


 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuale tecnico Gallerie e geotecnica Scheda tecnica Elementi costruttivi Impermeabilizzazione	24 001-10500
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC Ufficio federale delle strade USTRA	Impermeabilizzazione – Aspetti generali	V2.11 01.01.2018
Divisione Infrastruttura stradale I		Pagina 1 di 5

1. Riferimenti

- SIA 197 *Projektierung Tunnel – Grundlagen* (Progettazione di gallerie – Principi di base)
- SIA 197/2 *Projektierung Tunnel – Strassentunnel* (Progettazione di gallerie – Gallerie stradali)
- SIA 198 Lavori sotterranei – Esecuzione
- SIA 270 *Abdichtungen und Entwässerungen, Allgemeine Grundlagen und Schnittstellen* (Impermeabilizzazione e drenaggi – Principi generali e interfacce)
- SIA 272 *Abdichtungen und Entwässerungen von Bauten unter Terrain und im Untertagbau* (Impermeabilizzazione e drenaggi di costruzioni interrato e sotterranee)
- SIA 274 *Abdichtungen von Fugen in Bauten – Projektierung und Ausführung* (Impermeabilizzazione di giunti – Progettazione ed esecuzione)
- SIA 281 *Bitumenhaltige Dichtungsbahnen – Bitumenbahnen - Geosynthetische Bitumendichtungsbahnen - Produkte, Baustoffprüfungen und Anwendungsgebiete* (Membrane per impermeabilizzazione bituminose – membrane bituminose - membrane per impermeabilizzazione bituminose geosintetiche – Prodotti, prove sui materiali e campi d'applicazione)
- SIA 283 *Gussasphalt für Abdichtungen, Schutz- und Nuttschichten, Bodenbeläge und Estriche im Hochbau – Produkte- und Baustoffprüfungen, Eigenschaften und Konformität* (Asfalto colato per impermeabilizzazioni, strati di protezione e di usura, rivestimenti di pavimentazione e sottofondi nell'edilizia – Prodotti e prove sui materiali, caratteristiche e conformità)
- SIA 284 *Fugendichtstoffe für nicht befahrene Fugen in Bauten* (Sigillanti per giunti di superfici non carrabili)
- Scheda 24 001-10404 Canale tecnico
- Scheda 24 001-10501 Impermeabilizzazione a ombrello
- Scheda 24 001-10502 Impermeabilizzazione integrale
- Scheda 24 001-10504 Membrane per impermeabilizzazione
- Scheda 24 001-10505 Sistemi d'iniezione
- Scheda 24 001-10506 Impermeabilizzazione e drenaggio di opere secondarie
- Scheda 24 001-10601 Condotta per acqua di drenaggio e infiltrazione
- Scheda 24 001-10901 Variazioni di sezione
- Scheda 24 001-15102 Protezione controterra di opere di sostegno
- Scheda 24 001-15103 Drenaggio delle opere di sostegno
- Scheda 22 001-12410 Lavori d'impermeabilizzazione (manuale tecnico Manufatti)
- Scheda 20 001-00001 Introduzione generale

2. Aspetti generali

La presente scheda tecnica riassume i principi generali in materia di impermeabilizzazione per la costruzione di gallerie ed è parte integrante delle schede dalla 24 001-10501 alla 10506.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuale tecnico Gallerie e geotecnica Scheda tecnica Elementi costruttivi Impermeabilizzazione	24 001-10500
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC Ufficio federale delle strade USTRA	Impermeabilizzazione – Aspetti generali	V2.11 01.01.2018
Divisione Infrastruttura stradale I		Pagina 2 di 5


L'impermeabilizzazione protegge il vano interno della galleria dall'acqua d'infiltrazione e dall'acqua freatica, nonché la struttura portante da possibili attacchi chimici e fisici da parte di componenti aggressivi presenti nell'acqua.

Il sistema di impermeabilizzazione di un'opera è definito sulla base dei requisiti di impermeabilità stabiliti e/o dei vincoli ambientali imposti.

La tabella seguente riporta per i diversi tipi di opere ed elementi costruttivi le schede tecniche corrispondenti o applicabili in riferimento all'impermeabilizzazione.

Tabella di riferimento per le schede tecniche relative all'impermeabilizzazione

Tipo di opera elemento costruttivo	Acqua di infiltrazione e freatica	Principio di impermeabilizzazione	Tipo di impermeabilizz.	Materiali	N. scheda
1. Gallerie					24 001-10500
1.1 Gallerie in sotterraneo					24 001-10500
Arco rovescio	non premente	scarico	-	drenaggio	24 001-10501
	premente	confinamento	imp. completa, drenaggio perdite	membr. sintetiche monostrato ≥ 3 mm	24 001-10502
Calotta	non premente	scarico	imp. a ombrello	membr. sintetiche monostrato ≥ 2 mm	24 001-10501
	premente	confinamento	imp. integrale	membr. sintetiche monostrato ≥ 3 mm	24 001-10502
1.2 Gallerie a cielo aperto					24 001-10500
Arco rovescio	non premente	scarico	-	drenaggio, evtl. con membr bentonitiche	24 001-10501
	premente	confinamento	imp. integrale, drenaggio perdite	membr. sintetiche monostrato ≥ 3 mm	24 001-10502
Pareti, solaio/calotta	non premente	scarico	imp. a ombrello	membr. sintetiche, BP, bentonitiche	24 001-10501
	premente	confinamento	imp. integrale	membr. sintetiche, BP, bentonitiche	24 001-10502
1.3 Canale tecnico					24 001-10404
Calcestruzzo della copertura	non premente	scarico	imp. a ombrello	membr. bitume-polimero	24 001-10404
Giunti di elem. prefabbricati	non premente	scarico	imp. con membrane	membr. sintetiche	24 001-10404
2. Opere secondarie					24 001-10500
Nicchie SOS e nicchie per idranti	come galleria	come galleria	come galleria	come galleria	24 001-10506
Piazzole d'emergenza	come galleria	come galleria	come galleria	come galleria	24 001-10506
Cunicolo di sicurezza e colleg. trasv. pedonale	come galleria	se possibile nessun rivestimento definitivo e impermeabilizzazione	come galleria	come galleria	24 001-10506
Colleg. trasv. pedonale tra 2 gallerie	come galleria	come galleria	come galleria	come galleria	24 001-10506
Collegamenti trasv. carrabili	come galleria	come galleria	come galleria	come galleria	24 001-10506
Locali tecnici, centrali di ventilazione	non premente o premente	confinamento	imp. completa, drenaggio perdite	membr. sintetiche monostrato ≥ 3 mm	24 001-10506
Elementi costr. in calcestruzzo armato	umidità, sostanze nocive	ricetta cls, protez. superficiale, protez. anticorrosione	cls imp., rivest. sup., leghe acciaio per cls	classe esposiz., cls imper., cls armato, acciaio per cls INOX	24 001-10506
3. Opere di sostegno					24 001-10500
Muri/corpi di sostegno					24 001-15102
Muri in elevazione	acqua d'infiltrazione	protezione superficiale	rivestimento superficiale	cls armato, membr. sintetiche, membr. bentonitiche, cls imp.	24 001-15102
Giunti di muri	acqua d'infiltrazione	scarico	-	drenaggio	24 001-15102
Giunti di lavoro	acqua d'infiltrazione	protezione anticorrosione	imp. con membrane	membr. sintetiche, mebr. bentonitiche	24 001-15102

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuale tecnico Gallerie e geotecnica Scheda tecnica Elementi costruttivi Impermeabilizzazione	24 001-10500
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC Ufficio federale delle strade USTRA	Impermeabilizzazione – Aspetti generali	V2.11 01.01.2018
Divisione Infrastruttura stradale I		Pagina 3 di 5

Terminologia

Il **sistema di impermeabilizzazione** è l'insieme di tutti i componenti correlati che assicurano la funzione di impermeabilizzazione e comprendente una serie di strati interdipendenti con o senza collegamento con il sottofondo (sottofondo di calcestruzzo, strato di livellamento delle irregolarità, eventuale mano di fondo, strato di drenaggio, membrana impermeabilizzante, strato protettivo). Il sistema di impermeabilizzazione comprende anche i giunti, quali raccordi ed elementi terminali, passaggi, collegamenti, intestature, incroci, opzioni d'iniezione ecc.

Qualità dell'esecuzione

I sistemi d'impermeabilizzazione sono soggetti a danneggiamento soprattutto durante la costruzione della galleria. Poiché al termine dei lavori non è normalmente più possibile accedere ai sistemi di impermeabilizzazione, risulta praticamente impossibile correggere successivamente eventuali difetti costruttivi. Con la galleria in esercizio la sostituzione di tali sistemi è eccessivamente onerosa, né risulta possibile effettuarne il risanamento.


I pericoli di danni all'impermeabilizzazione possono dipendere da diversi fattori:

- messa in sicurezza dello scavo con calcestruzzo proiettato (eventualmente rinforzato con fibre in acciaio)
- sottofondo non preparato adeguatamente, con elementi costruttivi sporgenti, differenze di altezza, spigoli, ecc.
- posa dell'armatura per il rivestimento definitivo
- cassature frontali per giunti del rivestimento definitivo
- movimentazione e traffico di cantiere, con attività e manovre non corrette
- misure protettive e procedure insufficienti durante il riempimento e la copertura di opere o durante il ripristino dello stato finale.

3. Requisiti

Aspetti generali

- I requisiti relativi all'impermeabilità devono essere fissati nella convenzione d'utilizzazione.
- Riguardo ai requisiti di impermeabilità di un'opera, la norma SIA 270 distingue quattro **classi d'impermeabilità**, dove la classe 1 corrisponde a "completamente asciutto", la classe 2 a "da asciutto a leggermente umido", la classe 3 a "umido" e la classe 4 a "da umido a bagnato".
- La scelta del sistema di impermeabilizzazione dipende dalla geometria, dal sottofondo dell'opera e dal metodo di posa, così come dagli effetti causati dalla pressione dell'acqua e dalla relativa composizione chimica, nonché dalle possibili conseguenze in caso di danno.
- È necessario assicurare il coordinamento di tutte le misure di impermeabilizzazione attuate per l'opera nel suo complesso, comprendente la galleria e le strutture secondarie. L'impermeabilizzazione dell'opera deve essere affrontata globalmente per progettare un sistema di impermeabilizzazione integrato. A tal fine, è importante pianificare in dettaglio tutti i punti di raccordo e giunzione del sistema, prestando particolare attenzione alle

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuale tecnico Gallerie e geotecnica Scheda tecnica Elementi costruttivi Impermeabilizzazione	24 001-10500
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC Ufficio federale delle strade USTRA Divisione Infrastruttura stradale I	Impermeabilizzazione – Aspetti generali	V2.11 01.01.2018 Pagina 4 di 5

aree maggiormente esposte a infiltrazioni d'acqua, verificandone la corretta esecuzione in corso d'opera.

- Nella scelta del sistema di impermeabilizzazione, stimare i rispettivi rischi sulla base delle diverse sollecitazioni a cui la specifica opera è soggetta.
- Per l'impermeabilizzazione di gallerie in sotterraneo viene normalmente adottato un sistema di impermeabilizzazione monostrato.
- Nella costruzione delle strade nazionali, i sistemi di impermeabilizzazione a doppio strato, compartimentati, controllabili e reiniettabili non si sono dimostrati validi e si raccomanda pertanto di evitarne l'impiego nelle gallerie in sotterraneo e a cielo aperto.
- La decisione relativa all'approccio da utilizzare per il sistema di impermeabilizzazione (scarico oppure confinamento delle infiltrazioni) dipende dalle specificità del progetto e va analizzata e presa anche considerando le diverse tecnologie costruttive.
- La scelta del sistema di impermeabilizzazione per gallerie stradali costruite in sotterraneo ricade generalmente su tipologie flessibili che prevedono l'impiego di membrane impermeabilizzanti sintetiche.
- Nella costruzione delle strade nazionali, i sistemi di impermeabilizzazione a doppio strato, compartimentati, controllabili e reiniettabili, così come i materiali sintetici fluidi non si sono dimostrati validi e vanno pertanto evitati.
- Per la pianificazione e la realizzazione di gallerie a cielo aperto si applicano le norme SIA 270 – 274.
- Durante la pianificazione e la realizzazione è necessario osservare i requisiti stabiliti in relazione al sistema di impermeabilizzazione e verificarne l'applicazione durante l'esecuzione dell'opera.

Aspetti costruttivi

- Tutti i materiali ed elementi costruttivi utilizzati nel sistema di impermeabilizzazione devono essere tra loro compatibili e integrarsi per formare un sistema globale (ad es. membrane impermeabilizzanti, drenaggi e strati protettivi).

Sottofondo

- Secondo la norma SIA 272, Allegato 3, il sottofondo deve essere il più regolare possibile e privo di asperità spigolose o appuntite. Si dovrà assicurare che non sussistano rischi di danneggiamento, ad es. a causa di fibre d'acciaio sporgenti nel caso di calcestruzzo proiettato, così come di altri elementi aggettanti quali chiodi, ancoraggi, condotte per l'acqua, spigoli di conci prefabbricati e similari. Eventuali parti appuntite vanno rimosse e le asperità livellate con malta o calcestruzzo proiettato.
- I requisiti del sottofondo sono descritti nell'Allegato B della norma SIA 272 e devono essere rigorosamente rispettati.
- Durante le prove, ricordare che in fase di messa in opera del calcestruzzo si sviluppano a volte pressioni molto elevate, con conseguente compressione dell'impermeabilizzazione verso il sostegno dello scavo.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuale tecnico Gallerie e geotecnica Scheda tecnica Elementi costruttivi Impermeabilizzazione	24 001-10500
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC Ufficio federale delle strade USTRA	Impermeabilizzazione – Aspetti generali	V2.11 01.01.2018
Divisione Infrastruttura stradale I		Pagina 5 di 5

Membrane per impermeabilizzazione e protezione

- I giunti delle membrane impermeabilizzanti devono essere saldati ermeticamente a doppia pista, verificando i cordoni di collegamento ad ogni fase.
- Gli strati protettivi sulle membrane impermeabilizzanti devono essere posati al più presto dopo la verifica o il collaudo dell'impermeabilizzazione.

Realizzazione del rivestimento definitivo

- Durante la realizzazione del sistema di impermeabilizzazione, le membrane impermeabilizzanti devono essere fissate a superfici perpendicolari e sopratesta mediante nastro continuo o ancoraggi puntuali. Posare le membrane senza pieghe e con la massima aderenza al sottofondo. Il numero degli elementi di fissaggio va definito caso per caso.
- Le membrane impermeabilizzanti devono essere fissate al sottofondo essenzialmente senza penetrazione.
- Durante l'esecuzione dei lavori devono essere osservati i requisiti di sicurezza antincendio (in caso di incendio il manto sprigiona gas tossici). Il pericolo di danneggiamento dell'impermeabilizzazione è inoltre relativamente alto nell'area di avanzamento lavori. Per questi due motivi, i lavori per l'applicazione dell'impermeabilizzazione devono precedere la messa in opera del calcestruzzo del rivestimento definitivo di un tratto non superiore a 100 metri.
- Il cantiere deve essere fundamentalmente organizzato in modo che le superfici impermeabilizzate rimangano esposte ai pericoli del cantiere per il più breve tempo possibile. In queste aree, organizzare le zone di stoccaggio e il trasporto dei materiali in modo che non provochino danni all'impermeabilizzazione.

Raccordi

- I requisiti per il drenaggio e le condotte di drenaggio sono illustrati nella scheda tecnica 24 001-10601 "Condotta per acqua di drenaggio e infiltrazione".
- I giunti di raccordo secondari per elementi costruttivi speciali, quali nicchie, pozzetti, intersezioni, ecc., devono essere realizzati adottando misure di impermeabilizzazione adeguate e conformi ai requisiti normativi e monitorati con attenzione (vedi scheda tecnica 24 001-10506 "Impermeabilizzazione e drenaggio di opere secondarie").

Assicurazione della qualità

- L'esecuzione dei lavori di impermeabilizzazione deve essere descritta dettagliatamente nel sistema di assicurazione della qualità.
- Le misure di assicurazione della qualità devono essere attuate solo da specialisti qualificati, con conoscenze approfondite ed esperienza pratica nell'impermeabilizzazione delle gallerie e nella gestione della qualità.
- Le prove, i collaudi di accettazione o i collaudi finali per i lavori di impermeabilizzazione devono avvenire quando gli eventuali danni constatati possano ancora essere integralmente riparati in modo efficace.
- I collaudi devono essere eseguiti per fasi ed essere verbalizzati dalla Direzione lavori.