

# Unikátní experiment se stožáry Topolná ověřuje chování v havarijní situaci

Stožáry Topolná byly čtvrté nejvyšší v Česku a dosahovaly výšky 270 m. Až do konce roku 2021 sloužily jako dlouhovlnné vysílače. Se svým výkonem 1 500 kW byly nejsilnější ve střední Evropě. Jejich signál bylo možno přijímat až v Číně, Indii nebo Madagaskaru. Než byly strženy, sloužily pro výzkumné účely.

Přibližujeme vám experiment, který ověřoval teoretický postup pro určení odezvy kotveného stožáru na havarijní přetržení kotevního lana.

## POPIS KONSTRUKCE

Dva shodné stožáry byly tvořeny 250 m vysokým příhradovým dříkem s výsuvnou ladící tyčí ve vrcholu o výšce až 20 m. Dřík stožáru byl kotven jednopramennými ocelovými lany o průměrech 45 až 54,5 mm do tří směrů ve čtyřech výškových úrovních. Spodní konce lan s napínacím zařízením byly kotveny do betonových bloků. Těleso stožáru trojúhelníkového příčného řezu se šířkou stěny 4 m bylo navrženo z úhelníků. Dříky stožárů byly uloženy na keramické izolátory a rovněž kotevní lana byla opatřena na volné délce soustavou izolátorů. Rozhlasový signál byl vysílán sérií lan vedených paralelně vně dříku stožáru zvaných „harfy“ a dráty vedenými uvnitř dolní poloviny dříku.

## HISTORIE STOŽÁRŮ

Stožáry byly navrženy, vyrobeny a namontovány v letech 1951–1952. Roku 1975–1977 prošly rozsáhlou rekonstrukcí, jejímž hlavním důvodem bylo zvýšení výkonu na 1 500 kW (každý stožár měl



Dvojice stožárů Topolná.

Pata stožáru, vysílací lana.



výkon 750 kW). Při rekonstrukci byly instalovány vysílací lana a dráty (harfy) kolem a uvnitř dřívku. Vyšší výkon si vyžádal také výměnu všech izolátorů. Byla provedena náročná výměna izolátoru v patě dřívku spolu s výměnou všech kotevních lan a jejich izolátorů. Došlo i k úpravě základových bloků lan a změně úhlů kotevních lan. V roce 1994 byl snížen vysílací výkon na 650 kW a na konci roku 2021 bylo ukončeno vysílání. O rok později, v červenci 2022, byly oba stožáry strženy.

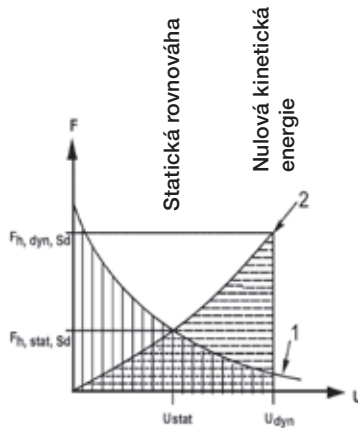
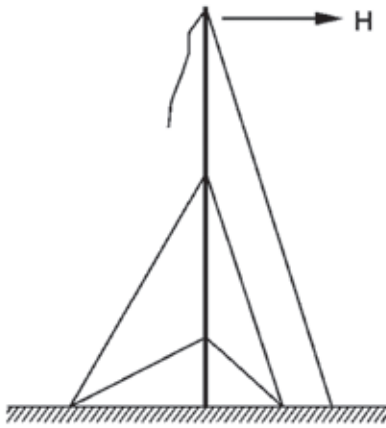
### PROHLÍDKY A PROVOZ STOŽÁRŮ

V průběhu života stavby byly prováděny pravidelné prohlídky, údržba a rektifikace stožárů, tedy kontrola a dorovnávání svislosti dřívku a sil v kotevních lanech. Na konci projektované životnosti kotevních lan, jež byla při návrhu stanovena na 30 let, byl zpracován teoretický posudek jejich zbytkové doby života. Teoretický posudek vycházel z výsledků dlouhodobého měření počtu cyklů a rozkmitů napětí v kotevních lanech zaznamenávaných spolu s rychlostmi a směry větru. Dalším podkladem byla analýza četnosti výskytu různých rychlostí a směrů větru v dané lokalitě a výškového profilu rychlostí větru a intenzit turbulence zpracovaná Českým hydrometeorologickým ústavem. Životnost lan byla prodloužena o dalších 15 let s tím, že byly předepsány časté kontroly lan zejména s ohledem na rozvoj koroze.

V závěru života byly stožáry vzhledem k technickému stavu lan provozovány v režimu řízení rizik. Stavba je příkladem významné úspory nákladů spojených s posledními roky vysílání při zachování dostatečné bezpečnosti. Stožáry byly díky tomu strženy až po ukončení dlouhověkého vysílání.



Patní izolátor.



## EXPERIMENT – PŘETRŽENÍ KOTEVNÍHO LANA

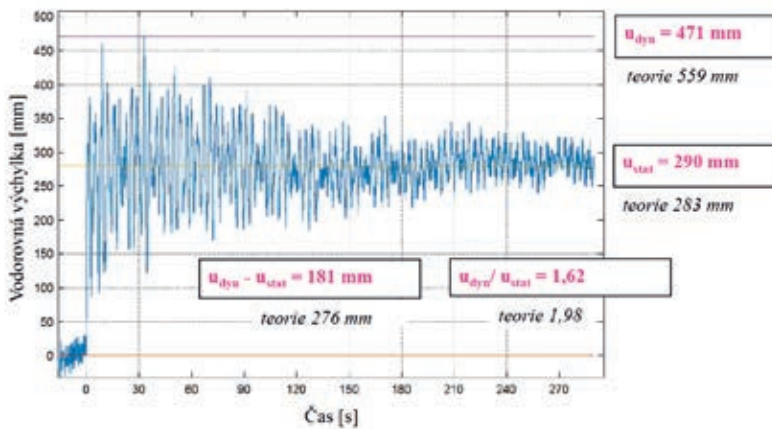
Při návrhu významných kotvených stožárů, ale také při posuzování spolehlivosti starších stožárů, je důležitým kritériem schopnost stožáru odolat přetržení jednoho kotevního lana. Přesná analýza stožáru po přetržení kotevního lana je velmi komplikovaná. Některé účinky ovlivňující chování stožáru jsou neurčitě, například tlumení konstrukce, kmitání lan a dřívku. V normách pro navrhování stožárů se většinou doporučuje zjednodušený postup založený na rovnosti potenciální a kinetické energie. Popis naleznete v kapitole E.2, ČSN EN 1993-3-1. Tento postup bude obsažen také v chystané nové generaci evropských norem. Při přetržení kotevního lana dojde k maximálnímu výkmitu lana  $u_{dyn}$  v okamžiku, kdy kinetická energie dosáhne nulové hodnoty. Poté dojde k postupnému dokmitávání dřívku až do statické rovnovážné polohy  $u_{stat}$ .

Neznáme žádný experiment, který by teoretické předpoklady porovnal se skutečným chováním stožáru v této havarijní situaci. Plánovaná demolice stožárů postavených v bezpečné vzdálenosti od budov a komunikací byla jedinečnou příležitostí tento experiment uskutečnit. K přestřelení bylo zvoleno lano druhé kotevní úrovně. Při přerušení lana jiné kotevní úrovně by dle teoretického výpočtu došlo ke kolapsu stožáru již v prvních vteřinách po přerušení lana a nebylo by možné sledovat dokmitávání do rovnovážné polohy.

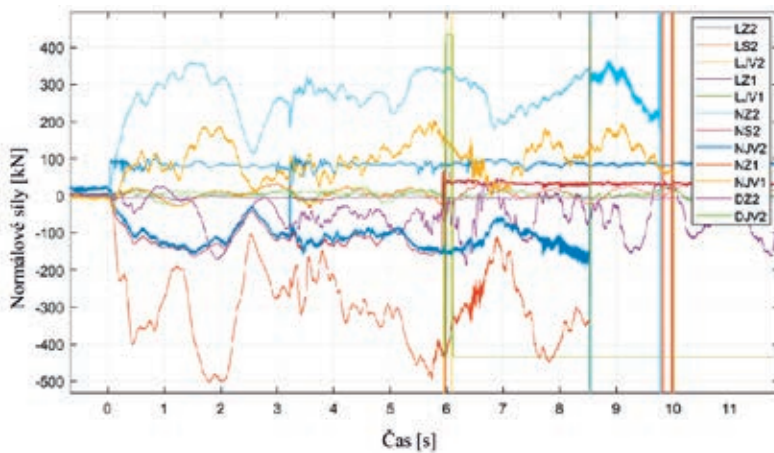
Časový průběh výchylek dřívku byl vyhodnocen z kamerových záznamů pomocí vlastních procedur v softwaru Scilab. Výchylky byly současně měřeny teodolity. Na osmi vybraných prvcích konstrukce byly přilepeny tenzometry, které zaznamenávaly časový průběh protažení prvků. Tenzometry byly nalepeny na kotevních prvcích lan druhé kotevní úrovně (značeny jako LZ2, LS2, LJV2), kotevních prvcích lan první úrovně (LZ1, LJV1), nárožnicích v blízkosti druhé úrovně (NZ2, NS2, NJV2), nárožnicích nad první úrovní (NZ1, NJV1) a diagonálách u druhé kotevní úrovně (DZ2, DJV2).

Výchylky dřívku stožáru po přetržení kotevního lana byly v dobré shodě s výsledky zjednodušeného postupu dle E.2, ČSN EN 1993-3-1. Shodně

Graf závislosti síly a výchylky kotevní úrovně po přetržení lana.



Časový průběh vodorovné výchylky druhé kotevní úrovně pro přestřelení dolní koncovky druhého kotevního lana, porovnání s výsledky teoretického výpočtu energetickou metodou podle E.2, ČSN EN 1993-3-1.



Časový průběh sil ve vybraných prvcích pro přestřelení dolní koncovky druhého kotevního lana. Zaznamenané průběhy vnitřních sil budou sloužit pro porovnání s podrobnějšími teoretickými výpočty.



Izolátor kotevnických lan.

s očekáváním byla zaznamenána nižší hodnota dynamické výchylky v porovnání s výpočtem zejména s ohledem na přerušení lana na jeho dolním konci.

## ZÁVĚR

V roce 2022 byly strženy významné kotvené stožáry Topolná o výšce 270 m, které byly v provozu 70 let a jejichž kotevní lana sloužila po dobu 45 let. Po demolici byl prozkoumán stav vnitřních drátů kotevnických lan. Výsledky potvrdily jejich poškození, korozi a oprávněnost zvolených opatření při provozu v režimu řízení rizik v posledních letech provozu. Experiment prokázal, že zjednodušený postup podle E.2, ČSN EN 1993-3-1 je vhodný pro posouzení zkoumaného případu přetržení kotevního lana.

## PODĚKOVÁNÍ

Poděkování patří společnosti České Radiokomunikace, která provedení experimentu umožnila. Měření na stožáru bylo podpořeno Akademií věd České republiky v rámci Strategie AV21.

Autor:

**Ing. JIŘÍ LAHODNÝ, Ph.D.**, vedoucí projektant ve společnosti EXCON.  
Specializuje se na projekty dynamicky namáhaných konstrukcí, zejména vetknutých a kotvených stožárů.

Spoluautoři:

**Ing. MICHAEL NEČAS, Ing. PETRA SRBOVÁ,**  
**Ing. VLADIMÍR JANATA, CSc.,**  
EXCON

**Ing. SHOTA URUSHADZE, Ph.D.,**  
**Ing. STANISLAV HRAČOV, Ph.D.,**  
ÚTAM AV ČR



Univerzální



Intuitivní

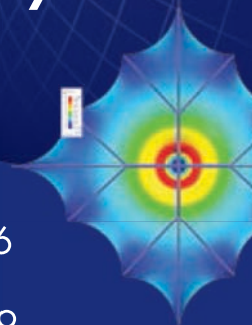


Výkonný



Objevte

Nová generace  
softwaru pro  
statické  
výpočty

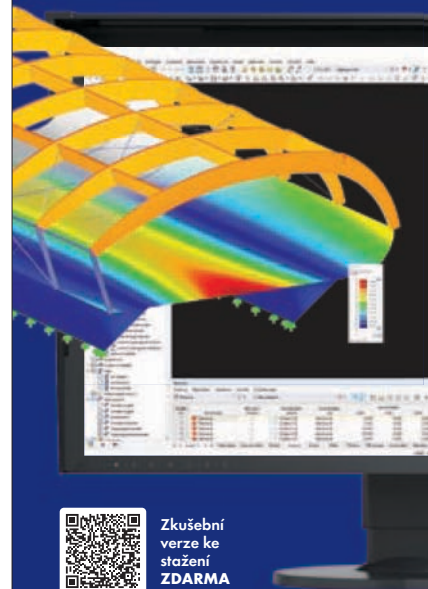


**RFEM 6**

**RSTAB 9**

**RSECTION**

**RWIND 2**



Zkušební  
verze ke  
stažení  
ZDARMA

[www.dlubal.com](http://www.dlubal.com)