

# PŘETLAKOVÉ HALY

## AIR SUPPORTED STRUCTURES

Jaroslav Vošmera<sup>1</sup>

### 1 ÚVOD

Téma pojednává o přetlakových halách, které patří mezi stavby z textilních membrán. Příspěvek je rozvržen do několika kapitol:

- Princip a charakteristika konstrukce, historický vývoj staveb, možnosti provozního využití
- Materiál textilní membrány
- Konstrukční součásti přetlakových hal
- Závěr

Jedná se o netypické objekty pozemních staveb, které se oproti stavbám prováděným klasickou technologií, odlišují v několika aspektech. Týká se to zejména používaných materiálů, charakteristických a specifických vlastností. Z hlediska architektonického a estetického působí realizované stavby dominantním a efektním dojmem. Jejich zvláštností je především to, že jako stavební materiál používají textilní membránu. Specifické vlastnosti a možnosti textilní membrány předurčují a podstatně ovlivňují konstrukci tohoto typu staveb.



**Obr. 1)** Pohled na tenisovou halu z exteriéru **Obr. 2)** Interiér přetlakové haly

#### 1.1 Princip konstrukce přetlakové haly

Přetlakové haly jsou jednou z možností aplikací textilní membrány jako konstrukčního materiálu. Specifické vlastnosti textilní membrány podstatně ovlivňují a určují

---

<sup>1</sup> Jaroslav Vošmera, Ing., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemního stavitelství, Veveří 95, Brno, jaroslav.vosmera@centrum.cz

způsoby její aplikace. Textilii lze namáhat pouze tahovým napětím. Při jejím uplatnění v konstrukci je tedy potřeba trvale zajistit působení pouze tahových napětí v celé ploše membrány. Předpětí vyvozované v membráně ji stabilizuje v požadovaném tvaru a činí ji schopnou přenášet působící vnější zatížení. U přetlakových objektů je textilie předepnuta rozdílem tlaku vzduchu, působícího na obě strany jejího povrchu. Vyšší hodnota tlaku vzduchu působí zevnitř haly, zajišťuje konkávní tvar a schopnost odolávat působícímu zatížení. Přetlak vzduchu v interiéru je trvale vyvozován pomocí ventilátorů. Z hlediska hygienického je hodnota přetlaku vzduchu uvnitř objektu pro lidské zdraví nezávadná a pohybuje se v mezích 0,1 – 0,3 kPa.

## **1.2 Historický vývoj staveb**

Stavby z textilních membrán za více než 60 let své existence prošly poměrně značným vývojem. S rozmachem chemického průmyslu po druhé světové válce, se rozvinula i výroba technických textilií ze syntetických vláken, což umožnilo širší uplatnění textilních membrán ve stavebních konstrukcích. Poprvé byla myšlenka vytvoření přetlakového objektu patentována již v roce 1917 Frederickem Williamem Lanchesterem. První realizace však byla uskutečněna teprve v roce 1942 američanem Walterem Birdem, který na tomto principu vytvořil objekt ve tvaru tříčtvrtikoule. U nás byl první přetlakový objekt vyroben v roce 1961 a setkáváme se s nimi dodnes. Od té doby prošly stavby tohoto druhu značným vývojem a doznaly rovněž i poměrně širokého uplatnění v praxi.

## **1.3 Charakteristika přetlakových hal**

Hlavní výhodou těchto staveb je nízká hmotnost, jednoduchá a rychlá montáž i demontáž, snadná manipulace a přeprava bez nároků na těžké mechanizmy, úspora ve spotřebě klasického stavebního materiálu, minimalizace mokrého procesu při stavbě, možnost řešit tyto stavby jako trvalé, přechodné či jako dočasné. Velká variabilita z hlediska tvaru umožňuje zastřešovat rozsáhlé půdorysné celky. Obvykle se haly vyrábí o rozponu 36m, v délkách 18, 33, 48 a 63 m. Při odstranění stavby zůstane plocha staveniště použitelná k jinému účelu, bez potřeby nákladných úprav. Faktorem je skutečnost, že textilní membrána je méně odolná vůči mechanickému poškození, proto je nutné ji vhodně zabezpečit proti úmyslnému poškození. Při využití přetlakových hal v praxi je potřeba přihlídnout i k některým problémům, které lehká textilní membrána díky svým vlastnostem má. Předně je to relativně kratší doba životnosti, která se v dnešní době pohybuje v rozmezí 10-15 roků provozu. Rovněž je třeba přihlídnout k tomu, že tepelně technické charakteristiky membrány jsou podstatně odlišné od klasických stavebních materiálů. V letních měsících se vlivem sálání pláště ozářeného sluncem nepříznivě projevuje nadměrný ohřev vnitřního vzduchu. V zimě naopak dochází k ochlazování vnitřního vzduchu, vlivem malé tloušťky a velké tepelné vodivosti textilní membrány. Relativně vyšší energetická náročnost v průběhu provozu haly, je dána potřebou trvalého vyvozování vnitřního přetlaku. Tyto problémy jsou částečně kompenzovány relativně nízkou cenou a mnoha dalšími přednostmi tohoto typu staveb. S výhodou jsou však v praxi přetlakové haly budovány pro specifické účely tam, kde lze jejich předností využít a rovněž i tam, kde by tradiční stavební objekt nebylo vhodné či efektivní budovat.

## 1.4 Možnosti provozního využití

Přetlakové haly lze použít převážně tam, kde nejsou zvýšené nároky na kvalitu vnitřního prostředí v interiéru a kde lze využít i možnosti dočasného či sezónního provozu, eventuálně možnosti přemístitelnosti objektu. V pozemním stavitelství je textilní membrána použitelná pro konstrukci celých objektů či jen pro konstrukce zastřešení, a to v občanské, průmyslové i zemědělské výstavbě. V občanské výstavbě se to týká zejména zastřešování kulturních a sportovních zařízení. Z hlediska průmyslového využití, nachází uplatnění v pozemním, dopravním a vodním stavitelství. Vhodným spojením přetlakového objektu se stavbami běžných stavebních technologií vzniká komplexní zařízení, které slouží svému účelu k plné spokojenosti uživatelů.

## 2 MATERIÁL TEXTILNÍ MEMBRÁNY

Textilní membrána je speciálně upravená technická textilie. Pro výrobu konstrukčních technických textilií se používá vláken na bázi makromolekulárních látek, nejčastěji polyesteru, polyetylenu či polyamidu. Tato vlákna se technologicky zpracovávají. Tkaním vzniká rezná tkanina a opatřuje se oboustranně nánosem ze směsi PVC s dalšími světlostabilizačními a barevnými přísadami, které zaručují její životnost až 20 let. Oboustranná vrstva nánosu zajišťuje nepropustnost membrány pro vodu i vzduch, její ochranu před nepříznivým působením vnějších povětrnostních vlivů a omezuje ztrátu fyzikálně-mechanických vlastností tkaniny, tzv. stárnutí materiálu v důsledku jeho fotodegradace. Při výrobě pláště jsou jednotlivé díly podle stříhu spojovány výrobními spoji, dnes většinou vysokofrekvenčním nebo horkovzdušným svařováním.

Jednou ze základních charakteristik textilií je pevnost v tahu, která je závislá na pevnosti vlákna a použitém druhu vazby při tkaní, na druhu a tloušťce nánosu. U polyesterových textilií s nánosem PVC se pevnost v tahu při přetržení (při tloušťce 0,6 mm a hmotnosti 650g/m<sup>2</sup>) pohybuje kolem 3,5 kN / 50 mm (ve směru osnovy) a 3 kN / 50 mm (ve směru útku), tažnost kolem 20-25 %. Další charakteristikou je pevnost textilie v dalším trhání. Čím vyšší je tato hodnota, tím větší je odolnost textilie proti rozšiřování trhliny při porušení. Hodnoty tahové síly v dalším trhání (osnova/útek) se pohybují kolem 0,3 / 0,4 kN.

## 3 KONSTRUKČNÍ SOUČÁSTI PŘETLAKOVÝCH HAL

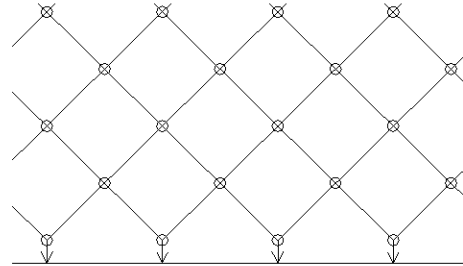
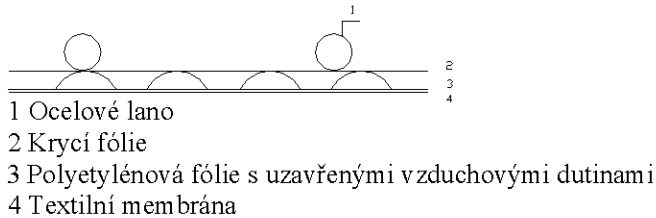
Přetlakový objekt se skládá z několika konstrukčních součástí, které zajišťují jeho funkce a provoz. Jedná se o textilní plášť, konstrukci kotvení, vstupní konstrukci a potřebná technologická zařízení.

### 3.1 Plášť přetlakového objektu

Plášť plní současně funkci nosné a obvodové (střešní) konstrukce a je v současné době tvořen z několika vrstev.

Skládá se z textilní membrány, polyetylenové fólie s uzavřenými vzduchovými dutinami, krycí fólie a ocelové čtvercové lanové sítě. Nejspodnější vrstvou je textilní membrána s nánosem, která zajišťuje vzduchotěsnost, v důsledku předpětí rozdílem tlaku vzduchu zaujímá požadovaný tvar a ohraničuje tak vnitřní prostor haly. Z důvodů lepší světelné propustnosti je v horní části objektu textilie opatřena bílým, částečně transparentním nánosem.

Podle potřeby je u některých přetlakových hal možné na textilní membránu zavěsit i osvětlovací tělesa či zvukovou aparaturu. V těchto místech je textilní membrána zesílena proti nepříznivému bodovému či líniovému namáhání. Pro zlepšení tepelně–izolačních vlastností se používá polyetylenová fólie s uzavřenými vzduchovými dutinami, kladená z vnější strany v jedné nebo více vrstvách. Nejvrchnější vrstvou je průhledná krycí fólie, která má ochrannou funkci. Na souvrství takto vytvořeného pláště objektu je uložena čtvercová síť z ocelových lan  $\varnothing 6$  mm, o délce strany 1m. Lanová síť přenáší tahová napětí do konstrukce kotvení a snižuje tak tahové napětí v membráně, vyvozené přetlakem vzduchu.

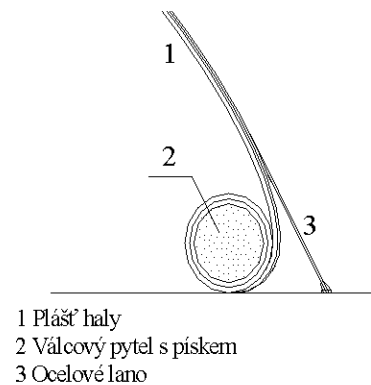
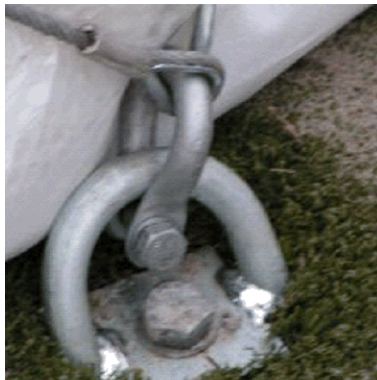


**Obr. 3)** Schématický řez pláštěm

**Obr. 4)** Schéma lanové sítě

### 3.2 Konstrukce kotvení

U přetlakových objektů je potřeba základovou konstrukcí zachytit zpravidla pouze tahové síly. V současné době se pro kotvení používají šroubované ocelové kotvení piloty, které zajišťují přenos tahových sil do základové zeminy. Variantní úpravou je kotvení pomocí ocelových kotev k betonovému základovému pásu. Rozteč pilot či ocelových kotev se stanovuje z maximální hodnoty vnitřního přtlaku, sil vyvolaných očekávaným zatížením větrem a z únosnosti piloty či ocelové kotvy. Po celé délce obvodu musí být zajištěn plynulý a rovnoměrný přechod napětí z kotevní konstrukce do textilního pláště objektu. Lanová síť je přichycena pomocí ocelových spon a karabin do hlav pilot nebo kotev. Vzduchotěsnost podél kotevního obvodu se zajišťuje prostřednictvím vnitřní textilní zástěrky zatížené podél celého vnitřního obvodu haly.



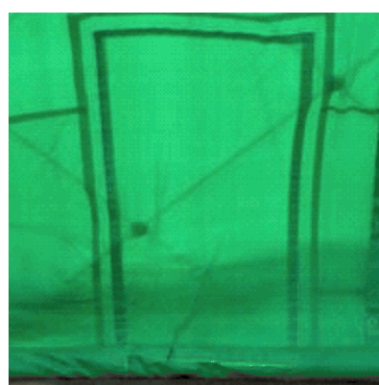
**Obr. 5)** Ukotvení pomocí ocelové kotvy

**Obr. 6)** Utěsnění válcovými pytlí s pískem

**Obr. 7)** Schématický řez ukotvením a utěsněním

### 3.3 Vstupní konstrukce

V důsledku trvale vyvozovaného přetlaku vzduchu v objektu jsou kladeny zvláštní požadavky na konstrukční řešení vstupních a vjezdových otvorů. Jedná se především o usnadnění překonávání rozdílu tlaku vzduchu při otevírání, ale i o zajištění požadavku na minimalizaci úniku vzduchu z interiéru haly. Z tohoto důvodu jsou zřizovány buď tzv. vstupní komory s dvojitými dveřmi nebo otočné turniketové dveře. Komora je napojena na objekt pomocí dilatačního límce, který umožňuje pohyby haly při působení zatížení větrem. Z bezpečnostních důvodů jsou v textilním plášti haly zřízeny rovněž nouzové východy. Do otvoru v plášti o velikosti  $1 \times 2\text{m}$  je buď všněrován nebo suchým zipem přilepen díl textilie, který v případě ohrožení lze snadno odstranit. U přetlakových objektů, pro jejichž provoz je nutný i vjezd vozidel, se zřizuje tzv. vjezdová komora s dvojití vřat umístěných v obou čelech.



**Obr.8)** Vstupní komora

**Obr.9)** Turniketové dveře

**Obr.10)** Nouzový východ

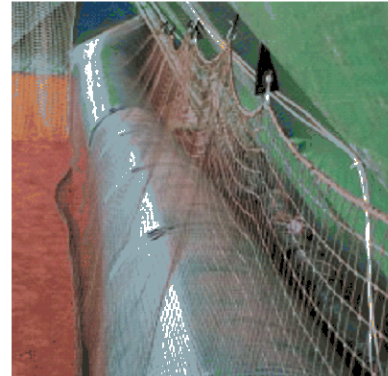
### 3.4 Technologická zařízení

Jak už z principu přetlakového objektu vyplývá, musí být v objektu trvale udržován přetlak vzduchu. Z tohoto důvodu je během provozu v chodu alespoň jeden ventilátor, který přetlak vzduchu vyvozuje. Každý přetlakový objekt je rovněž vybaven jedním či dvěma náhradními ventilátory, které se automaticky uvádějí do chodu při působení vnějšího zatížení. Hodnota provozního přetlaku vzduchu závisí na velikosti, tvaru objektu a na působícím vnějším zatížení. Běžná provozní hodnota přetlaku vzduchu se pohybuje v rozmezí 0,1-0,2 kPa, při působení vnějšího zatížení, je pak možné všemi ventilátory vyvodit přetlak až na úrovni 0,3-0,4 kPa. Automatická regulace výše hodnoty přetlaku zajišťuje dostatečnou tuhost a stabilitu objektu. Napojení ventilátorů na přetlakový objekt bývá řešeno tepelně izolovanými nadzemními přívody z plechového potrubí, popř. pomocí textilních rukávů, podzemními přívody z betonových kanálů či přímým spojením přístavku strojovny s pláštěm objektu prostřednictvím dilatačního límce textilního pláště. Nadměrnému úniku vzduchu z objektu je zabráněno tzv. zpětnými klapkami, které se působením vnitřního přetlaku samočinně uzavírají, jakmile ventilátor přestane být v chodu.

Pro některé účely provozního využití přetlakových hal je požadováno temperování interiéru. V převážné většině se používá teplovzdušných plynových agregátů se zabudovaným hořákem i ventilátorem. S výhodou je v některých případech toto vytápění doplněno také recirkulačním provozem, kdy pro ohřev je nasáván vzduch z interiéru.



Teplota ohřátého vzduchu se pohybuje kolem 70° C, a proto u nadzemních přívodů musí být tepelnou izolací zabráněno poškození textilního pláště ve styku s potrubím. Podle potřeby se provádí i zvuková izolace vnitřní strany plechového potrubí, čímž se zmírňuje šíření hluku způsobeného provozem ventilátoru. V případech, kdy se z provozních důvodů vyžaduje denní osvětlení, je střešní část textilního pláště opatřena transparentní vrstvou nánosu. Ten umožňuje propustnost pro denní světlo až do 40-50%. U přetlakových hal s vyššími nároky na osvětlení interiéru, se ke stropu haly zavěšují v několika řadách osvětlovací tělesa. Rozvodné kabely elektrického vedení jsou vedeny po obvodu haly u okraje pláště. Osvětlení tak umožňuje využití přetlakové haly i ve večerních a nočních hodinách.



**Obr.11)** Přívod vzduchu z nadzemního plechového potrubí

**Obr.12)** Přívod vzduchu z podzemního betonového kanálu

**Obr.13)** Přívod vzduchu textilním rukávem

#### 4 ZÁVĚR

Jako stavebně konstrukční materiál zaujímá textilní membrána mezi ostatními stavebními materiály své místo a díky svým mnohým přednostem, které jsou neopominutelné, má svoji budoucnost a použití. Problematika, která dosud brání jejímu ještě širšímu uplatnění se týká zejména energetické náročnosti provozu, nižší efektivity při vytápění či temperování objektů v zimním období, popř. tepelného sálání v letním období. Z uvedeného výčtu vyplývá řada úkolů pro výzkum a vývoj, což bude předmětem dalšího pokračování práce v této oblasti.

#### LITERATURA

- [1] DENT, N. Roger. *Principles of pneumatic architecture*. 1.vyd. London: The Architectural Press, 1971. ISBN 85139-068-4.
- [2] ŠTĚPÁNEK, L. *Aplikace textilních membrán v konstrukcích pozemních staveb*. Brno: březen 1981.
- [3] Firemní literatura: Svitap J.H.J. spol. s r.o., Unista v.o.s., Esa-International