

Ein Untersuch von Kunststoffunterlagen (sog. «Schifter») und Dichtmembranen auf ihre Festigkeit, Durchstanzung und Dichtigkeit. Von: Christian Löpfe und Michael Röthenmund, Studenten an der Schweizerischen Metallbautechnikerschule HF-SMT-TS Basel

## Die Publikation der Schadenexpertise

«Kleiner Auftrag - grosser Schaden», in der «metall» vom März 2008, hatte bei der Leserschaft grossen Anklang gefunden. Im Anhang dieser Expertise beauftragte der Verfasser und SMU-Experte W. Addor (hauptamtlicher Fachlehrer an der Schweiz. Metallbautechnikerschule HF-SMT-TS in Basel), zwei seiner Studenten, weitere im Zusammenhang stehende Untersuchungen zu tätigen. Christian Löpfe und Michael Röthenmund sind den folgenden Fragen auf den Grund gegangen und haben dabei zum Teil überraschende Erkenntnisse gewonnen:

- ▶ Schwinden und Quellen von Kunststoffunterlagen (sog. Schifter)
- ▶ Druckfestigkeit von Kunststoffunterlagen
- ▶ Foliendichtheit bei Durchbohrung
- ▶ Foliendichtheit bei Durchstanzungen mittels Kunststoffunterlagen

## Schwindung und Quellung der Kunststoffunterlagen

In diesem Versuch sollte der Frage nach der Schwindung oder Quellung von handelsüblichen, U-förmigen Schiftern unter Einfluss von Witterung und Dunkelheit auf den Grund gegangen werden. Dieser Versuch dauerte 28 Tage. Die verwendeten Versuchsstücke bestehen aus je zwei Stück Flachstahl 50 x 8 mm und weisen eine Länge von 50 mm auf. Dazwi-

schen wurde eine Unterlage aus Kunststoff geklemmt. Eine verzinkte Sechskantschraube M 10 x 45 von der Festigkeitsklasse 8.8 sowie einer Mutter M 10 und zwei Unterlegscheiben übernahmen die Klemmwirkung. Getestet wurden je zwei Versuchsreihen, einmal mit 10 mm Unterlagen und einmal mit 2 x 5 mm Unterlagen.



Test von Kunststoffunterlagen auf Schwindung oder Quellung.  
Test de retrait et de gonflement des supports en plastique.

## TRAVAIL EN LABORATOIRE

# Quel est le niveau maximal de pression autorisé ?

Contrôle de la résistance, de la perforation et de l'étanchéité des supports en plastique et des membranes d'étanchéité.

La publication de l'expertise de sinistre « Petite commande - grands dommages » dans l'édition de mars 2008 a eu un fort impact auprès des lecteurs. Dans le cadre de cette expertise, l'auteur et expert de l'USM W. Addor (professeur titulaire spécialisé à l'Ecole suisse de technique de construction métallique de Bâle) a chargé deux de ses étudiants de procéder à des contrôles connexes supplémentaires. Christian Löpfe et Mi-

chael Röthenmund ont étudié les questions suivantes et obtenu des résultats en partie assez surprenants :

- ▶ Retrait et gonflement des supports en plastique
- ▶ Résistance à la pression des supports en plastique
- ▶ Etanchéité des feuilles en cas de perforation au moyen de supports en plastique
- ▶ Etanchéité des feuilles en cas de perforation

### Retrait et gonflement des supports en plastique

L'objectif de cet essai était d'étudier la question du retrait ou du gonflement de supports classiques en forme de U sous l'influence des intempéries et de l'obscurité. Cet essai a duré 28 jours. Les échantillons utilisés se composent de deux morceaux d'acier plat de 50 x 8 mm d'une longueur de 50 mm. Un support en plastique a été coincé entre

les deux. Le serrage était assuré par un boulon à six pans galvanisé M 10x45 avec une classe de résistance 8.8, un écrou M 10 et deux rondelles. Deux séries de tests ont été effectuées, la première avec des supports de 10 mm et la seconde avec des supports de 2 x 5 mm.

### Résultats des tests avec des supports de 2 x 5 mm

Les échantillons qui étaient >>

### Testergebnisse zu 2x5 mm Unterlagen

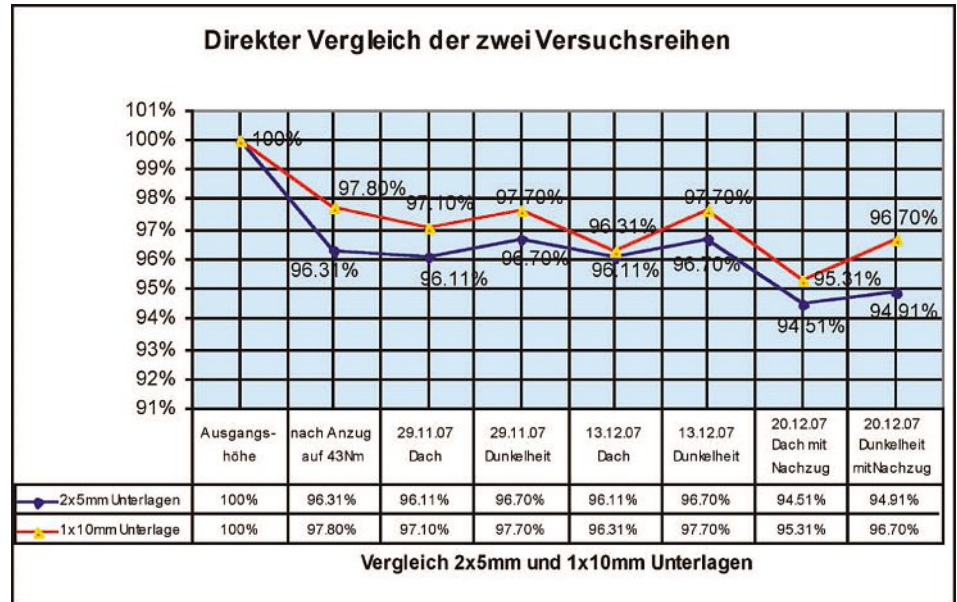
Es wurden die Testobjekte, welche der Aussenatmosphäre ausgesetzt waren, mit den Testobjekten, die im Innenraum der Dunkelheit ausgesetzt waren, miteinander verglichen. Deutlich zu erkennen war, dass die Teststücke, welche der Aussenatmosphäre ausgesetzt waren, mit 5,49 % die grösste Schwindung aufwiesen. Jedoch lagen sämtliche Endergebnisse im Bereich von 0,5 mm und bewegten sich somit in einem akzeptablen Toleranzbereich für den Metallbauer.

### Testergebnisse zu 1x10 mm Unterlagen

Auch hier sind die Testobjekte, welche der Aussenatmosphäre ausgesetzt waren, mit den Testobjekten, die der Dunkelheit ausgesetzt waren, miteinander verglichen worden. Es war deutlich zu erkennen, dass die Teststücke der Aussenatmosphäre mit 4,69 % die grösste Schwindung aufwiesen. Jedoch bewegten sich auch hier alle Endergebnisse in einem vertretbaren Toleranzbereich von rund 0,5 mm.

### Fazit

Dieser Test zeigt klar, dass die Wahl von einschichtiger oder mehrschichtiger, Unterlegung sehr entscheidend sein kann. Es sollte, wenn immer möglich, darauf geachtet werden, dass einschichtige Unterlagen verwendet werden. Weiter zeigte sich, dass die Unterlagen, die der Aussenatmosphäre ausgesetzt waren, einen



**Die Wahl von einschichtigen oder mehrschichtigen Unterlagen kann sehr entscheidend sein.**

Le choix de supports simples ou multicouches peut s'avérer crucial.

grösseren Schwund aufwiesen als diejenigen der Raumtemperatur und Dunkelheit. Zu erwähnen ist, dass die Untersuchungen im Winter stattgefunden haben. Es ist anzunehmen, dass sich die Schwindung durch die grösseren Temperaturschwankungen im Sommer ganz anders verhalten würde. >>

# Druckfestigkeit der Kunststoffunterlagen

**Hier stellte sich die Frage**, wie stark diese Kunststoffunterlagen belastet werden können. Dabei sollten Ergebnisse zu vollflächigen und auch zu örtlichen Unterlagen resultieren. Bei diesem Versuch kamen handelsübliche, U-förmige Kunststoffunterlagen zum Einsatz. Diese sind auf der Druckmaschine unterschiedlichen, vertikalen Flächenbelastungen ausgesetzt worden. Ziel dieses Versuches war es, zu eruieren, bei welchen Belastungen sich die Unterlagen verformen und somit in der Praxis nicht mehr standhalten.

## Testergebnisse bei örtlicher Last

Wiederum wurden drei Testreihen à zehn Unterlagen, im Bereich von 5-50 kN - im 5 kN-Schritt - auf örtlichen Druck getestet. Hier entstand im Bereich von 30-35 kN die erste nennenswerte Schwindung. Bei 35 kN wies die Unterlage noch



Eine sichtbare Verformung stellte sich bei ca. 35-40kN ein. 100 kN pressen die Unterlage flach. Une déformation visible à l'œil nu est survenue à env. 35-40 kN. 100 kN compriment le support à plat.

eine Gesamtdicke von 8,44 mm auf. Eine sichtbare Verformung stellte sich bei ca. 35-40 kN ein.

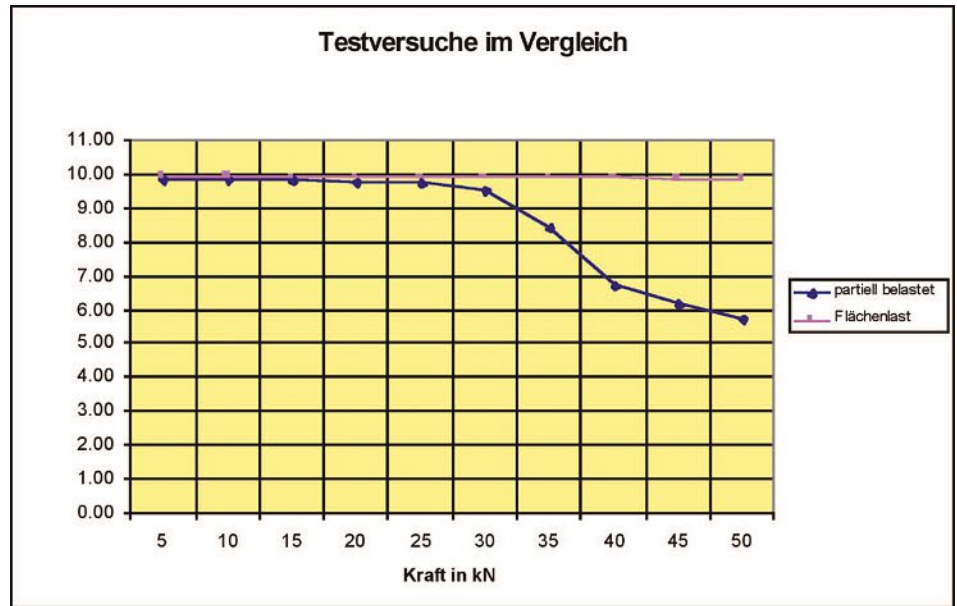
## Testergebnisse bei Flächenlast

Drei Testreihen à zwanzig Unterlagen wurden im Bereich von 5-100 kN - im 5 kN-Schritt - auf Druck getestet. Zusammengefasst kann gesagt werden, dass im Druckbereich von 60-65 kN die erste «relevante» Schwindung entstand. Bei 65 kN wies die Unterlage noch eine Gesamtdicke

von 9,42 mm auf. Für das Auge sichtbar wurde die Verformung erst bei einem Druck von ca. 70-75 kN.

## Fazit

Die Erkenntnis zeigt, dass Kunststoffunterlagen unter Druck hohen Kräften standhalten. Wenn die im Testbereich liegenden Kräfte jedoch überschritten werden, sollten Unterlagen aus Stahl gewählt werden. >>



Bei Flächenlasten stellte sich bei 60-65 kN die erste «relevante» Schwindung ein. Bei örtlicher Belastung zeigten sich bei 30-35 kN die ersten nennenswerten Schwindungen.

Exposé à des charges surfaciques, le premier retrait « significatif » s'est produit dans la plage de pression 60-65 kN. Exposé à des charges localisées, les premiers retraits sont apparus à 30-35 kN.

## TRAVAIL EN LABORATOIRE

> exposés à l'atmosphère ont été comparés aux échantillons exposés à l'obscurité intérieure. Les tests ont clairement montré que les échantillons exposés à l'atmosphère présentaient le retrait le plus élevé, avec 5,49 %. Cependant, tous les résultats finaux se situaient dans une plage de 0,5 mm et oscillaient dans une marge de tolérance acceptable pour un constructeur métallique.

### Résultats des tests avec des supports de 1 x 10 mm

Là aussi, les échantillons exposés à l'atmosphère ont été comparés aux échantillons maintenus dans l'obscurité. Les tests ont clairement montré que les échantillons exposés à l'atmosphère présentaient le retrait le plus élevé, avec 4,69 %. Cependant, là

aussi, tous les résultats finaux oscillaient dans une marge de tolérance raisonnable d'environ 0,5 mm.

### Bilan

Ce test démontre clairement que le choix d'un support simple ou multicouche est crucial. Il faut, dans la mesure du possible, opter pour des supports simples. Le test a également montré que les supports exposés à l'atmosphère présentaient un retrait plus élevé que ceux exposés à la température intérieure et à l'obscurité. Il convient de mentionner que les contrôles ont eu lieu pendant l'hiver. On suppose que le retrait se comporterait tout à fait différemment sous l'influence des variations de températures élevées en période estivale.

### Résistance à la pression des supports en plastique

Ici, l'objectif consistait à déterminer le niveau de charge maximum des supports en plastique. Il s'agissait, pour cela, d'obtenir des résultats sur toute la surface des supports ainsi qu'à des points localisés. Dans le cadre de cet essai, des supports en plastique usuels en forme de U ont été utilisés. Ces supports ont été exposés à différentes charges surfaciques verticales sur une presse. L'objectif de cet essai consistait à déterminer le niveau de charge auquel les supports se déforment et ne résistent plus en pratique.

### Résultats des tests de charge surfacique

Trois séries de tests de pression avec

vingt supports ont été effectuées dans la plage de 5 à 100 kN, par augmentations de 5 kN. En résumé, on peut dire que le premier retrait « significatif » s'est produit dans la plage de pression de 60 à 65 kN. A 65 kN, le support avait encore une épaisseur totale de 9,42 mm. La déformation est devenue visible à l'œil nu à partir d'une pression d'env. 70-75 kN.

### Résultats des tests sous une charge localisée

Trois nouvelles séries de tests sous pression localisée ont été effectuées avec dix supports dans la plage de 5 à 50 kN, par augmentations de 5 kN. Cette fois, le premier retrait « significatif » s'est produit dans la plage de pression de 30 à 35 kN.

---

A 35 kN, le support avait encore une épaisseur totale de 8,44 mm. Une déformation visible à l'œil nu est survenue à env. 35-40 kN.

#### **Bilan**

Les résultats montrent que les supports en plastique résistent à des pressions élevées. Toutefois, en cas de dépassement des pressions de la plage d'essai, il convient d'opter pour des supports en acier.

#### **Étanchéité des feuilles en cas de perforation**

Cette fois, l'objectif des étudiants était de déterminer avec quelle pression une membrane d'étanchéité classique et un carton bitumé sont perforés ou du moins fortement déformés par les sup-

ports en plastique. La conséquence serait un défaut d'étanchéité. Dans le cadre de cet essai, des supports en plastique ont été comprimés sous pression surfacique sur des membranes monocouche et du carton bitumé double couche. Les feuilles ont été collées sur des surfaces bétonnées brutes, comme il est d'usage sur les chantiers.

#### **Résultats des tests**

A 5 kN, la membrane d'étanchéité a présenté les premières fissures et inclusions, et le carton bitumé malléable dès 4 kN. Les deux garnitures ayant été endommagées, elles doivent être qualifiées de problématiques dans ces circonstances. >>



# Foliendichtheit bei Durchstanzungen

Hier wollten die Studenten herausfinden, bei welcher Druckkraft eine übliche Dichtmembrane und eine Dachpappe von den Kunststoffunterlagen durchgestanzt oder zumindest stark eingedrückt werden. Eine Undichtheit wäre die Folge. Bei diesem Versuch wurden Kunststoffunterlagen unter Flächenlast auf Membranfolien einlagig sowie Dachpappen zweilagig gepresst. Die Folien sind hierbei auf rauen Betonoberflächen - wie es auf der Baustelle üblich ist - geklebt worden.

### Testergebnisse

Die Membranfolie wies bei 5 kN erste Risse und Einschlüsse auf, die weiche Dachpappe bereits ab 4 kN. Beide Dichtungen wurden somit beschädigt und müssen in diesem Zustand problematisch bezeichnet werden.

### Fazit

Wird die zu montierende Konstruktion auf eine Membranfolie oder eine Dachpappe abgestellt, so muss diese anschließend wieder überklebt werden. Nur so kann die Dichtheit langfristig gewährleistet werden.



Werden Kunststoffunterlagen auf Membranfolien oder Dachpappen abgestellt, besteht das Risiko der Undichtheit.

Un risque de défaut d'étanchéité existe lorsque les supports en plastique sont placés sur des membranes d'étanchéité ou du carton bitumé.

## TRAVAIL EN LABORATOIRE

### Bilan

Si la construction à réaliser est placée sur une membrane d'étanchéité ou du carton bitumé, un nouveau revêtement doit y être collé. C'est la seule manière de garantir une étanchéité durable.

### Etanchéité des feuilles en cas de perforation

Pendant combien de temps une membrane d'étanchéité reste-t-elle étanche lorsqu'elle est percée sur un toit plat, par ex. pour fixer une console ?

► Quelle est l'étanchéité d'une feuille lorsqu'elle est laissée ainsi après perforation ?

► Comment se comporte un calfeutrage propre supplémentaire du bord du perçage avec du mortier d'ancrage ?

Ces questions devraient être abordées dans le cadre de la prochaine série de tests. A cet effet, deux tests ont été effectués avec du carton bitumé et deux autres avec des membranes d'étanchéité. Pour chacune des deux situations initiales, des consoles tubulaires ont été fixées, dans un cas au

moyen d'un dispositif d'ancrage à expansion M 10 et dans l'autre à l'aide de mortier d'injection et de tiges d'ancrage M 10. Deux couches de carton bitumé ont été collées sur le béton, et une couche de membrane d'étanchéité. Une bassine d'eau a été posée à côté afin de mesurer et de tenir compte de l'évaporation durant la série de tests.

### Membranes d'étanchéité avec dispositif d'ancrage à expansion

Le déroulement des essais des deux membranes d'étanchéité est illustré

(cf. illustration). Elles se sont comportées de manière très similaire ; toutefois, la membrane d'étanchéité Sika s'est révélée plus constante et a résisté plus longtemps à la pression de l'eau. Huit mesures ont été effectuées à intervalles de deux heures.

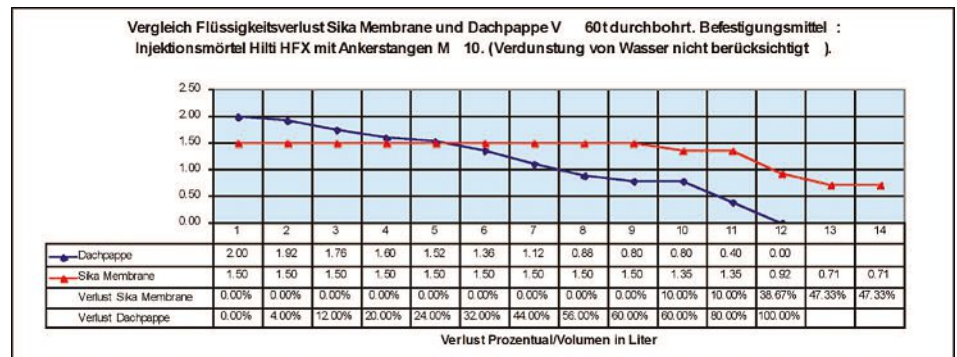
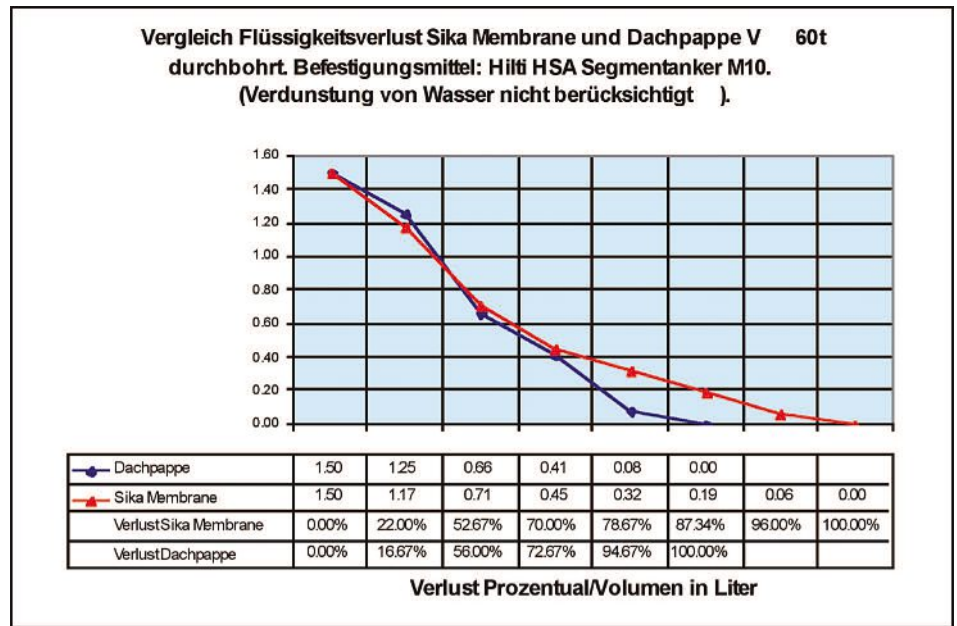
### Comparaison entre les deux types de feuilles avec mortier d'injection et tige d'ancrage

Il est clairement ressorti que la membrane d'étanchéité était constante et que la quantité d'eau dans le carton bitumé a diminué en

# Foliendichtheit bei Durchbohrungen

- Wie lange ist eine Dichtmembrane dicht, wenn sie auf einem Flachdach, z.B. für eine Konsolenbefestigung, durchbohrt wird?
- Wie dicht oder undicht ist eine Folie, wenn diese nach der Durchbohrung so belassen wird?
- Wie verhält sich ein zusätzliches, sauberes Abdichten des Bohrrandes mit Befestigungsmörtel?

Diese Fragen sollten in der nächsten Versuchsreihe geklärt werden. Hierfür sind je zwei Tests mit Dachpappen und je zwei Tests mit Membranfolien durchgeführt worden. Bei jeder der beiden Ausgangslagen sind Rohrkonsole, einmal mit einem Spreizanker M 10 und einmal mit Injektionsmörtel und Ankerstangen M 10, befestigt worden. Die Dachpappen wurden zweischichtig, die Membranfolie einschichtig, auf den Beton ver-



klebt. Um die Verdunstung des Wassers während den Testreihen zu messen und somit zu berücksichtigen, ist daneben eine Schale, gefüllt mit Wasser, aufgestellt worden.

#### Dichtmembranen mit Spreizanker

Hier ist der Versuchsverlauf der beiden Membranen graphisch dargestellt. Sie verhielten sich sehr ähnlich, die Sika-Membranfolie erwies sich jedoch als konstanter und vermochte dem Druck des Wassers länger standzuhalten. Es wurden acht Messungen in unterschiedlichen Zeit-



#### Die Testversuche zur Foliendichtheit bei Durchbohrungen.

Les tests d'étanchéité des feuilles suite à des perforations.

abständen von zwei Stunden vorgenommen. Beim Vergleich der beiden Folientypen mit Injektionsmörtel und Ankerstange war deutlich zu erkennen, dass die Membranfolie konstant war und die Wassermenge in der Dachpappe kontinuierlich abgenommen hat. Sehr gut war auch zu sehen, dass die Membranfolie nach sieben Tagen noch 52,67 % Wasser im Becken hatte und die Dachpappe bereits ausgetrocknet war. Es wurden zwölf Messungen in unterschiedlichen Zeitabständen, im Zeitraum von sieben Tagen, vorgenommen.

#### Fazit

Es war zu erwarten dass der Wasserverlust bei den abgedichteten Bohrrändern nicht so gross sein würde wie bei den nicht abgedichteten. Doch dass der Unterschied so gross sein würde, überraschte auch die Studenten. Es muss klar festgehalten werden, dass Durchdringungen der Dachhaut durch Bohren, ohne nachfolgende Abdichtung, fachlich nicht korrekt sind und Bauschäden hervorrufen können. Dieses Problem sollte bereits während der Planungsphase gelöst werden. ■

permanence. Autre point qui est clairement ressorti : après sept jours, la membrane d'étanchéité avait encore 52,67 % d'eau dans le réservoir et le carton bitumé était déjà sec. Douze mesures ont été effectuées à différents intervalles pendant une période de sept jours.

#### Bilan

Il était à prévoir que les pertes d'eau ne seraient pas aussi importantes une fois les bords des perforations rendus étanches que dans le cas contraire. Cependant, une

telle différence a également surpris les étudiants. Il faut retenir que les pénétrations au niveau de la couverture d'étanchéité du toit suite à des perforations et en l'absence d'étanchement ultérieur ne sont pas correctes sur le plan technique, et qu'elles peuvent entraîner des dommages au niveau de la construction. Ce problème devrait être résolu dès la phase de planification. ■