

DESCRIPTIONS METEOROLOGIQUES ET MODELE DE COMPENSATION POUR L'ENTRETIEN HIVERNALES DES ROUTES

Staffan Moller et Carl-Henrik Ulegard

Institut national suédois de recherche sur les infrastructures routières et les transport
et

Administration nationale suédoise des routes

Adresse de contact: Institut national suédois de recherche sur les infrastructures routières et les
transport (VTI)

SE-581 95 Linköping, Suède

Téléphone : 0046 13 204161/ Télécopie : 0046 13 204145

Adresse électronique : staffan.moller@vti.se

Résumé

Un bon modèle de compensation pour répartir les coûts d'entretien des routes hivernales entre client et exécutant exige deux sous-modèles fonctionnant de manière satisfaisante.

- Un modèle qui décrit les conditions météorologiques pendant la saison d'hiver.
- Un modèle qui lie les descriptions météorologiques au besoin de prendre des mesures/de mettre à contribution des ressources.

La base des descriptions météorologiques est constituée par les données collectées par les stations individuelles du système d'information météorologique routière, le SiMR, de l'Administration nationale suédoise des routes. En utilisant des définitions spécifiques, les données sont traduites en huit conditions météorologiques à une fréquence horaire. Des exemples de situations météorologiques sont la chute de neige, la formation de congères et le risque de verglas dû à la pluie ou la neige fondue sur une chaussée froide.

Les descriptions météorologiques horaires sont ensuite récapitulées en périodes météorologiques clairement définies, par exemple la formation de congères pendant six heures ou une chute de neige pendant 20 heures avec une couche de neige de 10 cm mesurée en tant que neige meuble. Le résultat final des descriptions météorologiques d'un hiver est un nombre de périodes météorologiques clairement définies.

Le modèle de compensation est basé sur le nombre de périodes météorologiques pour chaque station SiMR choisie comme représentative d'un district d'entretien donné. En commençant par chaque période météorologique, le nombre de soi-disant résultats météorologiques est calculé et constitue la base de compensation. À ce stade, on établit le lien entre les conditions météorologiques et le besoin de prendre des mesures.

Contexte

Un bon modèle de compensation (modèle de calcul de rémunération) pour répartir les coûts d'entretien des routes hivernales entre le client et le donneur d'ordre exige deux sous-modèles fonctionnant de manière satisfaisante.

- Un modèle qui décrit les conditions météorologiques pendant la saison d'hiver.
- Un modèle qui lie les descriptions météorologiques au besoin de prendre des mesures/de mettre à contribution des ressources.

Conditions Météorologiques

La base utilisée pour déterminer les météorologiques est constituée de données brutes émanant des stations du système d'information météorologique routière, le SiMR, par l'Administration nationale suédoise des routes. Les données brutes utilisées sont les suivantes.

- Température de l'air.
- Température du revêtement.
- Humidité relative de l'air.
- Point de rosée.
- Type de précipitation.
- Volume de précipitation.
- Vitesse du vent.

Par l'intermédiaire de définitions convenues, ces données brutes sont converties en huit types de situations météorologiques heure par heure.

- Chute de neige (N).
- Congères (C).
- Verglas dû à la pluie ou la neige fondue sur une chaussée froide (VP)
- Verglas dû à ce que la chaussée humide ou mouillée gèle (VGe).
- Verglas dû à une formation modérée de givre (VGi1).
- Verglas dû à une abondante formation de givre (VGi2).
- Conditions spéciales type 1, c'est-à-dire formation de congères en cas de vitesse élevée du vent (CS1).
- Conditions spéciales type 2, c'est-à-dire abondante chute de neige (CS2).

Voici deux exemples de définitions pour la conversion des données brutes en situations météorologiques.

Congères (C).

- La neige doit être de nature propice à la formation de congères (ce qui fait l'objet d'une définition spécifique).
- La vitesse moyenne du vent doit être au minimum de 5 m/s.

Verglas dû à une formation modérée de givre (VGi1).

- La température du revêtement doit être inférieure d'au moins 0,5°C au point de rosée.
- La température du revêtement doit être inférieure à + 1,0 °C.

Conditions Météorologiques Heure Par Heure

Le tableau 1 ci-après donne un exemple de conditions météorologiques heure par heure. Ces conditions concernent un district d'entretien où trois stations SiMR (307, 312 et 320) ont été choisies comme représentatives pour l'ensemble du district.

Station	Condition météorologiques	Heur																							Quantité de neige (mm)		
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		23	
Date: 28 Nov.																											
307	Situation météorologique														N	N		N	N	N	N	N	N	N	N		
307	Quantité de neige (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.2	0	3.5	4.8	5.8	8.5	5.8	8.8	9.9	8.2	5.8	62
312	Situation météorologique														N			N	N	N	N	N	N	C	C	C	
312	Quantité de neige (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0.2	1.0	1.6	4.8	4.8	9.0	7.1	5.9	6.6	41
320	Situation météorologique															N		N	N	N	N	N	N	N	N	N	
320	Quantité de neige (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.1	0	1.3	4.0	5.6	7.1	5.1	2.4	3.5	9.8	9.7	51	
Date: 29 Nov.																											
307	Situation météorologique	N	N	N	N	N	N	N							N	N	N	N	N	N					N	N	
307	Quantité de neige (mm)	5.0	4.6	5.5	5.9	6.0	3.8	0.6	0	0	0	0	0	0	0.3	0.8	1.6	0.2	0.2	1.5	0	0	0	1.4	2.4	40	
312	Situation météorologique	C	C	N	N	N	N	N							N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
312	Quantité de neige (mm)	5.0	3.1	3.4	4.2	2.3	6.1	2.3	0	0	0	0	0	0	0.2	0.6	1.1	0.8	0.5	0.3	0.8	0.2	0	0.4	1.0	32	
320	Situation météorologique	N	N	N	N	N	N	N							N	N	N	N	N	N	N	N			N	N	
320	Quantité de neige (mm)	6.6	9.5	5.8	7.8	9.8	5.6	1.5	0	0	0	0	0	0.5	0.5	1.2	0.5	1.7	0.5	1.4	2.8	0	0	0.3	2.4	58	
Date: 30 Nov.																											
307	Situation météorologique	N						N	N	N					N	N	N										
307	Quantité de neige (mm)	1.1	0	0	0	0	0	0.4	1.5	2.1	0	0	0	0.7	0.3	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
312	Situation météorologique	N	N					N	N	N	N					N											
312	Quantité de neige (mm)	1.0	0.3	0	0	0	0	1.0	0.8	1.6	0.3	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
320	Situation météorologique	N			N		N	N	N	N	N					N	N										
320	Quantité de neige (mm)	1.0	0	0	0.5	0	0.2	0.8	1.1	2.1	0.2	0	0	0	0	1.0	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8

Tableau 1 Conditions Météorologiques Heure Par Heure Pendant Trois Jours Pour Un District D'entretien.

On peut constater ici qu'une chute de neige relativement abondante (N) a commencé vers 12 h le 28 novembre et a duré ensuite pendant environ 20 heures, c'est-à-dire jusqu'à 7 h le lendemain matin. Au niveau de la station 312, on a enregistré la formation de congères (C) pendant 5 heures aux alentours de minuit, alors qu'il neigait en même temps.

Après une accalmie d'environ 6 heures, la neige a recommencé à tomber, cette fois sous forme de légère précipitation d'une durée de plus de 24 heures, bien qu'avec plusieurs interruptions. Lorsque la chute de neige prit fin, il était tombé entre 8 et 12 cm selon la station SiMR concernée.

Modèle De Calcul De Rémunération

Le modèle de calcul de rémunération est basé sur les périodes météorologiques, pas sur la conditions heure par heure. Un exemple peut être ainsi une chute de neige entre 6 h et 12 h, ou du verglas dû au givre ayant duré de 1 h à 5 h. La raison pour laquelle le modèle est basé sur les périodes météorologiques est qu'une période de verglas de 4 heures, par exemple, n'est pas la même chose de quatre heures de verglas séparées intervenant au cours d'un laps de temps de quatre jours. La période de 4 heures d'affilée exigera vraisemblablement une unique intervention de salage, tandis que dans l'autre cas il faudra probablement répéter l'opération quatre fois.

Le point de départ pour le calcul des rémunérations est les situations météorologiques heure par heure décrit plus haut. Chaque catégorie de périodes météorologiques génère ensuite une ou plusieurs soi-disant résultats météorologiques, servant de base au calcul des rémunérations correspondantes. Ce calcul s'effectue pour une station à la fois, puis à partir de là pour l'ensemble du district d'entretien. C'est à ce stade que s'établit la relation concrète entre les conditions météorologiques et les mesures qu'elle rendent nécessaires. Il convient ici de souligner qu'un résultat météorologique ne signifie pas obligatoirement qu'une mesure doit être prise, par exemple le salage des routes à grand circulation ou le passage d'un chasse-neige.

Les règles suivantes sont applicables pour l'évaluation des situations météorologiques:

Ordre De Calcul Des Différents Types De Situations Météorologiques

1. Conditions météorologiques spéciales de type 1 (CS1).
2. Conditions météorologiques spéciales de type 2 (CS2).
3. Congères (C)
4. Chute de neige (N)
5. Tous types de verglas (VP, VGe, VGi1 och VGi2).

Délimitation Des Périodes Météorologiques

La méthode suivante pour la délimitation des périodes météorologiques est applicable dans tous les cas, sauf CS2.

La première heure au cours de l'hiver durant laquelle intervient la situation météorologique concernée, généralement désignée par SM, est identifiée, de même que la dernière heure de cette même situation. Celle-ci est considérée être intervenue lorsque 6 heures se sont écoulées jusqu'à l'heure SM suivante. On procède ensuite de même pour délimiter les périodes météorologiques suivantes au cours de l'hiver. Voir la figure 1 ci-dessous.

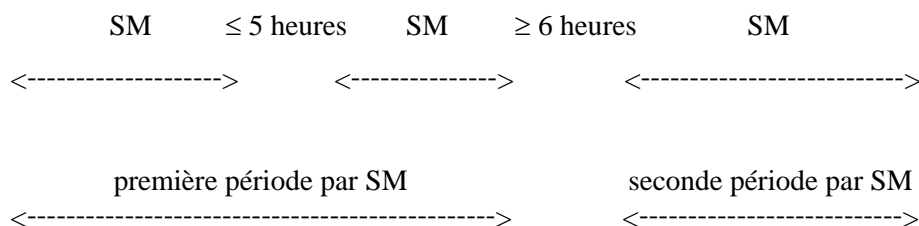


Fig. 1 Délimitation Des Périodes Météorologiques.

Conditions Météorologiques Spéciales De Type 1 (CS1)

1. Toutes les heures classées CS1 au cours de la période de calcul concernée sont délimitées en périodes météorologiques selon la méthode illustrée à la fig. 1.
2. La durée des périodes CS1 recensées est vérifiée de la manière suivante. Si les conditions durent \geq heures H_{CS1} d'affilée, on a alors une période CS1. Dans le cas contraire, il ne s'agit que d'heures éparses durant lesquelles régnaient les situations CS1.
3. Les périodes CS1 satisfaisant au critère de durée sont recensées sous la rubrique "Resultat météorologique, CS1", où sont indiqués le début et la fin de la période visée.
4. Tant que dure la période CS1 et pendant les heures H_{CS1} après suivantes, aucune resultat météorologique de type formation de congères, chute de neige ou verglas n'est prise en compte (la rémunération correspondant à la période CS1 et aux heures H_{CS1} après passe en priorité). En revanche, si plusieurs périodes CS1 ou CS2 interviennent au cours des heures H_{CS1} après après une période CS1, la durée de celle-ci est prolongée.

Conditions Météorologiques Spéciales De Type 2 (CS2)

1. Les périodes météorologiques de typ CS2 sont recensées et leur durée vérifiée pour chaque station SiMR par l'intermédiaire d'une procédure spéciale. Pour les calculs, il faut que l'intensité de la chute de neige atteigne au moins I_{CS2} cm/h pendant les heures H_{CS2} . Les périodes CS2 sont recensées sous la rubrique "Résultat météorologique, CS2", où sont indiqués le début et la fin de la période visée.
2. Tant que dure la période CS2 et pendant les heures H_{CS2} après suivantes, aucune resultat météorologique de type formation de congères, chute de neige ou verglas n'est prise en compte (la rémunération correspondant à la période CS2 et aux heures H_{CS2} après passe en priorité). En revanche, si plusieurs périodes CS2 ou CS1 interviennent au cours des heures H_{CS2} après après une période CS2, la durée de celle-ci est prolongée.

Congères (C)

1. Toutes les heures classées C durant la période de calcul concernée sont délimitées en périodes météorologiques selon la méthode décrite à la fig. 1.
2. Si la période C intervient pendant \geq heures H_C d'affilée, le critère de durée est alors rempli, c'est-à-dire que l'on a une période de formation de congères. La situation CS1 étant une forme plus "lourde" de situation C, une combinaison de 4 heures de situations C, C, CS1, C sera considérée comme période de formation de congères.
3. Chaque période C remplissant le critère de durée est divisée en intervalles de 4 heures (dont la dernière peut inclure entre 1 et 4 heures classées C), dont on calcule le nombre. On calcule également la quantité de neige au cours de chaque intervalle. Les intervalles où la quantité de neige est $\leq 0,3$ cm et dans lesquelles il n'y a pas d'heures classées C ou CS1 sont soustraites. Les intervalles restantes sont ensuite recensées en quatre catégories sous la rubrique " Résultat météorologique, congères".

Ces catégories sont définies par les quantités de neige d (cm) suivante.

$$\begin{aligned} 0,0 &\leq d \leq 0,3 \\ 0,3 &< d \leq 1,0 \\ 1,0 &< d \leq 2,5 \\ 2,5 &< d. \end{aligned}$$

Chute De Neige (N)

1. Toutes les heures classées N durant la période de calcul concernée sont délimitées en périodes météorologiques selon la méthode décrite à la fig. 1.
2. Chaque période N est divisée en intervalles de 4 heures (dont la dernière peut inclure entre 1 et 4 heures classées N), dont on calcule le nombre. On calcule également la quantité de neige au cours de chaque intervalle. Les intervalles où la quantité de neige est $\leq 0,3$ cm sont soustraites. Les intervalles restantes sont ensuite recensées en trois catégories sous la rubrique " Résultat météorologique, chute de neige".

Ces catégories sont définies par les quantités de neige d (cm) suivantes.

$$\begin{aligned} 0,3 &< d \leq 1,0 \\ 1,0 &< d \leq 2,5 \\ 2,5 &< d. \end{aligned}$$

Périodes De Verglas De Type VP, VGe, VGi1 Ou VGi2

1. Durant les périodes météorologiques où intervient une chute de neige ou la formation de congères, ainsi que jusqu'à 6 heures après la fin de cette période, on ne procède à aucune délimitation des périodes de verglas, ni non plus lors de périodes CS1 ou CS2 et jusqu'aux heures suivantes H_{CS1} après ou H_{CSV2} après. Pour les périodes restantes, on effectue les vérifications suivantes.
2. Lors de la délimitation d'une période de verglas, aucune distinction n'est établie entre les différents types de verglas, VP, VGe, VGi1 et VGi2.
3. Toutes les heures de verglas durant la période de calcul concernée sont délimitées en périodes de verglas selon la méthode qu'indique la fig. 1.
4. A chaque type de verglas est affectée une durée déterminée, c'est-à-dire le nombre d'heures H_{VP} , H_{VGe} , H_{VGi1} et H_{VGi2} .
5. Le type de verglas durant la première heure de la première période de verglas est identifié (généralement désignée par type de verglas V1). La durée du résultat météorologique de verglas de ce type est exprimée en heures H_{V1} , calculées à partir de la première heure de verglas. On vérifie par ailleurs s'il existe dans le même intervalle un autre type de verglas de plus courte durée que celui auquel correspondent les heures H_{V1} . Si ce n'est pas le cas, on a alors un résultat de verglas de type V1. Ce résultat est recensée sous la rubrique "Résultat météorologique, type de verglas V1".
6. Dans le cas contraire, l'intervalle est raccourci d'une heure à la fois et de nouvelles vérifications sont effectuées jusqu'à ce qu'il n'y ait plus dans l'intervalle de type de verglas d'une durée plus courte que celle-ci. On a alors délimité un résultat de verglas dont le type est celui dont la durée est la plus courte dans les limites de l'intervalle concerné (généralement désignée par type de verglas V2). Ce résultat est recensée sous la rubrique "Résultat météorologique, type de verglas V2".
7. Le type de verglas au cours de la première heure suivant le résultat de verglas récapitulée comme indiqué ci-dessus est identifiée et l'on répète les phases 5 et 6 jusqu'à ce que la première période de verglas ait été entièrement traitée. On procède ensuite de même pour la période de verglas suivante.

Application

Le règlement des rémunérations entre client et exécutant s'effectuait précédemment selon les trois principes suivants:

1. La rémunération était basée sur les ressources mises en œuvre, telles que nombre d'heures de chasse-neige, quantité de sel épandu, etc.
2. L'exécutant était payé en fonction du tronçon traité, par exemple le nombre de kilomètres de route déneigée ou traitée contre le verglas.
3. La rémunération était basée sur différents types de conditions météorologiques journalières, neige ou verglas par exemple.

En utilisant le modèle de rémunération décrit plus haut, la rémunération sera basée sur les mêmes données qu'utilise l'exécutant pour décider des mesures à prendre.

Avant un appel d'offres pour l'entretien des routes hivernales dans un district d'entretien donné, un certain nombre de stations SiMR seront choisies comme représentatives des conditions météorologiques dans le district, pour servir de base au calcul de la rémunération. Ce nombre est normalement de trois ou quatre, pouvant être situées aussi bien dans les limites du district qu'à l'extérieur de celui-ci.

Il est possible d'utiliser en combinaison les données en provenance de différentes stations SiMR. On peut ainsi par exemple choisir de mesurer la température et les précipitations au niveau d'une certaine station et la vitesse du vent par l'intermédiaire d'une autre.

On fixe ensuite divers paramètres qui entrent non seulement dans la définition des huit types de situations météorologiques précisées à la page 2, mais déterminent également chaque résultat météorologique spécifique. Voici quelques exemples de ces paramètres:

- Intensité minimum de la chute de neige pour l'obtention de la situation CS2, I_{CS2} [cm/h].
- Durée minimum de la situation CS2 pour donner droit à une rémunération, H_{CS2} [h].
- Vitesse minimum du vent pour la formation de congères V_C [m/s].
- Durée minimum de la formation de congères pour donner droit à une rémunération, H_C [h].
- Durée de la situation VP, H_{VP} [h].

Sur la base des données historiques recueillies lors d'un certain nombre de saisons hivernales précédentes, on détermine les résultats météorologiques pour un hiver "normal" dans le district d'entretien concerné. Ces résultats, c'est-à-dire le nombre de résultats météorologiques de type de CS1, N, VGi1, VGi2, etc., font ensuite l'objet d'un récapitulatif quantifié, à partir duquel le soumissionnaire chiffre son offre.

Il convient ici de préciser que ce sont en premier lieu les opérations de salage que concerne le modèle de rémunération présenté ci-dessus. Pour le sablage, on recourt normalement à un autre modèle de rémunération.