

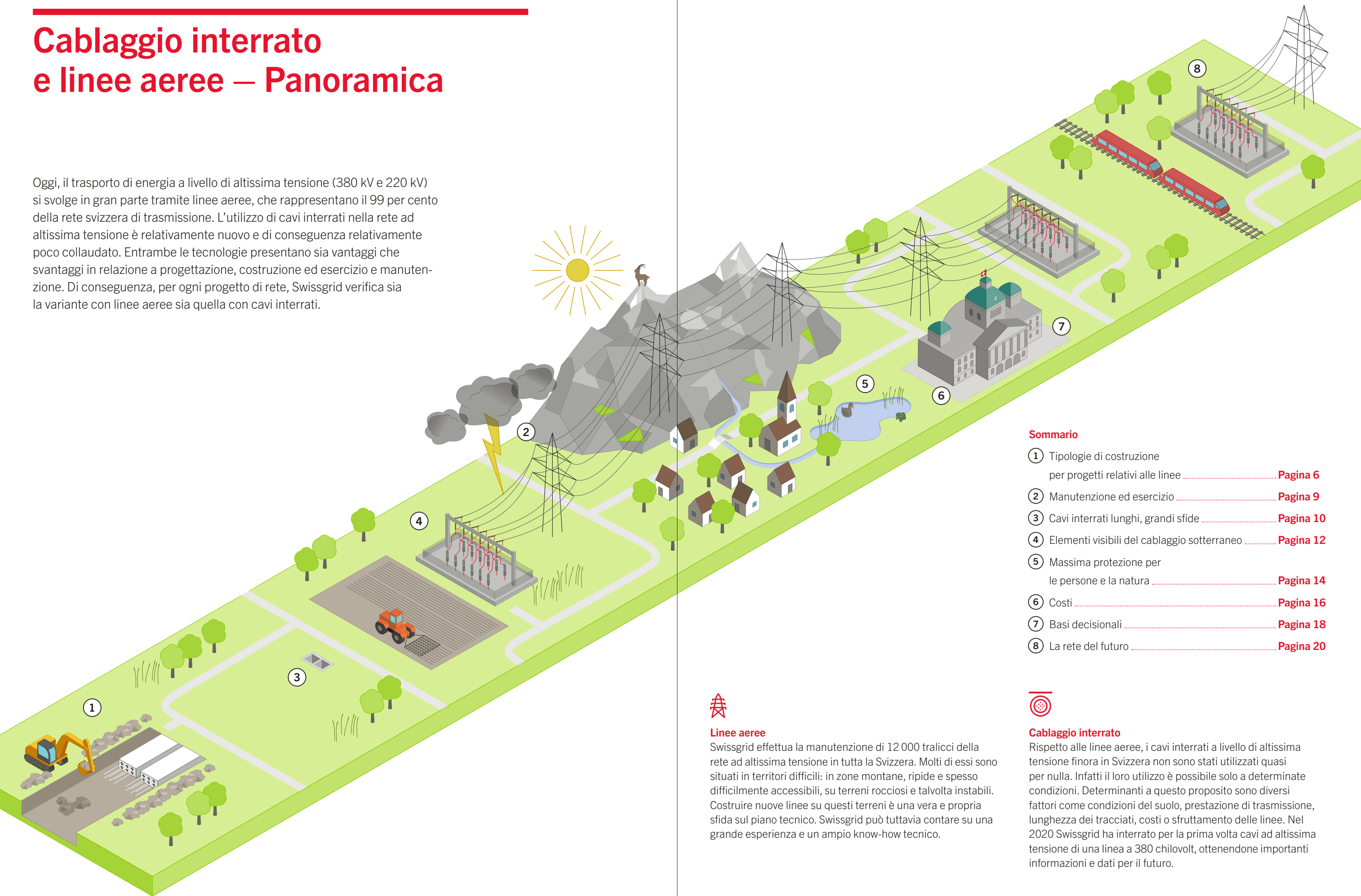
Tecnologie nella rete ad altissima tensione in Svizzera

Linee aeree e cavi interrati



Cablaggio interrato e linee aeree – Panoramica

Oggi, il trasporto di energia a livello di altissima tensione (380 kV e 220 kV) si svolge in gran parte tramite linee aeree, che rappresentano il 99 per cento della rete svizzera di trasmissione. L'utilizzo di cavi interrati nella rete ad altissima tensione è relativamente nuovo e di conseguenza relativamente poco collaudato. Entrambe le tecnologie presentano sia vantaggi che svantaggi in relazione a progettazione, costruzione ed esercizio e manutenzione. Di conseguenza, per ogni progetto di rete, Swissgrid verifica sia la variante con linee aeree sia quella con cavi interrati.



Sommario

- ① Tipologie di costruzione
per progetti relativi alle linee **Pagina 6**
- ② Manutenzione ed esercizio **Pagina 9**
- ③ Cavi interrati lunghi, grandi sfide **Pagina 10**
- ④ Elementi visibili del cablaggio sotterraneo **Pagina 12**
- ⑤ Massima protezione per
le persone e la natura **Pagina 14**
- ⑥ Costi **Pagina 16**
- ⑦ Basi decisionali **Pagina 18**
- ⑧ La rete del futuro **Pagina 20**



Cablaggio interrato

Rispetto alle linee aeree, i cavi interrati a livello di altissima tensione finora in Svizzera non sono stati utilizzati quasi per nulla. Infatti il loro utilizzo è possibile solo a determinate condizioni. Determinanti a questo proposito sono diversi fattori come condizioni del suolo, prestazione di trasmissione, lunghezza dei tracciati, costi o sfruttamento delle linee. Nel 2020 Swissgrid ha interrato per la prima volta cavi ad altissima tensione di una linea a 380 kilovolt, ottenendone importanti informazioni e dati per il futuro.



Linee aeree

Swissgrid effettua la manutenzione di 12 000 tralicci della rete ad altissima tensione in tutta la Svizzera. Molti di essi sono situati in territori difficili: in zone montane, ripide e spesso difficilmente accessibili, su terreni rocciosi e talvolta instabili. Costruire nuove linee su questi terreni è una vera e propria sfida sul piano tecnico. Swissgrid può tuttavia contare su una grande esperienza e un ampio know-how tecnico.



Potenziamento e modernizzazione della rete di trasmissione

La rete di trasmissione svizzera

Con una lunghezza totale di oltre 6700 chilometri e 147 impianti di smistamento, la rete svizzera di trasmissione costituisce la colonna portante dell'approvvigionamento elettrico sicuro della Svizzera. Il compito di questa cosiddetta rete ad altissima tensione è di trasportare l'energia prodotta dalle centrali elettriche con una tensione di 380 o 220 kilovolt alle reti di distribuzione regionali e locali, da dove giunge poi agli utenti.

Potenziamento e modernizzazione

La rete svizzera di trasmissione è oggi una delle più sicure e più stabili al mondo. I requisiti che tale rete deve soddisfare tuttavia sono cambiati in ragione della liberalizzazione del mercato e dell'aumento della produzione da fonti di energia rinnovabili. La rete di trasmissione svizzera presenta già oggi dei colli di bottiglia strutturali. Al fine di eliminarli e di predisporre la rete per le sfide future, come la transizione energetica, Swissgrid lavora costantemente alla manutenzione e all'ammodernamento dell'infrastruttura, e in questo modo garantisce alla Svizzera un futuro energetico sostenibile.



6700 km

In tutta la Svizzera, Swissgrid esegue la manutenzione di oltre 6700 chilometri di linee ad altissima tensione e 12 000 tralicci.



42 km

La percentuale di cavi interrati nella rete di trasmissione di Swissgrid è inferiore all'1%.



260 000

viti sono state installate sui tralicci dalle nostre elettriciste e dai nostri elettricisti di rete per l'ampliamento della linea Pradella–La Punt, lunga 50 chilometri.



15 cm

è il diametro di un cavo sotterraneo da 380 kilovolt a livello di altissima tensione.



40 tonnellate

è il peso che una bobina per cavi può raggiungere.



15 anni

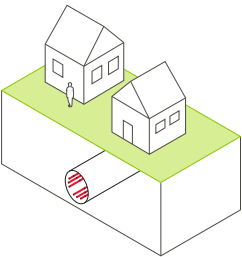
o anche di più possono passare dall'avvio di un progetto infrastrutturale fino alla messa in servizio. I motivi sono le lunghe procedure di approvazione, i ricorsi e le sentenze dei tribunali.

Tipologie di costruzione per progetti relativi alle linee



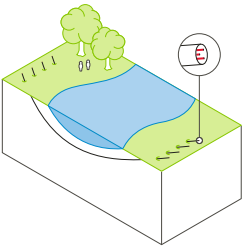
Costruzione dei tracciati: ecco come viene posato il cavo nel terreno

Come si posa una linea di trasmissione interrata? Quali metodi sono adatti a quali terreni e come influiscono sui tempi di costruzione, sui costi o sulla capacità di carico? Nella progettazione delle linee, Swissgrid è sempre alla ricerca di soluzioni ottimali per risolvere il conflitto tra i quattro pilastri dell'efficienza economica, della tecnologia, dello sviluppo territoriale e dell'ambiente. Il «Sistema modulare per la costruzione delle linee» è uno strumento importante per trovare soluzioni. Descrive con precisione i vantaggi e gli svantaggi delle varie soluzioni possibili, rispondendo così all'esigenza di una ponderazione fondata di tutte le opzioni costruttive.



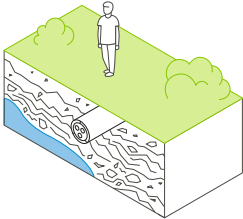
Costruzione di tunnel

Questa procedura viene utilizzata nelle aree rocciose e montagnose oppure per passare sotto a ostacoli come insediamenti o linee ferroviarie. Le gallerie percorribili vengono realizzate con le tecniche di tunneling o avanzamento a pressione, e poi i cavi vengono condotti su speciali supporti per cavi. La sezione relativamente ampia della galleria determina una notevole quantità di materiale di scavo da smaltire.



Perforazione guidata

Una punta di trivellazione orientata scava sotto a ostacoli come ad esempio corsi d'acqua, strade o linee di servizio. Dietro alla punta di trivellazione viene pompato un liquido stabilizzante. In seguito si inseriscono tubi vuoti per i cavi.

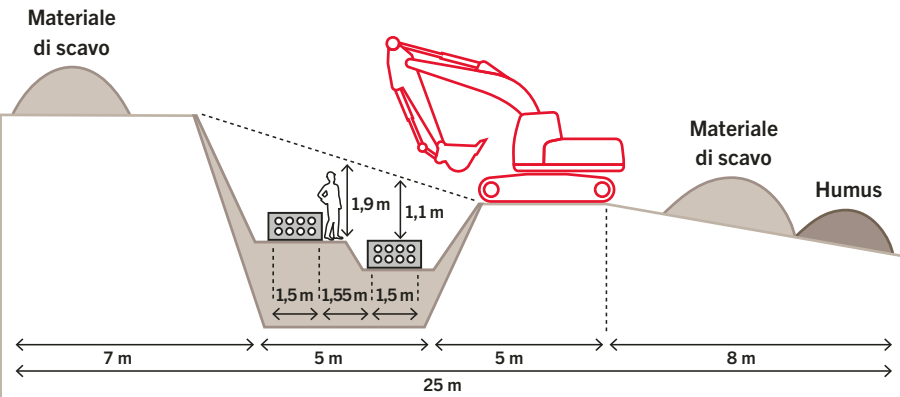


E-Powerpipe

Innovativa macchina di trivellazione di piccole dimensioni azionata tramite singoli elementi tubolari. Il metodo è caratterizzato da un'elevata potenza di avanzamento e da una conseguente riduzione dei costi. Viene utilizzato per la realizzazione di gallerie in prossimità della superficie all'interno di rocce non consolidate, sia in terreni asciutti che in acque sotterranee.

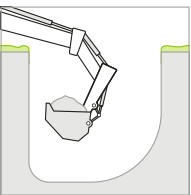
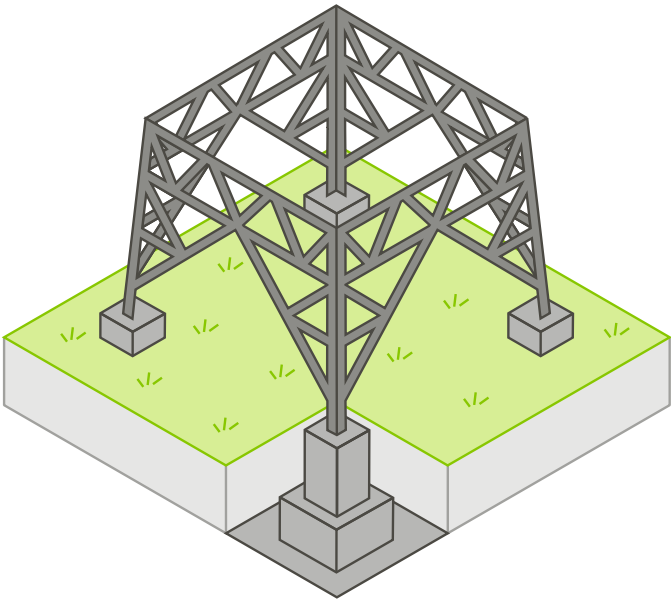
Blocco passacavi

I cavi interrati vengono in gran parte posati con la procedura della costruzione a trincea aperta. Il metodo di costruzione prevede lo scavo di una trincea profonda circa 2 metri. Per lo scavo delle trincee, lo stoccaggio provvisorio del materiale di scavo e le piste di costruzione è necessario un tracciato di cantiere largo circa 25 metri. I cavi vengono posati in queste trincee con l'aiuto di apposite sagome. Queste vengono infine annegate nel calcestruzzo andando a formare dei blocchi di tubi dei cavi e l'intera trincea viene nuovamente riempita di terra. Al termine si inseriscono i cavi della corrente nelle guaine per cavi.

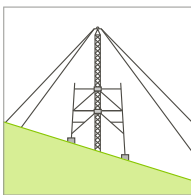


Costruzione di linee aeree: su solide fondamenta

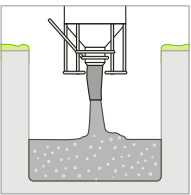
In tutta la Svizzera, Swissgrid esegue la manutenzione di oltre 6700 chilometri di linee ad altissima tensione e 12 000 tralicci. Molti di questi sono situati in aree insidiose: in zone montane, ripide e spesso difficilmente accessibili, su terreno roccioso e a volte instabile. Il traliccio di una linea ad altissima tensione necessita di una superficie massima pari a 15 x 15 metri. Il suo basamento costituito da quattro basi viene costruito in modo molto stabile: non devono solo supportare il traliccio, ma anche garantire che quest'ultimo non si ribalti in caso di vento forte. A seconda dell'altezza del traliccio e del terreno – soprattutto nelle aree montuose spesso i tralicci sono situati in zone pendenti o instabili – possono essere necessarie ulteriori misure tecniche di sicurezza. Speciali strumenti di misura monitorano i più piccoli movimenti del sottosuolo fino a una profondità di 25 metri. Misure costruttive come reti metalliche o rinforzi in calcestruzzo proteggono i tralicci da slavine, cadute di massi o colate detritiche.



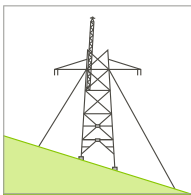
Nella futura ubicazione del traliccio viene scavato un pozzo, utilizzando scavatrici, martelli pneumatici o il metodo tradizionale, a seconda del tipo di terreno.



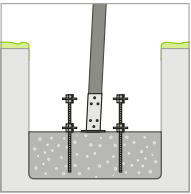
Una volta terminato il rivestimento in calcestruzzo del basamento, è possibile costruire il traliccio con una gru pneumatica, un elicottero oppure, come mostrato nell'illustrazione, con una torre di montaggio.



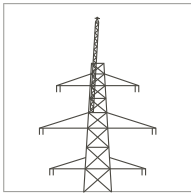
Le pareti del pozzo vengono messe in sicurezza e armate. Sul fondo del pozzo la parte inferiore della base viene in seguito ricoperta da calcestruzzo. Misura fino a 4 x 4 metri.



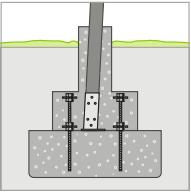
Un elicottero o un camion portano sul posto gli elementi del traliccio. Con la torre di montaggio gli stessi vengono sollevati pezzo per pezzo.



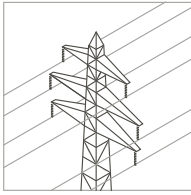
Gli elementi in acciaio del traliccio più bassi vengono ancorati nel calcestruzzo. Per un ulteriore rinforzo e una maggiore stabilità vengono inseriti nelle fondamenta dei pali metallici.



Il traliccio cresce continuamente in altezza. Nelle zone con forte pendenza i singoli elementi del traliccio vengono portati dall'elicottero e fissati direttamente senza toccare terra.



Gli elementi in acciaio vengono ricoperti con diversi strati di cemento armato, formando degli scalini.



Quando il traliccio è terminato, i fili della corrente, detti conduttori, vengono attaccati agli isolatori tramite carrucole.



Manutenzione ed esercizio

Le linee aeree e i cavi interrati presentano sia vantaggi che svantaggi in relazione all’esercizio della rete e alla sua manutenzione. Le sfide tecniche, come ad esempio il mantenimento della tensione, aumentano con l’aumentare delle sezioni di linee della rete di trasmissione che sono interrate. Infatti le due tecnologie hanno caratteristiche elettriche differenti che a loro volta influenzano in modo diverso la stabilità e la disponibilità della rete di trasmissione.

Manutenzione e durata di vita

Linee aeree

Affinché la rete di trasmissione sia sempre disponibile, le linee aeree e i tralicci vengono regolarmente ispezionati e sottoposti a manutenzione. La durata di vita di una linea aerea è di circa 80 anni. Il terreno sotto una linea aerea può essere coltivato senza grandi restrizioni, nel rispetto delle norme di sicurezza.

Cavi interrati

Secondo le stime attuali, la durata di vita dei cavi interrati è di circa 40 anni. Il terreno al di sopra del blocco di condotti per cavi può essere nuovamente utilizzato a scopi agricoli oppure lasciato rinverdire. Poiché le radici possono mettere a rischio i cavi interrati, è necessario evitare alberi ad alto fusto o con radici profonde.

Perturbazioni

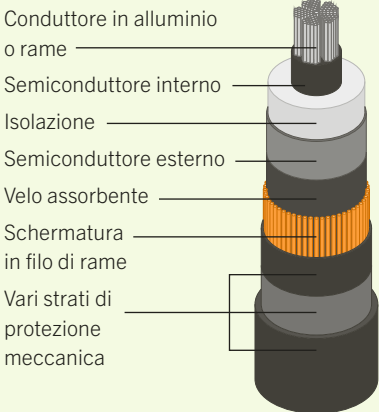
Linee aeree

Rispetto ai cavi interrati, le linee aeree sono più esposte agli elementi naturali, come fulmini, ghiaccio e caduta di alberi. Sono quindi interessate da guasti e interruzioni più frequentemente rispetto ai cavi interrati protetti dal terreno. Nel caso delle linee aeree, tuttavia, questi problemi possono essere risolti nel giro di pochi minuti o di qualche ora.

Cavi interrati

Le perturbazioni si verificano raramente con i cavi interrati. In compenso, l’eliminazione di tali guasti richiede molto più tempo rispetto alle linee aeree, poiché nella maggior parte dei casi si verifica un danneggiamento del cavo interrato che deve essere sostituito. Ciò può richiedere diverse settimane o anche mesi perché i cavi vengono dimensionati e prodotti specificatamente per il singolo progetto. Anche l’estrazione del cavo danneggiato e l’inserimento del nuovo cavo sono molto onerosi in ragione del peso elevato dei cavi interrati.

Composizione di un cavo sotterraneo



Cavo interrato con polietilene (XLPE) come materiale isolante

Al livello di altissima tensione si utilizzano diverse tecnologie di cavi. Le differenze principali risiedono nel materiale isolante con cui sono rivestiti i conduttori, che può essere gas, aria compressa o polietilene. Ognuna di queste tecnologie presenta vantaggi e svantaggi. I cavi interrati con polietilene come materiale isolante sono lo standard per i cavi ad altissima tensione e sono stati utilizzati da Swissgrid a Bözberg (AG) e tra La Bâtiaz e Le Verney (VS). Sono molto versatili, in quanto vengono installati in apposite scatole in cemento, in tunnel e persino sott’acqua, ad esempio sulla linea da 150 kilovolt tra Brusino e Morcote (TI). L’anima del cavo è costituita da un conduttore di rame o alluminio, racchiuso in diversi strati di polietilene. Gli strati aggiuntivi servono per l’impermeabilità, la protezione meccanica o la messa a terra delle correnti capacitive e di corto circuito. Lo svantaggio di questa tecnologia è il peso.

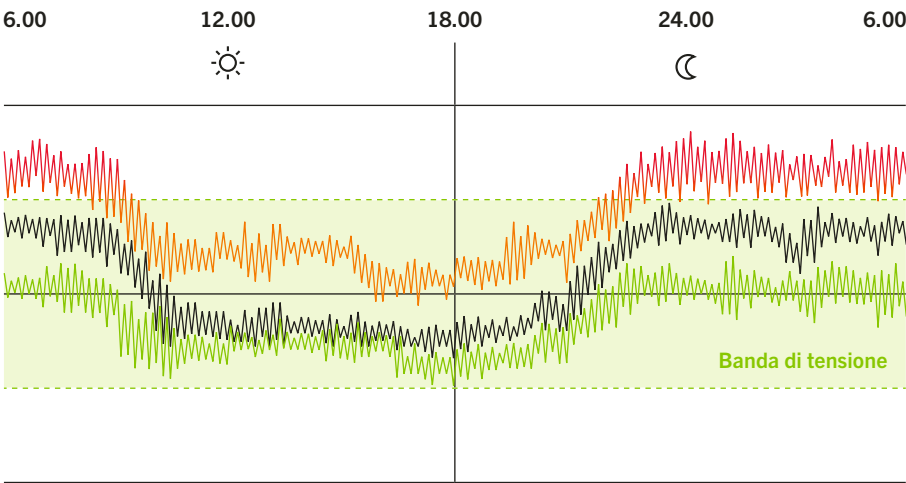
Cavi interrati lunghi, grandi sfide

Swissgrid è aperta a tutte le tecnologie e sviluppa per ogni progetto varianti di linee aeree e in cavo. Nel valutare i loro vantaggi e svantaggi, tuttavia, è importante considerare non solo il singolo tratto di linea, ma anche la rete nel suo complesso. I fenomeni fisici e le sfide operative limitano l'uso dei cavi interrati nella rete di trasmissione. Swissgrid sostiene le innovazioni tecnologiche e i progetti pilota per la rete del futuro.

Mantenimento della tensione

La stazione di comando della rete di Swissgrid deve costantemente garantire che la tensione nella rete di trasmissione rimanga all'interno di un determinato intervallo, altrimenti si rischiano danni agli impianti elettrici. In ragione delle loro caratteristiche fisiche, i cavi interrati aumentano la tensione in misura maggiore rispetto alle linee aeree. Se il numero di chilometri di cavi interrati della rete di trasmissione aumenta,

le misure abituali per il mantenimento della tensione, ossia istruire le centrali elettriche affinché incrementino o riducano la produzione, non sono più sufficienti. Ad esempio, sono necessari i cosiddetti impianti di compensazione. Questi ultimi, tuttavia, necessitano di molto spazio, sono molto costosi e fanno rumore. Inoltre, la presenza di ulteriori componenti tecnici fa aumentare la complessità e quindi anche il rischio di guasti della rete di trasmissione.



- molte linee in cavo
- poche linee in cavo
- 100% linee aeree



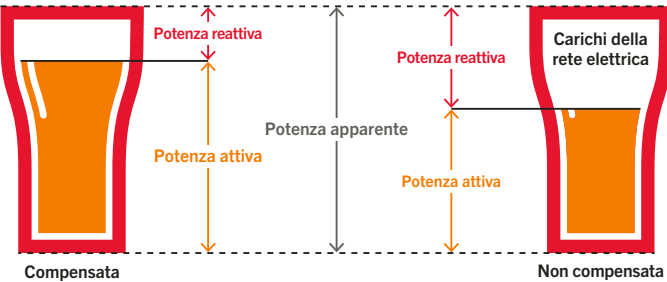
Tunnel per cavi tra La Bâtiaz e Le Verney nella zona di Martigny (VS)

Potenza reattiva

La potenza reattiva è paragonabile alla schiuma che riempie il bicchiere e lascia meno spazio alla birra. Dal punto di vista della fisica, si distingue tra potenza reattiva capacitiva e induttiva. Si compensano a vicenda e idealmente si annullano completamente. Swissgrid cerca di gestire le proprie linee il più vicino possibile a questo punto della cosiddetta «potenza naturale». Questo non è tuttavia possibile con i cavi interrati, perché si riscalderebbero troppo. I cavi interrati lunghi riducono quindi la potenza effettiva di una linea (potenza attiva) oppure creano la necessità di impianti per compensare la potenza reattiva. Questa sfida aumenta in proporzione alla lunghezza di una linea di cavi interrati.

Perdite elettriche

L'energia elettrica viene sempre persa durante il trasporto dell'elettricità. Le perdite di potenza attiva dipendono dalla potenza di trasmissione. Sono più elevate per le linee aeree che per i cavi interrati. Se alle linee interrate si aggiungono le perdite dovute alla compensazione della potenza reattiva, le perdite sono approssimativamente le stesse per entrambe le tecnologie di trasmissione.

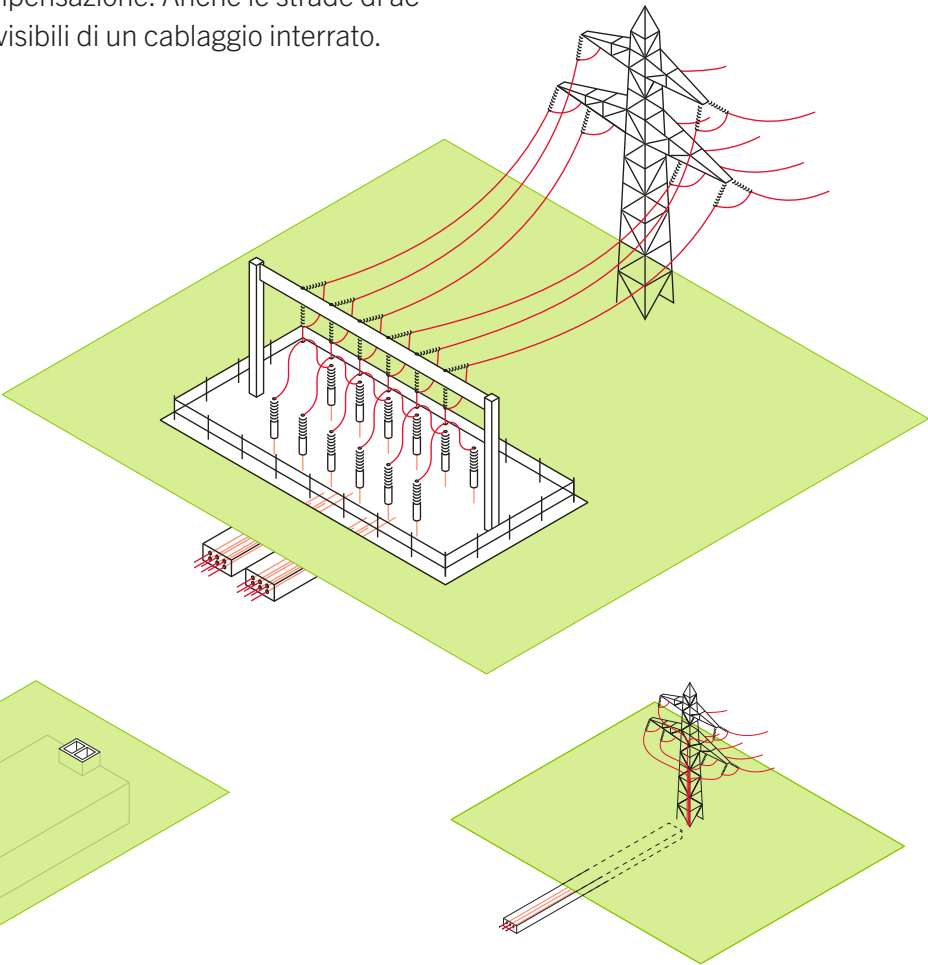


Elementi visibili del cablaggio sotterraneo

La tutela del paesaggio è un notevole punto a favore delle linee interrato. La maggior parte dell'infrastruttura della linea è nascosta nel terreno. Tuttavia, anche i cavi interrati lasciano tracce nel paesaggio, ad esempio sotto forma di piste boschive, strade di accesso e strutture transitorie che collegano la linea aerea con il cavo interrato. Speciali pozzetti servono per il controllo e la riparazione delle connessioni dei cavi. La tensione viene stabilizzata con impianti di compensazione. Anche le strade di accesso e le piste boschive sono segni visibili di un cablaggio interrato.

Strutture di transizione

Le strutture transitorie sono necessarie per collegare i cavi interrati alle linee aeree. La caratteristica principale di queste ultime sono i tralicci esterni, che sventano a circa 25 metri di altezza. Prendono le linee dall'ultimo traliccio e le collegano con i cavi interrati. Le strutture transitorie richiedono una superficie pari all'incirca a quella di un campo da hockey su ghiaccio. In sede di progettazione di un cablaggio parziale, Swissgrid fa tutto il possibile per collocarlo al meglio nell'assetto paesaggistico.



Pozzetti per manicotti e collari

I cavi ad altissima tensione interrati sono composti da numerosi strati. Questo ha un peso. Pertanto, i cavi possono essere inseriti nei blocchi di tubi solo in pezzi di circa 1 chilometro di lunghezza. Le sezioni dei cavi vengono unite tra loro con speciali elementi di raccordo, i cosiddetti manicotti. Si tratta di un'operazione complessa

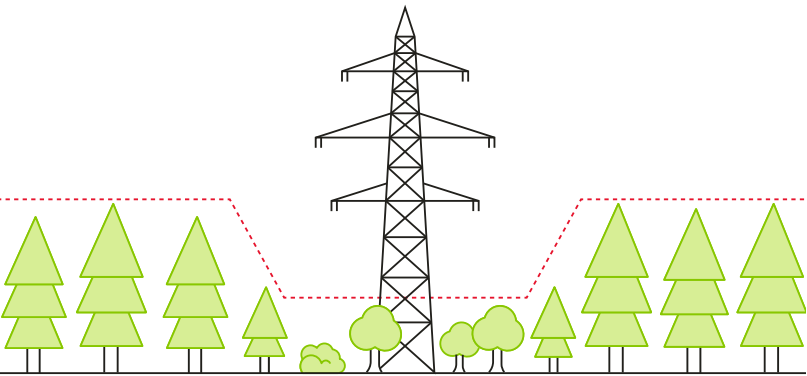
dal punto di vista tecnico, motivo per cui i manicotti sono alquanto soggetti a guasti e devono essere accessibili in modo permanente. Per i lavori di costruzione e montaggio, si costruiscono quindi speciali pozzetti per manicotti. Sono inoltre necessari pozzetti speciali per i morsetti, che impediscono ai cavi interrati di scivolare sui terreni in pendenza.

Traliccio di transizione

Nel traliccio di transizione, la linea viene condotta dalla sezione interrata direttamente verso l'alto sulla linea aerea. Possono essere utilizzati in particolare per le linee a 220 kilovolt.

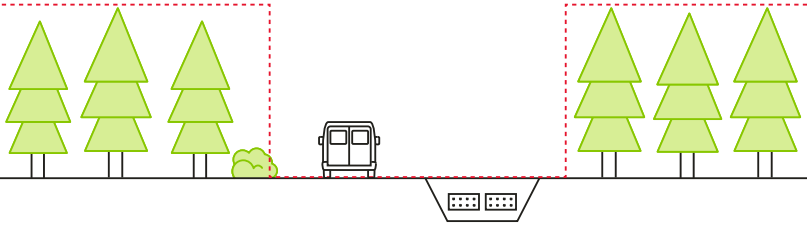


Costruzione della nuova linea nel Goms (VS)



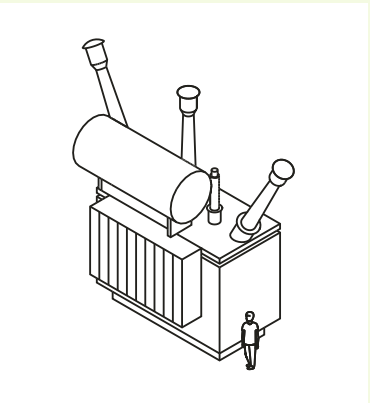
Diradamento e brecce nel bosco per le linee aeree

La costruzione di linee aeree in zone boschive richiede lavori di diradamento, ad esempio per le strade di accesso, i depositi o la costruzione delle fondamenta dei tralicci. Una parte di queste superfici potrà essere riforestata al termine dei lavori di costruzione. Direttamente sotto le linee aeree si possono piantare esclusivamente alberi a basso fusto.



Diradamento e brecce nel bosco per cavi interrati

Se i cavi interrati attraversano zone boschive sono necessari diradamenti al fine di creare spazio per la costruzione della trincea per cavi. Una parte di queste superfici potrà essere riforestata al termine dei lavori di costruzione. Poiché le radici possono causare dei danni, al di sopra dei blocchi di tubi dei cavi è tuttavia necessario lasciare una zona di rispetto ove è vietato piantare alberi con radici profonde. Se si costruiscono strutture transitorie nel bosco, anche in questo caso è necessario procedere a diradamenti e in tali aree non saranno possibili riforestazioni.



Impianti di compensazione

I cavi interrati aumentano la tensione nella rete in misura maggiore rispetto alle linee aeree. Swissgrid deve fare in modo che la tensione nell'intera rete di trasmissione non sia troppo elevata. A tale scopo può indicare alle centrali elettriche di ridurre la tensione oppure utilizzare i cosiddetti impianti di compensazione che riducono la tensione. Se possibile, vengono posizionati presso la struttura di transizione o una sotto-stazione, ma possono anche essere collocati in campo aperto. A seconda della potenza, gli impianti di compensazione possono raggiungere le dimensioni di un camion.

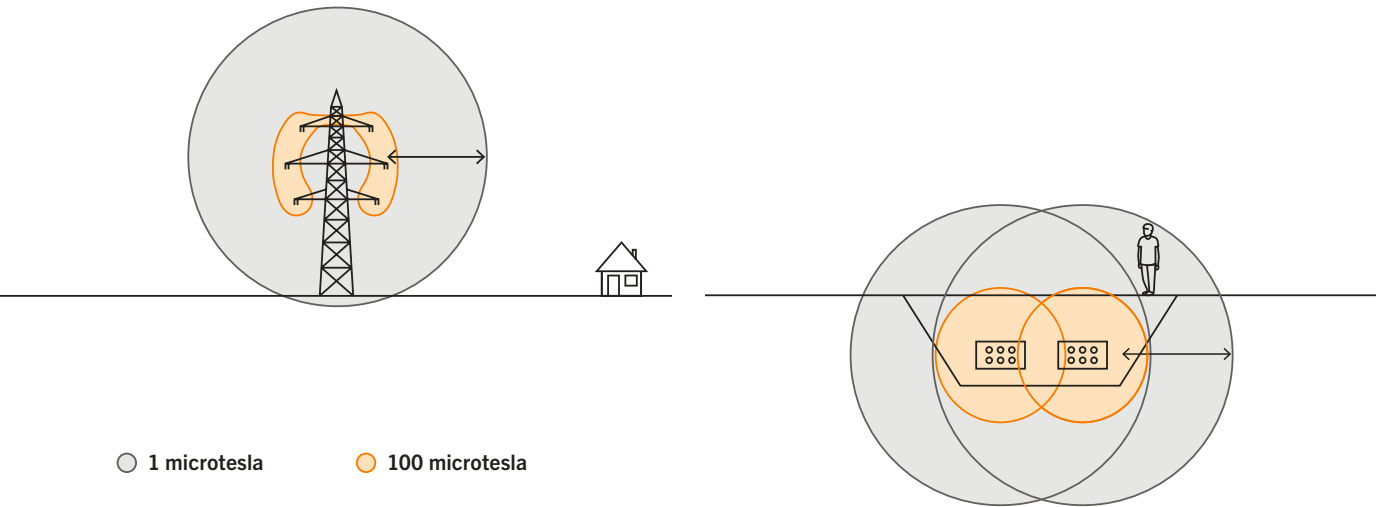
Massima protezione per le persone e la natura

Swissgrid si impegna al massimo per evitare o ridurre al minimo gli impatti negativi sulle persone, sull'ambiente e sul paesaggio durante i progetti di costruzione. Il quadro giuridico di riferimento è costituito dai severi valori limite svizzeri per quanto riguarda il rumore e i campi elettrici e magnetici. Tuttavia, Swissgrid adotta anche misure che vanno oltre i requisiti ufficiali. Ad esempio, promuove attivamente la biodiversità con una serie di provvedimenti.

Campi elettrici e magnetici

Ciò che chiamiamo colloquialmente «radiazione elettromagnetica» non è in realtà una radiazione, bensì un campo elettrico e magnetico. Queste radiazioni si verificano ovunque l'elettricità venga prodotta, trasportata e utilizzata. I campi elettromagnetici delle linee aeree e dei cavi interrati si differenziano principalmente per l'estensione spaziale. I limiti svizzeri che si applicano a entrambe le tecnologie sono tra i più severi al mondo.

Il campo magnetico direttamente al di sotto di una linea aerea è inferiore a quello direttamente al di sopra di un cavo interrato. D'altra parte, l'estensione del campo magnetico è minore nelle linee interrate perché la disposizione dei cavi ne annulla parzialmente i campi. Il valore limite d'impianto da rispettare per i cavi interrati parte da una distanza laterale di 6–8 metri. Nel caso di una linea aerea sono necessari dai 60 agli 80 metri.



Un crepitio nell'aria

Con le linee ad altissima tensione si hanno costantemente piccole scariche elettriche nell'aria. Questo effetto fisico chiamato «effetto corona» genera rumori che l'orecchio umano percepisce come crepitii o ronzii. Se l'aria contiene molta umidità – in caso di pioggia, brina, neve bagnata o dopo un temporale – l'effetto corona aumenta e il crepitio diventa più forte. I cavi interrati di per sé non causano emissioni acustiche, ma lo fanno le infrastrutture a essi connesse, come le strutture transitorie e gli impianti di compensazione.



Struttura di transizione a Riniken (AG) nel progetto di rete Beznau–Birr

Cablaggio interrato Beznau–Birr: ripercussioni sul suolo e sull'ambiente

Con l'aumento dei chilometri di cavi, cresce anche la conoscenza degli effetti tecnici, operativi, economici ed ecologici dei cavi interrati. Nel tratto di cavo Gäbihübel, lungo 1,3 chilometri, a Bözberg/Riniken, in Argovia, completato tra il 2018 e il 2020, Swissgrid sta analizzando, ad esempio, il comportamento termico dei conduttori e i campi magnetici in presenza di diversi carichi e condizioni operative. Gli effetti del cavo interrato sul suolo sono stati rilevati anche in un programma di monitoraggio ambientale. Dallo studio è emerso che la qualità del suolo e le popolazioni di lombrichi non sono state influenzate dal rimodellamento del terreno e dalla temperatura leggermente più elevata del suolo nei primi due anni dopo la messa in servizio del cavo interrato. Grazie alle condizioni favorevoli del suolo, i terreni sono ben popolati di lombrichi.

Video «Cavo sotterraneo Beznau–Birr: impatto su suolo e ambiente» (in tedesco)



La messa in cavo della linea Beznau–Birr mostra gli impatti dell'interramento di una linea ad altissima tensione da 380 kV sul paesaggio e sull'ambiente, e le sfide legate alla costruzione, all'esercizio e alla manutenzione.

Promozione della biodiversità

In molti luoghi, i tralicci e le superfici direttamente sottostanti o adiacenti sono adatti a promuovere la biodiversità mediante piccole strutture. Swissgrid crea attivamente habitat per piante e animali nei pressi di tralicci, sottostazioni o strutture di transizione, attraverso stagni, mucchi di rami o pietre, o preservando o promuovendo preziosi prati magri.

Esempio degli anfibî

È possibile creare piccoli stagni nell'area dei basamenti dei tralicci. Ne beneficiano diversi anfibî, come l'ululone dal ventre giallo, in pericolo di estinzione. Il suo habitat si sta riducendo sempre più a causa della diminuzione di zone umide adatte alla specie.



Costi

I costi di costruzione di una linea ad altissima tensione possono variare notevolmente da caso a caso, a seconda della topografia, del terreno di fondazione, dei potenziali rischi naturali e della tecnologia. La regola generale è: un chilometro di cavo interrato può essere da due a dieci volte più costoso di un chilometro di linea aerea. Nel valutare l'efficienza economica, Swissgrid tiene conto non solo dei costi di costruzione, ma anche dei costi del ciclo di vita delle diverse varianti di linea.

Il calcolo di Swissgrid si basa su una durata di vita della linea di 80 anni. Tuttavia, diversi componenti devono essere sostituiti prima. Nel caso delle linee interrate, i cavi stessi rappresentano un fattore di costo particolarmente importante: a causa della loro aspettativa di vita tecnica, i cavi interrati possono essere utilizzati solo per la metà del tempo rispetto alle linee aeree e devono essere completamente sostituiti già dopo circa 40 anni.



Linee aeree

Nuova costruzione		Lunghezza	Costi di costruzione totali	Costi di costruzione per chilometro
①	Chamoson–Chippis	30 km	CHF 140 mio.	CHF 4,7 mio.
②	Beznau–Birr, sezioni di linea aerea	5,2 km	CHF 12,1 mio.	CHF 2,3 mio.
③	Chippis–Mörel	44 km	CHF 120 mio.	CHF 2,7 mio.
④	Mörel–Ulrichen	30 km	CHF 110 mio.	CHF 3,7 mio.
⑤	Airolo–Lavorgo	23 km	CHF 82 mio.	CHF 3,6 mio.
⑥	Allacciamento alla rete della centrale di Nant de Drance, sezioni di linea aerea	12,5 km	CHF 55 mio.	CHF 4,4 mio.

Aumento della tensione di linee aeree esistenti		Lunghezza	Costi di costruzione totali	Costi di costruzione per chilometro
⑦	Bickigen–Chippis	106 km	CHF 85 mio.	CHF 0,6 mio.
⑧	Bassecourt–Mühleberg	45 km	CHF 17 mio.	CHF 0,4 mio.
⑨	Pradella–La Punt	50 km	CHF 73 mio.	CHF 1,5 mio.



Cavi interrati

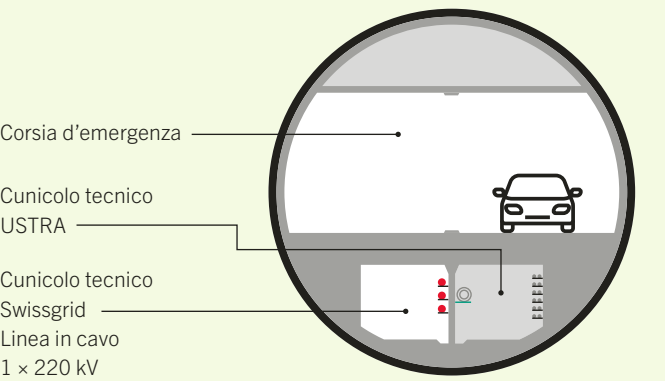
Cablaggio parziale		Lunghezza	Costi di costruzione totali	Costi di costruzione per chilometro
⑩	La Bâtiaz–Le Verney	1,2 km	CHF 35 mio.	CHF 29,1 mio.
⑪	Airolo–Mettlen (Linea in cavo Saint-Gothard)	18 km	CHF 107 mio.	CHF 6 mio.
⑫	Beznau–Birr, cablaggio parziale Gäbihübel	1,3 km	CHF 20,4 mio.	CHF 15,7 mio.
⑬	Foretaille–Verbois, Axe Réseau Stratégique Genève	4,7 km	CHF 46,4 mio.	CHF 9,9 mio.

Raggruppamento attraverso la montagna:

Airolo–Mettlen (linea del Gottardo)

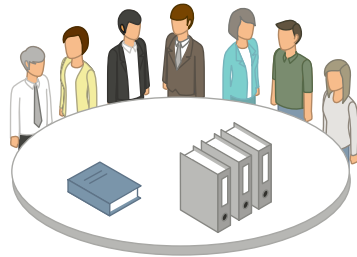
Negli ultimi anni, Swissgrid ha installato nella rete di trasmissione linee di cavi interrati per una lunghezza totale di oltre 40 chilometri. Laddove possibile e opportuno, Swissgrid accorpa i cavi interrati con altri progetti infrastrutturali. La costruzione della seconda canna della galleria autostradale del San Gottardo entro il 2029 offre a Swissgrid una serie di opportunità. La combinazione di una linea ad altissima tensione con una galleria autostradale è un progetto pionieristico in tutta Europa. Swissgrid può acquisire una preziosa esperienza con questo progetto tecnicamente impegnativo. Dopo la messa in funzione della nuova linea cablata e dei necessari impianti accessori, sarà possibile rimuovere l'attuale linea lunga 23 chilometri sul Passo del Gottardo con i suoi 70 tralicci. Ne beneficeranno, tra le altre, anche l'area della Gola della Schöllenen e la Tremola.

Cablaggio interrato nella galleria autostradale



Basi decisionali

Nella procedura di autorizzazione, il Consiglio federale decide se un tratto di linea deve essere realizzato come cavo interrato o come linea aerea. La decisione presa nel Piano settoriale Elettrodotti (PSE) è il risultato di una ponderazione completa degli interessi. La raccomandazione del gruppo di accompagnamento istituito dall'Ufficio federale dell'energia (UFE) svolge un ruolo importante in questo senso. Questo gruppo ha il compito di permettere la discussione al fine di giungere a decisioni oggettive e obiettivamente comprensibili. Come strumento è disponibile uno speciale schema di valutazione basato su quattro pilastri: sviluppo territoriale, aspetti tecnici, protezione ambientale ed efficienza economica.



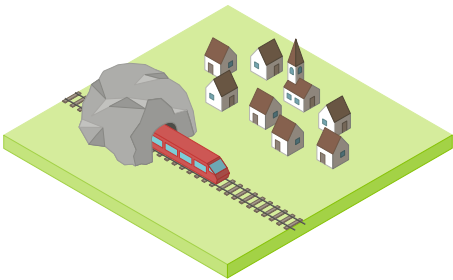
Chi fa parte del gruppo di accompagnamento?
Il gruppo di accompagnamento è presieduto dall'Ufficio federale dell'energia. Nel gruppo di accompagnamento, a seconda del progetto, sono presenti rappresentanti di diversi uffici federali (ad esempio Sviluppo territoriale, Ambiente, Traffico), oltre all'Ispettorato federale degli impianti a corrente forte (ESTI), alla Commissione federale dell'energia elettrica (ElCom), a rappresentanti dei cantoni interessati, a un'organizzazione per la tutela ambientale e a Swissgrid. Ogni parte ha diritto a un voto.

Quali sono i compiti del gruppo di accompagnamento?
Fornisce raccomandazioni al Consiglio federale per la definizione della zona di pianificazione e del corridoio di pianificazione nonché per la decisione della tecnologia da adottare (linee aeree o cavi interrati). A tale scopo discute e valuta le varianti elaborate da Swissgrid. Al fine di trovare la soluzione migliore possibile, diversi Uffici federali alcuni anni fa hanno introdotto una metodica specifica, e precisamente lo «schema di valutazione per le linee di trasmissione». Tale strumento permette di valutare in modo oggettivo, completo e sistematico i vantaggi e gli svantaggi delle varianti.

Come funziona questo schema di valutazione?
I quattro pilastri sviluppo territoriale, aspetti tecnici, tutela ambientale ed economicità costituiscono il fulcro dello schema. Ogni pilastro comprende da tre a quattro gruppi di criteri con rispettivamente da due a sette sottocriteri che sono ponderati in maniera diversa. Il gruppo di accompagnamento assegna dei punti e li moltiplica per la rispettiva ponderazione. Fa eccezione il pilastro economicità, che si basa sui costi reali. Il confronto dei valori ottenuti rappresenta una base decisionale, ma non sostituisce la specifica ponderazione degli interessi da parte del gruppo di accompagnamento.

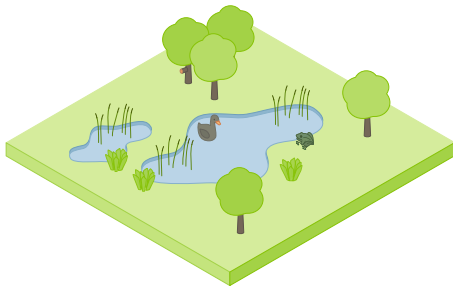


Schema di valutazione per linee di trasmissione



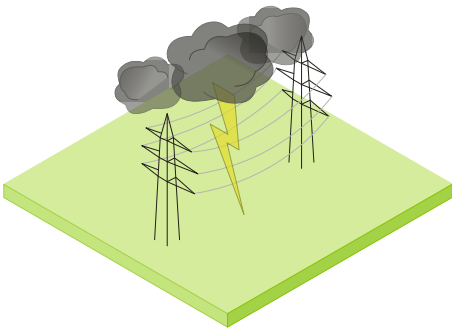
Sviluppo territoriale: limitare il fabbisogno di spazi, raggruppare le infrastrutture

- **Preservare le risorse**
La variante scelta deve sfruttare lo spazio disponibile nel modo più economico possibile e, se possibile, essere sempre collegata ad altre infrastrutture o utilizzare i tracciati esistenti.
- **Proteggere le aree abitate**
Si devono tutelare i terreni agricoli di buona qualità, ma anche le aree abitate, ed evitare paesaggi e monumenti protetti, aree ricreative o attrazioni turistiche.
- **Obiettivi di progettazione**
È necessario tenere in considerazione le pianificazioni, i progetti o i piani sovraordinati.



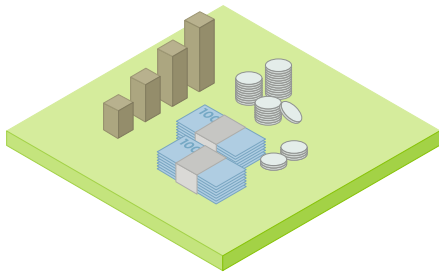
Ambiente: rispettare i limiti, proteggere le risorse naturali

- **Controllo delle immissioni**
Per quanto riguarda la protezione dell'uomo e della natura dall'eccessiva esposizione alle radiazioni elettromagnetiche e al rumore, si applicano valori limite chiari e misurabili che devono essere rispettati.
- **Tutela del paesaggio**
Quando si tratta di tutela del paesaggio, il principio guida è la «massima conservazione». Ogni sezione del paesaggio deve essere sottoposta a nuova valutazione. Le aree protette di rilevanza nazionale possono essere interessate dagli impianti solo se non vi sono alternative e se sussiste un interesse nazionale prevalente. Inoltre, è necessario tenere conto dei biotopi, delle riserve di uccelli migratori, delle zone di protezione delle acque sotterranee o dei corsi d'acqua.



Aspetti tecnici: garantire la sicurezza dell'approvvigionamento, ridurre al minimo le perdite

- **Gestione della rete**
Le varianti devono soddisfare i requisiti tecnici minimi – ad esempio in relazione al carico ammissibile, alla sensibilità ai guasti e ai tempi di riparazione.
- **Affidabilità e sicurezza**
Viene valutato il rischio derivante da pericoli naturali o dagli agenti atmosferici.
- **Ciclo di vita**
Le perdite di energia e il bilancio ecologico vengono calcolati sull'intero ciclo di vita delle varianti.



Aspetti economici: calcolare i costi in modo esaustivo, garantire l'efficienza

- **Costi di investimento/esercizio e ricavi**
In questo pilastro si procede alla stima dei costi, effettivi o standardizzati (costi per chilometro). Vi rientrano da un lato gli investimenti e gli investimenti sostitutivi per l'intera durata di utilizzo e dall'altro gli investimenti per le misure di accompagnamento.
- **Costi computabili**
Ogni progetto di rete deve essere valutato dal regolatore dal punto di vista economico, poiché i costi saranno trasferiti sulla bolletta dei consumatori.

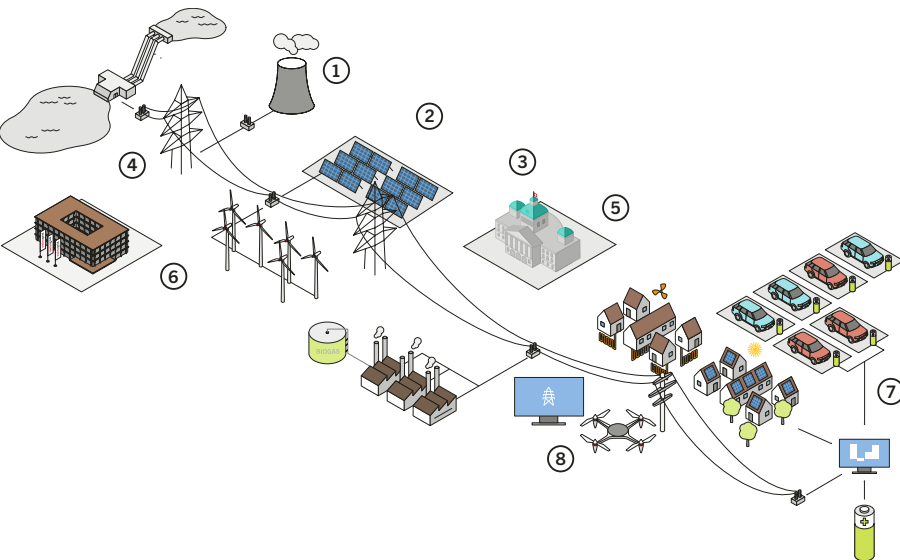
La rete del futuro

Il sistema elettrico svizzero si trova in una fase di profonda trasformazione nella storia di successo che lo contraddistingue: la produzione di energia elettrica sta diventando sempre più volatile a causa di nuove fonti energetiche e centrali elettriche decentralizzate e della crescente produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili. Le tecnologie delle batterie e le centrali ad accumulazione con pompaggio stanno creando nuove opzioni di stoccaggio. A questo si aggiungono anche altri consumatori, come i veicoli elettrici, le pompe di calore e i centri di elaborazione dati. Ciò pone nuovi requisiti nei confronti della rete elettrica e rappresenta una sfida per il funzionamento sicuro della rete. Inoltre, nei prossimi decenni molte linee della rete di trasmissione svizzera giungeranno alla fine del loro ciclo di vita tecnico e dovranno quindi essere sostituite. Affinché la rete di trasmissione possa soddisfare le esigenze future, deve essere ulteriormente sviluppata a lungo termine. A tal fine, Swissgrid elabora periodicamente una pianificazione pluriennale: la Rete strategica.

Il mondo dell'energia di domani

Il settore elettrico sta vivendo una profonda trasformazione. La transizione energetica, le tecnologie intelligenti e le mutevoli condizioni politiche ed economiche pongono nuove sfide alle aziende

del settore. Swissgrid, in qualità di Società nazionale di rete, è l'anello di collegamento tra produzione e consumo di elettricità, e svolge oggi e in futuro un ruolo centrale nel sistema elettrico.



- ① Decarbonizzazione, eliminazione delle centrali elettriche a capacità garantita
- ② Ampliamento della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili
- ③ Volatile contesto normativo e di politica energetica
- ④ Espansione delle reti elettriche a rilento
- ⑤ Maggiore esclusione dai meccanismi di rete e di mercato e dagli organismi dell'UE
- ⑥ Rischi dovuti a sviluppi globali come il cambiamento climatico, le pandemie e la criminalità informatica
- ⑦ Forte crescita delle risorse decentralizzate e flessibili attraverso l'elettrificazione
- ⑧ Grandi opportunità grazie alla digitalizzazione e all'automazione



Ricerca presso il laboratorio di alta tensione dell'ETH di Zurigo

Pronti per la transizione energetica grazie alla digitalizzazione

Come trasportare la corrente ad alta tensione senza perdite e in modo affidabile, efficiente dal punto di vista dei costi e rispettoso del paesaggio e dell'ambiente? Per garantire che la rete di trasmissione soddisfi i requisiti del futuro, Swissgrid si affida a tecnologie testate e collaudate, monitorando il mercato tecnologico e partecipando a processi di innovazione e progetti pilota.

Per ulteriori informazioni: ricerca e sviluppo presso Swissgrid



La svolta energetica pone la rete elettrica svizzera davanti a nuove sfide. Per preparare la rete di trasmissione al futuro, è necessaria un'intensa attività di ricerca e sviluppo. In collaborazione con istituti universitari, Swissgrid sviluppa nuove tecnologie e nuovi metodi necessari a un trasporto dell'energia efficiente e sicuro.



Cavo interrato o linea aerea? Parliamone.

Prenotate subito una visita guidata al nostro centro visitatori di Castione (TI) e confrontatevi con noi sulle opportunità e sulle sfide dei cavi interrati e delle linee aeree nella rete ad altissima tensione