



CLEAN
ROADS

UNA GUIDA AI PERICOLI DI FORMAZIONE GHIACCIO SULLE STRADE

LIFE11 ENV/IT/000002 CLEAN-ROADS



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO



idm
SÜDTIROL
ALTO ADIGE

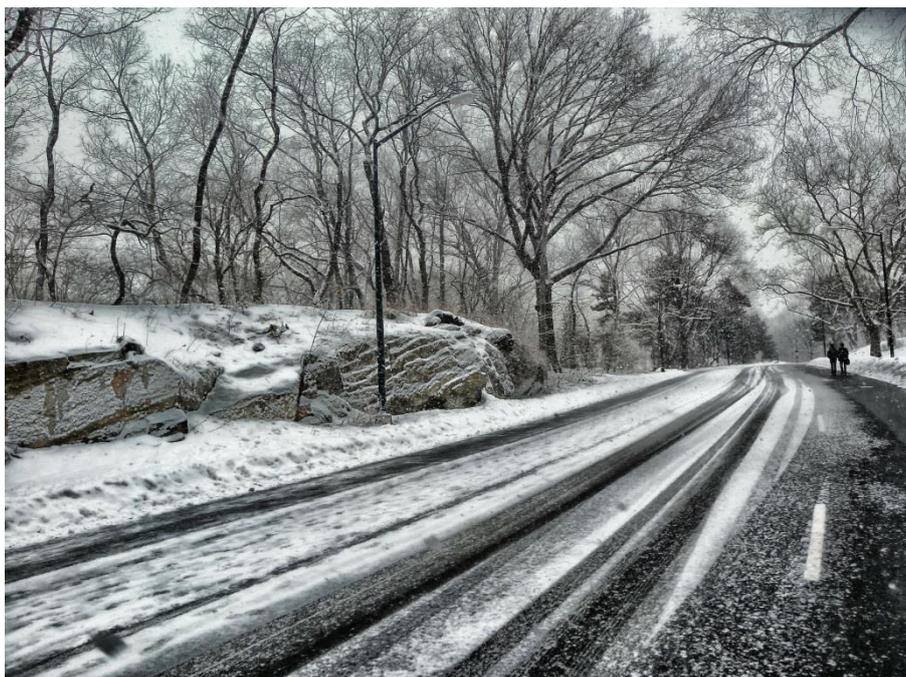
INTRODUZIONE

Il tempo atmosferico impatta la vita di ciascuno di noi ogni giorno. Lo possiamo facilmente constatare ogni volta che decidiamo come vestirci o quando organizziamo le attività nel tempo libero.

Anche la condizione delle strade è influenzata dal meteo. Percorrere una strada bagnata o fredda non è come percorrere una strada asciutta e calda, e richiede un comportamento alla guida più prudente. Capire come si comporta la strada in corrispondenza di certi eventi meteorologici, soprattutto durante la stagione invernale, può essere quindi di aiuto per gli automobilisti che possono quindi gestire al meglio le diverse situazioni che potrebbero incontrare.

Secondo recenti stime del Dipartimento dei Trasporti americano, gli eventi meteorologici sono la causa di più di 1.200.000 incidenti all'anno negli USA e causano circa 6.000 morti e più di 12.000 feriti [1].

L'obiettivo di questa guida è di offrire un approfondimento su come il meteo influenza la condizione delle strade, con un particolare riferimento ai fenomeni di formazione del ghiaccio tipici del periodo invernale.



CHE COSA INFLUENZA LE CONDIZIONI DELLE STRADE?

Il parametro principale che determina lo stato della strada è la **temperatura della superficie stradale**. Tale temperatura è strettamente legata agli scambi di energia del terreno, e può essere stimata con modelli più o meno complicati valutando tutti i diversi processi di riscaldamento e raffreddamento. Questi modelli, che sono tipicamente accoppiati con modelli di previsione meteorologica, sono molto utili soprattutto per valutarne l'andamento previsto, con la possibilità di prevedere e quindi prevenire possibili situazioni critiche sulle strade.

La temperatura della superficie stradale non varia solo nel tempo, ma anche nello spazio. Esistono diversi fattori che influenzano tutte queste variazioni locali, e possono essere suddivisi tra **fattori costruttivi**, **fattori geografici**, **fattori meteorologici** e **fattori di traffico**.

FATTORI COSTRUTTIVI

I fattori costruttivi sono legati alle proprietà dei materiali con cui è stata costruita la strada.

La **composizione** e lo **spessore** del manto stradale determina la capacità di condurre il calore dagli strati profondi (che di notte sono generalmente più caldi) alla superficie. In generale, più il manto stradale è profondo e poco poroso, più la strada sarà in grado di condurre il calore dal basso verso l'alto, limitando così l'abbassarsi della temperatura superficiale. Questo è il motivo per cui i ponti gelano prima: il loro strato costruttivo sottile non permette loro di avere una "riserva di calore" in profondità e la superficie stradale si raffredda più velocemente.

D'altro canto, questa tendenza della strada a cedere o trattenere calore è strettamente legata ai parametri termici dei materiali utilizzati per costruire le strade (tipicamente calcestruzzo o asfalto). In particolare, i fattori di riferimento sono la **conducibilità termica** e la **capacità termica**. Il primo fattore indica la propensione del materiale a trasmettere calore: più la conducibilità termica è elevata, più facilmente il calore fluirà dagli strati più profondi alla superficie. Il secondo fattore indica la capacità del materiale ad adattarsi a cambiamenti di temperatura nell'ambiente circostante e indica quanto calore si riesce ad assorbire sotto l'asfalto.

Un altro parametro utile a caratterizzare le capacità termiche della strada è l'**albedo**, che indica la predisposizione del corpo a riflettere la radiazione in ingresso. L'albedo può variare nel tempo, essendo direttamente legato al colore della superficie stradale: più l'asfalto è scuro, più la radiazione verrà assorbita dalla strada, che tenderà quindi a scaldarsi di più. Quando la strada è coperta da uno strato di neve fresca, quasi la totalità della radiazione verrà invece riflessa.



FATTORI GEOGRAFICI

I fattori geografici sono legati allo specifico contesto geografico del tratto di strada considerato.

La **latitudine** ha un'influenza sulla temperatura della superficie stradale, dal momento che determina la direzione relativa con cui i raggi del sole colpiscono il terreno. Tutto questo varia continuamente, sia durante la giornata che nel corso delle diverse stagioni. Le situazioni estreme si trovano nelle regioni che si trovano al valore minimo di latitudine (l'equatore), che sono caratterizzate da un irraggiamento quasi perpendicolare al terreno e quindi più concentrato ed intenso, e nelle regioni che si trovano al valore massimo di latitudine (i poli), che sono caratterizzate da un irraggiamento molto più diffuso a causa della ridotta angolazione con cui la radiazione solare arriva a terra.

Un altro fattore da considerare è l'**altitudine**, un parametro che è particolarmente importante per un territorio montuoso come quello alpino in cui viviamo. E' noto che, mediamente, ad altitudini più elevate la temperatura è inferiore; questo vale anche per la temperatura della superficie stradale. Le differenze medie sono nell'ordine di circa 6°C ogni 1000 metri di altitudine. In generale, però, la relazione tra quota e temperatura della superficie stradale può cambiare: in particolare, quando si verificano situazioni d'inversione termica fa più freddo in basso che in quota, specie d'inverno e di notte.

La **topografia** ha in questi casi un impatto che può essere dominante e può essere la causa di notevoli variazioni spaziali di temperatura della superficie stradale. Durante queste situazioni, l'aria fredda tende a ristagnare nelle zone pianeggianti mentre l'aria calda scorre verso l'alto sui pendii. Ne risulta la formazione di veri e propri "laghi" di aria fredda che, quando la temperatura è vicina allo zero, può determinare zone con manto stradale ghiacciato e zone non ghiacciate.



Un ulteriore parametro da considerare è lo **screening**, ossia la presenza di contesti specifici in cui la quantità di radiazione ricevuta durante la fase diurna è sistematicamente ridotta a causa della presenza di elementi naturali (es. montagne, vegetazione) o prodotti dall'uomo (es. edifici). Lo screening viene tipicamente quantificato attraverso il **fattore di "cielo**

visibile” (in inglese “*sky-view factor*”) che indica la porzione di cielo visibile. Gli elementi accanto all’infrastruttura stradale possono avere un ruolo determinante anche per quello che riguarda gli scambi di calore con la strada: ad esempio, in zone altamente urbanizzate, sono presenti delle vere e proprie **isole di calore** create dai complessi di edifici che rendono le strade generalmente più calde di quello che si osserva all’esterno di queste zone. Anche i **bacini acquatici** tendono ad essere più caldi rispetto al resto del territorio, così come nelle valli strette rispetto a zone più aperte, con l’effetto di mantenere le strade a temperature più elevate. I laghi ed i fiumi vicino alle strade svolgono però un ruolo complesso: da un lato sono dei grandi accumulatori di energia e la loro superficie è più calda di quella della strada. D’altro canto però, l’evaporazione nelle notti serene può determinare la formazione di brina o nebbia.

FATTORI METEOROLOGICI

Se i fattori geografici sono in grado di spiegare molte delle variazioni circoscritte di temperatura stradale, i fattori meteorologici hanno un ruolo dominante nel determinare complessivamente le condizioni stradali che si possono verificare all’interno di una rete stradale. Uno dei fattori più importanti è la **copertura nuvolosa**, che non solo incide durante la fase diurna sulla quantità di radiazione solare che raggiunge il terreno. Durante la fase notturna, infatti, la presenza di nuvole rallenta il processo di raffreddamento della strada, che tenderà quindi a rimanere più calda rispetto a condizioni di cielo sereno.

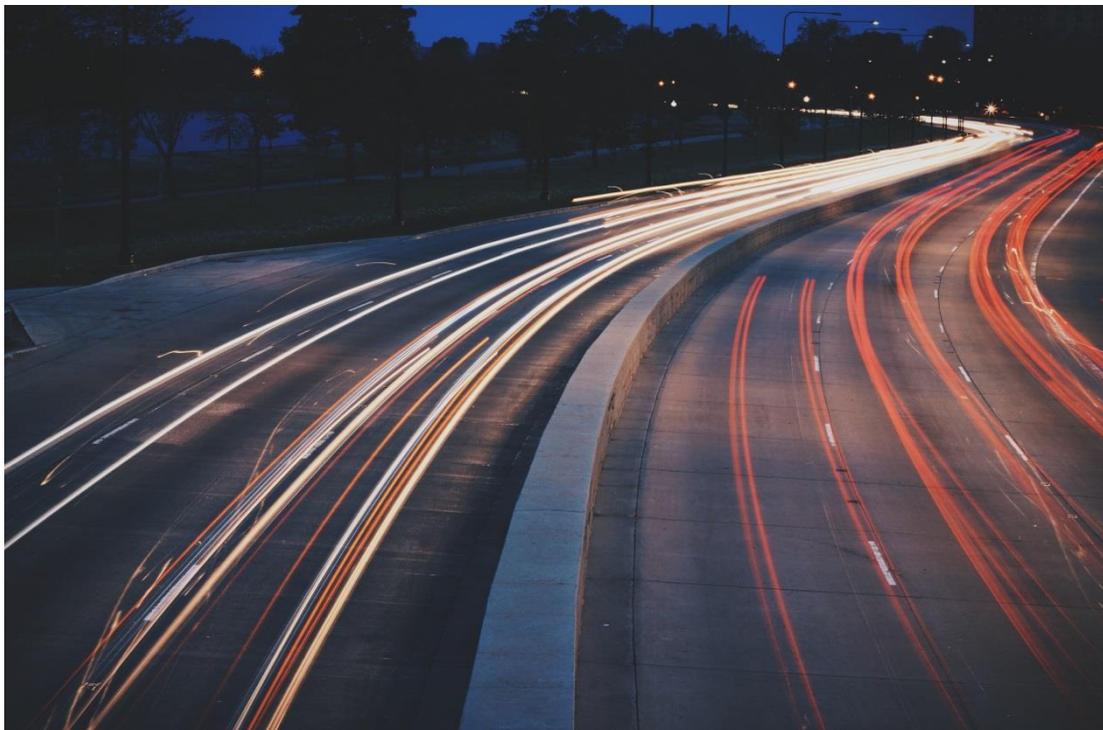


Naturalmente la temperatura stradale presenta una forte correlazione con la **temperatura dell'aria**. Tuttavia è importante sapere che si possono verificare situazioni in cui la strada è decisamente più calda dell'aria, e viceversa: questo aspetto spiega perché ad esempio è possibile trovare ghiaccio sulla strada anche se la temperatura dell'aria misurata a qualche centimetro dalla superficie è di qualche grado sopra lo zero.

Fattori come l'**umidità relativa** e la **temperatura di rugiada** nonché la presenza di **fenomeni di precipitazione** sono anch'essi cruciali, ma più che altro per valutare i possibili rischi di formazione di ghiaccio, come meglio illustrato in seguito.

FATTORI DI TRAFFICO

Anche il traffico ha inevitabilmente un impatto sulla temperatura della superficie stradale. In primo luogo, i veicoli sono una **fonte di calore** che può essere trasferito almeno in parte al manto stradale. Il calore è generato sia dal motore che dai processi di dissipazione prodotti da ruote e freni in fase di decelerazione. In secondo luogo, i transiti dei veicoli alimentano **flussi turbolenti** che vanno ad aggiungersi agli scambi di calore già presenti e hanno l'effetto di scaldare ulteriormente il manto stradale.



QUALI SONO I PERICOLI DI FORMAZIONE DI GHIACCIO SULLE STRADE?

Le condizioni meteorologiche e stradali possono essere responsabili di fenomeni di formazione di ghiaccio sulla superficie stradale. Il ghiaccio riduce sensibilmente i livelli di sicurezza stradale: il coefficiente di attrito si riduce quasi a zero e gli spazi di frenata aumentano in maniera molto significativa. Gli interventi di salatura delle strade sono finalizzati proprio a ridurre questi pericoli. Grazie al sale, il punto di congelamento dell'acqua viene abbassato, evitando così che in condizioni di temperature di qualche grado sotto i 0°C l'acqua sulla superficie stradale si trasformi in ghiaccio. Prevenire è meglio curare: in media, trattare una strada già ghiacciata per riportarla in sicurezza necessita infatti quattro volte le quantità di sale che sono necessarie per evitare la formazione di ghiaccio prima che esso si formi [2].

I PERICOLI IN CASO DI PRECIPITAZIONE

Ciascuno di noi ha avuto modo di sperimentare nella propria vita i pericoli di formazione del ghiaccio causati dalle **neviccate**. In realtà le neviccate non sono tutte uguali: le temperature dell'aria e della strada determinano il modo in cui i fiocchi di neve tendono ad accumularsi in superficie. Tendenzialmente, fenomeni che avvengono sopra la temperatura di 0°C fanno più fatica a creare situazioni di accumulo. Ciò accade in particolare se la strada è sufficientemente calda; in queste condizioni, la neve tende semplicemente a bagnare la strada.



I disagi più grandi alla circolazione possono quindi verificarsi se la temperatura della strada è sotto zero. La neve tende ad accumularsi e se non precedentemente trattata tende a legarsi con il manto stradale. L'accumulo viene poi ulteriormente compattato dal passaggio dei veicoli e può rendere difficoltoso le attività di rimozione della neve. I pericoli più importanti possono nascere però a fine della nevicata: la strada bagnata può infatti congelare se la temperatura della strada scende sotto zero.

Le neviccate non sono gli unici eventi di precipitazione a poter creare problemi: in realtà il fenomeno più pericoloso in assoluto è quello della **pioggia congelantesi** (in inglese "*freezing rain*"). Questo fenomeno, fortunatamente abbastanza raro, si verifica in condizioni meteorologiche molto particolari. Ad altitudine elevate (a centinaia di metri di altezza) è presente uno strato d'aria calda che trasforma la neve in pioggia. A ridosso della superficie, le gocce di pioggia incontrano un sottile strato d'aria fredda che le raffredda, ma senza trasformarle nuovamente in fiocchi di neve. Le gocce vengono portate ad uno stato liquido particolare, detto di "sopraffusione", che al contatto con superfici fredde (sotto la temperatura di 0°C) hanno la capacità di ghiacciare in maniera istantanea. In questo caso, ogni attività preventiva di manutenzione risulta inutile oltre che molto complicata da organizzare a causa della velocità con cui questo fenomeno può manifestarsi. L'unica contromisura è avvisare tempestivamente gli automobilisti, ed evitare i transiti dei veicoli nelle zone colpite da questo fenomeno in attesa che le strade vengano rimesse in sicurezza.



I PERICOLI IN ASSENZA DI PRECIPITAZIONE

Eventi di formazione di ghiaccio possano avere luogo anche in assenza di fenomeni di precipitazione. L'evento probabilmente più conosciuto è quello della **brina**, che si verifica tipicamente durante notti fredde, umide e in presenza di cielo sereno. La brina si forma quando la temperatura della superficie diventa inferiore ad una temperatura di riferimento (il cosiddetto punto di brina) ed entrambi si trovano sotto i 0°C. Il punto di brina indica la temperatura in corrispondenza della quale l'aria diventa satura di vapore acqueo. In queste condizioni, le eccedenze di vapore acqueo sublimano, ossia passano immediatamente allo stato solido, e danno origine al fenomeno della brina. Questo tipo di brina viene chiamato "da irraggiamento", ed è diversa da altri tipi di brina che sono meno frequenti, come la brina "da avvezione", che si forma in presenza di venti umidi. Una lieve presenza di brina sulla strada non causa grandi problemi al traffico, ma se si manifesta in grande quantità può creare pericoli alla normale circolazione stradale.

Il ghiaccio si può verificare anche se il punto di brina è sopra la temperatura ideale di 0°C. In questo caso, si parla di punto di rugiada e il vapore acqueo passa allo stato liquido (la **rugiada** appunto), che può ghiacciare in corrispondenza di una superficie fredda che si trova ad una temperatura inferiore ai 0°C.



RACCOMANDAZIONI FINALI

Le attività di manutenzione invernale delle strade sono finalizzate a garantire sempre ed ovunque il massimo livello di sicurezza stradale, indipendentemente dalle condizioni meteorologiche presenti. Il progetto CLEAN-ROADS ha tuttavia confermato come l'utilizzo del sale per contrastare i pericoli di formazione del ghiaccio determini tutta una serie di aspetti negativi sull'ambiente, soprattutto quello che circonda la sede stradale. Per questo motivo, è particolarmente importante studiare e mettere in campo strategie sempre più efficienti in grado di garantire la massima qualità del servizio utilizzando la minor quantità possibile di risorse.

D'altro canto, è importante che gli automobilisti siano maggiormente consapevoli dei pericoli che possono incontrare sulle strade durante il periodo invernale a causa delle più rigide condizioni meteorologiche che si registrano normalmente in questo periodo dell'anno. Come abbiamo visto, infatti, in alcune situazioni nessun tipo di attività di manutenzione può prevenire la formazione di eventi più o meno critici. Conoscere in modo più approfondito i fattori che influenzano le variazioni di temperatura stradale e le condizioni che possono portare alla formazione di ghiaccio può essere quindi di grande aiuto per gestire preventivamente eventuali situazioni di pericolo che possono quindi comunque manifestarsi. Grazie alle informazioni in tempo reale oggi disponibili sul portale Viaggiare in Trentino (<http://www.viaggiareintrentino.it/>) e sul sito map.clean-roads.eu queste situazioni possono essere valutate prima di mettersi in viaggio, con la possibilità di programmare i propri spostamenti in totale sicurezza e favorendo così condizioni ottimali di utilizzo delle strade.

BIBLIOGRAFIA

[1] “How Do Weather Events Impacts Roads?” , U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Road Weather Management Program (<http://www.ops.fhwa.dot.gov>).

[2] “A Guide to Road Weather Systems”, Standing International Road Weather Commission (SIRWEC), (http://www.sirwec.org/documents/rwis_web_guide.pdf).