuata anche attraverso tubi interrati e trasversali al sentiero. Il diametro interno di questi ultimi non dovrebbe essere inferiore a 15 cm. Potendo essere interrati, i tubi consentono di realizzare piani di calpestio uniformi e molto confortevoli da percorrere e la posa di collettori per fanghi a monte permette di evitarne l'intasamento. In tal caso occorre però adottare misure adeguate per proteggere la piccola fauna e assicurare una pulizia regolare.

4.2.3 Drenaggio trasversale con spostamento di materiale di scavo

Fossi con riporto di ghiaia

Un altro sistema semplice per evacuare le acque senza ricorrere a materiale esterno consiste nello scavare fossi a U trasversalmente al sentiero. Il materiale di scavo viene depositato e costipato lungo il fosso per creare un terrapieno, la cui solidità può essere migliorata grazie a misure supplementari di stabilizzazione realizzate con pietre (cfr. fig. 52 e 53). Per queste opere è opportuno scegliere un angolo leggermente più ampio (circa 45–60°). Per il drenaggio, la pendenza trasversale verso valle è essenziale in quanto l'acqua defluisce già molto prima della barriera. Il dislivello tra il fosso e il terrapieno è di circa 20 cm, la larghezza del fosso può raggiungere fino a 50 cm. Realizzazione e manutenzione sono vantaggiose in termini di costi. I fossi con riporto di terra o ghiaia sono indicati per sentieri con pendenza longitudinale ridotta, esposti a precipitazioni moderate, sui quali non transitano veicoli.

Avvallamento semicircolare con cambio di pendenza e rampa

È anche possibile realizzare rampe di dimensioni nettamente superiori senza l'apporto di materiale esterno. La rampa ascendente (cambio di pendenza) e il drenaggio a monte (avvallamento semicircolare nella fig. 54) assicurano il deflusso dell'acqua dal tracciato. La pulizia è semplice e l'opera superabile in mountain bike. In caso di forte pendenza longitudinale (superiore al 10%) o terreni con scarsa capacità di infiltrazione, si consiglia di rinforzare la base della rampa con pietre possibilmente grandi e pesanti. Questo accorgimento rende l'opera molto stabile e duratura.

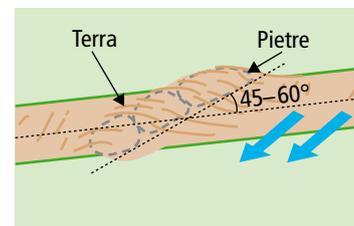


Fig. 52 Fosso con riporto di terra o ghiaia



Fig. 53 Riporto di ghiaia consolidato con pietre

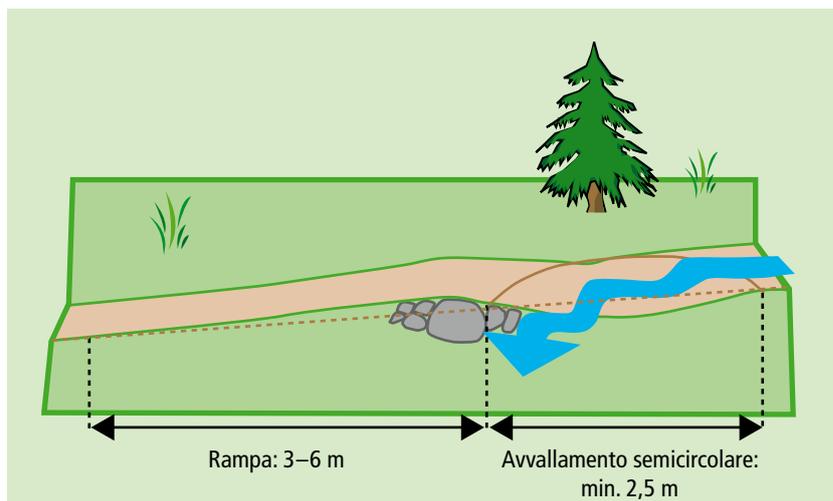


Fig. 54 Avvallamento semicircolare con cambio di pendenza e rampa

4.3 Drenaggio longitudinale



Fig. 55 Drenaggio longitudinale

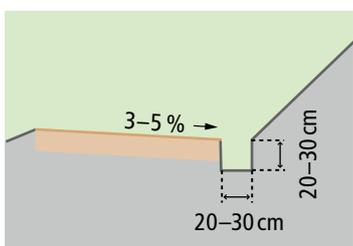


Fig. 56 Fosso di scolo

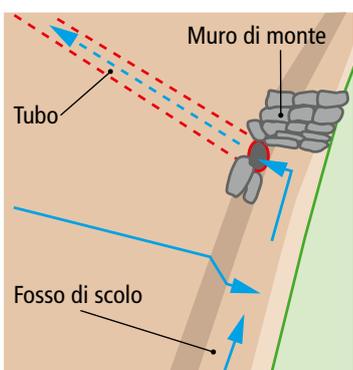


Fig. 57 Pozzetto

I sistemi di drenaggio longitudinale servono a evacuare l'acqua di versante o l'acqua di deflusso che scorre sulla superficie, in particolare sui sentieri che presentano una pendenza trasversale verso monte o confinano con terreni a bassa capacità di assorbimento.

Il drenaggio longitudinale avviene, laddove possibile, per mezzo di fossi aperti. Per garantire un deflusso sufficiente è necessaria una pendenza longitudinale costante del 3-5 per cento. L'acqua proveniente dal drenaggio longitudinale viene evacuata in corrispondenza delle curve e dei punti di svolta oppure per mezzo di canalette.

Fossi aperti

La variante più diffusa di drenaggio longitudinale sono i fossi aperti verso monte (cfr. fig. 56). Le **dimensioni** dei fossi dipendono dalla superficie imbriferata, dall'intensità delle precipitazioni, dalla pendenza longitudinale e dagli intervalli tra le canalette. Nella maggior parte dei casi sono sufficienti una larghezza e una profondità di 20-30 cm. Se il sottosuolo è instabile e il sentiero ha una pendenza longitudinale superiore al 15 per cento è opportuno rinforzare i fossi internamente. Nella costruzione di sentieri i rivestimenti in pietra risultano molto efficaci. Gli elementi in calcestruzzo e le canaline metalliche sono poco estetici e vengono utilizzati solo di rado.

Pozzetti

I pozzetti (cfr. fig. 57) servono a convogliare verso le canalette l'acqua proveniente dal drenaggio longitudinale. A tale scopo, il fosso longitudinale deve essere dotato di un **muro di monte** ubicato direttamente sotto il pozzetto. I muri di monte possono essere realizzati in pietra e se necessario devono essere rasati con la malta. Sono efficaci anche elementi tubolari in calcestruzzo posti in senso verticale e dotati di chiusura. A tutela della piccola fauna, i pozzetti non devono essere provvisti di profondi bacini di decantazione (collettori per fanghi) contenenti acqua stagnante.

Trincee drenanti

Nella costruzione di sentieri le trincee drenanti sono una soluzione opportuna **solo in casi eccezionali**, poiché sono costose da realizzare e richiedono molti interventi di manutenzione. Devono essere prese in considerazione solo quando, per ragioni di sicurezza, non si possono costruire fossi aperti. Sabbie ghiaiose pulite, ben assortite e di diverse granulometrie filtrano le acque meteoriche, ma devono essere pulite periodicamente (il che implica la posa di pozzi di manutenzione a intervalli regolari). Per evacuare afflussi più consistenti d'acqua si può posare un tubo drenante sul fondo della trincea.

4.4 Drenaggio delle scarpate

Se i versanti e le scarpate sono ricoperti da un manto vegetale fitto e uniforme e non presentano segni di erosione o franamenti, non è necessaria alcuna opera di drenaggio. In caso di **scarpate sature d'acqua e instabili** si raccomanda la realizzazione di un sistema di drenaggio sulla scarpata a monte, eventualmente anche su quella a valle.

Evacuazione delle acque mediante piantagione di arbusti

Sulle scarpate interessate da un afflusso d'acqua minimo ma continuo, un metodo di drenaggio efficace è la piantagione di arbusti. Attraverso le radici gli arbusti assorbono continuamente l'acqua, che evapora poi attraverso le foglie. La piantagione di arbusti funge dunque da sistema di pompaggio capillare in grado di drenare il suolo fino in profondità. Le radici contribuiscono inoltre a consolidare la scarpata (cfr. cap. 5.7.1). Gli arbusti con funzione drenante vanno scelti e piantati da specialisti.

Canalette drenanti e letti di ghiaia

Quando si costruiscono sentieri escursionistici lungo i versanti si perforano spesso strati acquiferi. Per evacuare efficacemente l'acqua e stabilizzare le scarpate si realizzano canalette drenanti a forma di Y riempite con pietrisco che assicurano una permeabilità adeguata (cfr. fig. 58). In corrispondenza di importanti fuoriuscite d'acqua può essere opportuno realizzare letti di ghiaia nella scarpata. L'acqua proveniente dalle canalette drenanti o dai letti di ghiaia viene smaltita attraverso un sistema di drenaggio longitudinale.

Sul sito dell'Associazione per l'ingegneria naturalistica si trovano gli indirizzi di imprese specializzate.

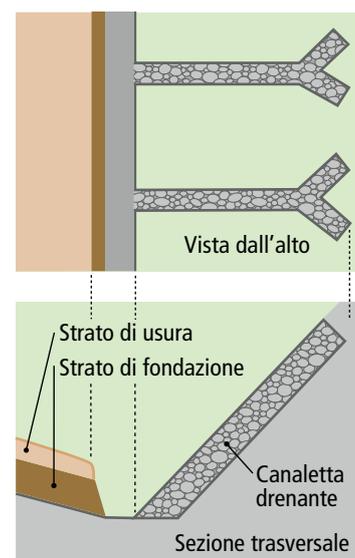


Fig. 58 Canalette drenanti



5. Manufatti

I manufatti servono a **stabilizzare** i sentieri e i pendii, proteggere da pericoli e cadute o migliorare il comfort per i fruitori. Realizzarli e mantenerli è dispendioso, pertanto è opportuno limitarne il più possibile il numero e lo standard costruttivo in funzione della categoria di sentiero.

Per garantire la **sicurezza** degli utenti, i manufatti devono essere sottoposti a verifiche periodiche. La checklist «Controllo dei sentieri escursionistici: sentieri, manufatti e vie di comunicazione storiche» in allegato enumera gli aspetti importanti da considerare.

5.1 Attraversamento di corsi d'acqua e fossi

I corsi d'acqua e i fossi di scorrimento devono poter essere attraversati in **sicurezza e per lo più all'asciutto**. Le soluzioni a tal fine devono essere adatte alla portata massima e alle esigenze della rispettiva **categoria di sentiero**. Di regola, sui sentieri segnalati in giallo l'attraversamento si effettua mediante passerelle o ponti, su quelli di montagna attraverso guadi o pietre.

5.1.1 Pietre da guado

Le pietre da guado sono la **soluzione più semplice** per attraversare un corso d'acqua. Poiché i sentieri escursionistici non richiedono particolari abilità a chi li percorre, questa soluzione va adottata con moderazione ed è indicata unicamente per piccoli corsi d'acqua che non comportano rischi di trascinamento e la cui portata varia solo in misura minima. Se queste condizioni sono riunite, l'utilizzo di pietre da guado sui sentieri è ammesso. Sui sentieri di montagna queste ultime possono essere utilizzate solo se non sussistono particolari difficoltà né rischi per l'incolumità degli utenti. Vengono posate nell'alveo a una distanza compresa tra 0,6 e 0,8 m.

5.1.2 Guadi

I guadi sono **punti poco profondi**, naturali o ricavati artificialmente, che permettono l'attraversamento a piedi di un corso d'acqua. Sui sentieri escursionistici le pietre da guado si prestano per superare corsi d'acqua con un livello di deflusso minimo inferiore a 10 cm e variazioni di portata minime. I guadi dovrebbero essere più larghi possibile in modo che l'acqua possa distribuirsi su un'ampia superficie orizzontale, così da garantire sempre una bassa profondità. L'ideale è lastricare i guadi con pietre naturali recuperate nell'area circostante. Il cemento va evitato poiché tossico per gli organismi acquatici.

5.1.3 Canali di scolo

I canali di scolo sono tubi in cemento, acciaio ondulato o plastica interrati trasversalmente al sentiero. Sono adatti a piccoli corsi d'acqua con variazioni minime dei deflussi e trasporto ridotto di materiale detritico. Devono essere dimensionati in modo generoso perché possono ostruirsi e richiedono una manutenzione regolare.

La necessità di realizzare manufatti per l'attraversamento di corsi d'acqua e per la protezione dalle cadute e dai pericoli naturali nonché i requisiti corrispondenti sono descritti nella guida «Sentieri escursionistici: prevenzione dei rischi e responsabilità».

La pubblicazione «Costruzioni in legno per sentieri» (UFAP/USTRA, 1992/2009) presenta in dettaglio i vari tipi di manufatti.



Fig. 59 Pietre da guado



Fig. 60 Guado



Fig. 61 Canale di scolo

5.2 Ponti

Costruzione di ponti sospesi

I ponti sospesi devono garantire un'adeguata protezione dalle cadute (parapetti), una visibilità sufficiente (ad es. piano di calpestio chiuso e parapetti con pannelli di riempimento) e resistere alle oscillazioni (cfr. «Delimitazione delle categorie di sentieri escursionistici», USTRA, Sentieri svizzeri, pag. 12).

A causa della sensazione di instabilità e disagio che possono provocare, i ponti sospesi non sono apprezzati da tutti gli escursionisti. La decisione di costruire una struttura di questo tipo andrebbe pertanto presa solo in presenza di circostanze cogenti, ad esempio per questioni di sicurezza (pericoli naturali) o per evitare lunghe deviazioni..

I ponti sui sentieri escursionistici esigono un'accurata **pianificazione** e una **costruzione** a regola d'arte e sono **soggetti ad autorizzazione**. Oltre a richiedere un grande dispendio di lavoro e materiale, devono essere sottoposti a controlli e manutenzione periodici (per la periodicità dei controlli cfr. cap. 6.1). Questo capitolo è dedicato alla costruzione di **ponti pedonali di piccole dimensioni** e ai principi tecnici applicabili. Per la realizzazione di ponti con campata maggiore, ponti in metallo, ponti sospesi e ponti aperti al transito di veicoli, cavalli e bestiame si raccomanda l'adozione di tecniche costruttivo-ingegneristiche conformi alle norme pertinenti (tra cui SIA 261 Azioni sulle strutture portanti, SIA 263 Costruzioni in acciaio e SIA 265 Costruzioni di legno). Per la costruzione di questo tipo di opere occorre fare riferimento a specialisti del settore.



Fig. 62 Ponte su sentiero escursionistico con corrimano su entrambi i lati

5.2.1 Scelta dell'ubicazione

Il punto in cui realizzare l'attraversamento deve essere scelto considerando diversi aspetti:

- il ponte deve attraversare il punto più stretto del corso d'acqua o del fosso;
- il tratto del corso d'acqua deve essere possibilmente rettilineo per evitare lo scalzamento delle fondamenta dovuto all'azione erosiva delle acque;
- l'ubicazione prescelta va protetta da pericoli naturali come caduta di massi o valanghe;
- occorre trovare punti idonei per la posa delle spalle;
- nel limite del possibile, i ponti non devono essere troppo distanti dal tracciato dell'itinerario escursionistico.

5.2.2 Dimensionamento e standard costruttivi

Tra il bordo inferiore del ponte e il livello di piena atteso del corso d'acqua deve esserci un **bordo libero** (distanza di sicurezza) per prevenire esondazioni e ostruzioni provocate dal materiale legnoso trasportato dalla corrente. L'altezza del bordo libero deve essere concordata con l'autorità preposta al rilascio dell'autorizzazione.

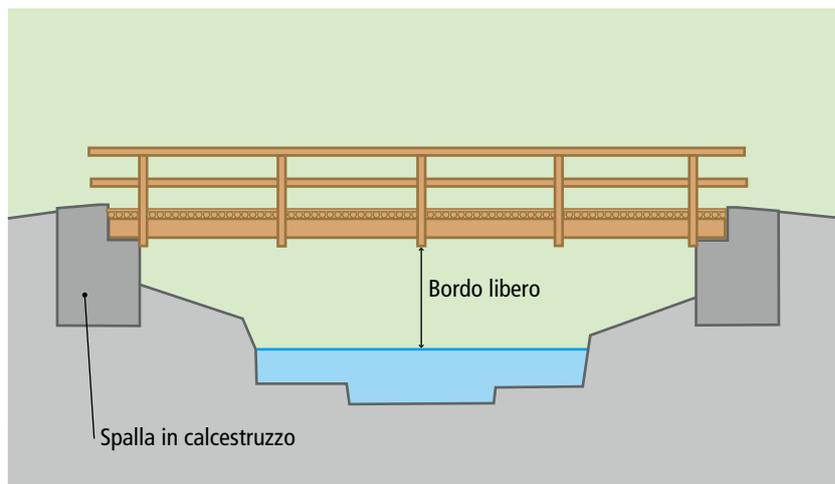


Fig. 63 Sezione longitudinale di un ponte in legno

La larghezza dei ponti pedonali idealmente deve corrispondere alle larghezze minime raccomandate per la corrispondente categoria di sentiero (cfr. cap. 3.1). Per l'**installazione dei parapetti** si applicano le seguenti raccomandazioni:

- di norma nessun parapetto lungo i sentieri segnalati in giallo, se il ponte si erge a meno di un metro dal fondo/alveo, e in corrispondenza di attraversamenti poco esposti su sentieri alpini e di montagna;
- parapetto su un solo lato su tutti gli altri sentieri segnalati in giallo e in corrispondenza di attraversamenti esposti su sentieri di montagna;
- parapetto su entrambi i lati in corrispondenza di attraversamenti esposti (gole, torrenti ecc.) su sentieri segnalati in giallo.

5.2.3 Spalle

Le spalle devono essere costruite su suolo stabile e asciutto. Una distanza adeguata dalla linea di sponda consente di prevenire lo scalzamento dovuto all'azione erosiva delle acque. Le spalle sono realizzate generalmente con blocchi di pietra, gabbioni o in calcestruzzo. Per realizzare spalle in legno, occorre utilizzare solo specie legnose durevoli (eventualmente modificate) delle classi 1 e 2 (cfr. allegato «Durabilità delle specie legnose»).

Nei punti in cui le condizioni del suolo sono sfavorevoli occorre stabilizzare il terreno. Un metodo efficace consiste nel **sostituire il terreno instabile** con sabbie ghiaiose, massi di pietra o gabbioni.

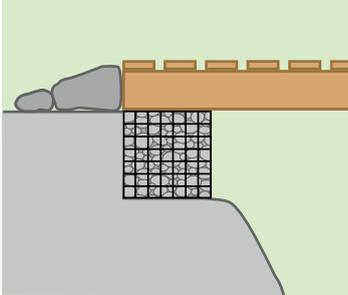


Fig. 64 Spalla realizzata con un gabbione

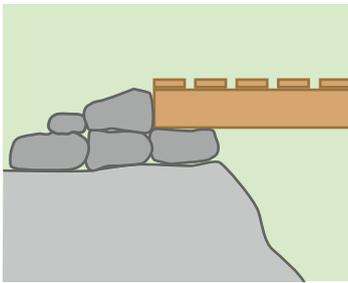


Fig. 65 Spalla realizzata con blocchi di pietra

Fig. 66 Spalla in calcestruzzo

Fig. 67 Il legno è un materiale meno adatto per realizzare le spalle dei ponti perché può marcire e invecchiare rapidamente.



Nelle zone palustri si consiglia di evitare questo tipo di interventi per motivi di protezione della natura. In alternativa si possono piantare nel terreno pali di legno: il suolo paludoso acido preserva il legno garantendo durabilità alla struttura (cfr. cap. 5.2.6).

Un'alternativa alla realizzazione di spalle massicce sono le fondazioni con viti di ancoraggio. Possono essere realizzate direttamente nel terreno e in forma modulare, senza lavori di scavo e senza getto di calcestruzzo.



Fig. 68 Le fondazioni con viti di ancoraggio sono un'alternativa alla realizzazione di spalle massicce.

5.2.4 Sovrastruttura

Spesso la sovrastruttura dei ponti pedonali (struttura portante principale) è realizzata interamente in legno. Rispetto al metallo, il legno ha il vantaggio di essere reperibile sul posto e poter essere lavorato con strumenti semplici. Sui sentieri escursionistici sono molto diffusi i ponti composti da due longheroni realizzati con tondi di diametro compreso tra 16 e 38 cm. La pubblicazione «Costruzioni in legno per sentieri» (UFAFP/USTRA, 1992/2009, pag. 56) propone una base di calcolo per il dimensionamento. Occasionalmente si possono utilizzare longheroni in acciaio zincato a caldo (si raccomanda di tenere conto delle indicazioni del fabbricante concernenti la portata).



Fig. 69 Dettagli della struttura portante principale di un ponte in legno



Fig. 70 Piano di calpestio antiscivolo con listelli di legno fissati trasversalmente

Il piano di calpestio può essere realizzato con tondi o semitondi di diametro pari a circa 10 cm o con assi di legno di spessore compreso tra 5 e 6 cm. Per una maggiore durabilità dei manufatti, si raccomanda di privilegiare specie legnose resistenti come quercia rovere, castagno, robinia, noce o faggio (cfr. allegato «Durabilità delle specie legnose»). Per conferire **proprietà antiscivolo** al piano di calpestio si può irruvidire il legno usando la motosega e/o coprire i tronchi con un sottile strato di ghiaia. Su superfici piane la proprietà antiscivolo può essere garantita da listelli di legno fissati trasversalmente rispetto al piano di calpestio o con un grigliato metallico (lamiera stirata).

Per **prevenire il marciume**, i ponti pedonali devono essere costruiti in modo che, in caso di precipitazioni, tutti i componenti si asciughino rapidamente. Questo vale in particolare per i longheroni (struttura portante). Minore è la superficie di contatto tra le parti in legno, minore è il rischio di un ristagno di umidità. In caso di fenditure e ampie superfici orizzontali vi è il rischio che l'acqua penetri nella sezione trasversale. Si consiglia pertanto l'utilizzo di longheroni a sezione circolare. Se si utilizzano longheroni a sezione rettangolare, la superficie di contatto con i tondi trasversali può essere ridotta al minimo interponendo un sottile listello di legno; la distanza



Fig. 71 Piano di calpestio con grigliato metallico antiscivolo

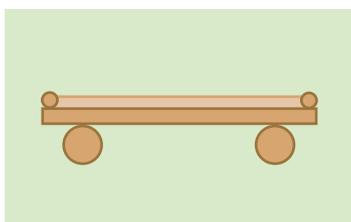


Fig. 72 Sezioni trasversali di ponti in legno

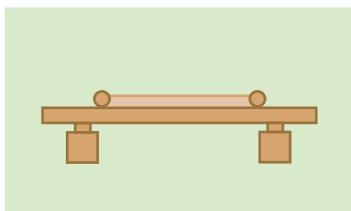


Fig. 73 Ponte mobile transibile in mountain bike con corrimano su un lato

tra longheroni e tondi trasversali deve essere comunque di almeno 2 cm. Oltre a un distanziatore, occorre prevedere la posa di uno strato permeabile all'acqua. Nel caso in cui vengano usati longheroni in acciaio, è bene evitare qualsiasi contatto diretto con il legno, dato che l'acido tannico corrode l'acciaio. Se gli appoggi (pile) sono realizzati in materiale stagno come il calcestruzzo, è necessario posare un distanziatore nella parte inferiore, in modo che la trave sia protetta dall'umidità di risalita e possa asciugarsi. Evitare di fissare la sovrastruttura direttamente ai tondi per mezzo di viti, perché l'acqua scendendo in profondità lungo le viti può farne marcire il legno.

5.2.5 Ponti mobili

I ponti mobili sono utilizzati in particolare nei punti ad alta quota dove la neve permane a lungo. Per evitare danneggiamenti dovuti al peso della neve, in inverno i ponti devono essere smontati e i loro componenti **conservati in un luogo adatto**, al di fuori di aree a rischio valanghe e/o slit-



Fig. 74 Ponte mobile in alluminio per l'attraversamento di un torrente



tamento di neve.

A seconda della tipologia costruttiva, i ponti mobili in alluminio sono adatti a superare distanze fino a 10 m (campata). In caso di distanze più lunghe, la struttura risulta troppo pesante per essere montata e smontata a mano o non garantisce la portata necessaria. I fabbricanti di ponteggi possono offrire soluzioni che rispondono a esigenze specifiche.

5.2.6 Passerelle

Le passerelle sono adatte per l'**attraversamento di zone sature d'acqua e sensibili al calpestio** (zone palustri, golenali, di interrimento). Sono indicate soprattutto nei punti in cui il regime idrico naturale del suolo non deve essere alterato.

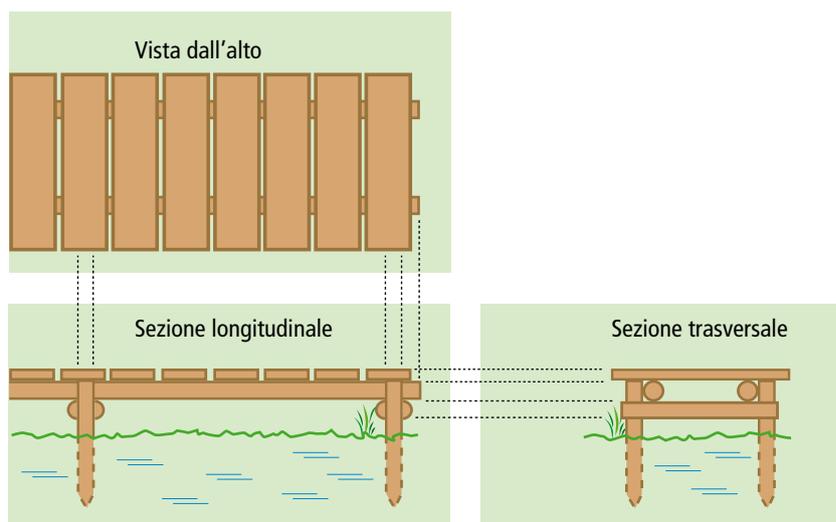


Fig. 75 Costruzione di una passerella

Generalmente la sovrastruttura delle passerelle è in legno. Su terreni saturi d'acqua, queste opere devono poggiare su grossi pali in legno a sezione circolare, su grosse lastre di pietra o su gabbioni metallici. Gli appoggi in calcestruzzo comportano un dispendio maggiore e richiedono chiarimenti approfonditi per quanto concerne gli interessi di protezione delle zone palustri e golenali. Se la saturazione idrica interessa unicamente lo strato superficiale, solitamente come appoggio sono sufficienti spesse travi trasversali appoggiate su una base di lastre di pietra. Le passerelle idealmente sono realizzate con specie legnose durevoli come il rovere e la robinia (cfr. allegato «Durabilità delle specie legnose»). Per motivi legati alla protezione dell'ambiente, di regola il legno trattato chimicamente non viene utilizzato e deve essere evitato, in particolare nelle zone umide.

Le passerelle più lunghe dovrebbero essere larghe almeno 120 cm in modo da consentire agli escursionisti di incrociarsi comodamente senza dover passare sul terreno adiacente. Per quanto riguarda l'installazione di parapetti, valgono le stesse raccomandazioni dei ponti pedonali (cfr. cap. 5.2.2).



Fig. 76 Passerella su pile



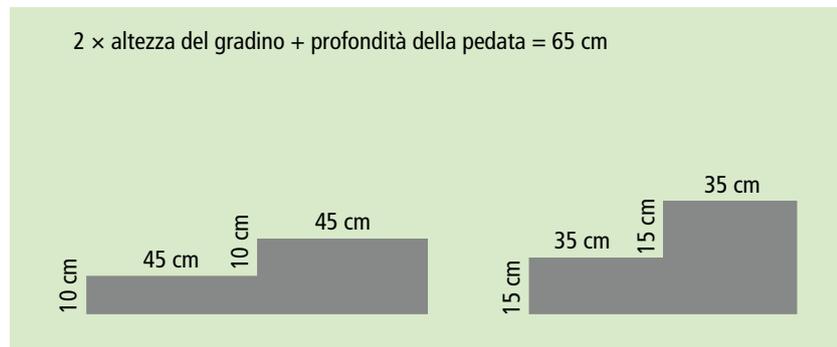
Fig. 77 Passerella su travi trasversali

5.3 Scale

Le scale agevolano la salita e la discesa su tratti con una **pendenza longitudinale pari o superiore al 25 per cento**. Se ben posizionate e correttamente drenate, riducono anche il rischio di erosione. La soluzione ideale consiste nell'alternare brevi rampe di scale con tratti di sentiero meno ripidi. In caso di scale molto lunghe è buona pratica inserire ogni 10–15 gradini un pianerottolo lungo alcuni metri. Questo accorgimento consente di ridurre il **rischio di erosione** e rende il percorso più vario in salita e discesa. Sono invece sconsigliati gradini isolati, perché gli escursionisti rischiano di non vederli e di inciampare. Se la pendenza (inferiore al 25%) lo consente, si consiglia di rinunciare alla costruzione di scale per motivi di sostenibilità (costi di manutenzione, risorse materiali). Le scale devono essere oggetto di controlli e manutenzione periodici.

In mancanza di percorsi alternativi, le scale dovrebbero avere possibilmente una larghezza di almeno 80 cm. L'alzata dei gradini dovrebbe essere di 10–15 cm. La pedata (superficie orizzontale del gradino) dovrebbe avere una profondità di almeno 25 cm. Per calcolare le dimensioni di una scala percorribile agevolmente si applica la seguente **regola empirica**:

Fig. 78 Dimensioni ottimali di una scala



5.3.1 Scale in legno con rinterro



Fig. 79 Scala di legno con rinterro

Le scale semplici possono essere realizzate con tavole o travi. L'utilizzo di tondi o semitondi sporgenti andrebbe evitato visto il rischio di scivolamento (cfr. esempi fig. 80); fanno eccezione i tondi in castagno scortecciati, perché meno scivolosi. Le scale vengono inserite nel pendio, su uno o entrambi i lati, e successivamente riempite con ghiaia o terra. Essendo a contatto diretto con la terra, è opportuno scegliere **specie legnose durevoli** (cfr. allegato «Durabilità delle specie legnose»). Se si utilizza legno impregnato in autoclave, occorre provvedere alla corretta rimozione del materiale al termine della durata utile. Per fissare i gradini si utilizzano picchetti di legno (in particolare nei suoli coesivi) o ferri di armatura (in particolare nei suoli ghiaiosi o rocciosi). Gli elementi di fissaggio non devono sporgere dalla superficie della pedata per prevenire il rischio di inciampo e infortunio (cfr. cap. 6.3.1). Alla fine dell'inverno, occorre controllare i picchetti di legno e i ferri di armatura e, se necessario, reinserirli nel terreno.

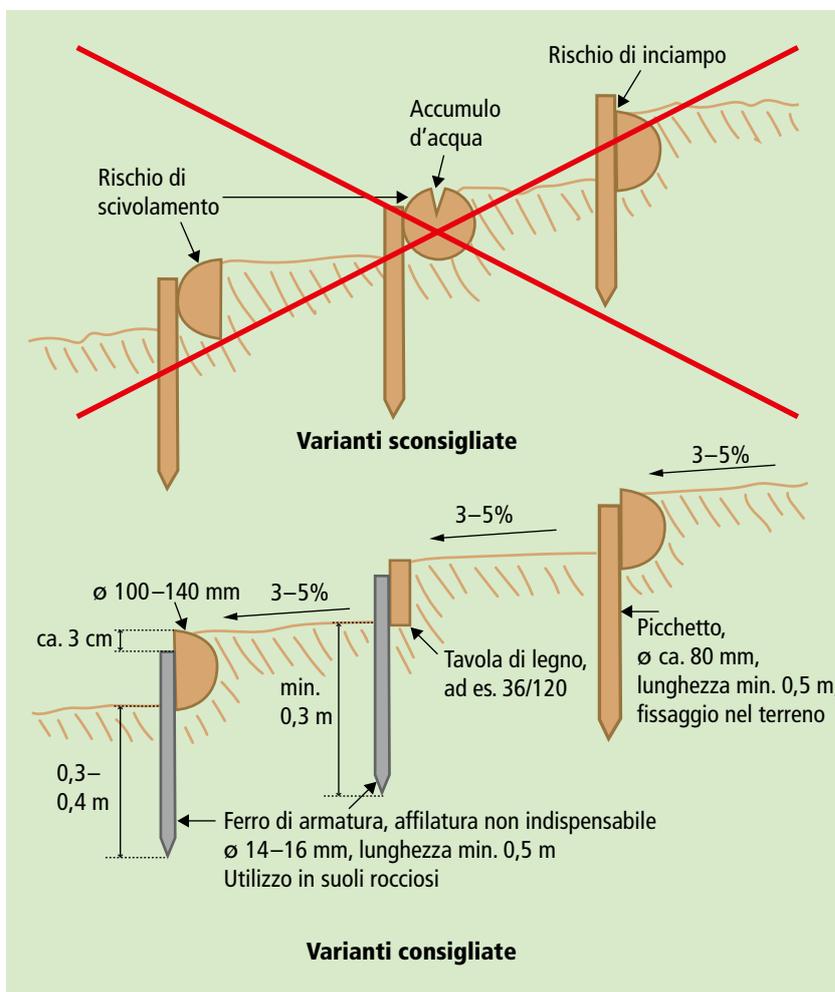


Fig. 80 Principi per la costruzione di scale in legno con rinterro



Fig. 81 Gradino con fori trapanati per il fissaggio dei ferri di armatura (castagno poco scivoloso)

Scelta dei materiali di fissaggio

Spesso i ferri di armatura non vengono rimossi al termine della loro durata utile e possono costituire elementi sporgenti pericolosi. Grazie alle nuove tecniche disponibili, in molti casi si possono utilizzare in alternativa picchetti in legno modificato (come Accoya o Kebony) che presentano un'elevata durabilità.

Se i gradini sono incassati nel pendio su entrambi i lati, il **drenaggio** è garantito inclinando leggermente le pedate verso valle. È importante che sui pianerottoli intermedi l'acqua venga fatta defluire trasversalmente. Se i gradini sono incassati nel pendio su un solo lato, il drenaggio lungo la scala è assicurato inclinando trasversalmente le pedate del 3-5 per cento. Nelle zone interessate da precipitazioni frequenti e intense può essere opportuno prevedere anche un sistema di drenaggio longitudinale sui lati. Se il drenaggio è insufficiente, vi è il rischio che alcune pedate o l'intera scala vengano dilavate.

5.3.2 Scale in pietra

Le scale in pietra possono essere costruite analogamente alle scale semplici in legno. Nel sentiero vengono inserite di taglio **lastre di pietra** e lo spazio retrostante viene riempito con materiale di riporto (ghiaia o terra). Le lastre andrebbero infisse a una profondità di 20-30 cm. Per fissarle si possono anche utilizzare ferri di armatura. Se necessario, il bordo delle lastre di pietra viene sgrossato in modo da evitare punti di inciampo. Per costruire scale in pietra si possono usare anche **grossi blocchi** ai quali viene data la forma di gradini e che vengono embricati lungo il sentiero (cfr. fig. 82).



Fig. 82 Gradini di pietra



Fig. 83 Scala sospesa in legno



Fig. 84 Scala sospesa in metallo



Fig. 85 Scala a pioli

La guida «**Prevenzione dei pericoli e responsabilità sui sentieri escursionistici**» (USTRA, Sentieri Svizzeri, 2017) spiega, sulla base della dinamica di caduta e di fattori aggravanti o attenuanti, quando nei punti con rischio di caduta è necessario installare una barriera o una ringhiera.

La **norma svizzera SN 640 568 «Geländer»** («parapetti», disponibile in tedesco e francese) non si applica ai sentieri utilizzati esclusivamente come sentieri escursionistici, di montagna o alpini. Può tuttavia fungere da riferimento per il dimensionamento di parapetti in situazioni particolari (ad es. punti panoramici).

Oltre a questa esistono diverse altre possibilità per realizzare scale in pietra. Tutte si basano sostanzialmente sulla tecnica utilizzata per costruire i muri a secco (cfr. «Troddenmauern – Grundlagen, Bauanleitung, Bedeutung», Stiftung Umwelteinsatz, 3ª edizione aggiornata, 2024). I metodi di drenaggio sono analoghi a quelli adottati per le scale in legno.

5.3.3 Scale sospese

Le scale sospese sono costruzioni di legno e/o metallo che poggiano su elementi di sostegno detti **spalle**. Esistono diversi metodi di costruzione: nella maggior parte dei casi i gradini sono montati su travi longitudinali (fig. 83) o fissati su travi laterali, dette fascioni. Sono previsti inoltre un corrimano e un parapetto. Le scale sospese hanno il vantaggio di ridurre al minimo il contatto diretto dei materiali con il suolo naturale, prolungando la durata di vita della struttura. La pubblicazione «Costruzioni in legno per sentieri» (UFAFP/USTRA, 1992/2009, cap. 11) contiene informazioni aggiuntive sulla costruzione di scale e sulla protezione del legno.

5.4 Scale a pioli

Le scale a pioli (fig. 85) sono usate per superare **tratti molto scoscesi**. Se ne trovano sui sentieri alpini e in casi eccezionali sui sentieri di montagna. Su questi ultimi non dovrebbero superare i 5 m di lunghezza. Dato che sono spesso esposte a condizioni meteorologiche estreme, si raccomandano **strutture in acciaio** massiccio con ancoraggi stabili. L'impiego di scale a pioli in legno è sconsigliato per motivi di sicurezza e manutenzione. La costruzione e il montaggio devono essere affidati ad aziende specializzate, per esempio a imprese di metalcostruzione.

5.5 Protezioni contro le cadute

5.5.1 Parapetti

I parapetti servono a **mettere in sicurezza** i punti con rischio di caduta su **sentieri segnalati in giallo**. Sono installati nei punti particolarmente esposti, dove sussiste il pericolo che un escursionista, facendo un passo falso, precipiti con conseguenze anche gravi. Sui **sentieri di montagna** le protezioni contro le cadute sono consigliate solo nei punti pericolosi atipici. In questo senso, secondo la norma svizzera SN 640 829a «Strassensignale, Signalisation Langsamverkehr» (disponibile in tedesco e francese) la protezione contro il pericolo di caduta su tali sentieri si limita ai passaggi particolarmente complicati, che devono essere messi in sicurezza con corde o catene. I parapetti non sono necessari (cfr. guida «Sentieri escursionistici: prevenzione dei rischi e responsabilità», USTRA, Sentieri Svizzeri, 2017, cap. 8.2.1). Fanno eccezione i ponti pedonali e i sentieri turistici molto frequentati. Sui sentieri alpini non sono previsti parapetti. Gli standard costruttivi applicabili alle varie categorie di sentieri sono illustrati in modo dettagliato nella guida di supporto decisionale «Delimitazione delle categorie di sentieri escursionistici» (USTRA, Sentieri Svizzeri, 2017, pag. 11–12).

5. Manufatti

I parapetti devono essere **alti almeno** 1 m. Una traversa collocata a metà altezza può impedire che una persona cada scivolando sotto la traversa superiore (corrimano). I montanti, collocati a una distanza di circa 2–3 m l'uno dall'altro, sono infissi nel suolo a una profondità pari ad almeno un terzo o alla metà della loro lunghezza. Su terreni con sottosuolo instabile i montanti andrebbero annegati nel calcestruzzo. Quelli in legno idealmente devono avere un diametro da 8 a 12 cm e occorre privilegiare specie legnose durevoli come il rovere e la robinia (cfr. allegato «Durabilità delle specie legnose»).

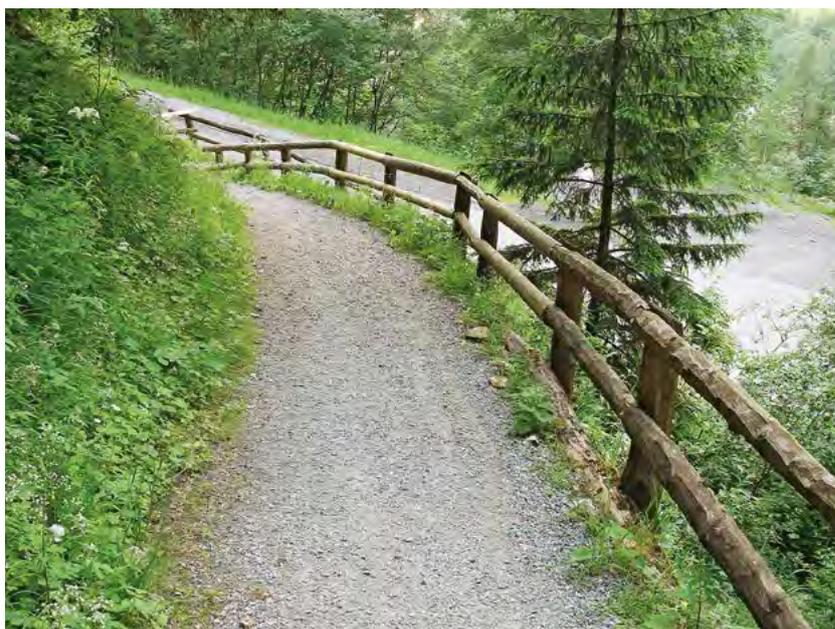


Fig. 86 Parapetto con traversa superiore e intermedia

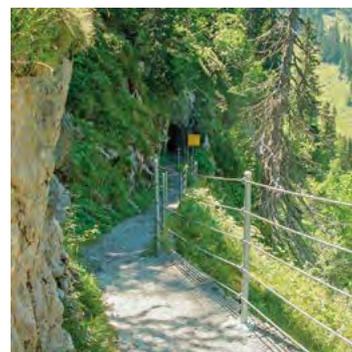


Fig. 87 Parapetto in metallo

Lungo i sentieri turistici molto frequentati da diverse tipologie di utenti può essere opportuno montare **parapetti a ringhiera** (cfr. fig. 88) composti da tubi di acciaio con barre verticali distanziate al massimo di 12 cm. Questi parapetti sono più sicuri perché è più difficile arrampicarvisi.

La manutenzione dei parapetti richiede particolare attenzione: se non sono in grado di reggere il peso di una persona rappresentano un pericolo.

5.5.2 Recinzioni

Le recinzioni sono formate da pali in legno o metallo con fili o corde tesi orizzontalmente. Queste strutture non hanno tanto la funzione di proteggere dalle cadute, quanto quella di **segnalare un punto potenzialmente pericoloso**. L'indicazione è efficace se per gli utenti del sentiero è facilmente comprensibile che la recinzione non è abbastanza robusta per reggere il peso di una persona (cfr. cap. 3.4). Il filo spinato e le recinzioni elettriche disturbano gli escursionisti e nel limite del possibile andrebbero evitati. Se opportuno, tra il margine del sentiero e la recinzione andrebbe rispettata idealmente una distanza di sicurezza di almeno 30 cm.



Fig. 88 Parapetto a ringhiera

5.5.3 Corrimani



Fig. 89 I corrimani contribuiscono alla sicurezza degli escursionisti.



Fig. 90 Corrimano realizzato con una catena zincata



Fig. 91 Ancoraggio corretto della catena



Fig. 92 Le maniglie isolanti sono una soluzione molto diffusa e poco costosa che può essere integrata facilmente nelle recinzioni elettriche.

Sui sentieri di montagna – e in via eccezionale anche su quelli alpini – i passaggi particolarmente difficili sono muniti di corrimano sul lato a monte. Idealmente devono essere usate **catene a maglie** (8 mm). Le funi metalliche sono sconsigliate a causa dell'elevato rischio di ruggine, della minore flessibilità durante il montaggio e la sostituzione nonché delle proprietà di presa ridotte per gli utenti.

Per evitare che le dita o gli indumenti rimangano impigliati, è bene che i corrimani siano installati a una certa distanza dalla roccia in corrispondenza di ogni cambio di direzione su cordoli, spigoli ecc. utilizzando dei distanziatori.

I corrimani devono essere scelti in funzione delle peculiarità del luogo ed essere installati da **imprese specializzate** nel settore del consolidamento e della perforazione di rocce, poiché nei passaggi con rischio di caduta la sicurezza è la priorità assoluta. È indispensabile altresì controllarli periodicamente e ripararne eventuali danni (cfr. allegato, checklist «Controllo dei sentieri escursionistici: sentieri, manufatti e vie di comunicazione storiche»). Se necessario, il controllo è affidato a un'impresa specializzata.

5.6 Passaggi attraverso recinzioni

Molti sentieri utilizzati da chi pratica sport o escursionismo nel tempo libero attraversano zone agricole recintate. Passaggi realizzati a regola d'arte garantiscono da un lato la continuità dell'**attività di pascolo**, dall'altro la possibilità di percorrere i sentieri agevolmente e in sicurezza, a piedi o in bicicletta, durante il periodo di pascolo. Una realizzazione ottimale dei varchi garantisce che il bestiame resti all'interno della recinzione e, allo stesso tempo, che i sentieri e i percorsi restino piacevoli per chi li utilizza. La **scelta del varco più adatto** dipende dal tipo di bestiame, dall'utilizzazione del sentiero e dalle risorse umane e finanziarie disponibili. La guida operativa «Escursionisti e mountain biker: passaggi nelle recinzioni» (USTRA, SvizzeraMobile e Sentieri Svizzeri, 2021) è un ausilio utile per la scelta del varco ottimale. In ogni caso è opportuno consultare il gestore interessato prima di effettuare un intervento.

Nel caso di recinzioni poco visibili è indispensabile migliorare la visibilità dei varchi con **cartelli di avvertimento** in modo da evitare danni o infortuni a chi utilizza il sentiero.

5. Manufatti



Fig. 93 Classico passaggio a triangolo su un sentiero



Fig. 94 Rampa ad arco transitabile in mountain bike



Fig. 95 La griglia ferma-bestiaie permette il passaggio di veicoli agricoli, forestali o privati.

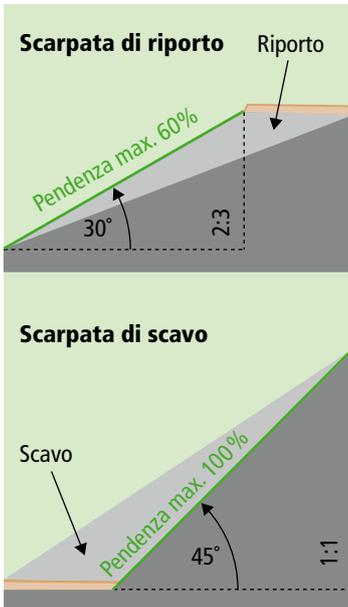


Fig. 96 Pendenza stabile massima di riporto e di scavo

5.7 Stabilizzazione di scarpate e versanti

Quando si costruiscono sentieri su terreni declivi, si formano scarpate che devono essere protette dall'erosione. La **pendenza stabile massima** delle scarpate di riporto (accumulo di materiale) è di 30 gradi, ovvero del 60 per cento (2:3), quella delle scarpate di scavo (escavazione di materiale) di 45 gradi, ovvero del 100 per cento (1:1). In genere su queste pendenze l'inerbimento è una misura di protezione sufficiente contro l'erosione. Su scarpate con pendenze maggiori sono opportune opere di consolidamento supplementari. La stabilizzazione di scarpate e versanti andrebbe progettata e realizzata da specialisti di ingegneria naturalistica.

5.7.1 Inerbimento e ingegneria naturalistica

L'inerbimento e le opere di ingegneria naturalistica sono metodi **molto efficaci ed economici** per stabilizzare scarpate e pendii. Il fitto intreccio di radici della copertura vegetale assicura un consolidamento meccanico del terreno. Allo stesso tempo assorbe l'acqua, rafforzando l'effetto stabilizzante. A differenza delle opere di consolidamento con sostanze inerti, l'inerbimento e le opere di ingegneria naturalistica hanno un'efficacia illimitata nel tempo. Il manuale «Quaderno delle opere tipo» dell'Associazione per l'ingegneria naturalistica (Zeh, Helgard, 2007) fornisce un'ampia panoramica dei metodi in uso.



Fig. 97 Zolle erbose

Zolle erbose

Una soluzione molto semplice ed efficace per stabilizzare le scarpate nelle zone non boschive consiste nella posa di zolle erbose. Prima dell'inizio dei lavori si ritagliano nel terreno quadrati erbosi di circa 40 cm per lato, che vengono depositati temporaneamente in un luogo umido. Una volta terminata la scarpata, le zolle vengono disposte una accanto all'altra e fissate con picchetti.

Vegetazione spontanea

In ambienti intatti e ricchi di specie, in zone protette o di promozione della flora e della fauna naturali, alcune aree possono essere lasciate allo sviluppo spontaneo. In generale la ricolonizzazione vegetale di superfici per la successione ecologica è un metodo ragionevole nonché finanziariamente conveniente. Non è tuttavia indicata su pendii a rischio di erosione né su terreni ricchi di nutrienti che possono essere colonizzati da piante indesiderate e dove pertanto si raccomanda la semina. Per proteggere le superfici con vegetazione spontanea è opportuno recintarle, se si trovano in prossimità di sentieri escursionistici.

Semina

Le scarpate possono essere stabilizzate anche mediante semina di specie erbacee con sementi germinative. Sono consigliate sementi di graminacee autoctone. Il prato da giardino non è adatto perché ha proprietà stabilizzanti ridotte. Per proteggere le scarpate dall'erosione, dopo la semina si ricopre il terreno con geotessili naturali (ad es. stuoie di cocco, bambù o iuta) ancorati al suolo mediante picchetti.

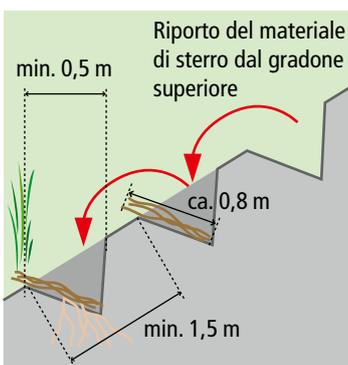


Fig. 98 Gradinata

utilizzate di preferenza quando, oltre a stabilizzare i versanti, bisogna drenare l'acqua. Per prima cosa lungo il pendio vengono scavati dei solchi in senso diagonale. Successivamente si posano le fascine, che vengono fissate con picchetti e ricoperte con un sottile strato di terra. L'acqua di versante confluisce nei solchi e viene in gran parte assorbita dal materiale vegetale vivo. L'acqua di deflusso può essere canalizzata con un sistema di drenaggio longitudinale.

5.7.2 Opere di consolidamento in legno

Per consolidare scarpate scoscese con **pendenze comprese tra 45 gradi (100%) e 60 gradi (175%)**, oltre agli interventi di ingegneria naturalistica sono necessarie opere strutturali in legno.

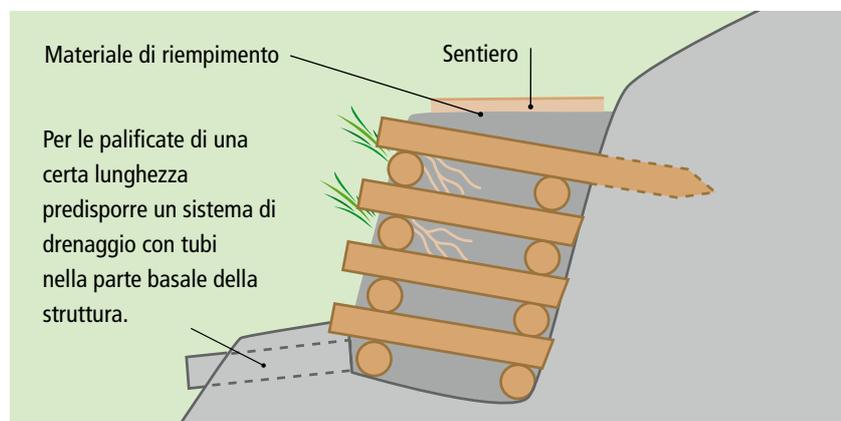
Palificate di sostegno

Le palificate di sostegno in legno sono utilizzate per consolidare scarpate esistenti o nuove. Rappresentano una soluzione molto interessante soprattutto per risanare le scarpate a valle, perché consentono di far passare il sentiero sulla sommità. Per costruirle si realizza il piano di posa con una contropendenza verso monte sul quale si impilano a croce dei tondi a intervalli regolari fino a ottenere una struttura a cassone dell'altezza desiderata. I pali di legno sono conficcati nella scarpata o fissati al terreno mediante tondini o graffe. La sommità viene riempita con materiale terroso e pietre su cui vengono piantati arbusti appartenenti a specie adatte alle condizioni



Fig. 101 Palificata di sostegno

Fig. 102 Schema di una palificata in legno con sentiero sulla sommità



locali (cfr. fig. 102). Le palificate di sostegno sono strutture complesse e vengono generalmente realizzate da aziende forestali o imprese specializzate.

Grate di sostegno

Le scarpate con un'altezza fino a 20 m possono essere consolidate con grate di sostegno. Per realizzare una grata, si dispone a croce lungo il pendio legname squadrato o tondo di diametro compreso tra 10 e 30 cm, che viene successivamente fissato al suolo con picchetti di legno o ferri di armatura. La grata viene puntellata anche ai piedi del versante. Le «camere» sono riempite con terra. Successivamente vengono piantati arbusti o talee radicate (cfr. cap. 5.7.1).

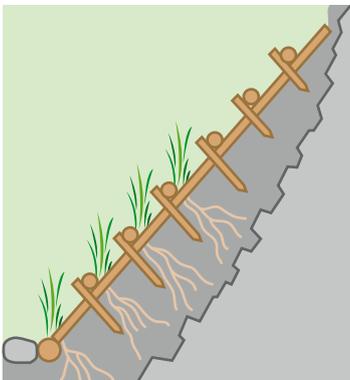


Fig. 103 Grata di sostegno



Fig. 104 Consolidamento di una scarpata con palificate di sostegno (a sinistra), gabbioni (sullo sfondo) e grata di sostegno (a destra)

5.7.3 Opere di consolidamento in pietra

Su terreni che presentano una **pendenza superiore a 60 gradi (175%)**, le scarpate vengono di regola stabilizzate con opere in pietra.

Muri a secco e muri in blocchi di pietra

I muri a secco e i muri in blocchi di pietra realizzati con materiali naturali disponibili sul posto sono opere di consolidamento tradizionali, sostenibili e di alto pregio ecologico. Vengono realizzati senza malta né calcestruzzo, per cui non richiedono grossi lavori di fondazione e sono in grado di assorbire lievi assestamenti o movimenti causati dal gelo. La loro realizzazione è impegnativa e dev'essere supervisionata da specialisti del settore.

Se il cantiere è raggiungibile con grossi mezzi di trasporto e sollevamento, per stabilizzare le scarpate si possono impiegare massi di pietra di grandi dimensioni (cfr. fig. 106). Per permettere il drenaggio dell'acqua e proteggere dal dilavamento occorre effettuare un riempimento con pietrisco grosso (> 40 mm) alle spalle del muro.

Gabbioni

I gabbioni sono un'alternativa ai muri in pietra per consolidare le scarpate (cfr. fig. 107). L'installazione deve essere effettuata seguendo le indicazioni del fornitore. Rispetto ai muri a secco o ai muri in blocchi di pietra, i gabbioni attutiscono meglio i movimenti del terreno di fondazione.



Fig. 105 Muro a secco

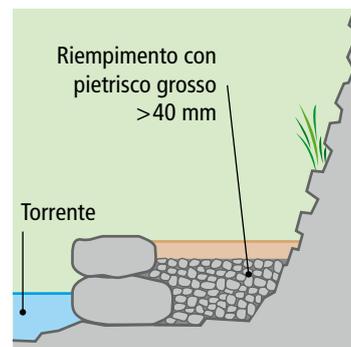


Fig. 106 Blocchi di pietra

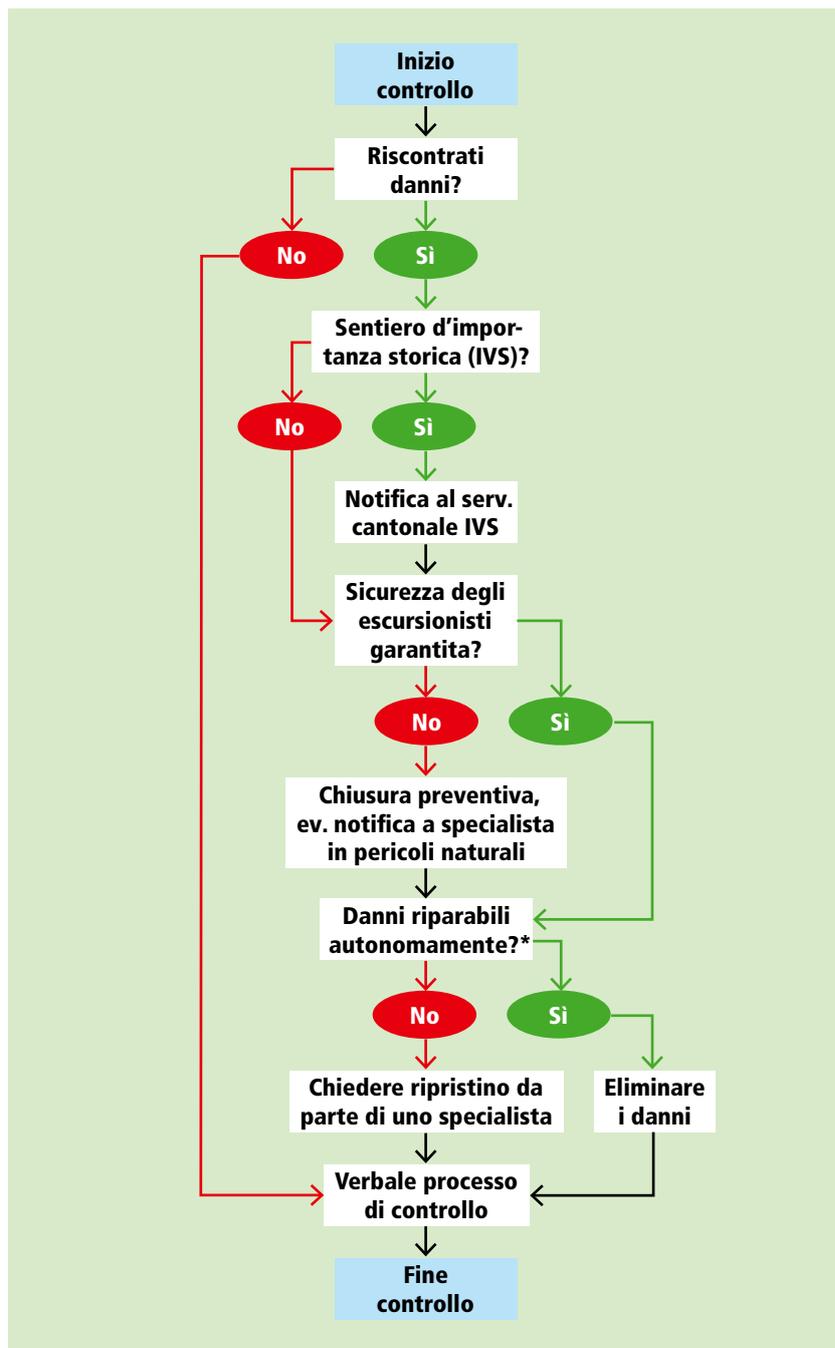


Fig. 107 Gabbioni



6. Controllo e manutenzione dei sentieri

I principi di sicurezza e responsabilità applicabili alla costruzione e alla manutenzione dei sentieri escursionistici e dei manufatti sono riassunti al capitolo 1.5 che rimanda anche alla guida «Prevenzione dei pericoli e responsabilità sui sentieri escursionistici» (USTRA, Sentieri Svizzeri, 2017). Lo schema seguente, pensato come ausilio decisionale, riporta le **tappe fondamentali del controllo dei sentieri**.



Chiusure di sentieri e deviazioni

Per garantire la sicurezza degli escursionisti e il rispetto delle chiusure disposte, è importante seguire tutte le fasi indicate in caso di chiusura o deviazione di sentieri escursionistici (ed eventualmente di percorsi per mountain bike) descritte nella scheda «Chiusura e deviazione di sentieri escursionistici e percorsi per mountain bike» (USTRA, Sentieri Svizzeri, SvizzeraMobile, 2021). In questo contesto è fondamentale notificare all'associazione cantonale per l'escursionismo o a Sentieri Svizzeri le chiusure e le deviazioni previste al fine di consentirne l'inserimento nel geoportale della Confederazione.

Fig. 108 Ausilio decisionale per la procedura di controllo IVS Inventario delle vie di comunicazione storiche

* Riparare i danni a oggetti IVS solo d'intesa con il servizio cantonale competente.

6.1 Controllo dello stato di sentieri e manufatti

Lo stato dei sentieri e dei manufatti dev'essere monitorato periodicamente. Spesso i sopralluoghi avvengono **contemporaneamente al controllo annuale della segnaletica**, o comunque è buona prassi effettuarli almeno ogni **tre anni**. I seguenti aspetti possono giustificare lo svolgimento a intervalli più ravvicinati.

- Su **tratti di sentiero esposti** è opportuno un sopralluogo a cadenza annuale. Sono considerati «esposti» i tratti di sentiero o le infrastrutture non al riparo da fenomeni naturali e dunque soggetti a danneggiamento (ad es. parapetti a rischio di caduta massi o margini di sentiero soggetti a cedimenti per neve o processi erosivi). Idealmente l'ispezione deve essere effettuata in primavera dopo lo scioglimento delle nevi.
- Su tratti di sentiero o manufatti **particolarmente esposti** le ispezioni possono essere effettuate a intervalli più ravvicinati o in risposta a situazioni specifiche (ad es. controllo di ponti o passerelle in seguito a forti precipitazioni che hanno causato piene o colate detritiche).
- Per i **manufatti datati** può essere opportuna un'ispezione annuale al fine di valutare la necessità di una sostituzione.

È consigliabile tenere un **registro o verbale dei controlli** anche quando non si riscontrano anomalie o difetti.

In allegato sono fornite una checklist e un modello di verbale, disponibili anche in formato digitale sul sito di Sentieri Svizzeri.

Se un controllo **rivela anomalie potenzialmente pericolose**, occorre **intervenire immediatamente** per scongiurare il rischio di infortunio e ripristinare un livello di sicurezza adeguato alla categoria di sentiero. In alcuni casi può essere sufficiente segnalare o transennare il punto pericoloso, in altri sarà necessario chiudere il sentiero fino al suo ripristino. La scheda «Chiusura e deviazione di sentieri escursionistici e percorsi per mountain bike» (USTRA, Sentieri Svizzeri, SvizzeraMobile, 2021) spiega come predisporre le chiusure e le deviazioni. In caso di chiusura prolungata, occorre controllare regolarmente lo stato delle transenne.

La gestione dei **pericoli naturali** sui sentieri escursionistici è descritta nella scheda tecnica «Pericoli naturali su sentieri escursionistici e percorsi per mountain bike» (USTRA, Sentieri Svizzeri, SvizzeraMobile, 2022). Il diritto vigente non sancisce l'obbligo di accertamento preventivo della situazione di pericolo naturale. La verifica di eventuali danni occasionati da eventi naturali rientra tuttavia nell'attività di controllo dei sentieri. Si raccomanda inoltre di annotare in un verbale le osservazioni e le informazioni che indicano processi o eventi legati a pericoli naturali su un determinato tratto. Se una particolare situazione di pericolo e la categoria di sentiero rendono necessario un intervento, è buona norma consultare l'autorità competente per stabilire se e quali misure di protezione adottare, coinvolgendo eventualmente un esperto di pericoli naturali. Può essere opportuno approntare un piano di sicurezza soprattutto in caso di provvedimenti ricorrenti (ad es. controlli dei sentieri, disgaggio di pareti rocciose, chiusura temporanea).

6.2 Piano e misure di manutenzione

6.2.1 Piano di manutenzione

Per mantenere in buono stato la rete escursionistica e garantire un impiego efficace delle risorse disponibili occorre un piano di manutenzione che preveda **regole chiare** e contempli idealmente gli aspetti indicati di seguito, i quali devono essere comunicati ai vari attori coinvolti. È importante prevedere un coordinamento con le regioni e i Comuni limitrofi.

Il piano di manutenzione riporta le seguenti informazioni:

- delimitazione dell'area interessata dalla manutenzione sentieristica
- elenco dei tratti particolarmente esposti
- date dei controlli regolari e straordinari (ad es. in seguito a maltempo)
- costi e fabbisogno di personale per la manutenzione, in particolare responsabilità della manutenzione dopo che un manufatto è stato realizzato
- inventario dei manufatti (se non disponibile, si raccomanda di allestirne uno).

Per l'esecuzione dei controlli ci si può basare sulla checklist «Controllo dei sentieri escursionistici: sentieri, manufatti e vie di comunicazione storiche» in allegato.

6.2.2 Misure di manutenzione: manutenzione corrente

Le misure di manutenzione corrente garantiscono la percorribilità in sicurezza di un sentiero e mirano a preservarne le **dimensioni e condizioni iniziali**. In linea di principio, **non è necessaria un'apposita autorizzazione**.

Esempi concreti di provvedimenti di manutenzione corrente:

- riparare i piani di calpestio
- falciare i margini dei sentieri
- pulire le canalette di drenaggio e i canali di scolo per prevenire danni dovuti a fenomeni di erosione
- rimuovere terra e fogliame dai manufatti per evitare che il legno si inumidisca troppo (attacchi fungini) e che le parti in metallo si corrodano anzitempo
- ripulire i piani di calpestio sui quali si è formato uno strato scivoloso
- controllare, riserrare o sostituire elementi di fissaggio (giunzioni) e di consolidamento di sentieri e manufatti
- tagliare gli arbusti d'intesa con i proprietari fondiari.



Fig. 109 Misure di manutenzione semplici

6.2.3 Misure di manutenzione: risanamento/ripristino

Il **risanamento completo e il ripristino di sentieri e manufatti** sono misure manutentive di entità maggiore. Contrariamente a quelle di manutenzione corrente, nella maggior parte dei casi richiedono un'**autorizzazione**. Dato che le prescrizioni applicabili variano da un Cantone all'altro, in caso di dubbio occorre consultare i servizi cantonali competenti prima di realizzare i lavori. In alcuni Cantoni vi sono anche differenze a livello comunale.

Per analogia, le misure di manutenzione sono soggette ad autorizzazione nel caso in cui **dimensione, forma, tracciato o materiali costitutivi** di un sentiero o di elementi di un sentiero vengano modificati rispetto allo stato iniziale.

6.3 Problemi e danni tipici

Di seguito sono esaminati alcuni esempi di problemi e danni tipici riscontrabili sui sentieri escursionistici. Gli esempi integrano le informazioni contenute nella checklist «Controllo dei sentieri escursionistici: sentieri, manufatti e vie di comunicazione storiche».

6.3.1 Elementi di fissaggio sporgenti sui gradini

Problema: il legno dei gradini è parzialmente marcio e i ferri di armatura sporgono oltre il piano di calpestio. Gli elementi di fissaggio sporgenti e i gradini instabili costituiscono un pericolo (rischio di inciampo e infortunio).

Cause: usura, danneggiamento o cedimento dei gradini. Anche il congelamento del terreno può provocare una pressione verso l'alto con conseguente spostamento degli elementi di fissaggio.

Misure

- Riposizionare i gradini instabili e fissarli con legno nuovo.
- In generale, piantare gli elementi di fissaggio a una profondità sufficiente perché non sporgano in superficie.
- Se il suolo lo permette (terreno coeso) utilizzare picchetti in legno modificato anziché ferri di armatura (cfr. cap. 5.3.1).

6.3.2 Presenza di fogliame su elementi in legno e vegetazione eccessiva

Problema: i sentieri ricoperti da fogliame o vegetazione rimangono esposti più a lungo all'umidità, non sono percorribili agevolmente e presentano un forte rischio di scivolamento. A causa dell'umidità persistente, gli elementi in legno marciscono più velocemente.

Cause: manutenzione insufficiente.

Misure

- Controllare regolarmente i sentieri e provvedere alla loro manutenzione; falciare, potare gli arbusti che invadono il tracciato e rimuovere il fogliame caduto sugli elementi in legno.
- Sostituire gli elementi in legno marci.



Fig. 110 Elementi di fissaggio sporgenti



Fig. 111 Le foglie morte umide fanno marcire gli elementi in legno.



Fig. 112 Palo in legno marcio

6.3.3 Pali di legno marci a contatto con il terreno

Problema: il palo inizia a marcire dal basso. Le strutture in legno marce comportano un elevato rischio d'infornio.

Cause: i funghi responsabili della decomposizione del legno agiscono in ambienti umidi e ricchi di ossigeno. Questo spiega perché, nelle strutture in legno, a marcire sono solitamente la parte direttamente al di sopra della superficie del suolo e gli interstizi con ristagno di umidità.

Misure

- Per evitare infortuni, verificare regolarmente gli elementi e i manufatti in legno.
- Sbarrare l'accesso, se necessario, e sostituire gli elementi marci; per informazioni sulle specie legnose durevoli cfr. l'allegato «Durabilità delle specie legnose».

6.3.4 Franamento del tracciato

Problema: un lungo tratto di sentiero è franato.

Causa: il terreno ha ceduto per effetto della saturazione idrica del versante in seguito a precipitazioni eccezionali. Anche se le opere di consolidamento del versante e del sentiero non presentano difetti evidenti, un tracciato che corre lungo un versante ripido può favorire l'infiltrazione di acqua nel sottosuolo. I punti più a rischio sono gli attraversamenti di canali nei momenti di maggiore deflusso. Il franamento di tratti di sentiero lungo i corsi d'acqua è causato in primo luogo dalle piene o dal progressivo scalzamento delle sponde.

Misure

- Chiudere il sentiero (provvedimento immediato) e se possibile segnalare una deviazione provvisoria.
- Stimare l'entità dei danni; talvolta può essere più ragionevole modificare il tracciato del sentiero (a livello locale o su ampia scala) piuttosto che disporre misure di ripristino.
- Stabilizzare il punto in cui il terreno è franato utilizzando ad esempio una palificata di sostegno (cfr. cap. 5.5.2) o blocchi di pietra (cfr. cap. 5.5.3) su cui far correre il sentiero.
- Osservazione: nell'esempio illustrato in foto non si è resa necessaria un'opera di consolidamento perché la scarpata a monte era sufficientemente stabile grazie alla copertura vegetale (arbusti e boscaglia).



Fig. 113 Franamento

6.3.5 Cedimento del piano di calpestio e dei margini del sentiero

Problema: gli elementi in legno del piano di calpestio di un gradino hanno ceduto. Anche lo strato di usura delle passerelle può subire danni con formazione di buche non visibili che possono rappresentare un pericolo per gli escursionisti. I cordoli in legno possono deteriorarsi e presentare cedimenti.

Cause: il cedimento dei margini del sentiero e delle passerelle è spesso riconducibile a un drenaggio insufficiente. L'infiltrazione e il ristagno di umidità causano fenditure e favoriscono il dilavamento della superficie. Con il tempo questi fenomeni si aggravano fino a provocare il cedimento del fondo del sentiero. Lungo i corsi d'acqua, il cedimento dei margini dei sentieri può essere provocato da fenomeni di scalzamento.

Misure

- Per evitare infortuni, verificare regolarmente gli elementi e i manufatti in legno.
- Recintare le buche profonde (rischio di caduta) o sbarrare il sentiero.
- Rialzare il fondo del sentiero fino al bordo superiore dei cordoli per prevenire la formazione di avvallamenti in cui l'acqua può accumularsi e ristagnare.
- Sostituire le assi marce e garantire un drenaggio efficace dell'acqua.

6.3.6 Accumulo d'acqua sul piano di calpestio

Problema: il sentiero presenta un affossamento di qualche centimetro nella parte centrale. L'acqua piovana non riesce a defluire e si accumula formando vaste pozzanghere.

Causa: con il passare del tempo la pendenza trasversale della superficie del sentiero (cfr. cap. 4.2.1) è diminuita. Si tratta di un processo naturale che va contrastato con interventi di manutenzione regolari. Su un terreno pianeggiante un affossamento anche solo di pochi centimetri può provocare il ristagno di grandi quantità d'acqua.

Misure

- Ripristinare la pendenza trasversale con il riporto di sabbie ghiaiose o materiale disponibile sul posto; in seguito compattare bene.
- Posare grosse pietre piatte per stabilizzare il sentiero a lungo termine e permettere all'acqua di infiltrarsi lentamente tra le pietre.



Fig. 114 Cedimento del margine del sentiero



Fig. 115 Accumulo d'acqua



Fig. 116 Sentiero impregnato d'acqua

6.3.7 Punti fangosi

Problema: il sentiero è impregnato d'acqua e risulta difficilmente percorribile.

Cause: il sentiero poggia su un substrato argilloso su cui transita regolarmente bestiame. L'acqua che scende dal versante e si raccoglie sul piano di calpestio non può né infiltrarsi nel terreno né defluire. La saturazione idrica del suolo e il passaggio di bestiame causano la formazione di punti fangosi.

Misure

- Se possibile, recintare il sentiero per impedire l'accesso al bestiame.
- In funzione del materiale disponibile, posare uno strato di fondazione spesso circa 30 cm (cfr. cap. 3.1.2), un camminamento in legno (cfr. cap. 3.2.4) o grandi pietre piatte.
- Garantire il drenaggio dell'acqua sul sentiero mediante una cunetta longitudinale e canalette trasversali (cfr. cap. 4.2.2.).
- Eventualmente piantare arbusti per favorire il drenaggio dell'acqua (cfr. cap. 4.3).

6.3.8 Solchi di erosione

Problema: al centro del sentiero si è formato un profondo solco di erosione. Il materiale si è spostato progressivamente verso i lati formando un solco che gli escursionisti sono costretti a evitare.

Cause: insufficiente drenaggio delle acque dalla superficie del sentiero. I terreni composti in gran parte da materiale fine sono particolarmente soggetti a fenomeni erosivi. Se un sentiero non sufficientemente drenato viene utilizzato in modo intensivo anche da mountain biker, la sua superficie può deteriorarsi rapidamente.

Misure

- Colmare i solchi di erosione con sabbie ghiaiose; eventualmente riutilizzare il materiale accumulatosi sui lati o dilavato a valle.
- Realizzare un sistema di drenaggio longitudinale sul lato a monte; assicurarsi che la superficie del sentiero abbia una pendenza trasversale e sia attraversata da canalette trasversali (cfr. cap. 4.2.2).
- In caso di utilizzo intensivo da parte di mountain biker, i sentieri devono essere controllati più regolarmente e se necessario consolidati. Prevedere misure di drenaggio supplementari nei punti particolarmente esposti.



Fig. 117 Solco di erosione

6.3.9 Scarsa manutenzione di una canaletta trasversale

Problema: la canaletta è ostruita e il bordo è deteriorato. L'acqua che defluisce in modo incontrollato erode la struttura del sentiero sui lati e sopra la canaletta.

Cause: le canalette si riempiono spesso di ghiaia, terra e fogliame e devono essere sottoposte a manutenzione regolare. Talvolta il modo in cui sono state costruite non garantisce un effetto autopulente sufficiente.

Misure

- Ottimizzare l'effetto autopulente prevedendo una pendenza del 5 per cento e un angolo compreso tra 30 e 45 gradi rispetto all'asse longitudinale del sentiero (cfr. cap. 4.2.2).
- Consolidare la scarpata a valle collocando pietre in corrispondenza del punto di sbocco al fine di impedire l'erosione.
- Rimuovere periodicamente la ghiaia, la terra e il fogliame accumulati.
- In caso di sovraccarico costante, considerare la possibilità di un sistema di drenaggio alternativo.



Fig. 118 Scarsa manutenzione di una canaletta trasversale



Acronimi

CFSL	Commissione federale di coordinamento per la sicurezza sul lavoro
Cost.	Costituzione federale
DIN	Deutsches Institut für Normung (Istituto di normazione tedesco)
EN	Norma europea
FSP	Fondo Svizzero per il Paesaggio
Info Flora	Centro nazionale dei dati e delle informazioni sulla flora svizzera
IVS	Inventario delle vie di comunicazione storiche della Svizzera
LCStr	Legge federale sulla circolazione stradale
LPN	Legge federale sulla protezione della natura e del paesaggio
LPS	Legge federale sui percorsi pedonali ed i sentieri
LPT	Legge federale sulla pianificazione del territorio
OPS	Ordinanza sui percorsi pedonali ed i sentieri
RS	Raccolta sistematica del diritto federale
SIA	Società svizzera degli ingegneri e degli architetti
SIG	Sistema di informazione geografica
SN	Norma svizzera
SPIA	Servizio di consulenza per la prevenzione degli infortuni nell'agricoltura
Suva	Istituto nazionale svizzero di assicurazione contro gli infortuni
UFAM	Ufficio federale dell'ambiente (ex UFAFP)
UFAFP	Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio (oggi UFAM)
UPI	Ufficio svizzero per la prevenzione degli infortuni
USTRA	Ufficio federale delle strade
VSS	Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti

Immagini

- Obwaldner Wanderwege (foto pag. 8, 26, 74)
- Andreas Becker (foto pag. 14, 34)
- vast trails GmbH/Rolf Bruckert (fig. 2)
- René Michel/Fondazione SvizzeraMobile (fig. 3, 8, 88)
- Guy Schneider, ViaStoria (fig. 4)
- Beat Fuchs (fig. 5)
- Trailworks (fig. 6, 26, 31, 33)
- vast trails GmbH (fig. 27, 33, 53, 97)
- Association de la Grande Caricaie AGC (fig. 10)
- Berner Wanderwege (fig. 14, 112, 113, 117, foto pag. 80)
- Luzerner Wanderwege (fig. 16)
- St. Galler Wanderwege (fig. 19)
- Glarner Wanderwege (fig. 28)
- Rolf Bruckert (fig. 47)
- Nicole Matschoss/Fondo Mobiliare ponti e passerelle (fig. 62, 66, 69)
- Krinner Schraubfundamente Schweiz (fig. 68)
- Amt für Raumentwicklung, Abteilung Wander- und Bikewege Kanton Uri (fig. 73, 74, 81)
- Martin Chaignat (fig. 77)
- Fondazione SvizzeraMobile (fig. 94)
- Comune di Engelberg (fig. 104, 107)
- Sentieri Svizzeri (foto e immagini non diversamente menzionate)

Fonti

Bibliografia

- USTRA, Sentieri Svizzeri
Guida «Prevenzione dei pericoli e responsabilità sui sentieri escursionistici», 2017
- USTRA, Sentieri Svizzeri
Manuale «Pianificazione della rete dei sentieri», 2014
- USTRA, Sentieri Svizzeri
Manuale «Segnaletica dei sentieri», 2013
- USTRA, Sentieri Svizzeri
Delimitazione delle categorie di sentieri escursionistici, 2017
- USTRA, Sentieri Svizzeri
Obbligo di sostituzione dei sentieri, 2012
- USTRA, Sentieri Svizzeri
Costruzioni in legno per sentieri, 2009 (edizione originale a cura dell'UFAFP, 1992)
- USTRA, Fondazione SvizzeraMobile, Sentieri Svizzeri
Pericoli naturali su sentieri escursionistici e percorsi per mountain bike, 2022
- USTRA, Fondazione SvizzeraMobile, Sentieri Svizzeri
Chiusura e deviazione di sentieri escursionistici e percorsi per mountain bike, 2021
- USTRA, Fondazione SvizzeraMobile, Sentieri Svizzeri
Wandern und Mountainbiken – Entscheidungshilfe zu Koexistenz und Entflechtung, 2020 (in tedesco e francese)
- USTRA, Mobilità pedonale Svizzera
Manuale Viabilità pedonale «Strategia di analisi delle criticità e di riqualificazione», 2019
- USTRA, Fondazione SvizzeraMobile, Sentieri Svizzeri
Mobilità lenta di prossimità, 2020
- USTRA, Fondazione SvizzeraMobile, Sentieri Svizzeri
Langsamverkehr entlang Gewässern, 2019 (in tedesco e francese)
- USTRA, Sentieri Svizzeri
Obiettivi di qualità per i sentieri svizzeri, 2022
- USTRA, Fondazione SvizzeraMobile, Sentieri Svizzeri
Escursionisti e mountain biker: passaggi nelle recinzioni, 2021
- USTRA, Conferenza Bici Svizzera
Praxishilfe Velonetzplanung, 2024 (in tedesco e francese)
- USTRA, La conservazione delle vie di comunicazione storiche, 2008
- Servizio per il traffico non motorizzato Cantone dei Grigioni
Unterhalt von Wander- und Mountainbikewegen, 2015 (in tedesco)
- IMBA: Trail Solutions. IMBA's Guide to Building Sweet Singletrack, 2004
- Kuonen, Viktor
Wald- und Güterstrassen, 1983
- Procap, Fondazione SvizzeraMobile
Manual Hindernisfreie Wege, 2024 (in tedesco e francese)
- Raymond Delarze, Yves Gonseth, Stefan Eggenberg, Mathias Vust
Lebensräume der Schweiz, 2015 (in tedesco e francese)
- Stiftung Umwelteinsatz Schweiz (SUS)
Trockenmauern: Grundlagen, Bauanleitung, Bedeutung, 2024 (in tedesco)
- Zeh, Helgard
Ingenieria naturalistica, Quaderno delle opere tipo, 2007

Download:
[www.admin.ch/gov/it/pagina-iniziale/
diritto-federale/raccolta-sistematica.html](http://www.admin.ch/gov/it/pagina-iniziale/diritto-federale/raccolta-sistematica.html)

Leggi e ordinanze

- RS 451 Legge federale del 1° luglio 1966 sulla protezione della natura e del paesaggio (LPN)
- RS 451.1 Ordinanza del 16 gennaio 1991 sulla protezione della natura e del paesaggio (OPN)
- RS 700 Legge federale del 22 giugno 1979 sulla pianificazione del territorio (LPT)
- RS 700.1 Ordinanza del 28 giugno 2000 sulla pianificazione del territorio (OPT)
- RS 704 Legge federale del 4 ottobre 1985 sui percorsi pedonali ed i sentieri (LPS)
- RS 704.1 Ordinanza del 26 novembre 1986 sui percorsi pedonali ed i sentieri (OPS)
- RS 705 Legge federale del 18 marzo 2022 sulle vie ciclabili
- RS 741.01 Legge federale del 19 dicembre 1958 sulla circolazione stradale (LCStr)
- RS 741.21 Ordinanza del 5 settembre 1979 sulla segnaletica stradale (OSStr)
- RS 921.0 RS 921.0 Legge federale del 4 ottobre 1991 sulle foreste (Legge forestale, LFo)

Norme e direttive

- UPI Ringhiere e parapetti, documentazione tecnica, 2020, n. 2.003
- DIN EN 350 Durabilità del legno e dei prodotti a base di legno, 2016
- CFSL Direttiva «Lavori forestali», 2019, 2134.i
- SIA 261 Azioni sulle strutture portanti, 2020
- SIA 263 Costruzioni di acciaio, 2013
- SIA 265 Costruzioni di legno, 2021
- SIA 266/2 Natursteinmauerwerk, 2012
- SIA 318 Garten- und Landschaftsbau, 2009
- VSS 40 200A Geometrisches Normalprofil; Allgemeine Grundsätze, Begriffe und Elemente, 2019
- VSS 40 201 Geometrisches Normalprofil; Grundabmessungen und Lichtraumprofil der Verkehrsteilnehmer, 2019
- VSS 40 240 Querungen für den Fussgänger- und leichten Zweiradverkehr; Grundlagen, 2019
- VSS 40 568 Passive Sicherheit im Strassenraum – Geländer, 2024
- VSS 40 722B Strassenunterhalt, 2019
- SN 640 741 Verkehrsflächen mit ungebundenem Oberbau, Grundnorm, 2005
- VSS 40 744 Verkehrsflächen mit ungebundenem Oberbau, Ausführung und Erhaltung, 2019
- SN 640 829a Strassensignale, Signalisation Langsamverkehr, 2006
- Suva Misure specifiche per cantieri per aumentare la sicurezza, 2022, 88218.i
- Suva Lavorare con il decespugliatore, lista di controllo, 2018, 67059.i
- Suva Lavorare con le motoseghe, lista di controllo, 2018, 67033.i

Indirizzi di riferimento:
www.upi.ch
www.snv.ch
www.suva.ch
www.vss.ch
www.webnorm.ch

Bibliografia e fonti

- Suva Piccole macchine edili, lista di controllo, 2023, 67039.i
- Suva Movimentazione manuale di carichi, opuscolo, 2017, 6245.i
- Suva Dispositivi di protezione individuale (DPI), lista di controllo, 2018, 67091.i
- Suva Direttive concernenti l'esercizio di teleferiche forestali e teleferiche per il trasporto di materiale, 2013, 2136.i
- Suva Direttive concernenti l'impiego di macchine scavatrici e sterratrici e di veicoli di trasporto, 2002, 1574.i
- Suva Protezione di terzi durante i lavori forestali, scheda tematica, 2016, 33083.i
- Suva Dispositivi di protezione individuale anticaduta, bollettino, 2022, 44002.i
- Suva Lavorare in sicurezza con scale portatili e sgabelli a gradini, bollettino, 2023, 44026.i
- Suva Pericolo d'infortunio e regole di sicurezza nell'abbattimento di alberi, bollettino, 2013, 44011.i
- Suva Lavori forestali in tutta sicurezza. Nozioni di base sugli obblighi assicurativi e la sicurezza sul lavoro, opuscolo, 2023, 88202.i



Checklist «Pianificazione della costruzione»

Procedura	Spiegazioni	Capitolo del manuale
Accertamenti preliminari		
Consultare i piani e i riferimenti giuridici	<ul style="list-style-type: none"> ■ Carte topografiche in scala 1:25 000 ■ Piani corografici in scala da 1:5000 a 1:10 000 o mappe catastali in scala da 1:500 a 1:2000 ■ Piano cantonale dei sentieri ■ Piani direttori, piani di utilizzazione, piani di urbanizzazione e piani di zona ■ Leggi e norme ■ Inventario delle vie di comunicazione storiche della Svizzera (IVS) ■ Inventario federale dei paesaggi, siti e monumenti naturali d'importanza nazionale (IFP), Inventario federale delle zone palustri e altri inventari di oggetti meritevoli di protezione (Confederazione, Cantone) [map.geo.admin.ch per gli inventari federali] ■ Carte dei pericoli o perizie sui pericoli (se disponibili) ■ Carte geologiche (se del caso) ■ Altri progetti del Cantone e dei Comuni 	1.4
Contatti con le autorità e con i gruppi d'interesse	<p>Interlocutori potenziali (a seconda della situazione)</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Servizio cantonale per i sentieri escursionistici ■ Associazione cantonale per l'escursionismo ■ Servizi cantonali e comunali responsabili in materia di trasporti, vie di comunicazione storiche, pericoli naturali, selvicoltura, agricoltura, ambiente, caccia, acque ecc. ■ Proprietari fondiari ■ Detentori di animali ■ Organizzazioni turistiche ■ Altri gruppi d'interesse (ad es. protezione della natura, sport, mountain bike, equitazione) <p>Contenuti per i primi contatti</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Informazione e coordinamento, scambio di informazioni in merito ai progetti in corso ■ Discussione dei bisogni e delle condizioni quadro ■ Definizione delle competenze ■ Accordo sulle modalità di collaborazione ■ Concordare un sopralluogo congiunto 	1.2 2.3
Verificare l'accessibilità	<ul style="list-style-type: none"> ■ Accertare i diritti di passo ■ Consultare i proprietari fondiari ■ Concordare e formalizzare se del caso per iscritto la concessione dell'accesso 	1.5 2.3
Accertare le modalità e l'intensità di utilizzazione del sentiero	<ul style="list-style-type: none"> ■ Esigenze di utilizzazione ■ Gruppi di fruitori, frequenza di utilizzazione ■ Eventuali conflitti di utilizzazione 	2.2

Procedura	Spiegazioni	Capitolo del manuale
Accertamenti sul terreno		
Esaminare il terreno di fondazione	Vagliare eventuali misure di stabilizzazione del terreno di fondazione.	2.2
	Non sono adatti: <ul style="list-style-type: none"> ■ i punti a rischio di erosione (prestare attenzione a crepe e frane) ■ i luoghi paludosi (prestare attenzione ai ristagni di umidità e alle piante indicatrici) ■ i luoghi in cui vi è pericolo di caduta o vi sono pericoli naturali 	2.3
Fare uno schizzo del tracciato	Se opportuno, esaminare diverse varianti. I requisiti dipendono dalla categoria di sentiero. Tra i criteri da rispettare vi sono:	2.1
	■ scegliere il tracciato più logico, diversificato e sicuro	2.2
	■ integrare i sentieri esistenti in modo adeguato	2.4
	■ adeguare il sentiero alla configurazione naturale del terreno	3.4
	■ accertarsi che il progetto sia compatibile con il paesaggio e con gli oggetti meritevoli di protezione	3.5
	■ scegliere un tracciato che permetta di contenere nella massima misura possibile il dispendio per la costruzione e la manutenzione (ad es. evitare la linea di massima pendenza)	
	■ evitare i punti pericolosi	
	■ evitare i pascoli o accordarsi con i detentori di animali (cfr. schede informative disponibili sul sito www.sentieri-infrastruttura.ch)	
■ evitare le zone a rischio di erosione e le zone paludose		
■ considerare il comportamento degli escursionisti (misure di convogliamento degli utenti)		
Verificare la necessità di costruire manufatti	■ Opere per l'attraversamento di corsi d'acqua e fossati	5
	■ Scale e scale a pioli	
	■ Barriere e ringhiere	
	■ Passaggi nelle recinzioni	
	■ Opere di consolidamento di scarpate e pendii	
Verificare la disponibilità di materiali da costruzione naturali	■ Chiarire se nelle vicinanze sono disponibili materiali da costruzione (legno, pietre ecc.)	2.3
Definire le vie di trasporto in vista della fase di costruzione	■ Chiarire se il materiale e le persone possono essere trasportati sul posto per mezzo di veicoli o funivie o se si rende necessario l'utilizzo di un elicottero	

Procedura	Spiegazioni	Capitolo del manuale
Progettazione		
Definire il tracciato, rilevare le sezioni trasversali	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sopralluogo con i proprietari fondiari; picchettare il tracciato nel terreno ■ Rilevare le sezioni trasversali dove vi è un cambiamento topografico 	2.3
Determinare il grado di costruzione	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pavimentato o sterrato, camminamento in legno ecc. ■ Drenaggio 	2.2 3.1 4
Accertare il bisogno di manodopera	<ul style="list-style-type: none"> ■ L'esecuzione dei lavori va affidata a un'impresa, ad aziende cantonali o comunali o ad altre organizzazioni (associazioni, esercito, protezione civile ecc.)? 	
Determinare il materiale e i macchinari necessari	<ul style="list-style-type: none"> ■ Determinare il materiale e i macchinari necessari, stimare i costi 	Allegato «Dati di riferimento per i costi di costruzione di sentieri escursionistici»
Stabilire le misure di sicurezza	<ul style="list-style-type: none"> ■ Durante la fase di costruzione sono necessarie misure speciali per tutelare i lavoratori e i passanti? 	
Stabilire le misure ambientali	<ul style="list-style-type: none"> ■ Durante la fase di costruzione sono richieste misure speciali di tutela dell'ambiente? 	
Chiarire i requisiti per la domanda di costruzione	<ul style="list-style-type: none"> ■ Richiedere al Cantone o al Comune l'elenco dei documenti da presentare 	2.4
Chiarire i requisiti degli appalti pubblici (gare)	<ul style="list-style-type: none"> ■ A partire da un determinato importo gli incarichi di regola devono essere oggetto di una gara pubblica (richiedere il modulo al Cantone) 	
Elaborare il progetto	<ul style="list-style-type: none"> ■ Consenso scritto dei proprietari fondiari ■ Stima o preventivo dei costi ■ Pianificazione delle scadenze e delle risorse ■ Relazione tecnica ■ Includere il piano corografico ■ Includere le sezioni trasversali tipiche ■ Includere le sezioni tipo 	2.4 Allegato «Contenuto della relazione tecnica»
Prendere contatto con possibili finanziatori	<ul style="list-style-type: none"> ■ Comune, Cantone, Confederazione ■ Fondazioni, associazioni, organizzazioni 	1.2
Chiedere le autorizzazioni	<ul style="list-style-type: none"> ■ Presentare la domanda di costruzione ■ Se necessario, chiedere il permesso di dissodamento 	2.4
Accertare la situazione assicurativa	<ul style="list-style-type: none"> ■ Assicurazione per i lavoratori (ad es. volontari) ■ Assicurazione responsabilità civile ■ Assicurazione contro tutti i rischi della costruzione per i manufatti ■ Altro 	

Contenuto della relazione tecnica (esempio)

1. Situazione iniziale

- Località, Comune
- Committente
- Diritti di proprietà, servitù e passaggio
- Descrizione della problematica, prova della necessità
- Correlazioni con altri progetti

2. Configurazione del terreno

- Topografia
- Configurazione del suolo

3. Protezione di natura, paesaggio, patrimonio culturale e fauna selvatica

- Zone sensibili (oggetti inseriti in inventari, aree protette)

4. Studio delle varianti

- Varianti testate
- Ponderazione di interessi e determinazione

5. Descrizione dell'opera

5.1. Dati tecnici

Tabella con i dati fondamentali: lunghezza complessiva, larghezza del sentiero, quantità di materiale naturale da scavare (cubature), materiali, macchinari ecc.

5.2. Tracciato

- Piano corografico con la rete di sentieri esistente e pianificata (sotto forma di allegato)
- Punti pericolosi
- Oggetti iscritti in inventari e aree protette
- Segnaletica

5.3. Sezioni tipo

Disegni delle sezioni trasversali lungo il tracciato per evidenziare il tipo di costruzione. Le sezioni tipo del sentiero e delle opere sono spesso integrate nelle sezioni trasversali del terreno.

5.4. Drenaggio

Descrizione delle misure di drenaggio sulla superficie del sentiero e sulle scarpate.

5.5. Manufatti

Descrizione dei manufatti previsti.

5.6. Finanziamento

Stima dei costi di costruzione, eventuale ripartizione delle spese.

6. Misure di sicurezza e protezione ambientale

Eventuali misure per proteggere i lavoratori, i passanti e l'ambiente durante la fase di costruzione.

7. Scadenze

Tabella con le scadenze delle diverse fasi del progetto; indicare almeno la data di inizio e di conclusione dei lavori.

8. Manutenzione

Disciplinare le responsabilità in materia di manutenzione.

Modulo per preventivo costi

I costi per la realizzazione di sentieri escursionistici dipendono in misura significativa dalla configurazione del terreno, dal grado di costruzione, dalle vie di trasporto e dai materiali utilizzati sul posto. Per un preventivo dettagliato occorre basarsi sulle offerte ricevute dalle imprese.

Il modulo è scaricabile dal sito www.sentieri-infrastruttura.ch

[Committente], appaltante: [...]

[Nome del progetto], preventivo dei costi

Data: XX.YY.ZZZZ

Validità dell'offerta: 3 mesi

Voci:

100	Salari		CHF	xx.xx
200	Materiale		CHF	xx.xx
300	Inventario		CHF	xx.xx
400	Prestazioni di terzi		CHF	xx.xx
	Totale lordo		CHF	xx.xx
	Sconto	10 %	CHF	xx.xx
	Totale intermedio		CHF	xx.xx
	Sconto	10 %	CHF	xx.xx
	Totale intermedio		CHF	xx.xx
	+ IVA	8.1 %	CHF	xx.xx
	Totale offerta		CHF	xx.xx

Voce	Tipo di lavoro	Unità	Quantità	Prezzo per unità	Totale CHF
100	Salari				
100.001		h	x	xx.xx	xx.xx
100.002		h	x	xx.xx	xx.xx
100.003		h	x	xx.xx	xx.xx
100	Totale salari				xx.xx
200	Materiale				
200.001		h	x	xx.xx	xx.xx
200.002		h	x	xx.xx	xx.xx
200.003		h	x	xx.xx	xx.xx
200	Totale materiale				xx.xx
300	Inventario (costi/spese per macchinari e apparecchi)				
300.001		h	x	xx.xx	xx.xx
300.002		h	x	xx.xx	xx.xx
300.003		h	x	xx.xx	xx.xx
300	Totale inventario				xx.xx
400	Prestazioni di terzi				
400.001		h	x	xx.xx	xx.xx
400.002		h	x	xx.xx	xx.xx
400.003		h	x	xx.xx	xx.xx
400	Totale prestazioni di terzi				xx.xx

Dati di riferimento per i costi di costruzione di sentieri escursionistici

I dati di riferimento riportati di seguito sono stati raccolti sulla base di progetti realizzati nel biennio 2015–2016 in diverse regioni della Svizzera. Aggiornati nel 2024, servono a stilare una prima stima dei costi di costruzione e manutenzione relativi a progetti di sentieri.

I dati di riferimento possono variare notevolmente a seconda dell'ubicazione, del personale impiegato, della tecnica costruttiva e dei materiali utilizzati. In linea di massima è sempre necessaria una valutazione complessiva. L'impiego di grossi macchinari, ad esempio, può essere opportuno per risparmiare tempo.

La seguente tabella illustra diversi fattori che contribuiscono a un aumento dei costi.

Fattore di costo	Fattori di incremento dei costi	Raccomandazione
Condizioni locali del cantiere	<ul style="list-style-type: none"> ■ Terreno declivo (pendenza del versante > 30°) ■ Mancanza di una strada di accesso diretta al cantiere ■ Terreno impervio che richiede parecchie misure di messa in sicurezza (sicurezza sul lavoro) ■ Tracciato nella roccia e in zone umide (consolidamento del terreno) 	
Scelta dei materiali	Materiali da costruzione non disponibili sul posto; in parte materiali prefabbricati	Utilizzare materiali disponibili sul posto
Trasporto del materiale	Impiego di un elicottero (può essere conveniente nei cantieri fuori mano)	Utilizzare materiali disponibili sul posto, collaborare con il Cantone, il Comune e la protezione civile; coordinare i voli in elicottero
Manodopera	Personale specializzato esterno (spese: vitto, trasporto e alloggio)	Ricorrere alla protezione civile, a volontari e a imprese di costruzioni locali
Macchinari utilizzabili	Impiego inutile di grossi macchinari e attrezzature	Lavoro manuale, ricorso a volontari

Allegato

La tabella riporta i prezzi indicativi per i lavori di base, l'impiego di macchinari e le prestazioni fornite da un'impresa di costruzioni (dati 2024).

Lavori di base, voci di costo varie	Prezzo indicativo per unità
Falciatura, piccole riparazioni	5–10 CHF al metro
Ripristino del tracciato del sentiero	10–25 CHF al metro
Lavori manuali di scavo e spianamento del terreno	75 CHF al m ³ all'ora
Ghiaia	40 CHF al m ³
Fornitura ghiaia a piè d'opera	100 CHF al m ³
Piccolo escavatore	175 CHF al giorno
Trasporto di persone	250 CHF per minibus
Assegnazione e direzione dei volontari	100 CHF all'ora
Vitto e bevande per un giorno di lavoro	25 CHF a persona
Utensili, macchinari e attrezzature	200–400 CHF al giorno per squadra di 4 persone
Imprevisti	Supplemento del 10% sui costi di costruzione
Progettazione/direzione dei lavori	Supplemento del 10% sui costi di costruzione
Imposta sul valore aggiunto IVA	8,1%

Prezzi indicativi di singole opere su sentieri escursionistici

Prezzi indicativi inclusi materiale, utilizzo di macchinari e prestazioni fornite da un'impresa di costruzioni, esclusi i costi di trasporto (dati 2024).

Tipo di opera	Prezzo indicativo per unità
Ponte pedonale Ponte in legno su due spalle in calcestruzzo, con parapetto Campata: 5 m Larghezza: 1 m	CHF 7 000 per l'intera opera
Passerella Passerella in legno su pali in legno, senza parapetto Larghezza: 1,5 m	400–500 CHF al metro
Parapetto in legno	40–60 CHF al metro
Parapetto in tubi di acciaio	175–250 CHF al metro
Corrimano con catena Lato a monte, inclusi ancoraggi	50–75 CHF al metro
Canali di drenaggio longitudinali Sezione trasversale 0,3 × 0,2 m	15–25 CHF al metro
Canaletta in tondi di legno Lunghezza dei tondi: 1,5 m Fissaggio: picchetti di legno o ferri di armatura	80–100 CHF al pezzo
Cordolo in tondi di legno Fissaggio: picchetti di legno o ferri di armatura	80–100 CHF al metro
Gradini Larghezza del sentiero: 1 m Lunghezza dei tondi: 1,5 m Fissaggio: picchetti di legno o acciaio d'armatura	80–100 CHF al gradino
Tracciato semplice pianeggiante Corpo del sentiero: strato di ghiaia, spessore 15 cm, compattato. Larghezza del sentiero: 1 m	50–60 CHF al metro
Tracciato in pendenza Corpo del sentiero: strato di ghiaia, spessore 15 cm, compattato. Larghezza del sentiero: 1 m	60–80 CHF al metro
Passaggio attraverso una recinzione Sbarra richiudibile (tubi in acciaio)	500 CHF al pezzo

Fonte: Berner Wanderwege (2008), Schwyzer Wanderwege (2024), Commissione tecnica Sentieri Svizzeri (2016), Centro per il genio forestale fobatec (2024)

Verbale di collaudo dell'opera

Il modulo è scaricabile dal sito
www.sentieri-infrastruttura.ch

Consegna dell'opera (collaudo) secondo art. 157 segg. della norma SIA 118

Opera:

Committente:

rappresentato da:

Direzione dei lavori:

rappresentata da:

Impresario:

rappresentato da:

Contratto di appalto del:

per l'esecuzione dei seguenti lavori

.....

.....

Verbale di controllo apporre una crocetta

Il controllo effettuato secondo l'art. 158 cpv. 2 e/o l'art. 161 cpv. 3 ha evidenziato:

assenza di difetti difetti di lieve entità gravi difetti

Commento/descrizione dei difetti:

.....

.....

.....

.....

Termine per l'eliminazione dei difetti:

Osservazioni:

L'opera è ritenuta collaudata (art. 159, 160).

Il collaudo dell'opera è rinviato (art. 161).

Termine di garanzia dalla data del collaudo: 5 anni

.....

Luogo, data:

L'imprenditore:

La direzione dei lavori:

Il committente:

.....

.....

.....

La checklist può essere utilizzata in combinazione con il verbale dei danni. Entrambi i documenti sono disponibili sul sito www.sentieri-infrastruttura.ch.

Checklist «Controllo dei sentieri escursionistici: sentieri, manufatti e vie di comunicazione storiche»

La presente checklist elenca una serie di problemi e difetti riscontrabili sui sentieri escursionistici e funge da documento di riferimento per il controllo dello stato di sentieri e manufatti.

Provvedimenti da adottare in occasione del sopralluogo di controllo

- Chiudere il sentiero in caso di pericolo acuto per gli escursionisti
- Effettuare la manutenzione corrente, se realizzabile durante il sopralluogo
- Documentare lo stato del sentiero anche quando non si riscontrano difetti. Segnalare le criticità riscontrate (verbale e tool di segnalazione dei danni ecc.)

Il sentiero contiene tratti che figurano nell'Inventario delle vie di comunicazione storiche (IVS)?

- Segnalare i danni riscontrati alla direzione tecnica e/o al servizio cantonale competente
- Nessuna misura immediata tranne pulire le canalette di drenaggio, eventualmente prevedere chiusure
- Ripristinare le vie di comunicazione storiche facendo capo sistematicamente a professionisti

Difetto	Possibili misure (capitolo del manuale «Costruzione e manutenzione»)
Superficie del sentiero (roccia, materiale sciolto [terra, erba, pietrisco], ghiaia, selciato, tondelli, cordoli)	
□ Cedimento dei margini del sentiero	Eventuale sbarramento; sostituire il cordolo (3.3.4); migliorare il sistema di drenaggio (4)
□ Piano di calpestio scivoloso	Migliorare il sistema di drenaggio (4); posare uno strato di ghiaia; costruire dei gradini (5.3.1)
□ Punti saturi d'acqua, fangosi	Migliorare il sistema di drenaggio (4); posare uno strato di fondazione (3.2.2); realizzare un camminamento o una passerella (3.2.4 e 5.2.6)
□ Danni da erosione, avvallamenti, segni di usura	Migliorare il sistema di drenaggio (4); pulire le canalette di drenaggio; posare materiale di riempimento
□ Avanzamento della vegetazione	Falciare, potare i margini, tagliare gli arbusti, rinnovare lo strato di ghiaia
□ Sentieri doppi, aggiramenti, scorciatoie	Ampliare il sentiero principale, misure di convogliamento degli utenti (3.4 e 3.5); verificare la configurazione (design) e il tracciato (2.2.3)
□ Nuovo manto rigido (su tutta la superficie, corsie), superficie non adeguata (rivestimento in granolato di asfalto o di cemento, rivestimenti cementizi, grigliati erbosi ecc.)	Segnalare alla direzione tecnica

Difetto	Possibili misure (capitolo del manuale «Costruzione e manutenzione»)
Delimitazioni del sentiero (scarpate, cordoli, muri, recinzioni)	
❑ Scalzamenti, frane, solchi di erosione, punti saturi d'acqua	Segnalare alla direzione tecnica; migliorare il sistema di drenaggio (4); misure di consolidamento (5.7)
❑ Crepe nel terreno, erosione del versante	Stabilizzare le scarpate, piantare specie autoctone
❑ Rigonfiamento o cedimento di muri (lato a monte o a valle), cordoli mancanti/danneggiati, recinzioni danneggiate	Segnalare alla direzione tecnica; ripristinare o ricostruire
Drenaggio (canalette trasversali, drenaggio longitudinale, pozzetti di scolo; dispositivi in legno, pietra, metallo, materiale sciolto)	
❑ Dispositivi danneggiati	Rispristinare o sostituire (4.2.2)
❑ Dispositivi ostruiti	Pulire o sostituire (4.2.2)
❑ Dispositivi mancanti (danni da erosione) o inappropriati (materiale inadeguato)	Segnalare alla direzione tecnica
Scale e scale a pioli (roccia, legno, metallo)	
❑ Ferri di armatura o picchetti sporgenti dai gradini	I ferri di armatura e i picchetti non devono sporgere dalla superficie della pedata.
❑ Gradini instabili, mancanti o danneggiati	Fissare o sostituire (5.3)
❑ Parti in legno molto umide, marce o deformate	Sostituire con specie legnose durevoli (allegato «Durabilità delle specie legnose»); protezione strutturale del legno; protezione chimica (legno impregnato o modificato) in assenza di soluzioni alternative
❑ Parti in metallo corrose, fragili o deformate	Sostituire
❑ Ancoraggi danneggiati o allentati	Fissare; cementare/sostituire
❑ Pedate sdruciolevoli o erose	Riporto di materiale o sostituzione; migliorare il drenaggio (5.3), protezione antiscivolo, sgrossare nuovi gradini nella roccia
❑ Solchi di erosione laterali	Incassare lateralmente i gradini nel pendio e migliorare i sistemi di drenaggio (5.3)

Difetto	Possibili misure (capitolo del manuale «Costruzione e manutenzione»)
Parapetti e corrimani	
❑ Parti in legno molto umide, marce o deformate	Sostituire con specie legnose durevoli (allegato «Durabilità delle specie legnose»); protezione strutturale del legno; protezione chimica (legno impregnato o modificato) in assenza di soluzioni alternative
❑ Funi, parti metalliche e catene corrose, fragili o deformate (anche elementi di giunzione)	Sostituire; quando possibile, sostituire le funi metalliche con catene (5.5.3); le funi non devono essere avvolte da nastro adesivo (accelerazione della corrosione)
❑ Ancoraggi danneggiati o allentati	Fissare; cementare; sostituire
Ponti pedonali e passerelle	
❑ Ponti instabili; ancoraggi danneggiati e/o allentati	Segnalare alla direzione tecnica; eventualmente chiudere; sostituire
❑ Scalzamento delle fondamenta	Consolidare e/o sostituire le fondazioni (5.2.6)
❑ Parti in legno molto umide, marce o deformate	Sostituire con specie legnose durevoli (allegato «Durabilità delle specie legnose»); protezione strutturale del legno; protezione chimica in assenza di soluzioni alternative
❑ Parti in metallo corrose, fragili o deformate (anche elementi di giunzione)	Sostituire
❑ Parti a spigoli vivi	Rimuovere
❑ Piano di calpestio scivoloso	Adattare il rivestimento (5.2.4/5.2.6)
❑ Ostruzioni causate da legno galleggiante	Rimuovere il legno galleggiante; se necessario rialzare i ponti
❑ Buche nel piano di calpestio	Chiudere; rinnovare il piano di calpestio
❑ Pareti/soffitti fragili (gallerie, cunicoli)	Segnalare alla direzione tecnica; eventualmente chiudere
Segnaletica	
❑ Segnaletica difettosa	Segnalare alla direzione tecnica; una checklist è disponibile nel manuale «Segnaletica dei sentieri» (USTRA, Sentieri Svizzeri, 2008)

Verbale danni

Modulo per il rilevamento dei danni e dei difetti sui sentieri escursionistici, di montagna e alpini.

Il verbale dei danni può essere utilizzato in combinazione con la checklist «Controllo dei sentieri escursionistici». Entrambi i documenti possono essere scaricati dal sito www.sentieri-infrastruttura.ch.

Verbale danni		
Dati relativi al tratto di sentiero controllato		
Designazione:	Inizio del tratto:	Fine del tratto:
Comune(i)/Cantone:	Categoria di sentiero:	<input type="checkbox"/> Sentiero escursionistico <input type="checkbox"/> Sentiero di montagna <input type="checkbox"/> Sentiero alpino
Data del controllo:	Oggetto IVS?	<input type="checkbox"/> Sì* <input type="checkbox"/> No
Responsabile:	La sicurezza degli escursionisti è garantita?	<input type="checkbox"/> Sì <input type="checkbox"/> No
*Compilazione da parte del servizio cantonale IVS		
N. oggetto IVS secondo SIG IVS		
Classificazione secondo l'art. 4 LPN	<input type="checkbox"/> Oggetto di importanza nazionale <input type="checkbox"/> Oggetto di importanza regionale <input type="checkbox"/> Oggetto di importanza locale	
Categoria secondo l'art. 3 OIVS	<input type="checkbox"/> Tracciato storico con molta sostanza <input type="checkbox"/> Tracciato storico con sostanza	
Danni riscontrati:		
Descrizione del danno / causa / osservazioni (cfr. anche lista di controllo «Controllo dei sentieri escursionistici»)	Località / coordinate	N. foto
Misure: <i>(Se si tratta di un oggetto iscritto nell'IVS, l'accompagnamento delle misure è garantito dal servizio cantonale IVS o da un'istituzione/persona designata da quest'ultimo. Sono determinanti i contenuti della guida tecnica d'applicazione «Conservazione delle vie di comunicazione storiche»).</i>		

Durabilità delle specie legnose

Durabilità delle specie legnose (durame) e resistenza agli attacchi fungini conformemente alla norma UNI EN 350.

Nota: in commercio si trova legno trattato e modificato che presenta una maggiore robustezza e durata di utilizzo rispetto a quello non trattato. In molti luoghi il suo utilizzo è tuttavia vietato per motivi di protezione ambientale. Fa eccezione il legno trattato con anidride acetica (acetilazione) o alcool (furfurilazione) che non presenta rischi per l'ambiente.

Utilizzo di legno svizzero

Per motivi ecologici ed economici (produzione rispettosa dell'ambiente, distanze di trasporto più brevi, creazione di valore nel Paese) sarebbe opportuno privilegiare il legno svizzero quando si acquista legname e si definiscono le condizioni di un bando. Questo vale anche per il legno di castagno che può essere acquistato in Ticino.

Specie legnosa	Durabilità del durame	Classi di durabilità (CD)
Robinia (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	15–25 anni	1–2
Quercia rovere (<i>Quercus sp.</i>) Castagno (<i>Castanea sativa</i>)	15–25 anni	2
Douglasia (<i>Pseudotsuga menziesii</i>) Pino (<i>Pinus sp.</i>) Larice (<i>Larix decidua</i>)	10–15 anni	3–4
Abete rosso (<i>Picea abies</i>) Olmo (<i>Ulmus sp.</i>) Abete bianco (<i>Abies alba</i>)	< 10 anni	4
Acer (<i>Acer sp.</i>) Betulla (<i>Betula sp.</i>) Faggio (<i>Fagus sylvatica</i>) Ontano (<i>Alnus sp.</i>) Frassino (<i>Fraxinus excelsior</i>) Tiglio (<i>Tilia sp.</i>) Pioppo (<i>Populus sp.</i>) Ippocastano (<i>Aesculus hippocastanum</i>)	< 5 anni	5

Fonte: Lignatec Nr. 35 – «Holzschutz im Bauwesen», Lignum 2023

Classi di durabilità (CD)

CD 1: molto durevole

CD 2: durevole

CD 3: moderatamente durevole

CD 4: poco durevole

CD 5: non durevole

