

## ETFE FÓLIE V DOMÁCÍ PRAXI Zdeněk Hirnšal, Vladimír Janata

ETFE fólie, o kterých Era 21 před třemi lety psala jako o jednom z materiálů budoucnosti, se začínají stávat součástí české reality. ETFE fólie v domácí praxi / ETFE fólie, o kterých Era 21 před třemi lety psala jako o jednom z materiálů budoucnosti, se začínají stávat součástí české reality.

ETFE je hmota s vysokými užitnými vlastnostmi, která se objevuje především tam, kde hledáme průsvitný materiál pro větší rozpony. Tam, kde by rozměrné skleněné tabule dosahovaly příliš velké hmotnosti, nebo tam, kde je vhodná přítomnost UV záření – tedy na místech, kde žijí rostliny (botanické zahrady, pěstitelské skleníky) či zvířata, nebo tam, kde je toto záření užitečné pro lidi (bazény, atria). Používá se především ve formě vícevrstvých nafukovacích polštářů, které díky vzduchovým vrstvám zvyšují svůj tepelný odpor a bývají mnohdy doplněny stínicími prvky, případně potiskem.

Velkou popularitu získaly ETFE fólie díky sportovním stavbám – mnichovské Allianz aréně, která mění svou barevnou záři jako chameleon, a především olympijským stavbám v Pekingu – Ptačímu hnízdu a nedaleké plavecké hale, u které její čistou geometrickou formu obrovského kvádrů rozbíjejí nepravidelné bubliny ETFE fasád.

### CO JE ETFE FÓLIE?

Chemicky se jedná o termoplastický fluoropolymer – etylen-tetrafluoroetylen kopolymer. Z hlediska mechanického se jedná o fólie v tloušťce od 0,05 do 0,2 mm které mají přibližně pětinu pevnosti oproti tkaným potahovaným textiliím, ovšem jejich výhodou je velmi nízká plošná hmotnost, která se pohybuje mezi 175–400 g/m<sup>2</sup>. Teplotní rozsah použití se pohybuje od –200 °C do +200 °C a významná je i odolnost ETFE fólií vůči běžným chemikáliím.

Pevnost v tahu činí min. 40 N/mm a umožňuje rozpon jednotlivých polštářů 3,5 až 5 m, délka je z hlediska pevnosti prakticky neomezená. Rozpony se navíc dají zvětšit podepřením spodní vrstvy lankovou sítí.

Přetlak v komorách zajišťuje prostorově zakřivený tvar, výhodný pro zatížení větrem a sněhem, a současně vytváří vysoce hladký povrch, který neumožňuje prachu ulpívat na zastřešení (eventuální nečistoty smyjí dešťové a sněhové srážky).

Tlak se podle vnějších podmínek pohybuje na hodnotě mezi 0,3–0,8 kPa a je zajištěn vzduchotechnickými jednotkami s odvlhčením a regulací teploty. Dá se říci, že dofukování je permanentní, avšak prakticky se jedná o drobné vyrovnávání tlaku a doplňování úniků vzduchu přes netěsnosti svárů. U budov s centrální vzduchotechnikou či klimatizací je rozšíření jejich stávajícího systému prakticky zanedbatelné.

Vysoká průhlednost materiálu (95–100 %) je porovnatelná se sklem. Ve srovnání s dimerálním zasklením mají ETFE fólie o něco nižší tepelněizolační vlastnosti – hodnota  $U$  se pohybuje mezi 1,18–2,95 W/(m<sup>2</sup>.K) a je ovlivněna počtem vrstev, respektive vzduchových komor v polštáři (viz tab. 1). V praxi je nejběžnější třívrstvý polštář, použití více vrstev je díky technické náročnosti výroby velmi problematické.

hodnota $U$	dvouvrstvá fólie [1 komora]	2,95 W/(m <sup>2</sup> .K)
hodnota $U$	třívrstvá fólie [2 komory]	1,96 W/(m <sup>2</sup> .K)
hodnota $U$	čtyřvrstvá fólie [3 komory]	1,47 W/(m <sup>2</sup> .K)
hodnota $U$	pětivrstvá fólie [4 komory]	1,18 W/(m <sup>2</sup> .K)

tab. 1 hodnota součinitele prostupu tepla ETFE fólií v závislosti na počtu vzduchových komor

ETFE fólie se vyrábějí v čiré nebo mléčné podobě, ale existují další možnosti omezení průchodu slunečního svitu, respektive zastínění. První z nich je potisk jedné nebo více vrstev. Potisk se zatím aplikuje pouze v šedé (stříbrné) barvě, nicméně tvar potisku je prakticky neomezený. Zajímavou variantou je inverzní potisk dvou vrstev. Technicky poměrně jednoduchý systém regulující přitlak v horní a dolní komoře přiblíží nebo oddálí střední membránu od horní potlaštěné vrstvy, a tím zhustí, případně zředí potlaštěnou plochu. Takto lze relativně plynule regulovat stupeň zastínění. Další možností zastínění je vsazení

1 nosná konstrukce po předepnutí



2 instalace ETFE polštářů do AL profilů osazených na nosné konstrukci z profilů H



stínící textilie mezi vrstvy ETFE. Na čerpací stanici v německém Mnichově byla použita dokonce navijecí „roleta“ včleněná mezi vrstvy polštáře.

Z hlediska požárního jsou ETFE fólie zatříděny dle DIN 4102 do třídy B1. Jejich důležitou vlastností je ale to, že z nich neodkapávají hořící částice a při více než 270 °C materiál prakticky sublimuje a v té chvíli může nahradit zařízení pro odvod tepla a kouře.

Zkoušky v laboratoři udávají ověřenou životnost ETFE fólií více než 30 let. Materiál se ve formě fóliových polštářů používá od 80. let minulého století a podle osobní zkušenosti autorů nejeví žádné viditelné odchylky od nového vzorku. Při výrobě ETFE je také věnována velká pozornost ekologii. Díky svým vlastnostem jsou fluoropolymery zařazeny mezi materiály šetrné k životnímu prostředí – odolnost proti vlivům počasí, nehořlavost a chemická rezistentnost dávají těmto materiálům vysokou životnost, čímž šetří zdroje a snižují odpady.

## ETFE U NÁS

V našich končinách se ETFE polštáře nedávno objevily v rekonstruovaném atriu ministerstva kultury – v Nosticově paláci na Malé Straně v historickém prostředí Prahy. Nový vstupní prostor do státní instituce byl vytvořen v původně otevřeném atriu a navazuje na něj recepce pro veřejnost a vstupy pro zaměstnance.

Ateliér Josefa Pleskota použil pro zastřešení prostoru formu průhledné obloukové skořápky, kde nafouknuté obloukové pásy ETFE polštářů mění postupně své vzepětí a jsou novou odpovědí na okolní klenuté prostory paláce.

Původně otevřené atrium tak získalo jinou funkci – stalo se nástupním prostorem do veřejné budovy, přechodem mezi vnějším prostředím a vnitřními uzavřenými prostory. Prostorem, kde bude příjemné postát či posedět, prostorem, kde je možné vystavit umělecká díla, udržovat živé rostliny nebo pořádat kulturní akce či tiskové konference.

Jistě by tento malý prostor mohl být zastřešen sklem, ale nosná konstrukce by byla podstatně mohutnější a z plynulých oblouků by pravděpodobně zbyly nalámané segmenty skleněných tabulí.

## KONSTRUKČNÍ SYSTÉM NOSTITZ

Celé zastřešení atria o půdorysu 9,70 × 14,20 m je tvořeno šesti pásy třívrstvých polštářů z fólie ETFE se dvěma propojenými vzduchovými komorami. Pásy jsou svařeny do oblouků – vzhledem ke stoupajícímu vzepětí nosných oblou-

ků ze svařovaných profilů tvaru H byl výsledný prostorový tvar polštářů poměrně složitý. Navíc okrajovým hliníkovým profilem prochází systém kotvení táhel. Polštáře jsou permanentně dofukovány vzduchotechnickou jednotkou s odvlhčením a regulací tlaku. Přetlak je relativně malý (0,3–0,8 kPa), avšak na rozdíl od pneumatických konstrukcí neztrácí polštáře při poklesu tlaku stabilitu, pouze tvar (zastřešující funkce zůstává díky upnutí do okrajového profilu zachována).

S ohledem na přistínění prostoru byly fólie doplněny jemným potiskem, který prakticky není ze země čitelný.

Šest nafouknutých pásů v šířce 1,5 m a rozponu 14 m je zavěšeno na jemné nosné konstrukci, která se v podstatě celá odehrává až nad rovinou zastřešení.

## OBLOUKY S PŘEDPJATÝMI LANKY

V posledních několika letech se výrazně prosazují konstrukce s předpjatými prvky. Použití předpjatých táhel nebo lan výrazně ovlivňuje statickou koncepci směrem k subtilním a úsporným řešením a mění architektonický výraz díla. Architekt Pleskot přistoupil už v projektu ČSOB Radlice k náhradě standardních příhradových konstrukcí v atriích předpjatými vzpíradly. Stejně tak nosné ocelové oblouky, do kterých jsou ETFE membrány zastřešení Nosticova paláce zakotveny, jsou částečně nesené jemným předivem předpjatých nerezových lanek. Díky tomu byly optimalizovány síly vedoucí od oblouků do zděných konstrukcí. Vlastní oblouky jsou tak subtilní, že působí dojmem pouhých spojek membrán ETFE. Zděné konstrukce paláce měly pouze omezenou schopnost přenést síly od předpjatých lanek, takže předpětí se vnášelo kontrolovaně s měřením sil na nalepených tenzometrech na konstrukčních prvcích zakončení. Charakteristiky tenzometrů se předem kalibrovaly při zatěžovací zkoušce.

## ETFE DO BUDOUCNA

Je vidět, že nové materiály mohou díky stále dokonalejším technickým vlastnostem vnést do architektury stále nové tvarové i vizuální možnosti. ETFE fólie představují dokonalý příklad tohoto trendu.

**ING. ARCH. ZDENĚK HIRNŠAL** absolvoval Fakultu architektury VUT v Brně. Pracoval v ateliérech A PLUS a Dimense, v současnosti působí ve společnosti ARCHTEX, s. r. o.

**ING. VLADIMÍR JANATA, CSC.**, absolvoval Stavební fakultu ČVUT. Kandidátskou práci v oboru statika a dynamika stozárů obhájil na ÚTAM AV ČR. Od roku 1990 působí v projekční firmě EXCON.

3 dokončené zastřešení atria – elegantní nosný systém předepjatých táhel je téměř neviditelný



4 systém dofukování polštářů – vzduchotechnické rozvody

