

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE**

**FAKULTA STAVEBNÍ**

**KATEDRA TECHNOLOGIE STAVEB**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**KONTROLA TĚSNOSTI POVLAKOVÝCH  
HYDROIZOLACÍ**

**2022/2023**

**STANISLAV ŠIMČÍK**

**VEDOUcí BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:**

**DOC. ING. PAVEL SVOBODA, CSC.**

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Šimčík	Jméno: Stanislav	Osobní číslo: 476986
Zadávací katedra: Katedra technologie staveb		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor/specializace: Příprava, realizace a provoz staveb		

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Kontrola těsnosti povlakových hydroizolací	
Název bakalářské práce anglicky: Checking the tightness of coating waterproofing	
Pokyny pro vypracování: Popis jednotlivých typů hydroizolací a jejich použití, popis jednotlivých měřicích zařízení a jejich vhodnost k použití, souhrn ochranných systémů pro detekci vlhkosti ve skladbě, návrh opravy při detekci netěsností, správa a údržba střešního pláště	
Seznam doporučené literatury: Příslušné normy ČSN, technické listy dodavatelů měřicích zařízení	
Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Pavel Svoboda, CSc.	
Datum zadání bakalářské práce: 16.02.2023	Termín odevzdání BP v IS KOS: 22.05.2023 <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)
-----------------------	---------------------



## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci „Kontrola těsnosti povlakových hydroizolací“ vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze dne .....

.....

Stanislav Šimčík



## Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Pavlovi Svobodovi CSc. za možnost a vedení práce. Dále bych chtěl poděkovat svému vedoucímu oddělení Ing. Davidovi Tesařovi z firmy DEKPOJEKT s.r.o. za možnost konzultace. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat za podporu od své rodiny a nejbližších kamarádů při psaní bakalářské práce.



# Kontrola těsnosti povlakových hydroizolací

## Anotace

Tato bakalářská práce je zaměřena na kontrolu povlakových hydroizolací za pomoci různých metod jmenovaných v této práci. Autor nejdříve čtenáře seznámí s historií a rozdělením povlakových hydroizolací a následně popíše jednotlivé metody k jejich případnému kontrolování. V další části jsou popsány možnosti, které popisují různé druhy ochranných systémů, které lze do skladby s povlakovou hydroizolací zabudovat pro případnou kontrolu těsnosti nebo zjištění vlhkosti ve skladbě. Následuje představení metod pro pravidelnou kontrolu a údržbu povlakových hydroizolací dle ČSN 73 1901-1 přílohy B. Ve vlastní části se autor zabývá typickými problémy při lokalizaci netěsností s doprovodnou fotodokumentací a řešením nápravy. Závěrem byly prozkoumány dvě střešní konstrukce, pro které byl vytvořený popisující protokol.

## Klíčova slova

hydroizolace, asfaltové hydroizolace, umělohmotné fólie, hydroizolační stěrky, defektoskopie, kontrola hydroizolací, aktivní monitoring, správa a kontrola



# Checking the tightness of coating waterproofing

## Annotation

This bachelor's thesis is focused on the inspection of coating waterproofing using the various methods named in this thesis. The author first introduces the reader to the history and distribution of coating waterproofing and then describes the individual methods for their eventual control. In the next section, options are described that describe different types of protection systems that can be built into a composition with coating waterproofing for a possible leak check or detection of moisture in the composition. This is followed by a presentation of methods for regular inspection and maintenance of coating waterproofing according to ČSN 73 1901-1 Annex B. In his own part, the author deals with typical problems in locating leaks with accompanying photo documentation and solutions. In conclusion, two roof structures were investigated, for which a descriptive protocol was created.

## Keywords

waterproofing, asphalt waterproofing, plastic films, waterproofing screeds, defectoscopy, inspection of waterproofing, active monitoring, administration and control



## Seznam použitých zkratk

UV: Ultrafialové záření

IPA: Izolační papír asfaltovaný

PES: Polyester

ČR: Česká republika

PVC: Polyvinylchlorid

FPO: Flexibilní Polyolefin

EPM: Ethylen-propylenový kaučuk

BR: Polybutadienový kaučuk

ETA: Estimated time of arrival

EPDM: Ethylen-propylen-dién-terpolymerový kaučuk

ČSN: Česká technická norma

EN: Evropská norma

PVC-P: Měkčený polyvinylchlorid

PE-HD: Vysokohustotní polyethylen

TPO: Termoplastický PolyOlefin

EU: Evropská unie

EPS: Expandovaný pěnový polystyrene



## Obsah

Úvod.....	8
1. Typy povlakových hydroizolací.....	10
1.1 Asfaltové pásy .....	10
1.1.1 Historie .....	10
1.1.2 Dělení asfaltových pásů.....	11
1.2 Umělohmotné fólie.....	12
1.2.1 Historie .....	12
1.2.2 Dělení umělohmotných fólií.....	12
1.3 Stěrkové hydroizolace .....	14
2 Testování vodotěsnosti povlakových hydroizolací .....	15
2.1 Optická kontrola .....	15
2.2 Jehlová kontrola .....	17
2.3 Elektrická metoda .....	19
2.3.1 Metoda nízkého napětí .....	19
2.3.2 Metoda vysokého napětí.....	21
2.4 Impedanční metoda.....	24
2.5 Termografická metoda.....	26
2.6 Tlaková zkouška.....	28
2.6.1 Podtlaková metoda.....	28
2.6.2 Tlaková metoda.....	31
2.7 Zátopová zkouška .....	33
2.8 Dýmová zkouška.....	35
2.9 Metoda detekce plynu .....	38
2.10 Doplnkové metody .....	40
2.10.1 Retenční zkouška.....	40
2.10.2 Endoskopická kontrola.....	42
3 Ochranné systémy pro detekci ve skladbě.....	43
3.1 Elektrická vodivá vrstva.....	43
3.2 Systém detekce zatékání.....	44
3.2.1 RFID technologie.....	44
3.2.2 Regulace vlhkosti ve skladbě .....	45
4 Správa a kontrola povlakových hydroizolací.....	47
5 Vlastní část .....	49
5.1 Vybrané poruchy a defekty s koncepcí nápravy.....	49





5.1.1	Celistvost spoje .....	49
5.1.2	Defekty v ploše .....	51
5.1.3	Defekty na napojovacích konstrukcích.....	52
5.1.4	Nevhodné ukončení prostupů .....	53
5.1.5	Degradace tmelu .....	54
5.1.6	Zanedbání údržby.....	55
5.2	Kontrola za pomocí podtlakové zkoušky .....	56
5.2.1	Identifikace stavby .....	56
5.2.2	Popis použité metody ke kontrole .....	57
5.2.3	Nález .....	58
5.2.4	Koncepční návrh opravy .....	59
5.2.5	Dílčí závěr kontroly.....	59
5.3	Kontrola za pomocí jiskrové zkoušky .....	60
5.3.1	Identifikace stavby .....	60
5.3.2	Popis použité metody ke kontrole .....	61
5.3.3	Nález .....	62
5.3.4	Koncepční návrh opravy .....	65
5.3.5	Dílčí závěr kontroly.....	65
6	Závěr.....	66
	Seznam literatury a podkladů .....	67
	Výpis norem a předpisů.....	71
	Seznam obrázků a fotek.....	72



## Úvod

Hydroizolační materiály tvoří obálku budovy a chrání budovu před komplexními vnějšími vlivy klimatu podílející se také na vytváření vnitřního umělého prostředí. Je to jedna z klíčových, ale také nejkritičtějších částí budovy. Pro provoz je kromě správného návrhu velmi důležitá správná volba materiálů, provedení a následná údržba. Jak udržovat a kontrolovat zejména hydroizolační vrstvu, která je při své životnosti namáhána nejen vnějšími vlivy? Existuje několik metod a systémů, které jsou představeny touto bakalářskou prací.

Veškeré konstrukce, kde je možné použít povlakovou hydroizolaci jako jsou spodní stavby, jezírka, terasy, střechy apod., je vhodné po jejím zabudování a v průběhu životnosti kontrolovat. Tato bakalářská práce se zabývá seznámením s jednotlivými typy hydroizolací, způsoby na otestování těsnosti a následnou možnost kontroly dle ČSN 73 1901-1. Popisované materiály trpí při realizaci nejen na lidský faktor a dodržení technologických postupů, ale také na povětrnostní vlivy, které mohou mimo životnost materiálu ovlivnit i kvalitu provedených prací. Defekty způsobené neodbornou realizací, případně nedodržením technologických postupů při realizaci, může zapříčinit dotaci vody do dalších vrstev skladby, což je nežádoucí. Voda ve skladbě ovlivňuje tepelně-technické vlastnosti materiálů, které se řadí mezi jedny z nejobvyklejších vad konkrétně střešních pláštů s povlakovou hydroizolací. Proto je vhodné klást důraz na tyto konstrukce z hlediska projektové dokumentace a následné realizace s doporučením pravidelných kontrol její údržby, která nám prodlouží nejen životnost samotné hydroizolace, ale i celkové realizované skladby.



## Cíl práce

Cílem této práce je seznámení se s jednotlivými typy povlakových hydroizolací s rozdělením na jejich materiálové složení. Dále Vám budou představeny možnosti k podrobení hydroizolace lokalizace netěsností dle vybrané metody zkoušení. Seznámíme se s podpůrnými systémy pro detekci vody ve skladbě a ČSN 73 1901-1 za účelem doporučených cyklů kontrol a případné obnovy hydroizolace a dalších konstrukcí. Ve vlastní části si představíme obvyklé nápadnosti a defekty nalezené při průzkumech s případným koncepčním návrhem opravy a protokolem ze dvou střešních konstrukcí testovaných na těsnost pomocí metody podtlakové a metody s vysokým napětím.



# 1. Typy povlakových hydroizolací

Hydroizolační materiály hrají ve skladbách roli buď vzduchotěsnou nebo hydroizolační. Vysoce a málo propustné izolace používané jako podklad nebo konečná vrstva hydroizolace hraje ve skladbě různé role, a proto mají značně odlišné parametry, včetně hodnot paropropustnosti (difuzního odporu), plošné hmotnosti nebo odolnosti vůči UV záření. [1]

## 1.1 Asfaltové pásy

### 1.1.1 Historie

Asfaltové pásy mají nejdelší historii z hydroizolačních materiálů. Přírodní asfalt byl předchůdcem dnešních asfaltových pásů. V minulosti se těžil v okolí Mrtvého moře, odkud pochází i název izolační hmoty „bitumen“ (bitumenum). Z okolí těžby v Albánii zase nazýváme izolační hmotu „asfalt“ (asfaltos).

Od roku 1680 byly pokračovatelem kamenouhelné dehty s příměsí petrolejové smoly a od roku 1828 se pak tyto nátěry začaly vylepšovat pomocí vkládání lepenky mezi jednotlivé vrstvy nátěru, které probíhalo přímo na samotných staveništích. První výroba asfaltových pásů se v Čechách objevuje v roce 1868 v továrně Bělé pod Bezdězem. Začátkem 20. století přichází náhrada dehtů za ropné oxidované asfalty, kvůli zvýšené koncentraci polyaromatických uhlovodíků obsaženého v dehtu.

Na začátku 40. a 50. let se objevují asfaltové pásy, které známe dnes. V České republice se ukončilo používání dehtů v roce 1969 a přešlo se na ropné asfaltové směsi. Velkovýroba se zabírala třemi druhy natavitelných asfaltových pásů, tedy na strojní hadrové lepence tzv. IPA, pásy na skelné rohoži tzv. BITAGIT a pásy na skelné tkanině tzv. SKLOBIT. [2], [3]

### 1.1.2 Dělení asfaltových pásů

Asfaltové pásy v dnešní době rozlišujeme podle složení pásu a tloušťky. Dále rozdělujeme pásy podle:

- složení asfaltové hmoty (asfalt, oxidované, modifikované)
- nosné vložky (strojní hadrová lepenka, polyester (PES), skelná (sklovláknitý vlies), kovová (měděná nebo hliníková vložka), speciálně vyztužené vložky a případná kombinace)
- povrchové úpravy (s posypem, foliový povrch nebo čistá asfaltová hmota)
- způsobu aplikace (natavovací, samolepicí, volně ložený).

Každý asfaltový pás s různou kombinací zmíněných variant dosahuje jiných vlastností a má tak jiné využití v praxi. [2], [3]



Obr. 1 - Modifikovaný asfaltový pás [4]



Obr. 2 - Samolepicí asfaltový pás [5]



## 1.2 Umělohmotné fólie

### 1.2.1 Historie

Umělohmotné fólie mají kratší historii než asfaltové pásy i z tohoto hlediska stále procházejí vývojovým procesem a lze si tak povšimnout stále nových výrobků s lepšími vlastnostmi na trhu. První umělohmotné fólie se u nás objevily na začátku 50. let 20. století. V ČR se objevily první hydroizolační fólie v 60. letech. Hydroizolační fólie postupem času dělíme na termoplasty, elastomery a termoplastické elastomery.

Mezi termoplastickými polymery je PVC nejoblíbenějším materiálem pro výrobu pásových hydroizolačních materiálů. Syntetické membrány na bázi FPO, které jsou na trhu již cca 30 let, jsou jakýmsi nástupcem PVC membrán na cestě technologického pokroku. I když jsou trochu obtížnější při aplikaci, nabízejí nejmodernější alternativu k široce známým a používaným PVC membránám.

### 1.2.2 Dělení umělohmotných fólií

Termoplastické fólie se jako jediné aktivují a spojují pomocí horkého vzduchu. Dokonalému spojení mezi dvěma fóliemi ze stejného materiálu dochází v případě tepelně aktivované horní nebo spodní vrstvy materiálu a následného dotlačení. Charakteristická vlastnost termoplastických fólií je její plastické chování při protažení.

Fólie na bázi elastomeru se až na výjimky nedají spojovat pomocí horkého vzduchu, ale pouze za pomoci aktivace jejich povrchů. Mezi spojovací prvky se řadí speciální lepidla, lepicí pásy z EPM nebo



vulkanizovaných BR kaučuků vkládaných do přesahů. Protahání u těchto fólií díky elasticitě je možné až o 450 %.

Obecně lze hydroizolace klasifikovat jako homogenní nebo heterogenní v závislosti na jejich složení. Homogenní fólie jsou tvořeny pouze jednou vrstvou. Heterogenní fólie jsou zase ve většině případů tvořeny třemi vrstvami:

- povrchovou vrstvou zodpovědnou za hydroizolační vlastnosti
- vyztužením síťoviny nebo rohože z polyesteru nebo skleněných vláken
- nosnou vrstvou, například laminovanou polymerovou nebo skleněnou rohoží. [1], [3]



*Obr. 3 – Hydroizolační PVC-P fólie [6]*



*Obr. 4 – Hydroizolační LDPE fólie [7]*

### 1.3 Stěrkové hydroizolace

Stěrkové hydroizolace se dodávají v tekutém stavu a jsou chápány jako jedno -, dvou - nebo vícesložkové. Nejrozšířenější typy hydroizolačních stěrek vhodných pro hydroizolační vrstvu použitou ve vnějším prostředí jsou asfaltové, akrylátové, polyuretanové, polymethylmetakrylátové a polyesterové pryskyřice. Hydroizolační stěrky musí splňovat požadavky na odolnost proti pronikání vody, což mimo jiné znamená, že musí chránit střechu před mechanickým poškozením a mít odolnost proti povětrnostním vlivům. Vhodnost použití jako hydroizolace musí být potvrzena certifikátem ETA.

Tekuté hydroizolace pevně přilnou k utěsněnému povrchu bez nutnosti mechanického upevnění. Jsou to bezešvé nátěry přesně vyplňující všechny druhy nerovných povrchů. Na rozdíl od asfaltových pásů nebo umělohmotných fólií, tekuté hydroizolace mají vynikající propustnost vodní páry. Výhodou v tomto případě je, že vlhké povrchy, na které je aplikován tekutý nátěr, mohou časem zaschnout, není tak nutné realizovat návrh sanace střechy například v podobě odvětrávacích komínků. [3], [8]



Obr. 5 - Jednosložková stěrková hydroizolace [9] Obr. 6 - Hydroizolační nátěr na střechy [10]





## 2 Testování vodotěsnosti povlakových hydroizolací

Trvanlivost jednotlivých povlakových hydroizolací závisí do značné míry nejen na dodržení technologických postupů při realizaci, ale také na povětrnostních vlivech v době jeho životnosti. K detekci netěsností na povlakových hydroizolacích se používá několik metod. Tyto metody rozdělujeme na destruktivní a nedestruktivní.

Destruktivní metody fungují za předpokladu perforace fólie z důvodu vhánění plynu nebo kouře pod hydroizolaci, který má za úkol prokázání defektu. Nedestruktivní metody používají infračervené zobrazování, elektřinu a vakuové technologie k lokalizaci netěsností bez porušení zkoušené hydroizolace. [11], [12]

### 2.1 Optická kontrola

Optická kontrola povlakové hydroizolace je základní nástroj pro posouzení provedení a dodržení technologického postupu se zaměřením na sváry, detaily, ale i provedení v ploše. Kontrolu lze využít pro jakýkoliv druh povlakové hydroizolace. Tuto metodu nevyužíváme pouze pro kontrolu hlavní hydroizolační vrstvy, ale i pro posouzení realizace parozábrany. Kontrola by se měla zaměřit na zřetelná proražení, vruby, rýhy (přípustné do 10% tloušťky materiálu v omezeném rozsahu) nebo i zeslabení fólie (např. způsob zaválečkování u fólie).



Poruchy mohou vzniknout nejen na základě nedodržení technologických postupů pro provádění, ale i na základě manipulace materiálu, pohybu osob a následných návazností stavebních prací. Při realizaci se kontroluje znečištění fólie chemickými látkami a přípravky, které mohou poškodit UV stabilitu materiálu.

Pozor si musíme dát taky na velikost přesahu ve spojích pro jednotlivé materiály.

- Asfaltové pásy v příčném směru s přesahem 100 mm, min. 80 mm. V podélném směru v rozmezí 100–150 mm.
- Fólie bez mechanického kotvení min. 50 mm u mechanicky kotvených fólii obvykle 100 mm, dle výběru kotev.

Pokud se kontrola provádí při realizaci, pak kontrolu provádí vedoucí pracovník montážní čety v průběhu pokládky alespoň jednou za směnu nebo při etapovém přerušení prací. Výstupem z provedené kontroly je zápis do stavebního deníku s podpisem všech zúčastněných stran.

#### **Postup optické kontroly:**

- Kontrola se zaměřením na provedení a dodržení technologických postupů pro použitý materiál.
- Kontrola detailů a jejich ukončení na průchodky, konstrukce apod.
- Kontrola plochy z hlediska manipulace s břemeny a pohybu osob.
- V případě nálezu zaznačení místa lokalizované poruchy pomocí barevného spreje pro následnou opravu.
- Nález při realizaci zapsat do stavebního deníku s podpisem zúčastněných osob při kontrole. Bude-li kontrola probíhat v průběhu

- životnosti stavby, je nutné vytvořit protokol popisující nález s podpisem provádějící osoby. [13], [14]



Obr. 7 – Absence T – spoje u asf. izolace [16]



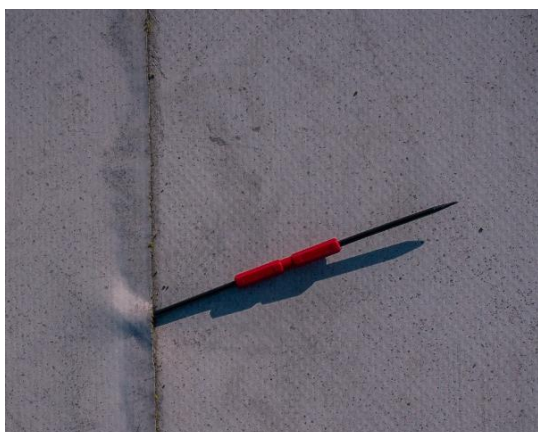
Obr. 8 – Příklad nevhodného ukončení [15]

## 2.2 Jehlová kontrola

Zkouška se provádí pomocí speciální jehly přizpůsobené ke kontrole svárů. Metoda se provádí společně s optickou kontrolou. Kontrola spočívá v ověření celistvosti svárů v celé jeho délce nebo vybraných úseků. Jako porucha je bráno jakékoliv vniknutí hrotu jehly mezi spoj zkoušené hydroizolace. Mimo sváry v ploše kontrolujeme taky sváry v detailech, kontrolu provádíme v průběhu a po dokončení pokládky určitého úseku. Pokud se kontrola provádí při realizaci, pak tuto metodu vykonává vedoucí pracovník montážní čety jako u optické kontroly. Výstupem je pak zápis o provedené zkoušce ve stavebním deníku s podpisem všech zúčastněných stran.

**Postup jehlové kontroly:**

- Určení úseku pro kontrolu
- S mírným bočním přitlakem na zkušební jehlu hledání jakýchkoliv nápadností, které nevypovídají o celistvosti kontrolovaného spoje.
- V případě nálezu zaznačení místa lokalizované poruchy pomocí barevného spreje pro následnou opravu.
- Nález při realizaci zapsat do stavebního deníku s podpisem zúčastněných osob při kontrole. Bude-li kontrola probíhat v průběhu životnosti stavby, je nutné vytvořit protokol popisující nález a podpisem provádějící osoby. [14]



Obr. 9 - Příklad nesoudržného spoje [17]



Obr. 10 - Příklad nesoudržného spoje [18]



## 2.3 Elektrická metoda

Pro elektronickou detekci existují dvě běžné metody, které fungují na principu nízkého (tzv. „mokrý test“) a vysokého napětí (tzv. „suchý test“). Metoda využívá vektorového mapování elektrického pole pomocí drátěné smyčky po obvodu povrchu k zavedení elektrického potenciálu mezi nosnou konstrukcí a kontrolovanou plochou. Potenciál elektrického pole způsobený vodivou cestou k jakémukoliv defektu membrány je vysledován pomocí voltmetru. Elektrické metody nelze použít na fólie z černé EPDM kvůli jeho vodivému složení (uhlíková čern). [19], [20]

### 2.3.1 Metoda nízkého napětí

Metoda je ideální pro použití na jakýchkoliv plochách k identifikaci defektů. Lze tuto metodu využít nejen na plochých, ale i na šikmých střeších, bazénu apod. Tato zkouška se provádí pouze za mokra, tedy je nutné mít zkoušený povrch aktivně dotovaný vodou, v tomto případě jsou dostatečné i dešťové srážky. Metoda funguje na principu impulzního generátoru, který vysílá impulsy o napětí 40 V, které jsou vedeny na střešní konstrukci pomocí drátěného uzavřeného obvodu. Vzhledem k tomu, že všechny střešní membrány jsou nevodivé (kromě černé EPDM), tak elektrický impuls zvolí cestu přes vlhkost k místu jeho úniku, aby dosáhl kruhového okruhu. Pomocí ukazatele proudu toku na zařízení se pohybujeme k místu defektu. Metodu lze využít taky na přitížené střešní systémy jako jsou vegetační nebo kačírkové vrstvy. [19] – [22]

Dodavatelé impulzního měřicího zařízení pro lokalizaci netěsností jsou výrobci například TROTEC® GmbH. s názvem přístroje PD200 a výrobce Buckleys (UVRAL) Ltd. s názvem přístroje Wet Roof Pro'.

Soupravy obou výrobců se skládají ze dvou hlavních částí, generátorová jednotka a detekční jednotka. Generátorová jednotka vytváří elektrické pole přes povrch zkoušeného pláště prostřednictvím „ohraničujícího drátu“, který je umístěn po obvodu zkušebního prostoru a připojen k záporné svorce na generátorové jednotce. Kladná svorka je připojena k vhodnému uzemnění na konstrukci.

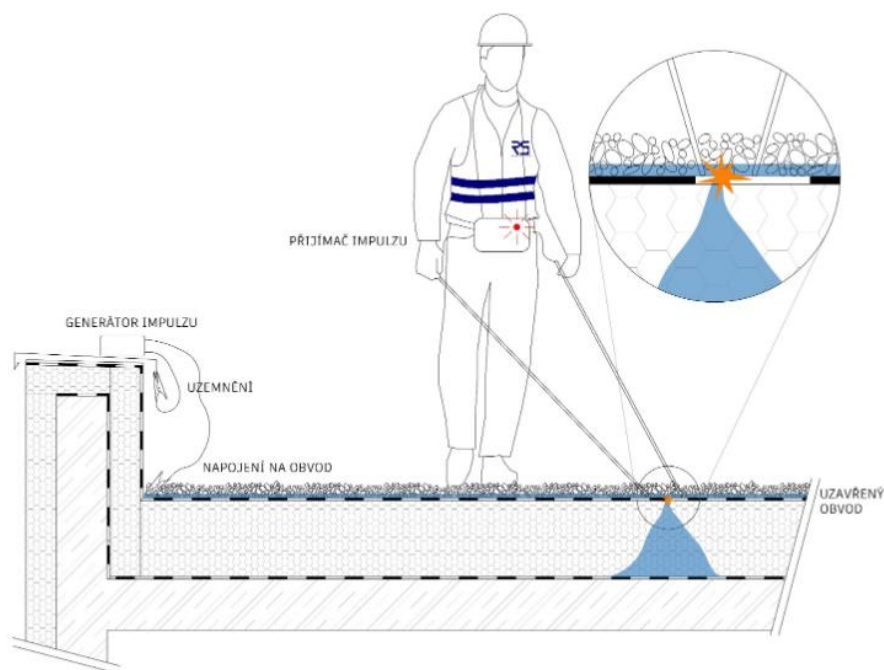


Obr. 11 - Zařízení WET ROOF PRO, Buckleys [23] Obr. 12 - Zařízení PD200, TROTEC [24]

### Postup metody s nízkým napětím:

- Sestavení přístroje dle návodu výrobce.
- Ohraničení zkoumané plochy pomocí drátěného uzavřeného obvodu.
- Testování plochy pomocí zařízení a lokalizování případných poruch pomocí měření rozdílu napětí mezi zkušebními sondami a směřováním obsluhy přístroje k místu úniku.
- V případě nálezu zaznačení místa lokalizované poruchy pomocí barevného spreje pro následnou opravu.

- Nález při realizaci zapsat do stavebního deníku s podpisem zúčastněných osob při kontrole. Bude-li kontrola probíhat v průběhu životnosti stavby, je nutné vytvořit protokol popisující nález s podpisem provádějící osoby. [23], [25]



Obr. 13 - Schéma elektroimpulzní zkoušky [26]

### 2.3.2 Metoda vysokého napětí

Metoda funguje na stejném principu jako nízkonapěťová metoda, kde musí strana pod hydroizolací tvořit elektrický vodič a vrchní povrch hydroizolace tvořit elektrický izolátor. V případě porušení membrány hydroizolace protéká mezi těmito stranami proud s napětím o velikosti 0,9 kV až 55 kV (dle tloušťky materiálu). Zkoušené nevodivé plochy z hydroizolačních materiálů mohou být o síle od 0,064 do 25,6 mm.

Metoda je ideální k použití na plochých a nízkých šikmých střeších. Metoda je v souladu s ČSN EN ISO 19496-1 – elektrická zkouška vysokým napětím. Tento test nelze provádět ve vlhkém prostředí, oroseném povrchu nebo za mlhy. Testovací zařízení vypadající jako koště s malými fosfor-bronzovými vodiči, které je napojeno do detekční jednotky. Když se zařízením přejede přes defekt v membráně hydroizolace, okruh je dokončen a umožňuje proudění proudu. Detekce defektů je potom oznámena pracovníkovi pomocí zvukového tónu a jiskry z vyhledávací elektrody (štetce). Zařízení dokáže přesně určit každý průnik nedestruktivním způsobem. Metodu lze použít na jakoukoliv nevodivou membránu (kromě černé EPDM).

Dodavatelé tzv. „Jiskrové zkoušky“ pro lokalizaci netěsností jsou výrobci například Buckleys (UVRAL) Ltd. s názvem přístroje Wet Roof Pro2 a SLD EUROPE AG. s přístrojem HV-SLD. Soupravy obou výrobců se skládají ze dvou hlavních částí, detekční jednotky a rukojeti se zkušební sondou. Přístroj se pak připojí pomocí zemnicího kabelu na uzemnění spojeného s konstrukcí pro případné uzavření okruhu při lokalizaci netěsností.

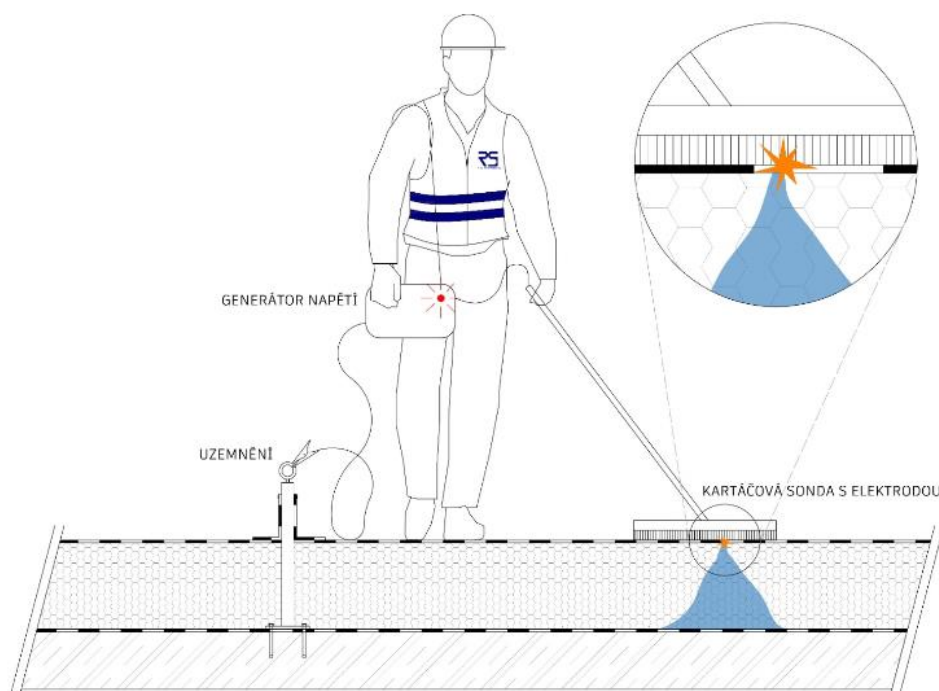


Obr. 14 - Zařízení Dry Roof Pro2, Buckleys [28] Obr. 15 – Zařízení HV-SLD, SLD EUROPE [29]



### Postup metody s vysokým napětím:

- Vysušení zkoumané plochy od případných kaluží.
- Sestavení přístroje dle návodu výrobce a nastavení napětí dle tloušťky materiálu na zkoumané ploše.
- Uzemnění přístroje pomocí zemnicího kabelu připojeného na vodivý element, například oplechování, záchytný systém, hromosvod apod.
- Testování plochy pomocí zařízení a lokalizování případných poruch.
- V případě nálezu zaznačení místa lokalizované poruchy pomocí barevného spreje pro následnou opravu.
- Nález při realizaci zapsat do stavebního deníku s podpisem zúčastněných osob při kontrole. Bude-li kontrola probíhat v průběhu životnosti stavby, je nutné vytvořit protokol popisující nález s podpisem provádějící osoby. [19]–[22], [27]



Obr. 16 - Schéma jiskrové zkoušky [30]



## 2.4 Impedanční metoda

Metoda za pomoci generování nízkofrekvenčního elektronického signálu přenášeného do zkoušeného materiálu. Princip elektrické impedance umožňuje, aby si signál pronikl do hloubky tepelné izolace až 152 mm, v případě betonových podkladů pak 20 mm. Signál detekuje relativní průběh objemové či hmotnostní vlhkosti v závislosti na měrné hmotnosti daného použitého. Pro tuto metodu existují určitá omezení povětrnostních podmínek. Teplota nesmí klesnout pod +4 °C, nesmí pršet ani být zvýšená vlhkost vzduchu cca 12 hodin před zahájením testu. Tuto metodu nelze použít pro testování hydroizolací, které obsahují vodivý prvek. (např. bitumenový pás s hliníkovou fólií, černá EPDM). Pomocí metody lze sestavit tzv. vlhkostní mapu zkoumané plochy, z které vzejdou porušená místa. Metodu je vhodné doplnit gravimetrickým stanovením vlhkosti v podkladních vrstvách pro nastavení samotného přístroje.

Dodavatelé impedanční metody pro lokalizaci vlhkosti ve skladbě je např. Tramex Ltd. s výrobkem Dec Scanner – DS2, který je vhodnější pro větší plochy a s výrobkem RWS Roof & Wall Scanner pro menší plochy. Pravidelným pohybem skeneru po zkoumané ploše se získá nepřetržité čtení a lze snadno identifikovat oblasti, které obsahují vlhkost. Tato zařízení fungují podle normy ASTM D7954, která se zabývá praxí pro průzkum vlhkostí střešních a hydroizolačních systémů pomocí nedestruktivních elektrických impedančních skenerů.



Obr. 17 - Zařízení DEC SCANNER -DS2 [31]



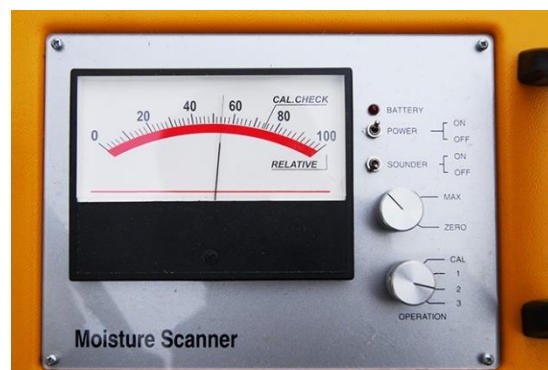
Obr. 18 - Zařízení RWS [32]

### Postup impedanční metody:

- Sestavení přístroje dle návodu výrobce.
- Korekce přístroje na suché oblasti.
- Testování plochy pomocí zařízení a lokalizování případných vlhkostí ve skladbě.
- V případě nálezu označení místa lokalizované poruchy do výkresu.
- Nález při realizaci zapsat do stavebního deníku s podpisem zúčastněných osob při kontrole. Bude-li kontrola probíhat v průběhu životnosti stavby, je nutné vytvořit protokol popisující nález s podpisem provádějící osoby. [11], [22], [31]



Obr. 19 - Zařízení pro zkoušku [33]



Obr. 20 – Měřené hodnoty vlhkosti [33]



## 2.5 Termografická metoda

Termografická metoda popsána v ČSN EN 13187 je založena na termovizním zařízení, které poskytuje obraz rozložení teploty na daném povrchu (termogramy). K získání těchto informací lze použít dvě různé techniky, zvolené v závislosti na povětrnostních podmínkách. První technika spočívá ve stanovení rychlosti ochlazování povrchu střešní krytiny. Po slunečném dni se teplotní rozdíl mezi suchými a vlhkými oblastmi změní a projeví se během následující noci v důsledku pomalejší rychlosti ochlazování. Tato technika může být použita pouze v noci. Druhá technika, používaná pro situace s malým osluněním, je založena na ztrátě tepla z vytápěné budovy, která je v suchých místech nižší kvůli vyššímu tepelnému odporu ve srovnání s vlhkými místy. Také tento test se provádí v noci s minimálně 10° rozdílem teplot mezi budovou a okolním vzduchem. Další podmínky pro termovizní detekci zahrnují max. 0,7 m/s. rychlost větru a čistý a suchý povrch střechy. Zařízení potřebné pro test je termovizní (infračervená) kamera. Jedná se o rychlou a nedestruktivní techniku pro rychlou lokalizaci oblastí vnikající vlhkosti. Mezi nevýhody této metody patří relativně vysoká cena, citlivost na povětrnostní podmínky a neprůkazné výsledky. Dále není vhodný pro obrácené (externě izolované) a zátěžové střechy. [1]

Termografickou metodu lze vykonávat pomocí dronu s termální kamerou nebo ručním přístrojem. Jedním z výrobců dronů je SZ DJI Technology Co., Ltd. a ručních přístrojů například výrobce Teledyne FLIR LLC.

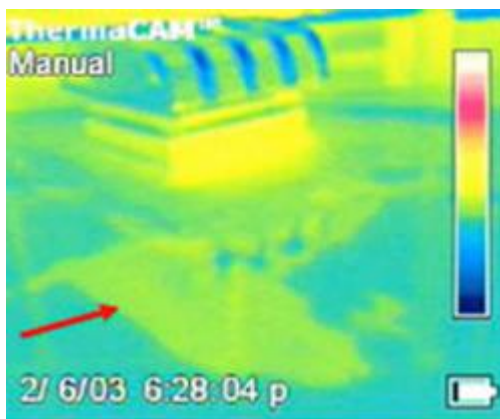


Obr. 21 - Dron Matrice 30T, DJI [34]

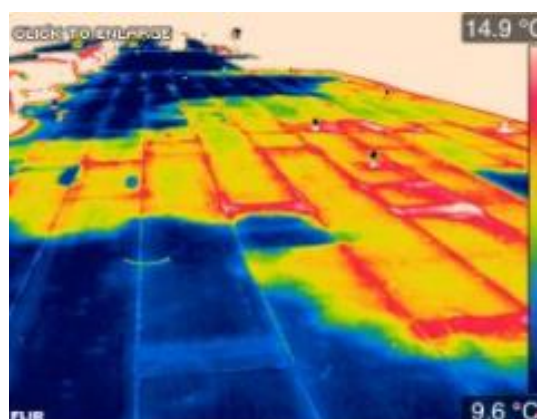


Obr. 22 - Ruční termokamera Exx, FLIR [35]

Výstup z termokamery nám díky viditelným tepelným mostům může odhalit cesty postupující vlhkosti, které nám mohou napovědět nebo nás navést na skutečnou příčinu zatékání do objektu. [36]



Obr. 23 - Snímek z termokamery [21]



Obr. 24 - Snímek termokamery [21]



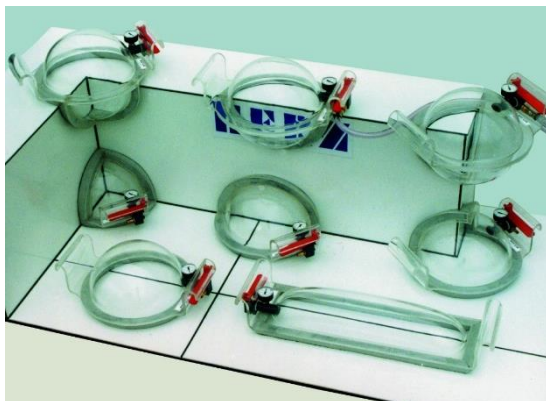
## 2.6 Tlaková zkouška

Tlakovou zkoušku lze rozdělit na dvě metody na metodu podtlakovou a metodu tlakovou, každá z metod má svá specifika pro použití. Tlakové zkoušky jsou vhodné pro fóliové hydroizolace.

### 2.6.1 Podtlaková metoda

zajišťuje testování těsnosti pomocí speciálního vakuového boxu tzv. zvonu vybaveného vzduchotěsným těsnícím profilem na spodní hraně. Hadice z boxu pak pokračuje k vakuované vývěvě s manometrem. Zkouška se provádí dle metodiky ČSN EN 1593 Nedestruktivní zkoušení – Zkoušení těsnosti – Bublinová metoda pomocí průhledných zvonů. Používá se pro testování celistvosti spojů hydroizolačních fólií, zejména v křížových T-spojích a rozích, na které je nutné použít speciální rohové boxy. Zkouška se provádí spíše namátkově kvůli její pracnosti a časové náročnosti vzhledem k velikosti vakuového boxu a tím pádem zkoušené oblasti. Doporučuje se kontrolovat pouze u cca 5 % spojů. Kontrolu v místě spojů lze provádět minimálně 1 hodinu po realizaci a nejméně 24 hodin po provedení spoje pomocí THF (svařování pomocí rozpouštědla za studena).

Dodavatelem podtlakových zvonů je například firma Herz GmbH, která dodává široké spektrum různých velikostí i geometrii pro zkoušenou plochu. Dalším možným výrobcem je například firma Leister Technologies AG. Obsahem vybavení pro zkoušku by měla být vývěva, hadice ke zvonu a vakuový zvon s manometrem.



Obr. 25 – Příklad vakuových zvonů [37]



Obr. 26 - Vakuový zvon, Leister [38]

#### Postup podtlakové metody:

- Očištění zkoušené oblasti od nečistot a prachu.
- Nanesení detekční kapaliny na zkoušenou oblast, obvykle saponátový roztok. Tato kapalina nesmí být těkavá, zasychat, musí být viskózní a nesmí pěnit při snížení tlaku.
- Zkušební zvon se přitiskne k podkladu zkoušené oblasti.
- Zapne se vakuová vývěva. Pro fólie PVC-P je doporučený podtlak 0,2 bar (0,02 Mpa). Pro fólie PE-HD a TPO pak 0,5 bar (0,05 Mpa).
- Míra podtlaku by měla být konstantní na zkoušené oblasti po dobu 30s.
- Netěsnost bude jevit známky tvorby bublin v místě nálezu.
- V případě nálezu zaznačení místa lokalizované poruchy pomocí barevného spreje pro následnou opravu.



- Nález při realizaci zapsat do stavebního deníku s podpisem zúčastněných osob při kontrole. Bude-li kontrola probíhat v průběhu životnosti stavby, je nutné vytvořit protokol popisující nález S podpisem provádějící osoby. [1], [11], [37]



*Obr. 27 - Zkouška těsnosti pomocí vakuového zvonu [39]*



## 2.6.2 Tlaková metoda

Metoda pro zkoušku dvoustopých svárů hydroizolačních fólií svařovaných pomocí horkovzdušných automatů. Metoda spočívá ve vhánění vzduchu kompresorem mezi dvoustopé hydroizolační spoje a následného měření poklesu tlaku, který nesmí klesnout pod 10 %. Hodnota zkušební tlaku se stanovuje podle metodiky ÖNORM S2076 pro DB 3. Kontrolu přetlakem lze vykonávat minimálně 1 hodinu po realizaci.

Dodavatelem tlakové zkoušky dvoustopých svárů je například Leister Technologies AG, který prodává zkušební jehlu na tlakový vzduch s manometrem.



Obr. 28 - Kompresor s jehlou [40]



Obr. 29 - Zkušební jehla, Leister [41]

**Postup tlakové metody:**

- Dvoustopý svár je z jedné strany patřičně utěsněn nebo svařen a z druhé strany je osazena zkušební jehla s manometrem.
- Zapne se tlakování kanálku. Pro fólie PVC-P by se mělo jednat o tlak mezi 100 -200 kPa. Pro fólie TPO lze zvýšit tlak mezi 250 – 350 kPa.
- Po natlakování se nechá 5 minut na dotvarování a následných 10 minut se pozoruje pokles tlaku. Tlak nesmí klesnout pod 20 % původní hodnoty.
- Ověření kladného výsledku zkoušky se provede pomocí vypuštění tlaku z utěsněného nebo svařeného konce, kdy nám tlak klesne k nule v celé délce dvoustopého sváru.
- Kontrolu při realizaci zapsat do stavebního deníku s podpisem zúčastněných osob při kontrole. [2], [14], [22]



*Obr. 30 - Zkušební tlaková jehla napojena do dvoustopého sváru [42]*



## 2.7 Zátopová zkouška

Zkouška zkoumá celistvost těsnosti povlakové hydroizolace pomocí vody nahromaděné na jejím horním povrchu. V ČR pro metodu zátopové zkoušky plošných konstrukcí není doposud platná legislativa. Lze však v určité míře vycházet z jednotlivých článků dle ČSN 75 0905 včetně využití vzoru protokolu o provedené zkoušce.

Metoda se používá zejména u nově postavených objektů. Touto metodou lze kontrolovat ploché střechy, terasy a všechny ostatní ohraničené konstrukce. Před samotnou zkouškou je nutné zohlednit dodatečné zatížení nosné konstrukce z hlediska statiky, možnosti vzniku poruch v odpadním systému při vypouštění vody nebo lokalizaci netěsnosti a následné škody v samotném objektu.

Zátopová metoda probíhá na plochých střechách po předchozím utěsnění odvodňovacího systému. Následně se střecha řízeně dotuje vodou, dnes i s možností přidáním UV barviva (Pigment UV barviva (0,5  $\mu\text{m}$ ) prochází i kapilárními netěsnostmi), dokud se nevytvoří jezírko hluboké cca 150 mm s ohledem na nejnižší opracovaný detail a pozoruje se pokles hladiny. Metoda však nezjistí přesné místo úniku a neumožní snadné určení množství vody pronikající skrze netěsnost. Pomocí UV barviva však lze z interiéru díky výkonné UV lampě lokalizovat poruchu a přiřadit ji právě zkoumané ploše. Zhodnocení provedených střešních prací, při realizaci zkoušky, tak může být posouzena pouze kvalitativně.

Jako alternativa k popsané metodě zátopové zkoušky lze použít jiné nedestruktivní metody, které nebudou mít vzhledem k dodatečnému zatížení konstrukce bezpečnostní riziko při realizaci.



### Postup zátopové zkoušky:

- Před zahájením samotné zátopové metody je vhodné zkontrolovat opticky a pomocí jehlové metody sváry v ploše hydroizolačního pláště. Vyhneme se tak opakování zkoušky na základě nevyhovujících svárů nebo mechanického poškození v ploše. Zároveň můžeme předejít zatečení do dalších vrstev a případného interiéru.
- Utěsnit odvodňovací systém střechy, nejlépe za pomoci těsnících vaků k vytvoření dokonalé těsnosti.
- Po tvorbě takzvaného bazénku s příměsí UV barviva je optimální vyčkat alespoň 48 hodin.
- Zkouška se hodnotí jako úspěšná, pokud se po 48 hodinách neobjeví žádné průsaky.
- V případě, že dojde k lokalizaci, je nutné zkoušku okamžitě ukončit, vodu odčerpat nebo vypustit a znovu zkontrolovat zkoumanou část střechy. Případné netěsnosti opravit a zkoušku znovu opakovat.
- Nález při realizaci zapsat do stavebního deníku s podpisem zúčastněných osob při kontrole. Bude-li kontrola probíhat v průběhu životnosti stavby, je nutné vytvořit protokol popisující nález a podpisem provádějící osoby. Zápis do stavebního deníku je možné nahradit samostatným protokolem o zátopové zkoušce podle ČSN 75 0905. [1], [2], [43]



Obr. 31 - Zátopová zkouška s UV barvivem [43] Obr. 32 - Pomocí UV objevený průsak [43]



## 2.8 Dýmová zkouška

Dýmová metoda závisí na vizuální detekci plynu vháněného pod tlakem z generátoru kouře pod hydroizolační vrstvu. Používá se zcela neškodný kouř pro lidské zdraví, složený z 95 % dusíku a 5 % vodíku v kapalně formě bez zápachu. Během samotného testu je při netěsnosti viditelná vodní mlha, což umožní vizuální detekci netěsnosti. Pro usnadnění detekce lze přidat barvu do mlhového koncentrátu. Pomocí zkoušky lze odhalit netěsnosti o minimální velikosti 10 mm, metoda tak neurčuje míru nebo celkový možný rozsah vnikání vlhkosti. Dým zavedený pod hydroizolační vrstvu by dle kritérií EU neměl představovat zdravotní riziko pro člověka ani pro životní prostředí.

Zkoušku je vhodné využít pro ověření řešených detailů, ukončení na svislé konstrukce, opracování prostupů nebo těsnost vtoků při zahlcování. Metoda je vhodná pro zjišťování závad na všech typech hydroizolací pouze s ohledem na lepené systémy (například samolepící pás na tepelné izolaci), kdy je vhodné skrze šíření dýmu ve skladbě posoudit její vhodnost použití. Dýmová zkouška se nedoporučuje pro velké střechy z důvodů rozsahu. Pokrytí jedné zkoušky odpovídá cca 100–200 m<sup>2</sup>, což se následně promítne do cenových nákladů při větší zkoumané ploše.

Dodavatelem zařízení pro dýmovou zkoušku je například TROTEC® GmbH se zařízením simulátoru mlhy a kouřových plynů FS200, který je dodáván s mlhovým koncentrátem FluiTect. Jako levnější variantu prodejce nabízí komoru na kouřový plyn, do kterého jsou nutné pořídit jednorázové kouřové patrony.



Obr. 33- Zařízení na simulaci mlhy, TROTEC [45]

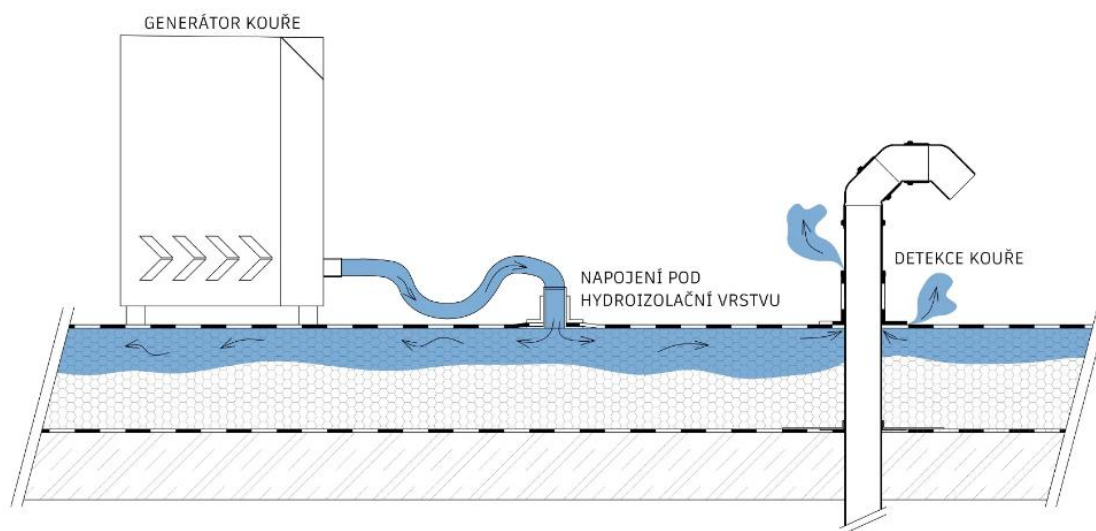


Obr. 34 - Komora na kouřový plyn [45]

#### Postup dýmové zkoušky:

- Sestavení přístroje dle návodu výrobce.
- V případě větší zkoušené plochy rozdělení na oblasti o rozměrech cca 100-200 m<sup>2</sup>.
- Zavedení hadice do hydroizolační vrstvy pomocí rozebíratelné manžety.
- Puštění generátoru kouře s následným hledáním netěsných míst, z nichž proudí kouřový plyn.
- Vhánění plynu pod hydroizolační vrstvu by mělo trvat přibližně 10–15 minut.

- V případě nálezu zaznačení místa lokalizované poruchy pomocí barevného spreje pro následnou opravu.
- Po dokončení zkoušky se rozebere manžeta a zapraví se místo napojení obdobným materiálem.
- Nález při realizaci zapsat do stavebního deníku s podpisem zúčastněných osob při kontrole. Bude-li kontrola probíhat v průběhu životnosti stavby, je nutné vytvořit protokol popisující nález s podpisem provádějící osoby. [1], [2], [44], [45]



Obr. 35 – Schéma dýmové zkoušky [44]



## 2.9 Metoda detekce plynu

Metoda využívá různé plyny, jmenovitě dusík, vodík a helium k detekci netěsností. Při této metodě se pod hydroizolační vrstvu vhání pronikající plyn, který svou hustotou nižší než vzduch difunduje vertikálně nahoru. Netěsnosti jsou detekovány pomocí detektorů plynu pomocí senzorů citlivých na nízké koncentrace použitého plynu. Pro snadný průnik netěsností by měl být použitý plyn o nízké hustotě, který navíc nesmí být škodlivý pro lidské zdraví ani pro životní prostředí. Tuto metodu lze použít například pro testování celistvosti svárů povlakových hydroizolací. Metodu lze použít v oblasti plochých střech, teras, hydroizolace spodních staveb, jezírkové fólie a bazénové hydroizolace. Lze metodu použít taky pro obrácenou skladbu za předpokladu, že stávající tepelná izolace bude dočasně odstraněna z důvodu zavedení sondy pro distribuci plynu pod hlavní hydroizolaci.

### Postup metody detekce plynu:

- Sestavení přístroje dle návodu výrobce.
- V případě větší zkoušené plochy rozdělení na oblasti o rozměrech cca 100-200 m<sup>2</sup>.
- Zavedení hadice do hydroizolační vrstvy pomocí rozebíratelné manžety.
- Puštění plynu pod hydroizolační vrstvu.
- Hledání netěsných míst pomocí čichací sondy.
- V případě nálezu zaznačení místa lokalizované poruchy pomocí barevného spreje pro následnou opravu.
- Po dokončení zkoušky se rozebere manžeta a zapraví se místo napojení obdobným materiálem.





- Nález při realizaci zapsat do stavebního deníku s podpisem zúčastněných osob při kontrole. Bude-li kontrola probíhat v průběhu životnosti stavby, je nutné vytvořit protokol popisující nález s podpisem provádějící osoby. [1], [46], [47]



*Obr. 36 – Napojení pod vrstvu hydroizolace [47]*



*Obr. 37- Zkušební přístroj na detekci [47]*

## 2.10 Doplnkové metody

Jako doplňkové metody ke kontrole povlakových hydroizolací lze doplnit kontrolu vtoku a kanalizačního systému. Tyto metody nazýváme retenční zkouškou a zkouškou kamerovou jinak řečeno endoskopickou.

### 2.10.1 Retenční zkouška

Probíhá na základě uzavírací bubliny vložené do vtoku odvodňovací plochy. Uzavírací bublina je vložena přibližně 50 cm hluboko do zkoušeného vtoku. Trubka se následně zaplaví vodou po horní okraj vtoku čímž se nasimuluje jeho zaplavení. Následně se pozoruje pokles hladiny, který se v průběhu zkoušky měří a kontroluje. Pokud hladina vody poklesne, hlásí nám to poruchu na vtoku. V tu chvíli je vhodné se zaměřit na defekty typu praskliny v potrubí, vadným napojením na hydroizolace nebo chybějícím/deformovaným těsněním mezi jednotlivými hrdly.

Dodavatelem této metody je například výrobce VAPO spol. s.r.o. nebo výrobce ant PROFILETOOLS s.r.o. s výrobkem SAVA, kteří dodávají těsnící vaky v různých velikostech. K těsnícímu vaku je nutné pořídit například nožní pumpu s manometrem pro natlakování těsnícího vaku.



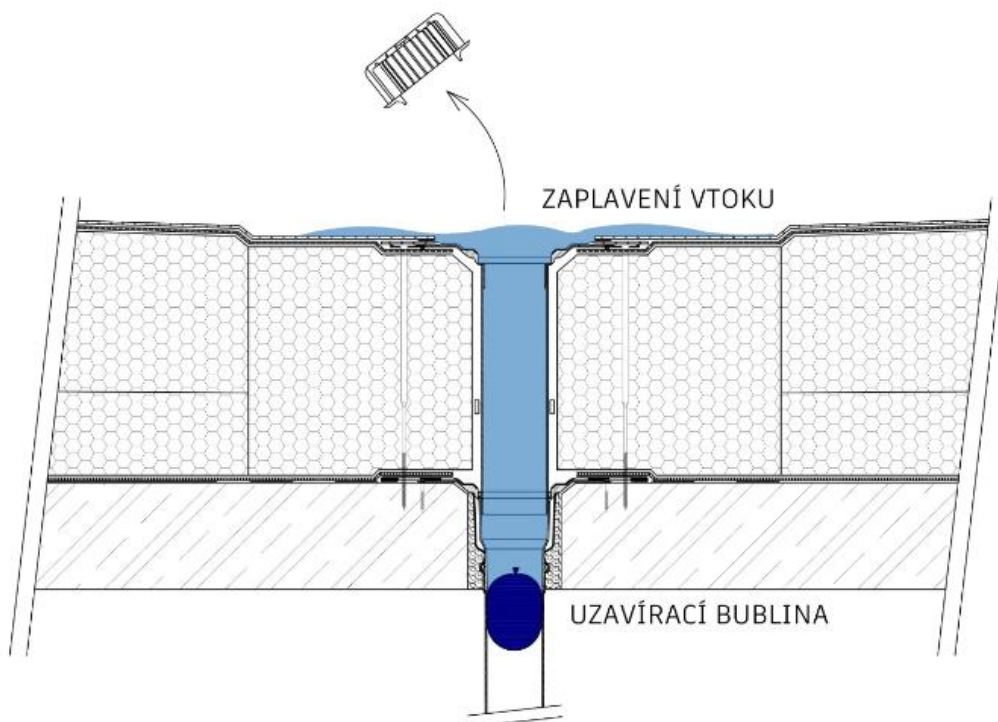
Obr. 38 - Těsnící vaky, VAPO [49]



Obr. 39 - Těsnící vaky, SAVA [48]

**Postup retenční zkoušky:**

- Výběr velikosti těsnícího vaku dle velikosti zkoušeného vtoku.
- Propojení těsnícího vaku společně s nožní pumpou a vložení do vtoku. Hloubka uložení by měla pokrýt v případě dvoustupňového vtoku obě napojovací hrdla.
- Zaplavení vtoku po vrchní část a sledování poklesu vodního sloupce.
- Vyhodnocení stavu těsnosti zkoušeného vtoku. Případný nález zapsat do stavebního deníku s podpisem zúčastněných osob při kontrole. Bude-li kontrola probíhat v průběhu životnosti stavby, je nutné vytvořit protokol popisující nález s podpisem provádějící osoby. [49], [50]



Obr. 40 - Schéma retenční zkoušky [51]

## 2.10.2 Endoskopická kontrola

Endoskopická kontrola využívá kamery s vysokým rozlišením s nasvícením. Metoda je určena zejména pro kanalizace za účelem zjištění vad, poruch nebo ucpání. Kamera je pomocí flexibilního kabelu spojena s přístrojem, který disponuje zobrazovacím monitorem. Detaily z potrubí jsou pak snadno definovatelné i díky tomu, že obraz lze až 10x přiblížit. Video případně fotografie přenášené na monitor je pak možné zaznamenat a uložit pro výsledný protokol o provedené zkoušce. Metodu lze využít například i u dvouplášťových střeš, kdy se s kamerou zkontroluje funkčnost vzduchové dutiny.



Obr. 41 - Endoskopická kamera [53]



Obr. 42 - Pohled na provádění zkoušky [52]

### Postup endoskopické metody:

- Sestavení přístroje dle návodu výrobce.
- Kontrola vybraného vtoku a kanalizačního potrubí. Kontroluje se jakýkoliv defekt potrubí, čistota a průchodnost potrubí.
- V případě nálezu zaznamenání místa lokalizované poruchy.
- Nález při realizaci zapsat do stavebního deníku s podpisem zúčastněných osob při kontrole. Bude-li kontrola probíhat v průběhu životnosti stavby, je nutné vytvořit protokol popisující nález s podpisem provádějící osoby. [52], [53]

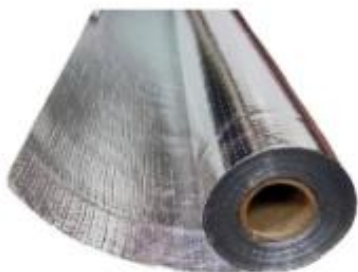
## 3 Ochranné systémy pro detekci ve skladbě

V dnešní době vznikají nové systémy pro zlepšení výsledků pro případné kontrolování hydroizolačních systémů. Použití těchto doplňkových systémů a materiálů nám může zajistit rychlejší lokalizování případných poruch v průběhu životnosti stavby.

### 3.1 Elektrická vodivá vrstva

Elektricky vodivá vrstva má za úkol pomocí membrány instalované pod hlavní hydroizolaci k pomoci lokalizování netěsností za pomoci jiskrové zkoušky. Výhoda instalované vrstvy spočívá v možnosti kontrolování plochy v suchém stavu, například následně po realizaci, kdy nedošlo k dostatečným dešťovým srážkám pro možnost kontroly za pomoci jiskrové nebo elektroimpulzní zkoušky. Lze tuto vrstvu použít jako náhradu za separační vrstvu mezi materiály tepelné izolace na bázi EPS a materiálem PVC-P.

Dodavatelem této vodivé perforované hliníkové fólie je například FATRA a.s. s výrobkem CONTROFOIL. Fólie se instaluje pod hlavní hydroizolaci, využití je zejména určené pro umělohmotné fólie. [54] – [56]



Obr. 43 - Fólie CONTROFOIL [54]



Obr. 44 - Příklad realizace vodivé fólie [54]



## 3.2 Systém detekce zatékání

Systém pro detekci zatékání se dá rozdělit na systémy bez zdroje energie a na systémy, kde zdroje energie jsou nedílnou součástí pro funkci. Oba tyto systémy fungují za předpokladu případné vlhkosti ve skladbě. Jakákoliv vlhkost ve skladbě je nežádoucí z důvodu snížení hodnot materiálu na součinitel prostupu tepla. Tyto systémy se berou jako podpůrné a lze je instalovat do jakéhokoliv střešního souvrství.

### 3.2.1 RFID technologie

Systém je založený na bezdrátových senzorech instalovaných do skladby zejména střešních konstrukcí na spodní stranu tepelné izolace, která je v přímém kontaktu s parozábranou. Tyto senzory jsou následně kontrolovány pomocí ručních skenerů, které vyhodnotí, zda se senzor nachází v mokřém prostředí či nikoliv. Systém pracuje na bázi RFID (Radio Frequency Identification). Kdy za pomoci radiofrekvenčních vln přístroj bezkontaktně komunikuje se senzorem. Senzor zpátky posílá jednoduchý signál, zda se nachází v mokřé oblasti či nikoliv.

Návrh systému začíná při projekci, kdy vzhledem ke komplikovanosti plochy a požadavků investora se navrhne množství senzorů. Minimální množství je 1 ks/4 m<sup>2</sup> a maximálně se neinstaluje více než 1 ks/m<sup>2</sup>. První kontrola senzoru se provádí v průběhu výstavby, aby se včas identifikovaly problémové oblasti. Kromě střech, balkonů a teras lze technologii využít i ke kontrole podlahových ploch.



Dodavatelem systému je například SFS Group s.r.o. s výrobkem SFS HUM-ID. Výrobek má tvar čipu, který se instaluje v době realizace na vrstvu parozábrany dle návodu výrobce. Výrobek má životnost 25 let s tím, že pokud v době životnosti dojde k detekci vlhkosti pomocí čipu, tak stačí pouhé osušení a opětovná instalace. [57] – [60]



Obr. 45 - Čip pro detekci vlhkosti [58]



Obr. 46 - Skener pro kontrolu čipů [58]

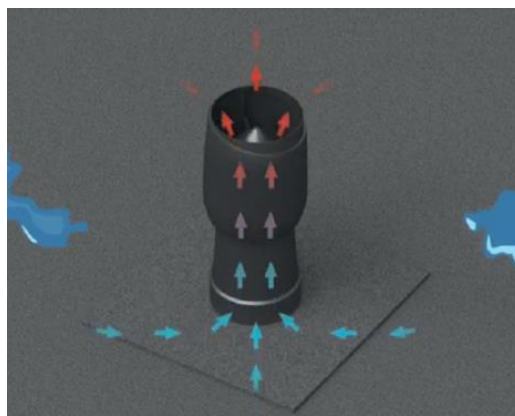
### 3.2.2 Regulace vlhkosti ve skladbě

Regulace vlhkosti ve skladbě probíhá za pomoci ventilátoru napojeného na senzory a řídicí jednotku, která posílá data přímo do cloudové služby k vyhodnocení. Jeden ze senzorů monitoruje teplotu a relativní vlhkost v tepelně izolační vrstvě a druhý senzor měří teplotu a vlhkost venkovního vzduchu. Tato data se vůči sobě vyhodnocují a zapínají instalovaný ventilátor ve skladbě, který pracuje s vyššími otáčkami do doby, než je skladba opět suchá. Životnost senzorů je 10–15 let, poté je nutná jejich výměna.

Dodavatelem této metody je například VILPE Oy se systémem VILPE Sense. Zařízení je instalováno na povrch střechy a následně dle vlhkosti se přizpůsobí na optimální úroveň, aby se odstranila případná přebytečná vlhkost. Po odstranění nadměrné vlhkosti se střešní ventilátor vrátí na normální úroveň činnosti. Pokrytí na jeden střešní ventilátor je cca 200 m<sup>2</sup>, jeho průměrná spotřeba energie je 5 – 10 W. [61], [62]



Obr. 47 - Větrací hlavice VILPE [61]



Obr. 48 - Schéma funkčnosti [61]





## 4 Správa a kontrola povlakových hydroizolací

Životnost hydroizolačního pláště a následnou trvanlivost jednotlivých materiálů zabudovaných ve skladbě ovlivňuje nejen projektová příprava a následné provedení, ale i vnější vlivy jako jsou vichřice, kroupy, požár, výbuch nebo prudký déšť, po kterých se doporučuje provést kontrolu, zda nedošlo k defektům nebo případné havárii.

Správa a kontrola povlakových hydroizolací umístěných na střešních konstrukcích se řídí dle normy ČSN 73 1901-1 přílohy B, kde jsou v tabulkách popsány doporučené cykly kontrol přístupných a kontrolovatelných částí střechy a odhad cyklů obnovy pro jednotlivé konstrukční části.

**Tabulka B.1 – Doporučené cykly kontrol přístupných a kontrolovatelných částí střech**

Konstrukční část	Požadovaný stav	Cyklus kontrol (roky)
Střešní krytina	Bez poškození, nečistot bránících funkci střechy a náletové zeleně; zachování původního tvaru	0,5
Vtoky, žlaby	Průchozí, chráněné	0,5
Nátěry, povlaky	Souvislé, nepoškozené	1
Hydroizolační vrstva	Neporušený povrch, těsnost napojení a spojů (je-li vyžadováno), celistvost UV ochrany (pokud lze hodnotit)	1
Tmelené spáry	Pružný tmel bez trhlin spojený s oběma povrchy	1
Oplechování, lemování a další klempířské konstrukce	Přípevněné, těsné spoje, funkčnost	1
Nadstřešní konstrukce	Soudržný povrch, těsné spoje a napojení hydroizolační vrstvy	1
Dilatační spáry	Funkční, vodotěsné	1
Bezpečnostní prvky	Upevněné, neporušené povrchové úpravy, bez projevů koroze, kompletní	1
Stabilizační vrstva/prvky (kotevní prvky, zatěžovací vrstva)	Beze ztráty funkce, v původním umístění	1

*Obr. 49 - Doporučené cykly kontrol dle ČSN 73 1901-1*

Tabulka B.2 – Odhad cyklů obnovy

Konstrukční část	Příklady projevů ztráty funkce	Odhad cyklů obnovy (roky) <sup>1)</sup>	Nutná opatření
Tmelené spáry	Trhliny v tmelu, odtržení od některého z povrchů	2–5	Odstranění tmelu, nové zatmelení
Povrchové úpravy klempířských prvků	Odlupování, bodová koroze	3–15	Očistění, nové nátěry, výměna
Klasické omítky nadstřešních konstrukcí	Ztráta soudržnosti, opadávání, odlupování, nasákavost	8–12	Oprava omítky
Dlažba na podložkách a dřevěné rošty položené na textiliích	Zanesení organickým spadem, zápach z tlení, náletová vegetace	2–5	Přeložení dlažby a roštů, výměna nebo vyčištění textilií
Hydroizolační vrstva	Pronikání vody do konstrukcí staveb	5–40	Pokládka nové hydroizolační vrstvy

<sup>1)</sup> V závislosti na deklaraci výrobců jednotlivých prvků.

Obr. 50 - Odhad cyklů obnovy dle ČSN 73 1901-1

Účelem systémové správy je prodloužení životnosti a oddálení nákladných oprav. Vhodná prevence zamezí poruchám, které jsou ve svém počátku a lze je tak při pravidelných cyklech kontrol detekovat a následně opravit pro obnovení funkční hydroizolační celistvosti pláště. [63], [64]



Obr. 51 - Příklad degradace tmelu [64]



Obr. 52 - Příklad rozšíření vegetace (foto autor)

## 5 Vlastní část

Vlastní část se zabývá kontrolami povlakových hydroizolací na střešních konstrukcích. V části 5.1 jsou představeny různé nálezy poruch a defektů a následně navržená jejich vhodná oprava. V části 5.2 a 5.3 je podrobně popsán průzkum ze střešních konstrukcí, kde byla těsnost plochy podrobena zkoušce pomocí kombinace optické, jehlové, potlakové a jiskrové metody na celistvost hydroizolačního pláště a ukončení na navazující konstrukce.

### 5.1 Vybrané poruchy a defekty s koncepcí nápravy

#### 5.1.1 Celistvost spoje

Kontroly celistvosti spoje lze dosáhnout pomocí několika metod. Nejsnazší z nich je však jehlová kontrola, kdy vtažení jehly nebo špachtle dle zkoušeného materiálu s mírným bočním přitlakem se hledá jakékoliv vniknutí mezi spoj dvou hydroizolací viz Obr. 53 a 54.



Obr. 53 - Příklad necelistvého sváru [65]



Obr. 54 - Příklad nálezu netěsnosti (foto autor)

Na Obr. 55 je pouhé nasunutí hydroizolační fólie na prostup bez následného svaření. Není tak dodržena vodotěsnost spoje do výšky 150 mm nad hlavní povrch hydroizolace. Opravu lze zajistit pomocí detailové tvarovky na prostupy. Pomocí dýmové zkoušky na Obr. 56, byla zjištěna netěsnost neodpovídající celistvosti sváru. Toto místo je nutné přeplátovat obdobným materiálem.



Obr. 55 - Nesoudržné napojení (foto autor)



Obr. 56 - Defekt odhalený pomocí dýmové zkoušky (foto autor)

V ploše, viz Obr. 57, byla nalezena nesoudržná plocha, kdy proběhla snaha napojení dvou nesoudržných materiálů a to PVC-P na TPO. Vzhledem k tomu, že na TPO je velmi obtížné už po celkem krátkém čase napojovat novou fólii, kvůli uvolnění změkčovadel díky UV záření, byla oprava realizována svařením ze spodní části staré hydroizolace, viz Obr. 58.



Obr. 57 - Nesoudržné napojení (foto autor)



Obr. 58 - Následná oprava hydroizolace (foto autor)

### 5.1.2 Defekty v ploše

Defekty v ploše lze najít pomocí několika metod. Už při optické kontrole si lze povšimnout pochybností, které nespĺňují podmínky celistvosti pláště, viz Obr. 59, kdy byla nalezena porucha skrze hydroizolační fólii. Pro zkoušení celkové plochy na defekty je vhodná například jiskrová zkouška, která odhalí i kapilární netěsnosti, viz Obr. 60.



Obr. 59 - Porucha v ploše (foto autor)



Obr. 60 - Defekt odhalený jiskrovou zkouškou [65]

Nalezené defekty je vhodné označit například barevným sprejem, viz Obr. 61 a následně zapravit pomocí záplat z obdobného materiálu jako je provedeno na ploše, viz Obr. 62.



Obr. 61 - Označení nalezených defektů (foto autor)



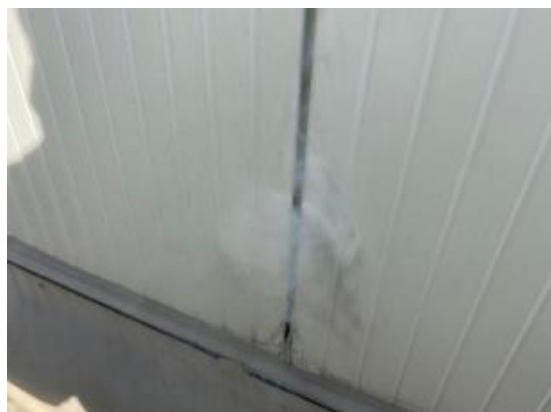
Obr. 62 - Oprava nalezených defektů (foto autor)

### 5.1.3 Defekty na napojovacích konstrukcích

Ukončení hydroizolace na napojovací konstrukce lze otestovat za pomoci dýmové zkoušky, která prokáže těsnost napojení, viz Obr. 63 a 64.



Obr. 63 - Netěsnost VZT bloků (foto autor)



Obr. 64 - Netěsnost napojení na svislou konstrukci (foto autor)

Řešením napojení bloků vzduchotechnické jednotky bylo celkové přetažení do hydroizolační fólie viz Obr. 65. Ukončení hydroizolace na svislé konstrukci pomocí dilatačního poplastovaného plechu bylo zapraveno pomocí přetmelení spáry navazujících panelů pomocí PU tmelu viz Obr. 66, nejvhodnější opatření by byla realizace krycí lišty, ke které zde však nebylo přistoupeno. Realizoval by se tak nenamáhaný dilatační spoj, což by vedlo k delší trvanlivosti tmelu.



Obr. 65 - Opracování VZT prostupu (foto autor)



Obr. 66 - Zapravení spáry pomocí tmelu (foto autor)

#### 5.1.4 Nevhodné ukončení prostupů

Hydroizolace musí být ukončena ve výšce 150 mm nad hlavní hydroizolační plochou. Prostupy, viz Obr. 67 byly zapraveny pomocí asfaltového tmelu, což je nevhodné z důvodu jeho degradace a působení dilatace v průběhu životnosti pláště, může tak vzniknout defekt a následná dotace srážkové vody do skladby konstrukce. Oprava prostupu by měla být pomocí realizace systémové tvarovky nebo pomocí realizace tzv. asfaltových kalhotek do požadované výšky 150 mm stažených nerezovou stahovací objímkou. Na opracovaném prostupu, viz Obr. 68, je absence nerezové stahovací objímky, která slouží k zamezení spadání hydroizolační fólie v průběhu teplotních výkyvů.



*Obr- 67 - Přetmelení přechodu prostupu a hydroizolace (foto autor)*



*Obr. 68 - Absence nerezové pásky na prostupu (foto autor)*

### 5.1.5 Degradace tmelu

Obnova tmelené spáry by měla probíhat dle ČSN 73 1901-1 v průběhu 2-5 let, aby nedošlo ke vzniku trhlin zjištěných při optické kontrole viz Obr. 69. Zde je nutná kompletní výměna, kdy dojde k odstranění tmelu, odmaštění a realizace nového PU tmelu, viz Obr. 70.



Obr. 69 - Degradace tmelené spáry [64]



Obr. 70 - Oprava spáry přetmelením (foto autor)

Dýmová zkouška odhalila netěsnost spoje v tmelené spáře viz Obr. 71. Oprava zde proběhla přetmelením, při stejném postupu zmíněným výše viz Obr. 72.



Obr. 71 - Detekce kouře (foto autor)



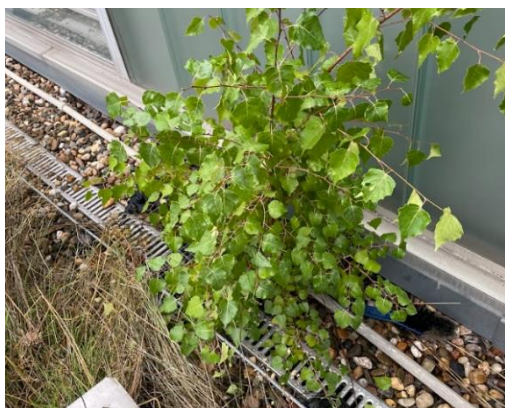
Obr. 72 - Oprava spáry přetmelením (foto autor)



### 5.1.6 Zanedbání údržby

Při zanedbání údržby se můžeme setkat už při optické kontrole střešního pláště s růstem vegetace, viz Obr. 73. Vegetační porost je nutné odstranit. Pokud však je porost ve větší míře, je nutné také zkontrolovat hydroizolaci, zda nedošlo díky prorůstání kořínků k poškození hydroizolace.

Při nedostatečném spádu konstrukce a zanedbání údržby nám může vznikat zanášení vtoků, viz Obr. 74. Toto zanesení může způsobit neplnění funkce vtoku a při větších plochách statické poruchy konstrukce. Zde je nutné provést kontrolu vtoku vůči jeho zanesení a nános nečistot odstranit.



*Obr. 73 - Růst vegetace (foto autor)*



*Obr. 74 - Zanesení střešního vtoku (foto autor)*

## 5.2 Kontrola za pomoci podtlakové zkoušky

### 5.2.1 Identifikace stavby

Jedná se o dvoupodlažní objekt novostavby haly. Předmětnou konstrukcí pro průzkum byla plochá střecha haly v severní polovině objektu, na které je hydroizolační vrstva realizována pomocí PVC-P fólie. Tato vrstva byla opakovaně zapravována pomocí dodatečných záplat přes doplňkové kotvení. Během průzkumu byla provedena zkouška těsnosti výše popsaných záplat fóliové PVC-P hydroizolace pomocí podtlakové těsnosti PICO zvonu. Záplaty byly odzkoušené systematicky v odhadem 3/4 plochy předmětné střechy. Dále byla provedena vizuální prohlídka hydroizolační fólie a základní fotodokumentace.



*Obr. 75 - Pohled na zkoumanou plochu*



*Obr. 76 - Pohled na přeplátované spoje*



## 5.2.2 Popis použité metody ke kontrole

### Optická a jehlová kontrola

Napojení prostupů a spojů přes konstrukci bylo vizuálně a manuálně pomocí jehlové zkoušky nahodile zkontrolováno v místech napojení hydroizolaci PVC-P. Proběhla také kontrola spojů hydroizolace a opracování prostupů přes střešní konstrukci.

### Podtlaková metoda

Navazující spoje hydroizolace jsou rovnoměrně po celé ploše zkoumány za pomoci vakuového boxu. Vakuový box se skládá z hadice z boxu pokračující k vakuované vývěvě s manometrem. Pro fólie PVC-P je doporučený podtlak 0,2 bar (0,02 Mpa). Míra podtlaku je kontrolována na zkoušené oblasti po dobu 30s.

Pro indikaci případných netěsností je na povrch hydroizolace nanesen roztok saponátu ve vodě. V místě případných netěsností vzniknou v indikační kapalině vzduchové bubliny.

Kontrolu spojů hydroizolace metodou podtlakových PICO zvonů nelze považovat za vhodný a spolehlivý způsob zjištění všech netěsností fóliové hydroizolační vrstvy střechy. Metoda je určena pro lokální namátkovou kontrolu, avšak v rámci této konkrétní zkoušky byla zkontrolována většina spojů, na kterých byla technologie podtlakové zkoušky dostupná a proveditelná.

### 5.2.3 Nález



Obr. 77 – Pohled na provádění metody



Obr. 78 - Nález při provedené zkoušce



Obr. 79 - Označení netěsností



Obr. 80 - Označení netěsností



Obr. 81 - Označení netěsností



Obr. 82 - Nesoudržné provedení sváru



#### 5.2.4 Koncepční návrh opravy

Defekty, které byly nalezené na zkoumané hydroizolační vrstvě, byly způsobeny zejména:

- Chybně provedeným svárem. Tyto defekty se nacházeli zejména v průběžném sváru mezi jednotlivými hydroizolacemi a v T-spojích.

**Zjištěné závady a povrchová poškození by měla být odborně zapravena obdobným materiálem z místa poruchy, resp. přepracovány.**

#### 5.2.5 Dílčí závěr kontroly

Během průzkumu byla provedena zkouška těsnosti záplat fóliové PVC-P hydroizolace pomocí podtlakového PICO zvonu. Byly odzkoušeny záplaty v odhadem 3/4 plochy střechy. Délka spojů záplat celé střechy byla přibližným výpočtem stanovena na cca 900 m', z nichž bylo odzkoušeno cca 600 m', což je téměř 70 % všech záplatových spojů. V tomto rozsahu bylo zjištěno celkem 75 netěsností ve spojích záplat, které byly označeny pomocí permanentního fixu. Pomocí izolačské jehly bylo nalezeno množství nedokonalých svárů, tyto poruchy nebyly označovány, jelikož jsou pomocí jehly na místě snadno zjistitelné.

Jako opatření pro prevenci škod a prodloužení životnosti zkoumaného objektu v části hydroizolace doporučuji pravidelnou údržbu a pravidelnou kontrolu. Bude Vám doporučena na základě používání a zatěžování hydroizolace metody kontroly a dle doporučení uvedených v ČSN 73 1901. Dojde tak k prodloužení životnosti hydroizolační vrstvy a vyhnutí se případným problémům.

## 5.3 Kontrola za pomoci jiskrové zkoušky

### 5.3.1 Identifikace stavby

Objekt byl zkoumán za účelem kontroly nově realizované hydroizolace z materiálu PVC-P (Fatrafol 803 , Sikaplan WP1100-15HL, Střešní folie PVC-P) pro spodní stavbu o velikosti cca 100 m<sup>2</sup>. Odvodnění je řešeno pomocí měkké PVC vpusti pro gravitační kanalizace.

V rámci průzkumných prací byla provedena vizuální prohlídka spodní stavby a její následná kontrola v ploše a v místech detailů. Při lokalizaci jednotlivých netěsností bylo pomocí barevného spreje provedeno označení místa poruchy. Během průzkumu byla také pořízena fotodokumentace, jejíž část je součástí této zprávy. Na předmětné části proběhla vizuální kontrola a jiskrová zkouška na ploše o rozměrech cca 100 m<sup>2</sup>, viz Obr. 83 a 84.



Obr. 83 - Pohled na předmětnou plochu



Obr. 84 - Pohled na předmětnou plochu



### 5.3.2 Popis použité metody ke kontrole

#### Optická a jehlová kontrola:

Napojení prostupů přes konstrukci bylo vizuálně a manuálně pomocí jehlové zkoušky zkontrolováno v místech napojení na hydroizolaci PVC-P. Namátkově proběhla také kontrola spojů hydroizolace a opracování detailových tvarovek koutových a rohových.

#### Jiskrová zkouška:

Vrstva hydroizolace byla podrobena po celé ploše jiskrovou zkouškou za pomoci kartáčové sondy. Elektrické napětí bylo nastaveno dle tloušťky materiálu hydroizolace (1,5 mm). Jednotlivé netěsnosti byly tak podrobeny přesné lokalizaci jiskrovým výbojem a akustickým zvukovým signálem.

### 5.3.3 Nález

První prohlídka proběhla na větší ploše řešené části, viz Obr. 83, celkově zde bylo objeveno devět defektů.

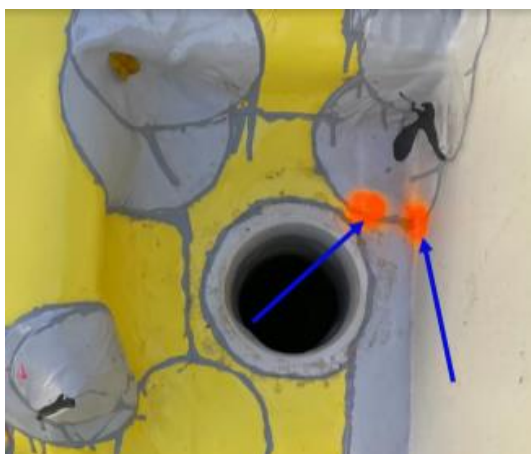
Sedm defektů, viz Obr. 85 – 88, ve zkoumané ploše, bylo způsobeno nevhodně zapraveným svárem ve spojích. Přitom se může jednat o kapilární netěsnosti.



Obr. 85 - Nález defektů



Obr. 86 - Nález defektů



Obr. 87 - Nález defektů



Obr. 88 - Nález defektu

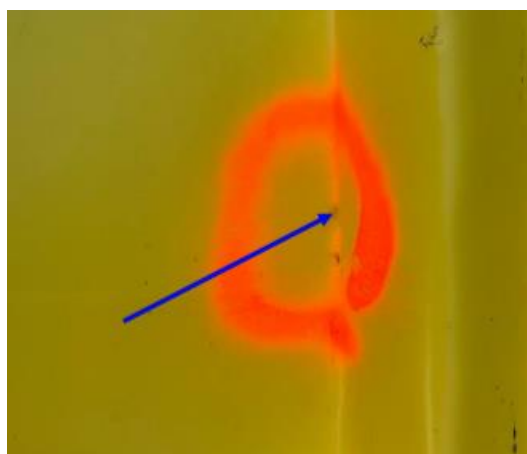


**Jeden defekt**, viz obr. 89, ve zkoumané části, byl odhalen nevhodným napojením na druhou část plochy pomocí zatření jednosložkovou hydroizolační stěrkou.

**Jeden defekt**, viz obr. 90, ve zkoumané ploše, byl způsobený mechanickým poškozením. Byla tak prokazatelně poškozena hydroizolační vrstva.



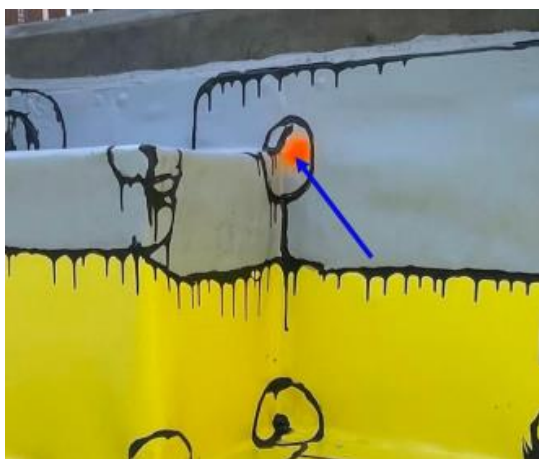
*Obr. 89 - Nález defektu*



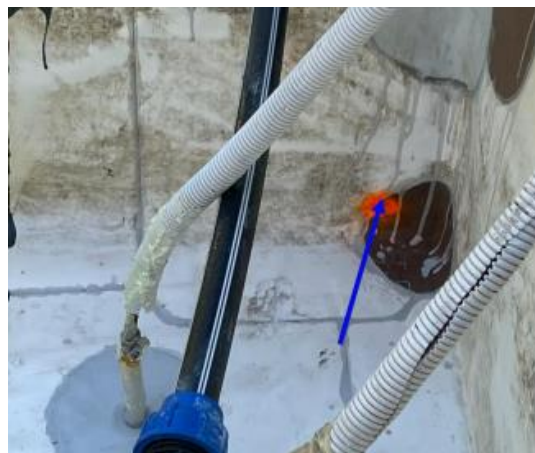
*Obr. 90 - Nález defektu*

Druhá prohlídka proběhla na menší ploše řešené části, viz Obr. 84, celkově bylo objeveno pět defektů.

**Pět defektů**, viz Obr. 91 – 94, ve zkoumané ploše bylo způsobeno nevhodně zapraveným svárem ve spojích. Přitom se může jednat o kapilární netěsnosti.



*Obr. 91 - Nález defektu*



*Obr. 92 - Nález defektu*



*Obr. 93 - Nález defektů*



*Obr. 94 - Nález defektu*



### 5.3.4 Konceptní návrh opravy

Defekty, které byly nalezené na zkoumané hydroizolační vrstvě, byly způsobeny zejména:

- Nedokonalým svárem, kdy došlo buď k necelistvému spoji nebo většímu úbytku materiálu ve spojovaném místě.
- Nedokonalým napojením dvou ploch pomocí hydroizolační stěrky a PVC-P fólie.
- Neopatrností při realizaci, kdy byl způsobený defekt mechanickou neopatrností.

**Zjištěné závady a povrchová poškození by měla být odborně zapravena obdobným materiálem z místa poruchy, resp. přepracována.**

### 5.3.5 Dílčí závěr kontroly

Tmelená místa, kde bude působit UV záření, doporučuji opatřit oplechováním, a tím prodloužit životnost tmelu. Dále doporučuji vytvořit kontrolní body na vtoky pro jejich revize a usnadnění odtoku vody z hydroizolace.

Jako opatření pro prevenci škod a prodloužení životnosti zkoumaného objektu v části hydroizolace doporučuji pravidelnou údržbu a pravidelnou kontrolu stavu po zásypu dalšími vrstvami, viz realizovaná skladba. Bude Vám doporučena na základě používání a zatěžování hydroizolace metoda kontroly dle doporučení uvedených v ČSN 73 1901. Dojde tak k prodloužení životnosti hydroizolační vrstvy a vyhnutí se případným problémům.



## 6 Závěr

V dnešní době je na trhu k dispozici široká škála hydroizolací. S přihlédnutím k podmínkám prostředí a splnění požadavků výrobce, včetně nutné údržby, může životnost hydroizolačních fólií za běžných provozních podmínek přesáhnout 25 let. Celkové posouzení stavu střešní krytiny v provozu může být problematické. Testování tohoto druhu může být nákladné nebo vyžaduje, aby byly do střešního systému ve fázi návrhu zahrnuty specifické systémy. Je třeba poznamenat, že kontrola povlakových hydroizolací z hlediska netěsností na velkých střeších není vůbec snadný úkol, a proto je nutné brát zřetel už při samotné realizaci, kdy náchylnost na poruchy je největší.

Popis jednotlivých zařízení pro kontrolu povlakových hydroizolací v této bakalářské práci může sloužit pro doplnění výukových podkladů pro studenty a dále pro objednatele, resp. správu budov při realizaci a opravách střeš.



## Seznam literatury a podkladů

- [1] B. Ksit, M. Ratajczak, a A. Żylińska, „Comparison of Leak Detection Methods Used for Testing Large Area Membrane Roofs for Durability Assessment Purposes”, *Civ. Environ. Eng. Rep.*, roč. 31, č. 3, s. 37–53, zář. 2021, doi: 10.2478/ceer-2021-0033.
- [2] „F1-DP-2018-Plihal-Ondrej-Diplomova prace\_\_Plihal.pdf”. [Online]. Dostupné z:  
[https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/74173/F1-DP-2018-Plihal-Ondrej-Diplomova%20prace\\_\\_Plihal.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/74173/F1-DP-2018-Plihal-Ondrej-Diplomova%20prace__Plihal.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [3] „Historie a současnost hydroizolačních materiálů”. [Online]. Dostupné z:  
<http://old.silnice-zeleznice.cz/clanek/historie-a-soucasnost-hydroizolacnich-materialu/>
- [4] D. a.s, „Asfaltový pás hydroizolační ELASTEK 40 SPECIAL MINERAL (7,5 m<sup>2</sup>/role)”. <https://www.dek.cz/produkty/detail/1010151220-elastek-40-special-mineral-role-7-5m2/132>
- [5] D. a.s, „Samolepicí asfaltový pás GLASTEK 30 STICKER PLUS KVK (role/10 m<sup>2</sup>)”. <https://www.dek.cz/produkty/detail/1010410010-glastek-30-sticker-plus-role-10m2-kvk/132>
- [6] D. a.s, „Fólie hydroizolační z PVC-P DEKPLAN 76 šedá tl. 1,5 mm šířka 1,60 m (24 m<sup>2</sup>/role)”.  
<https://www.dek.cz/produkty/detail/1015102080-dekplan-76-kotveny-1-5mm-s-1-60m-seda-24m2/20763>
- [7] D. a.s, „Fólie hydroizolační LDPE PENEFOLE 750 tl. 1,5 mm (56 m<sup>2</sup>/role)”.  
<https://www.dek.cz/produkty/detail/1025152020-penefol-750-tl-1-5mm-s-1-4m-56m2-role>
- [8] „Liquid plastic films as a solution in terms of tightness problems and roofs aesthetics improvement – review”, *Bud. Archit.*, roč. 18, č. 4, s. 51–58, 2019.
- [9] D. a.s, „Stěrka hydroizolační VEDASEAL 1K 6 kg”.  
<https://www.dek.cz/produkty/detail/2220101151-vedaseal-1-k-6kg-bal/28413>
- [10] chemieprostavbu.cz, „Sikalastic 614, 15l - hydroizolační nátěr na střechy”, *chemieprostavbu.cz*.  
<https://www.chemieprostavbu.cz/hydroizolace-sikalastic-614--15l-tekuty-hydroizolacni-nater/>
- [11] S. Šutlík a J. Plachý, „Diagnostics of Flat Roofs with Flexible Sheets for Waterproofing”, *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, roč. 728, č. 1, s. 012004, led. 2020, doi: 10.1088/1757-899X/728/1/012004.
- [12] „Metody i techniki wykrywania nieszczelności - Elektronarzędzia, narzędzia budowlane - Budowa i remont - budnet.pl”. [Online]. Dostupné z:



- [https://www.budnet.pl/Metody\\_i\\_tehniki\\_wykrywania\\_nieszczelnosci,Elektronarzedzia\\_narzedzia\\_budowlane,i=477.html](https://www.budnet.pl/Metody_i_tehniki_wykrywania_nieszczelnosci,Elektronarzedzia_narzedzia_budowlane,i=477.html)
- [13] <https://www.facebook.com/tzbinfo>, „Spoje asfaltových izolačních pásů”, *TZB-info*. <https://stavba.tzb-info.cz/izolace-proti-vode-a-radonu/3150-spoje-asfaltovych-izolacnich-pasu>
- [14] „Zkoušky těsnosti a kontrola fóliových izolací na bázi PVC a TPO”, *ASB Portal*, 3. září 2012. <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/strecha/zkousky-tesnosti-akontrola-foliovych-izolaci-na-bazi-pvc-atpo>
- [15] S. F.-W. & D. Studio [www.f13.cz, „Chyby při montáži střešních hydroizolačních fólií na bázi PVC”, *Tvstav.cz - stavební portál*. <https://tvstav.cz/clanek/5324-nejcastejsi-chyby-pri-pokladce-stresnich-hydroizolacnich-folii-na-bazi-pvc>
- [16] „SVAP 41 Navrh Vyjadreni SVAP - technologie nataveni AP.pdf”. Viděno: 17. květen 2023. [Online]. Dostupné z: [https://svaz-ap.cz/docs/svaz\\_ap\\_cz/SVAP%2041%20Navrh%20Vyjadreni%20SVAP%20-%20technologie%20nataveni%20AP.pdf](https://svaz-ap.cz/docs/svaz_ap_cz/SVAP%2041%20Navrh%20Vyjadreni%20SVAP%20-%20technologie%20nataveni%20AP.pdf)
- [17] „Revize Střech | Jehlová zkouška”, 1. březen 2023. <https://www.revizestrech.cz/jehlova-zkouska/>
- [18] „Jehlová zkouška | Česká Správa Střech, s.r.o.” <https://www.spravastrech.cz/nase-cinnost/defektoskopie/jehlova-zkouska>
- [19] B. Chamulová, „FLAT ROOF MONITORING AND CONTROL”, *Czech J. Civ. Eng.*, roč. 2, č. 2, Art. č. 2, pro. 2016, doi: 10.51704/cjce.2016.vol2.iss2.pp48-53.
- [20] F. Gränne, F. Bjork, a T. Högskolan, „Leakage Detection Methods for Roof Membranes”, kvě. 2023.
- [21] „Robson\_MA\_EEMCS.pdf”. [Online]. Dostupné z: [http://essay.utwente.nl/81059/1/Robson\\_MA\\_EEMCS.pdf](http://essay.utwente.nl/81059/1/Robson_MA_EEMCS.pdf)
- [22] I. I. Misar, „STAVEBNĚTECHNICKÝ PRŮZKUM VAD A PORUCH STŘEŠNÍCH PLÁŠŤŮ A JEJICH PŘÍČINNÝCH SOUVISLOSTÍ”.
- [23] „Buckleys”. <https://www.buckleysinternational.com/product/16wet-roof-pro---flat-roof-leak/26wet-roof-pro---flat-roof-leak>
- [24] „Impulzní měřič netěsnosti PD200”. <https://cz.trotec.com/shop/impulzni-meric-netesnosti-pd200.html>
- [25] „Impulzní měřič netěsnosti PD200”. <https://cz.trotec.com/shop/impulzni-meric-netesnosti-pd200.html>
- [26] „Revize Střech | Elektroimpulzní zkouška”, 1. březen 2023. <https://www.revizestrech.cz/elektroimpulzni-zkouska/>
- [27] M. I. s.r.o, „BUCKLEYS Dry Roof Pro2 - Příklad pro testování průsaků plochých střech | TITAN - Multiplast”. <http://www.titan-multiplast.cz/produkty/detekce-prusaku-plochych-strech-157/dry-roof-pro-186>
- [28] „Buckleys”. <https://www.buckleysinternational.com/product/749dry-roof-pro-2---flat-roof-lea/null>



- [29] „Preverjanje vodotesnosti“, *SLD EUROPE AG*, 20. listopad 2018. <https://www.sldeurope.com/si/Roof-Services/Preverjanje-vodotesnosti>
- [30] „Revize Střech | Jiskrová zkouška“, 1. březen 2023. <https://www.revizestrech.cz/jiskrova-zkouska/>
- [31] „Dec Scanner“. <http://tramexmeters.com/dec-scanner>
- [32] „Roof and Wall Scanner“. <http://tramexmeters.com/rws-roof-and-wall-scanner>
- [33] D. Lanta, „Impedanční defektoskopie“, *FLO Lokalizace netěsností s.r.o.* <https://www.flo-lokalizace.cz/impedancni-defektoskopie-poruchy-strechy/>
- [34] DronPro, „Dron s termální kamerou DJI Matrice 30T“, *DronPro*. <https://dronpro.cz/dron-s-termalni-kamerou-dji-matrice-30t>
- [35] „TERMOKAMERY FLIR E54, E76, E86 A E96 📷“, *Termokamera FLIR*, 28. únor 2018. <https://www.termokamery-flir.cz/termokamery-flir-e53-e75-e85-a-e95/>
- [36] „Defektoskopie | Česká Správa Střech, s.r.o.“ <https://www.spravastrech.cz/sluzby/defektoskopie#>
- [37] „Vacuum seam testing bells - Herz GmbH Kunststoff & Wärmetechnologie“. <https://www.herz-gmbh.com/en/products/flat-roof/vaccum-seam-testing-bell-750>
- [38] L. spol s r o <http://www.lithio.cz>, „Zvon vakuový zkušební“, *Produkty Leister*. <https://www.weldplast.cz/box-vakuovy>
- [39] „Vakuová zkouška | Česká Správa Střech, s.r.o.“ <https://www.spravastrech.cz/nase-cinnost/defektoskopie/vakuova-zkouska>
- [40] <https://www.facebook.com/tzbinfo>, „Stavebně-technický průzkum vad a poruch střešních pláště“, *TZB-info*. <https://stavba.tzb-info.cz/strechy/7676-stavebne-technicky-pruzkum-vad-a-poruch-stresnich-plastu>
- [41] L. spol s r o <http://www.lithio.cz>, „Jehla zkušební na tlakový vzduch“, *Produkty Leister*. <https://www.weldplast.cz/jehla-zkusebni-na-tlakovy-vzduch-konicka>
- [42] *LEISTER Injection needle*, (2011) [Online Video]. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=mH\\_MjDxm0XA](https://www.youtube.com/watch?v=mH_MjDxm0XA)
- [43] D. Lanta, „Zátopová zkouška těsnosti střechy“, *FLO Lokalizace netěsností s.r.o.* <https://www.flo-lokalizace.cz/zatopova-zkouska-tesnosti/>
- [44] „Revize Střech | Kouřová zkouška“. <https://www.revizestrech.cz/dymova-zkouska/>
- [45] „Simulátor mlhy a kouřových plynů FS200“. <https://cz.trotec.com/shop/simulator-mlhy-a-kourovych-plynu-fs200.html>
- [46] „KUTNAR TERAS DEKTRADE KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ ASFALTOVÉ PÁSY STŘEŠNÍ PARKOVIŠTĚ EXTRAKT RIZIK SKLADBY A DETAILS - PDF Free



- Download". <https://adoc.pub/kutnar-teras-dektrade-konstrukni-eeeni-asfaltove-pasy-steni-p.html>
- [47] „Zkouška těsnosti stopovým plynem | FLO Lokalizace netěsností s.r.o." <https://www.flo-lokalizace.cz/zkouska-stopovym-plynem/>
- [48] ant s r o [www.ant.sk](http://www.ant.sk), „SAVA PLUGY Z Těsnící vaky, bez odtoku, 20-305mm". <https://tesnicivaky.antprofitools.cz/sava-plugy-z-tesnici-vaky-bez-odtoku-20-305mm?fbclid=IwAR0Uho4X-uAMvCbMemjsC8vo3uSFX1KxTFTbfDEugrMZvaiuU7FhIVrmQr8>
- [49] „Retenční zkouška vpustí ploché střechy | FLO Lokalizace netěsností s.r.o." <https://www.flo-lokalizace.cz/retencni-zkouska-plocha-strecha/>
- [50] D. M. P. s.r.o., „Těsnící vaky potrubí U". <https://www.vapo-sro.cz/cs/tesnici-vaky-potrubi-u>
- [51] „Revize Střech | Retenční zkouška", 24. leden 2023. <https://www.revizestrech.cz/retencni-zkouska/>
- [52] D. Lanta, „Endoskopická zkouška ploché střechy", *FLO Lokalizace netěsností s.r.o.* <https://www.flo-lokalizace.cz/endoskopicka-zkouska-lokalizace-netesnosti/>
- [53] „Endoskopická kamera - 30 m - 12 LED - 7" displej | [www.expondo.cz](http://www.expondo.cz)". [https://www.expondo.cz/steinberg-systems-endoskopicka-kamera-30-m-12-led-7-displej-10030553?msclkid=588ac0cdb65b10cfc485a49b60611e2d&utm\\_source=bing&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=%28cz%29%20shopping%20%5Bpla%5D&utm\\_term=4576098694779741&utm\\_content=all%20products](https://www.expondo.cz/steinberg-systems-endoskopicka-kamera-30-m-12-led-7-displej-10030553?msclkid=588ac0cdb65b10cfc485a49b60611e2d&utm_source=bing&utm_medium=cpc&utm_campaign=%28cz%29%20shopping%20%5Bpla%5D&utm_term=4576098694779741&utm_content=all%20products)
- [54] „Controfoil | FATRAIZOLFA". <http://www.fatraizolfa.sk/doplanky/controfoil/>
- [55] „CONTROFOIL - Detekčná vodivá vrstva do plochých striech", *episs*. <https://www.episs.sk/controfoil>
- [56] D. Lanta, „FLOsafe pro zkoušky těsnosti", *FLO Lokalizace netěsností s.r.o.* <https://www.flo-lokalizace.cz/prevence-poskozeni-plochych-strech/flosafe/>
- [57] „HUM-ID Sensor zur Dachsicherheit | HUM-ID GmbH - Nässe unter Kontrolle", 1. prosinec 2013. <https://www.hum-id.com/das-system/sensoren/>
- [58] I. Z. Borecký, „SFS HUM-ID - systém detekce zatékání plochých střech – IZOLACE.cz", 10. prosinec 2019. <https://www.izolace.cz/clanky/sfs-hum-id-system-detekce-zatekani-plochych-strech/>
- [59] „Revize Střech | Monitoring", 1. březen 2023. <https://www.revizestrech.cz/monitoring/>
- [60] A. Oebbeke, „Hum-ID: Elektronische Dachkontrolle findet Lecks durch kabel- und batterieleose Sensoren". <https://www.baulinks.de/webplugin/2015/1104.php4>
- [61] „VILPE Sense: A smart system for humidity control", *Vilpe*. <https://www.vilpe.com/en/sense/>
- [62] „GUARD SYSTEM Flachdach Monitoring | ISOVER". <https://www.isover.de/flachdach-monitoring>





- [63] „Jednorázové kontroly střech | Česká Správa Střech, s.r.o.”  
<https://www.spravastrech.cz/nase-cinnost/sprava-a-udrzba-strech/jednorazove-kontroly-strech>
- [64] „Revize Střech | Kontrola a správa”, 31. březen 2023.  
<https://www.revizestrech.cz/kontrola-a-sprava/>
- [65] Ing. Jan PEŠTA, Ing. David TESAŘ, Ing. Viktor ZWIENER, Ph. D.  
Publikace DIAGNOSTIKA STAVEB - HYDROIZOLACE, TERMOGRAFIE,  
BLOWER DOOR TEST, AKUSTIKA 2017. Placené publikace | atelier-dek.cz

## Výpis norem a předpisů

ČSN 73 1901-1 Navrhování střech – Část 1: Základní ustanovení

ČSN EN ISO 19496-1 Smalty – Terminologie – Část 1: Termíny a definice

ASTM D7954/D7954M-22a

ČSN EN 13187 Tepelné chování budov – Kvalitativní určení tepelných  
nepravidelností v pláštích budov – Infračervená metoda

ČSN EN 1593 Nedestruktivní zkoušení – Zkoušení těsnosti – Bublínková  
metoda

ÖNORM S2076 Deponien – Geotextile Schutzlagen (GTX-NW) –  
Anforderungen and das Produkt und dessen Verlegung

ČSN 75 0905 Zkoušky vodotěsnosti vodárenských a kanalizačních nádrží



## Seznam obrázků a fotek

<i>Obr. 1 - Modifikovaný asfaltový pás [4], Obr. 2 - Samolepící asfaltový pás [5] .....</i>	<i>11</i>
<i>Obr. 3 – Hydroizolační PVC-P fólie [6], Obr. 4 – Hydroizolační LDPE fólie [7] .....</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 5 - Jednosložková stěrková hydroizolace [9], Obr. 6 - Hydroizolační nátěr na střechy [10] .....</i>	<i>14</i>
<i>Obr. 7 – Absence T – spoje u asf. izolace [16], Obr. 8 – Příklad nevhodného ukončení [15] .....</i>	<i>17</i>
<i>Obr. 9 - Příklad nesoudržného spoje [17], Obr. 10 - Příklad nesoudržného spoje [18] .....</i>	<i>18</i>
<i>Obr. 11 - Zařízení WET ROOF PRO, Buckleys [23], Obr. 12 - Zařízení PD200, TROTEC [24] .....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 13 - Schéma elektroimpulzní zkoušky [26] .....</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 14 - Zařízení Dry Roof Pro2, Buckleys [28], Obr. 15 – Zařízení HV-SLD, SLD EUROPE [29] .....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 16 - Schéma jiskrové zkoušky [30] .....</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 17 - Zařízení DEC SCANNER -DS2 [31], Obr. 18 - Zařízení RWS [32] .....</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 19 - Zařízení pro zkoušku [33], Obr. 20 – Měřené hodnoty vlhkosti [33] .....</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 21 - Dron Matrice 30T, DJI [34], Obr. 22 - Ruční termokamera Exx, FLIR [35] .....</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 23 - Snímek z termokamery [21], Obr. 24 - Snímek termokamery [21] .....</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 25 – Příklad vakuových zvonů [37], Obr. 26 - Vakuový zvon, Leister [38] .....</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 27 - Zkouška těsnosti pomocí vakuového zvonu [39] .....</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 28 - Kompresor s jehlou [40], Obr. 29 - Zkušební jehla, Leister [41] .....</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 30 - Zkušební tlaková jehla napojena do dvoustopého sváru [42] .....</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 31 - Zátopová zkouška s UV barvivem [43], Obr. 32 - Pomocí UV objevený průsak [43] .....</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 33- Zařízení na simulaci mlhy, TROTEC [45], Obr. 34 - Komora na kouřový plyn [45] .....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 35 – Schéma dýmové zkoušky [44] .....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 36 – Napojení pod vrstvu hydroizolace [47], Obr. 37- Zkušební přístroj na detekci [47] .....</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 38 - Těsnící vaky, VAPO [49], Obr. 39 - Těsnící vaky, SAVA [48] .....</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 40 - Schéma retenční zkoušky [51] .....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 41 - Endoskopická kamera [53], Obr. 42 - Pohled na provádění zkoušky [52] .....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 43 - Fólie CONTROFOIL [54], Obr. 44 - Příklad realizace vodivé fólie [54] .....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 45 - Čip pro detekci vlhkosti [58], Obr. 46 - Skener pro kontrolu čipů [58] .....</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 47 - Větrací hlavice VILPE [61], Obr. 48 - Schéma funkčnosti [61] .....</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 49 - Doporučené cykly kontrol dle ČSN 73 1901-1 .....</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 50 - Odhad cyklů obnovy dle ČSN 73 1901-1 .....</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 51 - Příklad degradace tmelu [64], Obr. 52 - Příklad rozšíření vegetace (foto autor) .....</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 53 - Příklad necelistvého sváru [65], Obr. 54 - Příklad nálezu netěsnosti (foto autor) .....</i>	<i>49</i>



<i>Obr. 55 - Nesoudržné napojení (foto autor), Obr. 56 - Defekt odhalený pomocí dýmové zkoušky (foto autor).....</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 57 - Nesoudržné napojení (foto autor), Obr. 58 - Následná oprava hydroizolace (foto autor).....</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 59 - Porucha v ploše (foto autor), Obr. 60 - Defekt odhalený jiskrovou zkouškou [65].....</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 61 - Označení nalezených defektů (foto autor), Obr. 62 - Oprava nalezených defektů (foto autor) ..</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 63 - Netěsnost VZT bloků (foto autor), Obr. 64 - Netěsnost napojení na svislou konstrukci (foto autor) .....</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 65 - Opracování VZT prostupu (foto autor), Obr. 66 - Zapravení spáry pomocí tmelu (foto autor)...</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 67 - Přetmelení přechodu prostupu a hydroizolace (foto autor).....</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 68 - Absence nerezové pásky na prostupu (foto autor) .....</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 69 - Degradace tmelené spáry [64], Obr. 70 - Oprava spáry přetmelením (foto autor) .....</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 71 - Detekce kouře (foto autor), Obr. 72 - Oprava spáry přetmelením (foto autor) .....</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 73 - Růst vegetace (foto autor), Obr. 74 - Zanesení střešního vtoku (foto autor) .....</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 75 - Pohled na zkoumanou plochu, Obr. 76 - Pohled na přeplátované spoje.....</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 77 – Pohled na provádění metody, Obr. 78 - Nález při provedené zkoušce.....</i>	<i>58</i>
<i>Obr. 79 - Označení netěsností, Obr. 80 - Označení netěsností.....</i>	<i>58</i>
<i>Obr. 81 - Označení netěsností, Obr. 82 - Nesoudržné provedení sváru.....</i>	<i>58</i>
<i>Obr. 83 - Pohled na předmětnou plochu, Obr. 84 - Pohled na předmětnou plochu.....</i>	<i>60</i>
<i>Obr. 85 - Nález defektů, Obr. 86 - Nález defektů.....</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 87 - Nález defektů, Obr. 88 - Nález defektu.....</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 89 - Nález defektu, Obr. 90 - Nález defektu .....</i>	<i>63</i>
<i>Obr. 91 - Nález defektu, Obr. 92 - Nález defektu .....</i>	<i>64</i>
<i>Obr. 93 - Nález defektů, Obr. 94 - Nález defektu.....</i>	<i>64</i>