

100 23

BULLETIN NO
STOCKHOLM 2001
ISSN 0346-5918
ISRN KTH-BYT/R—01/187-SE

187



KUNGL
TEKNISKA
HÖGSKOLAN

Division of

BUILDING TECHNOLOGY

Air and Water Tightness in Building Envelopes - Evaluation of Methods for Quality Assurance

by

Fredrik Gränne



Stockholm 2001

ABSTRACT

The purpose of this work is to contribute to a process for making buildings with good function and to avoid premature faults.

The design, construction and installation of low-sloped roofs are important parts of creating a durable building. Most of the leakages in low-sloped roofs occur where materials with different thermomechanical properties are joined together. With better knowledge about these joints, the expected service life could better be estimated. Common roofing materials on low-sloped roofs are roof membranes.

To avoid damages and to minimise energy consumption the detection of air and water leaks is essential. It can be difficult to localise a leak in e.g. a roof since water can flow far within the construction. Leakage detection can be applied both as a quality assurance method after installation of low-sloped roofs and as field inspection methods. The leakage detection can also be extended to terrace slabs and the whole building envelope.

To investigate the strength of joints between sheet metal and roofing membranes, several small-scale tests and some large-scale tests were performed. The test methods were developed to match the loads that can be expected on this kind of joints.

A number of water leak-detection methods were evaluated through application on test roofs. Some of the methods to detect leaks on low-sloped roofs can also be used to detect air leakage in other parts of the building envelope. To develop and evaluate air leak-detection procedures, selected methods were used in two case studies.

The circumstances regarding welding of the material joints were found to have great impact on the strength. The roof should be designed so no long-term strain will appear since a comparatively low stress may damage the joint over time.

The performance of the leak-detection methods depends on the roofing material. All methods tested were an improvement compared to visual inspections. Different recommended approaches for leakage detection and quality control is given. The case studies show that air leakage detection could be performed with good accuracy. The potential difference method could without doubt be a tool for leakage localisation in waterproofing layers both on roofs and in terrace slabs.

SUMMARY

The purpose of this work is to contribute to a process for making buildings with good function and to avoid premature failures. This has been done through four projects approaching the subject in different ways.

The first project and the first half of the second, reported in Paper I-III, deals with design, construction and installation of low-sloped roofs which of course is a very important part of creating a durable construction. Roof membranes of different kinds are common roofing materials on low-sloped roofs.

The emphasis in the first, and half of the second, project was joints between sheet metal flashings and roof membranes. The reason is that most of the leakages in sealing layers for flat roofs covers occur at drains, pipes and ducts that penetrate the roof cover or at skylights. These are all places where the resilient roof cover is in contact with other materials with different thermomechanical properties, such as sheet metal. On a roof, both shear stress and peeling stress can be found in these joints.

To investigate the strength of joints between sheet metal and roofing membranes, several small-scale tests and some large-scale tests were performed. The test methods were developed and adapted to match the loads that could be expected on this kind of joints.

The materials tested have been a selection of the most commonly used single-ply roof-covering products on the Swedish market. Both polymeric and bituminous roofing materials have been used in this study. For the studied single-ply membranes, heat welding is the normal method to make overlap joints.

For some of the products, a comparatively low stress may damage the joint in a long-term test. The dominating process in the failure of the joint during wind load was peeling. The circumstances regarding welding of the joints were found to have great impact on the results. The roof with its details should therefore be designed so no long-term strain will appear. The joints should be designed so the force will be of shear type, instead of peel, to improve the durability of the joints.

The developed test methods were successful in finding differences in the performance of different products.

To avoid damages and minimise energy consumption in buildings, the detection of possible leaks in the building envelope is essential. It can be difficult to localise a leak in e.g. a roof since the water can be transported a long way in the roof construction. In the second part of the second project, the focus was on leakage

detection both as a quality assurance method after installation of low-sloped roofs and as a field inspection method. There are a couple of different methods that can be used to detect or localise leaks. The leakage detection methods can be divided in two main groups called indicative and quantitative methods.

In the project different leak-detection methods for roofing membranes were compared and tested on low-sloped roofs with different roofing materials and substrates. From the results, it can be concluded that the performance of the methods depends on the roofing material. Certain combinations of detection methods and roofing materials were more suitable than others. All methods tested were an improvement compared to visual inspections. Different recommended approaches for leakage detection and quality control is given.

The third project widens the leakage detection to the whole building. To test, develop and evaluate leak-detection procedures, selected methods were used in two case studies, a pharmaceutical factory and a biocontainment laboratory. The case studies show that with relatively simple equipment, leakage detection could be performed with good accuracy although the requirements were of varying magnitude.

A special kind of roofs, terrace slabs, are treated in the fourth project with the focus on leakage detection. Terrace slabs, courtyard decks and parking decks are examples of constructions where a waterproofing layer is covered with soil, gravel or concrete. The potential difference method used in the second project was evaluated for use on terrace slabs. The results were that the potential difference method could without doubt be a tool for leakage localisation in waterproofing layers in terrace slabs. Compared with other methods to localise leaks, this method was quite efficient.

SAMMANFATTNING / SUMMARY IN SWEDISH

Det övergripande målet med denna avhandling är att bidra till ett mer hållbart byggande. Detta har gjorts genom fyra projekt som angriper målet från olika håll.

Det första projektet, och halva det andra, beskrivna i artiklarna I-III, handlar om utformning och utförande av låglutande tak. Takets utformning är självklart en väldigt viktigt punkt när det gäller att skapa en beständig byggnad. Låglutande tak i Sverige har ofta ett ytskikt av takpapp eller takduk. Ett sammanfattande namn på dessa material är takmembran.

Tyngdpunkten i det första projektet, och halva det andra, låg på fogar mellan takmembran och takplåtar. Anledningen till det är att de flesta otätheterna i tätskiktet på låglutande och flacka tak återfinns vid brunnar och takfönster samt runt rör och kanaler som passerar genom tätskiktet. Dessa är alla ställen där det elastiska takmaterialet är förbundet till andra material, såsom plåt, som har andra termomekaniska egenskaper. I dessa skarvar på ett tak kan båda fläkande och skjuvande krafter finnas.

För att undersöka fogstyrkan hos skarvar mellan plåtar och olika takmembran utfördes ett flertal olika mätningar både i liten och i full skala. Metoderna för dessa mätningar utvecklades och anpassades till de krafter som kan förekomma i dessa fogar.

Materialen som användes var ett urval av de mest använda takmembranen för enskiktstäckningar på den svenska marknaden. Både polymera och bituminösa taktäckningsmaterial användes vid undersökningarna. För dessa enskiktstäckningar är svetsning den metod som normalt används för materialfogar.

För en del av produkterna visade det sig att även en relativt låg belastning kan skada materialfogar om det sker under lång tid. Vindlastprovningar visade även att den då dominerande orsaken till brott i fogarna var fläkning. Hur svetsningen av fogarna utfördes visade sig också ha stor inverkan på resultaten. Tak inklusive dess detaljer skall därför utformas så att inga långtidsbelastningar uppstår. Skarvarnas utformning skall i sin tur, för längsta livslängd, vara utformade så att de krafter som uppstår är av skjuvande och inte fläkande karaktär.

De utvecklade testmetoderna var framgångsrika i att hitta skillnader hos de olika materialens beteende och egenskaper.

Att hitta eventuella otätheter i byggnadsskalet är nödvändigt för att undvika skador och minimera energiförbrukningen. Det kan vara svårt att finna en läcka i

tex. ett tak eftersom vattnet där kan transporteras en lång bit i takkonstruktionen. I den andra delen av det andra projektet var fokus riktat på läcksökningsmetoder både som kvalitetssäkring efter takläggning och för användning vid fältundersökningar. För att söka läckor kan en del olika metoder användas. Dessa metoder kan delas in i två huvudgrupper, de indikativa och de kvantitativa.

I detta projekt undersöktes olika läcksökningsmetoder för taktäckningar på flacka tak med olika underlag. Resultaten visade att metodernas användbarhet var beroende på takmaterialet. En del kombinationer av takmaterial och läcksökningsmetoder är att föredra. Alla metoder var dock en stor förbättring i jämförelse med visuella undersökningar. Rekommendationer för olika tillvägagångssätt för läcksökning och kvalitetssäkring ges som slutsats efter projektet.

Det tredje projektet utvidgade läcksökningarna till hela byggnaden. För undersökning, utveckling och utvärdering av olika läcksökningsmetoder användes utvalda metoder i två fallstudier. Fallstudierna bestod av en fabrik för läkemedelsindustrin och ett biologiskt högrisklaboratorium. Resultaten från fallstudierna visar att med relativt enkla metoder så kan otätheter med god noggrannhet detekteras även fast kraven är varierande.

En särskild typ av tak är terrassbjälklag där tätskiktet är övertäckt med tex jord, grus och betong. Det fjärde projektet fokuserade på läcksökning av terrassbjälklag genom utvärdering av möjligheten att använda potentialdifferensmetoden, som användes i projekt nummer två, till detta ändamål. Resultatet är att potentialdifferensmetoden utan tvekan kan vara ett verktyg att använda vid läckagedetektering hos terrassbjälklag. Jämfört med andra metoder är denna metod ganska effektiv på att lokalisera läckor.

TABLE OF CONTENTS

ABSTRACT	V
PREFACE	VII
NOTATIONS	IX
SUMMARY	XI
SAMMANFATTNING / SUMMARY IN SWEDISH	XIII
LIST OF PAPERS	XV
1. INTRODUCTION	19
1.1. Air and water tightness in building envelopes	19
1.2. Background	20
2. SCOPE OF THIS WORK	23
3. BUILDING ENVELOPES	25
3.1. Low-sloped roofs with roofing membranes	25
3.2. Development of practice for durability of low-sloped roofs	28
3.3. Why low-sloped roofs?	30
3.4. What is a defect?	30
3.5. Leakage detection methods for building envelopes	31
4. MATERIALS	33
4.1. Sheet metal	33
4.2. PVC	33
4.3. FPO and FPP (formerly known as TPO)	34
4.4. EPDM	34
4.5. Modified bitumen materials	35
4.6. Materials used in this study	36

5. TEST METHODS	37
5.1. General	37
5.2. Small-scale tests	37
5.3. Large-scale tests	41
5.4. Leakage detection methods	46
6. RESULTS	55
6.1. Material properties	55
6.2. Leakage detection	58
7. CONCLUSIONS	67
8. FINDINGS	71
9. FUTURE RESEARCH	73
10. COMMENTS ON PAPERS	75
10.1. "Joints between Roofing Felt and sheet metal flashings - Short and long-term Tests"	75
10.2. "Roof membranes- the Swedish practice in the light of EOTA TB 97/24/9.3.1 PT3 Durability"	75
10.3. "Wind load Resistance Tests of Heat-welded Joints between Roofing Felt and Sheet Metal Flashings"	75
10.4. "Leakage Detection on Roofing Felts"	76
10.5. "Air and Water Leak Detection Methods for Building Envelopes"	76
10.6. "Leakage Detection on Terrace Slabs"	76
11. REFERENCES	77
11.1. References in this report	77
11.2. References in the entire thesis including appendices	79