

Senzor na měření tření na vozovce v zimní údržbě

(Andy Macdonald, ITS International, červenec/srpen 2005, str. 58 – 59)

Technologie měření silniční meteorologie spoléhala po mnoho let na instalaci senzorů do vozovek, které stanovovaly vlastnosti povrchu vozovky, jako např. teplotu a stav vozovky. Nicméně, provozní zkoušky zcela nového senzoru na stav povrchu vozovky, založeného na optické spektroskopii a dálkovém snímání na krátkou vzdálenost přinesly zajímavé výsledky – senzor prokázal, že může přesně a na dálku měřit množství vody, ledu a sněhu na povrchu vozovky, čímž umožňuje přímé sledování zhoršování tření na povrchu vozovky způsobené zimním počasím.

Pozadí

V posledních letech přistoupila řada Severských evropských zemích k užívání parametru tření na povrchu vozovky (spíše než jiných tradičních náhradních měření, jako např. snížení bodu tání) jako klíčového indikátoru kvality povrchu zimní vozovky pro řidiče. Existuje jasná korelace mezi ztíženými podmínkami pro řízení vozidla a sníženími hodnotami povrchového tření. Ve skutečnosti, jsou v několika zemích činnosti ošetřování povrchu vozovek (např. solení) a účinnost dodavatelů posuzovány nezávislým měřením povrchového tření.



Obrázek 1 – DSC111 – Dálkový senzor snímání stavu povrchu vozovky

Účelem výše uvedených provozních zkoušek bylo posouzení funkčních vlastností nového dálkového optického senzoru – DSC111, vyrobeného společností Vasala. Dálkový senzor v tomto případě znamená, že může být instalován na jakémkoliv sloupu u pozemní komunikace nebo na portále překlenujícím vozovku. Nenarušuje povrch vozovky, protože jej není nutné instalovat přímo do obrusné vrstvy vozovky.

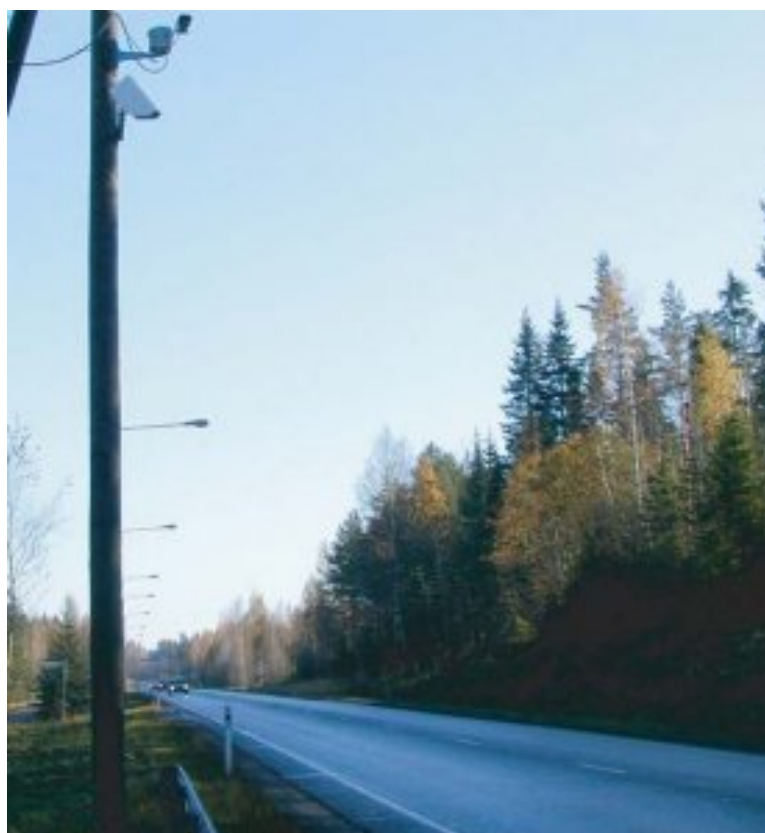
Senzor je založen na aktivním přenosu paprsku infračerveného paprsku na povrch vozovky a detekci signálu záření zpětného rozptylu na zvolených vlnových délkách. Správnou volbou vlnových délek je možné pozorovat absorpci vody a ledu nezávisle jednoho na druhém. Jelikož bílý led (jinovatka) odráží světlo mnohem lépe než tmavý led, mohou být tyto dva hlavní druhy ledu, také nezávisle rozeznány. Pozorovaný absorpční signál je snadno transformován na vrstvu vody, ledu nebo na množství sněhu/mrazu v milimetrech vodní hodnoty. Pomocí této informace je možné označit stav povrchu jako suchý, vlhký, zledovatělý, sněh/mráz nebo rozbředlý sníh (směs vody, sněhu a ledu).

Pomocí nezávislých přesných měření vody, sněhu a ledu je možné modelovat zjevnou redukci koeficientu tření vzhledem k ledu a vodě na povrchu vozovky.

Provozní zkoušky

Provozní zkoušky senzoru DSC111 byly prováděny po dobu tří zimních období v letech 2004 až 2006. Nejkomplexnější zkoušky byly provedeny na dálnici VT6 v Utti, v jihovýchodním Finsku během zimy 2004/5. Na obrázku 2 je vidět senzor DSC111 nainstalovaný na dřevěném stožáru na zkušební stanici Utti. Podobné zkušební úseky byly vytvořeny na pěti dalších místech ve Finsku, Velké Británii a v Severní Americe.

Stanovení stavu povrchu vozovky pomocí senzoru je založeno na měření tloušťky jednotlivých vrstev vody a tmavého ledu a zároveň sledování množství bílého ledu (jinovatky). Nominální citlivost senzoru je 10 μm . Při tloušťce vodní vrstvy přibližně 30 – 50 μm je již dostatečné množství vody, které zanechá jasnou stopu v rozchodu kol, v době těsně po přejetí vozidla. Vozovka se běžně stává kluzkou kvůli ledu, pokud vrstva ledu dosáhne tloušťky 30 μm , nicméně to velmi závisí na struktuře povrchu vozovky, na množství posypové soli a na druhu pneumatik vozidla. Existují pokusné údaje o tom, že vozovka se může stát kluzkou i při nižší tloušťce ledu a je tedy nezbytné, aby bylo možné detekovat i velmi tenké vrstvy ledu, minimálně o tloušťce přibližně 10 μm .



Obrázek 2 – Senzor DCS111 nainstalovaný na dřevěném stožáru na zkušebním úseku v Utti

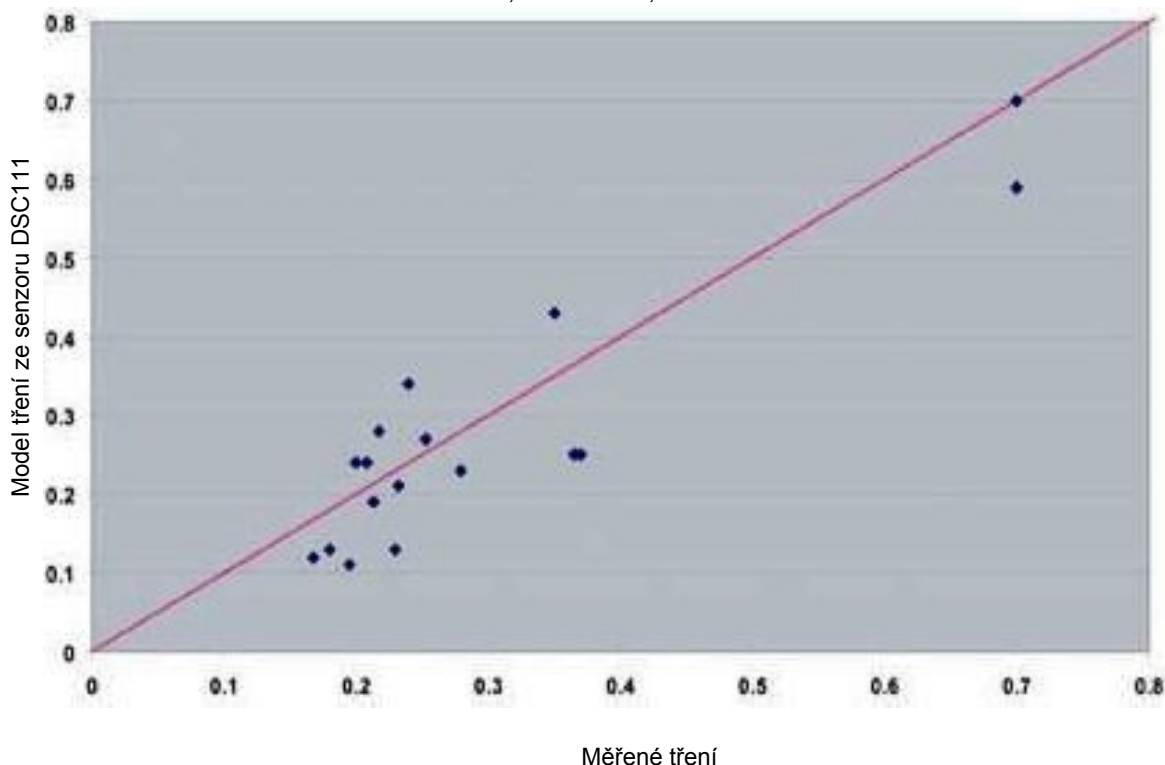
Měření tření

Množství srovnávacích měření tření bylo provedeno v Utti, za použití vozidla vybaveného decelerometrem (měřičem brzdění). Na obrázku 3 jsou výsledky srovnány se zpracovanou hodnotou tření ze senzoru DSC111. Data byla odebrána za různých druhů kluzkých podmínek včetně ledového, sněhového povrchu a povrchu s mrazem při teplotách povrchu v rozmezí od $^{\circ}\text{C}$ -10 do $^{\circ}\text{C}$ 0 během zimy 2004/5. Rozdíl střední kvadratické hodnoty (RMS – Root Mean Square) naměřených a zpracovaných hodnot tření je přibližně 0,07 v jednotkách tření.

Jelikož model tření využívá jako vstupní parametry množství vody, ledu, sněhu/mrazu, je třeba vzít v úvahu vliv různých druhů ledu na zdánlivé tření. Například, podmínky povrchu vozovky při rozbředlém sněhu mohou mít podstatně vyšší hodnotu tření, i když je množství ledu poměrně velké. Naopak, i velmi tenká vrstva ledu může mít dramatický vliv na snížení tření na povrchu vozovky, obzvláště, je-li tento led tvrdý a neobsahuje-li sůl. Pokud sůl obsahuje, led se vytvoří pouze jako

křehká konstrukce, jejíž póry jsou zaplněny slaným roztokem a tření tak zase může zůstat poměrně vysoké. To je důvodem, proč jsou i zředěné solné roztoky efektivní v prevenci před klzkými vozovkami.

Měření tření v Utti, dálnice VT6, 12. 1. – 18. 3. 2005



Obrázek 3 – Záznam modelu tření ze senzoru DSC111 jako funkce aktuálně měřeného tření. Rozdíl střední kvadratické hodnoty je 0,07 jednotek.

Nové příležitosti

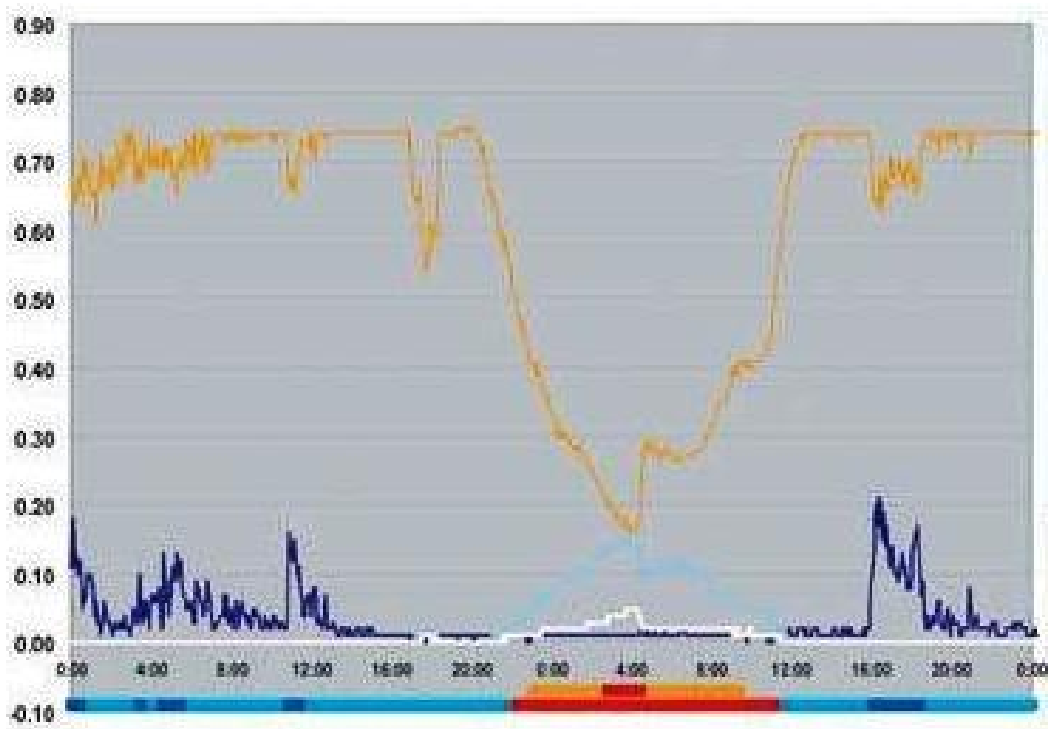
Existují tisíce stanic silniční meteorologie, které jsou umístěny převážně v zemích severní hemisféry. Tyto stanice byly instalovány převážně za účelem pomoci službám zimní údržby (spolu s předpovídáním silniční meteorologie), aby byly uplatněny vhodné údržbové činnosti ve vhodnou dobu za účelem údržby bezpečného povrchu vozovky.

Tradičně jsou nejdůležitějšími parametry získanými z meteorologických stanic, které jsou využívány pro rozhodování při volbě údržby, teplota povrchu vozovky a snížení bodu tání. První parametr identifikuje pozici ve vztahu k 0 °C a směr teplotního vývoje, a druhý parametr udává, zda dojde k tvorbě ledu při pokračování směru teplotního vývoje. Nicméně, výsledky získané ze senzoru DSC111 jasně ukazují, že samotná přítomnost ledu nedělá povrch vozovky klzkým (obrázek 4). Ve skutečnosti je mnohem důležitější vědět, o jaký druh ledu se jedná a zda-li snižuje tření na povrchu vozovky.

Hodnota tření získaná ze senzoru DSC111 je zaznamenávána na stupnici od 0 do 1, přičemž hodnota 0,8 představuje tření vznikající u pneumatik „běžného“ vozidla na suché vozovce při brzdění při zablokovaných kolech. Samozřejmě, že skutečné tření, ke kterému dochází u jakéhokoliv vozidla závisí také na množství jiných parametrů, jako je například druh a tlak pneumatik, drsnost a typ povrchu vozovky, rychlost, teplota atd. Přítomnost ledu je nicméně při popisování hladiny kluznosti mnohem důležitější než jakýkoliv z těchto ostatních parametrů. Praktická evidence, jako jsou statistiky nehod na zledovatělých vozovkách, toto tvrzení také podporuje.

Jak je důležitá možnost sledovat hodnoty tření v reálném čase je uvedeno na obrázku 4, který ukazuje data získaná ze zkušebního úseku v Utti v noci z 11. na 12. ledna 2005. Dne 11. ledna byl povrch vozovky vlhký nebo mokrý během celého dne vzhledem k lehkým přeháškám. Přibližně v 18:00 h došlo k tvorbě velmi tenké vrstvy ledu a mrazu s významným poklesem tření. Dále pak v cca 21:00 h došlo k následnému roztopení ledu zpět na vodu, pak se ale opět tvořil led a mráz s následným

a trvalým poklesem hodnoty tření. Je důležité si všimnout, že od 21:00 h dne 11. ledna do 12:00 h dne 12. ledna byla na povrchu vozovky voda, led a jinovatka. Bylo to způsobeno tím, že rosný bod zůstal během tohoto období mnohem výše, než teplota povrchu vozovky. Důvodem, proč se ve stejnou dobu vyskytl tmavý led i jinovatka je to, že jinovatka byla přeměněna na tmavý led zhušťováním pneumatikami vozidel.



Obrázek 4 – Tvorba jinovatky v Utii přes noc 11. – 12. 1. 2005. Osa x znázorňuje čas a osa y je buď množství v milimetrech nebo hodnota tření z DSC111. Za pozornost stojí významná tvorba jinovatky (bílá čára) a ledu (světle modrá čára) v době v 21:00 h dne 11. 1. 2005 a následný pokles tření (oranžová čára)

Citlivost a přesnost senzoru DSC111 při detekci různých druhů ledu a sníženého tření vytváří příležitost poskytnout zlepšené vstupní informace pro velké množství aplikací vztahujících se k silniční meteorologii. Mezi ně patří:

- mnohem přesnější nástroj na rozhodování při zimní údržbě založený na přímých hladinách tření než náhrady, jako např. množství soli;
- přímá kontrola informačních systémů pro řidiče, jako jsou proměnné dopravní značky varující před nebezpečným stavem povrchu vozovky (led, atd.);
- systémy omezení rychlosti adaptabilní podle počasí;
- řízení jakosti efektivnosti údržbových prací pomocí měření povrchového tření;
- přesné spuštění automatických rozmrazovacích systémů ve spreji.

Souhrn

Senzor DSC111 je velmi přesný dálkový senzor na měření tření na povrchu vozovky a stavu vozovky. Jeho návrh zajišťuje jednoduchou a nenákladnou instalaci. Ve srovnání s běžnými meteorologickými stanicemi, při instalaci senzoru DSC111 není nutná uzavírka pozemní komunikace a technické práce.

Detekční práh senzoru na jakýkoliv druh ledu je dostatečně malý na přímé měření kluznosti. Tato schopnost měřit kluznost ve formě tření otevře nový přístup k aplikacím silničního počasí. Samotný led nedělá vozovku kluzkou. Možná mnohem relevantnější otázka pro činitele odpovědné za rozhodnutí týkající se zimní údržby by neměla být jaký je stav povrchu, ale jaké je tření povrchu?