Augmentation de la conductivité thermique dans l'isolation des toitures inversées due à l'humidité

L'évaluation de la littérature et des essais en situation réelle indique une influence significative de l'humidité sur les performances thermiques des toitures inversées. Cette influence est prise en compte dans les tests d'homologation par la détermination de l'augmentation des caractéristiques thermiques correspondante.

Deux cas se présentent : l'eau de pluie s'écoule soit sous la dalle d'isolation, soit au-dessus. Dans le premier cas, l'eau est réchauffée pendant son écoulement. Elle délivre alors la chaleur du toit à son environnement, ce qui entraîne des pertes de chaleur supplémentaires correspondant à une augmentation du coefficient de transmission de chaleur U de l'assemblage d'environ $0,05 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Dans le second cas, l'installation d'une membrane perméable à la vapeur adaptée permet l'écoulement de l'eau au-dessus de la dalle d'isolation. La perte de chaleur additionnelle présente dans le premier cas peut donc être évitée et le coefficient U reste inchangé. Toutefois, une fine pellicule d'eau reste présente presque en permanence sous la dalle d'isolation, ce qui induit une grande différence de pression de vapeur d'eau et en conséquence un flux de vapeur à travers le matériau isolant. En fonction de l'état d'humidité sur la partie supérieure de la dalle, et sous la couche de couverture, ce flux de vapeur peut conduire à une accumulation d'humidité plus ou moins importante à l'intérieure de la dalle et par conséquent à une augmentation de la conductivité thermique.

Au cours de ce projet, un nouveau modèle hygrothermique a été développé pour calculer le bilan d'humidité global au-dessus et en-dessous des isolations en toitures inversées, en tenant compte des différents matériaux de couverture. Le modèle permet de déterminer la quantité d'humidité à l'intérieur de l'isolation de manière réaliste et sur de longues périodes. Dans le modèle, une fine couche de stockage est implémentée sous la dalle d'isolation, permettant l'absorption régulière de l'eau lors des précipitations et sa retransmission à la dalle d'isolation la suite. Au-dessus de l'isolation, différentes couches de couverture (terre, gravier) sont considérées avec différentes propriétés d'absorption, de stockage et d'évaporation d'eau de pluie afin de permettre le calcul de la quantité d'humidité contenue dans la couche supérieure en fonction du climat extérieur ainsi que son influence sur les couches sous-jacentes. Le modèle a été optimisé et validé par des tests en laboratoire et des essais en place menés par FIW et IBP. Les résultats obtenus sont réalistes à la fois pour le comportement énergétique et hygrique. Toutefois lorsqu'il n'est pas possible d'obtenir des résultats identiques, les valeurs générées peuvent, par précaution, légèrement différer des valeurs réelles en étant plus froides.

Les exemples d'assemblages de toitures inversées définis en collaboration avec le DIBt ont été examinés avec le nouveau modèle de calcul à long-terme pour déterminer la quantité moyenne d'humidité sur un cycle de vie standard de 25 ans en fonction des conditions météorologiques et d'opération pour des toitures en Europe Centrale. Les résultats montrent que les toitures végétalisées permettent difficilement l'assèchement de la toiture par diffusion vers le haut étant donné que la terre est généralement humide et proche de l'état de saturation tout au long de l'année. Jusqu'à présent, une couche de séparation était utilisée pour assurer l'écoulement d'une grande partie de l'eau au-dessus de la dalle. Toutefois l'humidité s'accumule dans la dalle, conduisant à une augmentation de la conductivité thermique de 5 mW/mK pour les dalles d'isolation minces (140 mm). L'augmentation de $3,5 \text{ mW/mK}$ est moindre pour les dalles plus épaisses (180 mm) étant donné qu'à peu près la même quantité totale d'humidité est diffusée à travers un plus grand volume. Les toitures de gravier bénéficient d'une période de séchage

beaucoup plus longue que celle des toitures végétalisées. Ainsi, la teneur en eau des dalles d'isolation est nettement plus faible et l'augmentation de la conductivité thermique ne s'élève qu'à 1,5 mW/mK.

Désormais, le nouveau modèle permet de prédire la performance hygrothermique sur le long terme pour les isolations en toitures inversées en fonction de différents paramètres : propriétés des matériaux, utilisation du bâtiment, types de couche de couverture et climat extérieur local.