

# TECHNICKÁ ZPRÁVA Městské kino Kosmos Třinec, Dukelská 689

Konstrukce: - **LANOVÁ KONSTRUKCE STŘECHY M01\_6x4hp\_2.20**

Část: - **MODEL SYSTÉMU STŘECHY A NÁVAZNÝCH KONSTRUKCÍ**

Profese: - **STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ČÁST**

---

## Obsah projektu

Obsahem projektu DSP konstrukce lanové střechy je vyhodnocení stavu nosné konstrukce střechy (lanový a železobetonový věnec – límec) a její analýza vzhledem k požadavku na klimatické zatížení podle novým norem a na její aktuální stav (koroze lan, stav kotvení exteriér – bez současného přístupu k němu, železobetonový věnec – límec). Vzhledem k rozsahu konstrukce (156 kotevních bodů a 78 lan + 930 spojek lan) a počtu jednotlivých prvků byl uvažován úsek konstrukce pro druhou fázi diagnostiky v oblasti levého rohu u promítacího pole (blízko středu oblouku – původní diagnostika fáze jedna), dále v oblasti vnitřního rohu spojení oblouků a na vnějším líci nosného železobetonového věnce v blízkosti rohů svodů dešťové vody (Obr.01 a Obr.02). Vzhledem ke stavu lanové konstrukce, především k její možnému korozivnímu napadení (do střechy zatéká pod delší časové období) bude lanový nahrazeno novým výpletem lan. Diagnostika druhé fáze se týká především železobetonového věnce a jeho zjiitelné armovací výztuže a kvality betonu a celkové kondice železobetonového věnce v rámci přístupnosti k jeho povrchu (vzhledem k provozu kina a jeho zateplení byly provedeny jen nejnnutnější sondy, které po odkrytí vnějšího ochranného lemu a střešní izolace + omítky budou doplněny o vybrané pozice, které nemohly být v době provozu přístupné). Návrh lan a posouzení železobetonové konstrukce vychází ze profesních znalostí a z poznatků dat diagnostiky. Posouzení stávajícího železobetonové monolitického věnce bude provedeno jako **doplnění statiky** Ing. J. Červinka a Ing. M. Pudil.

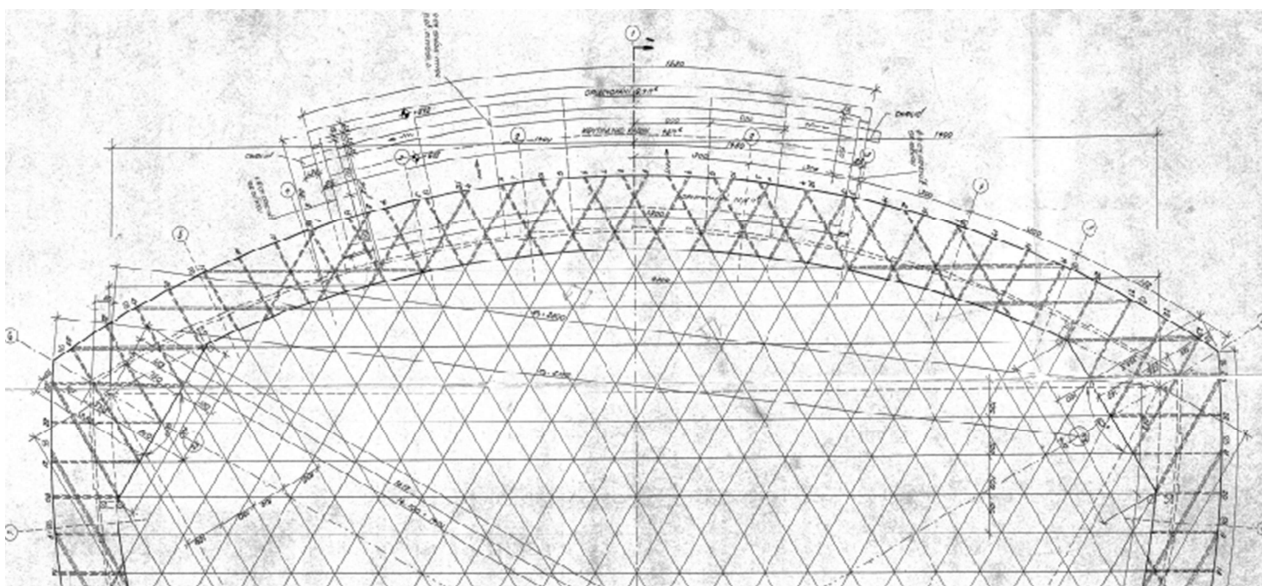
## Motivace projektu DSP

Tento report navazuje na již provedené analýzy a sanace + znalecké posudky + studii vypracovanou pro město Třinec v tomto roce. Tyto posudky se týkaly především stavu střešního pláště a navazujících konstrukcí. Znalecké posudky a provedené úpravy konstrukce Kina Kosmos Třinec jsou k dispozici u zadavatele této studie Město Třinec a jeho útvar zajišťující tento objekt. Zde uvedený report DSP vychází z požadavků provedených znaleckých posudků a požadavků zadavatele Město Třinec se přihlédnutím k samotné obhlídce objektu (lanová konstrukce střechy a přístupné detaily) a provedení předběžných a doplňujících diagnostických sond. Ve chvíli realizace nové střechy je nutné provést kompletní diagnostiku, především kotevních prvků lan na vnějším líci železobetonového límce a také doplnění přehledu o **smykové výztuži**, která v současné chvíli není z důvodu provozu kina detailněji ověřena (jedná se především o vnější líc železobetonového věnce a vnější líc železobetonového věnce – lemu pod krytinou).

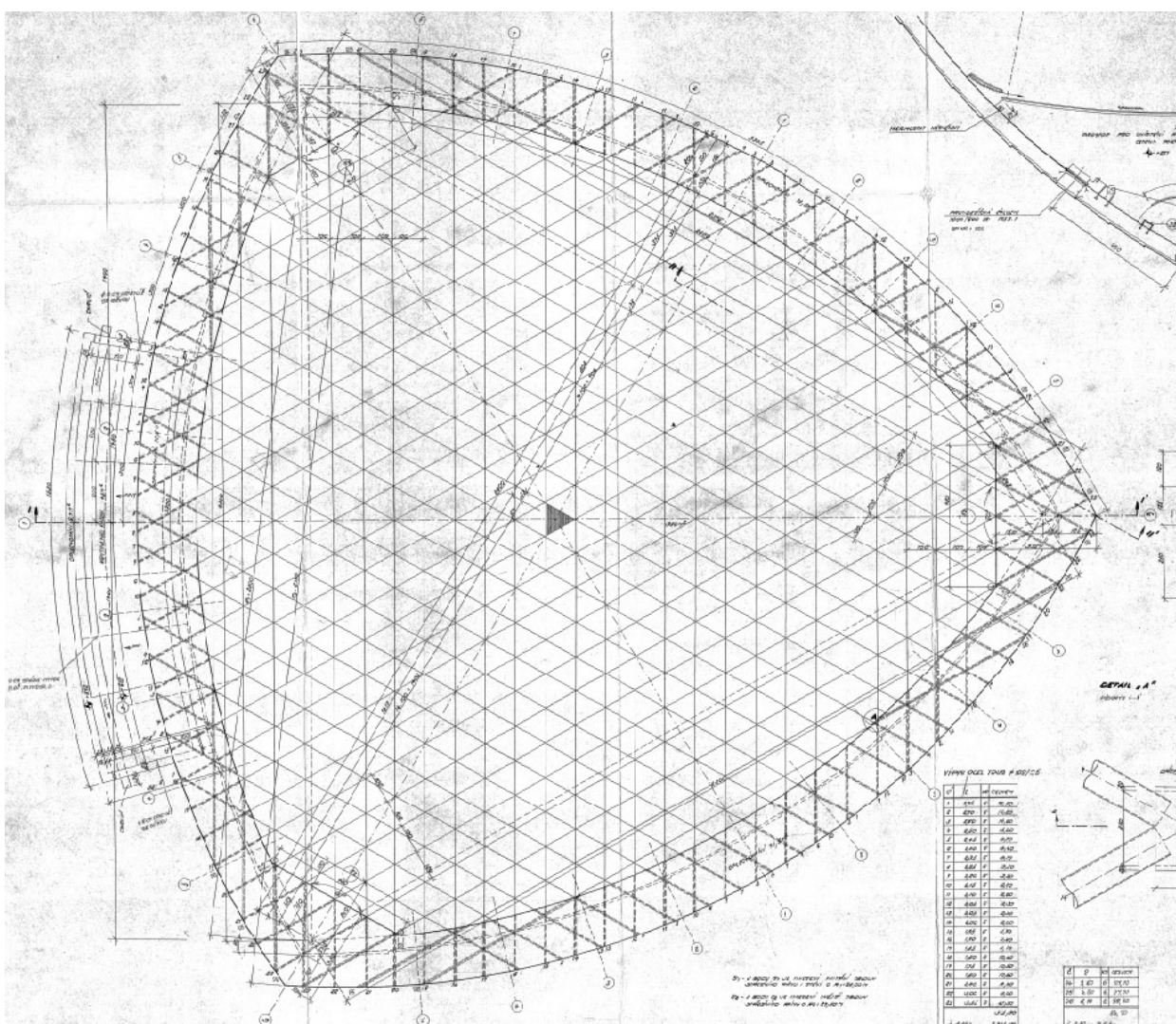
Celkem byly provedeny pro první fázi diagnostiky ze strany firmy **FABCONWORKS s.r.o.** 3 návštěvy objektu provedeno odbornou firmou **STP GROUP, s.r.o.** Na vyhodnocení stávající a navrhovaného stavu byly pozváni ke konzultacím také zástupci **Vysoké školy Báňské** fakulty stavební doc. Vít Křivý a doktor Oldřich Sucharda, doktor Jiří Teslík (stavební fyzika). První návštěva byla seznamovací se samotnou konstrukcí a návazností na svislé nosné konstrukce. Druhá návštěva byla za spojená s výjezdem specialistů na ocelové konstrukce a diagnostiku staveb + static a jeho servis zajišťující tuto studii pro Město Třinec. Třetí návštěva byla již prakticky zaměřená a reálné zjištění části skutečného stavu konstrukce železobetonového límce a ocelového lana. V rámci rozsahu a možností studie určit hlavní parametry hlavních nosných prvků lanové střechy a železobetonového límce byly provedeny po odsouhlasení Městem Třinec tyto práce. Sekané sondy se zaměřením pozic a typů hlavní armatury ve vnitřním líci železobetonového věnce. Zajištění jednoho pramene ocelového lana pro určení jeho stavu a typu lana + zjištění jeho mechanických vlastností (mez pevnosti). Hlavním cílem studie je provedení analýzy (výpočetní a diagnostické) pro zachování původně navrženého unikátního tvaru střechy Kina Kosmos Třinec. Tento požadavek je vznesen zadavatelem a opírá se o jedinečnost této stavby v regionu Severní Morava. **Dalším bodem studie bylo určení rozsahu prací (odhad cen stavební činnosti) a výměn částí nosné konstrukce pro splnění požadavku města o zachování tvaru a charakteru Kina Kosmos Třinec.**

Konstrukce kina a její realizace spadá do období let 1964. Projekt zajišťoval Ing.Arch. F. Křelina a Ing. Poštulka a na jejich základě byla tato velmi zajímavá střešní konstrukce (vzorový projekt KPÚ Bratislava) ve tvaru symetricky rotačního více segmentového hyperbolického paraboloidu sestavena viz Obr. 06 a Obr. 07. V současné době jsou tepelně technické nároky na stavby přísnější. Tento fakt vede na návrh nové střešní skladby, která bude mít vyšší skladebnou výšku na konstrukci lanová. V navrhovaných úpravách interiéru a ozvučení provozovatel uvažuje také o nové audiovizuální technice. Tento požadavek spolu se novou střešní skladbou a novým klimatickým zatížením (sníh a vítr má přibližně **2xvyšší** zatížení na střešní konstrukci než v době jejího návrhu) vede na celkovou novou střešní konstrukci lan a střešního pláště z pohledu stavební fyziky, ale při zachování stávající tvaru lanové střechy a její funkce. V případě, že by **dodateční precizní diagnostika** (vzhledem ke 78 více pramenným lanům a jejich přístupnosti) v rámci výměny střešního pláště zjistila velmi dobrý stav lanové konstrukce a kotev jak na vnějším límci železobetonového rámu, tak především v chráničkách viz Obr. 04, kde lano prochází, tak by mohla původní lanová střecha být zachována. Toto se ovšem **nepředpokládá**, také vzhledem k cenové a časové náročnosti takové diagnostiky a také faktu vyhodnocení životnosti původní konstrukce viz foto ze **diagnostiky druhé fáze** kotvení na vnějším líci viz Obr.5 (je zde vidět probíhající koroze).

Cílem posouzení a návrhu v DSP je že, **nová kompletní konstrukce střechy se novým pláštěm a lanovou konstrukcí splní nové požadavky na zatížení + podvěsné zatížení audiovizuální technikou a zároveň bude splňovat tepelně technické vlastnosti + zachová požadovaný tvar střechy**. Požadovaný tvar střechy bude v jisté toleranci relaxace lan zachován.

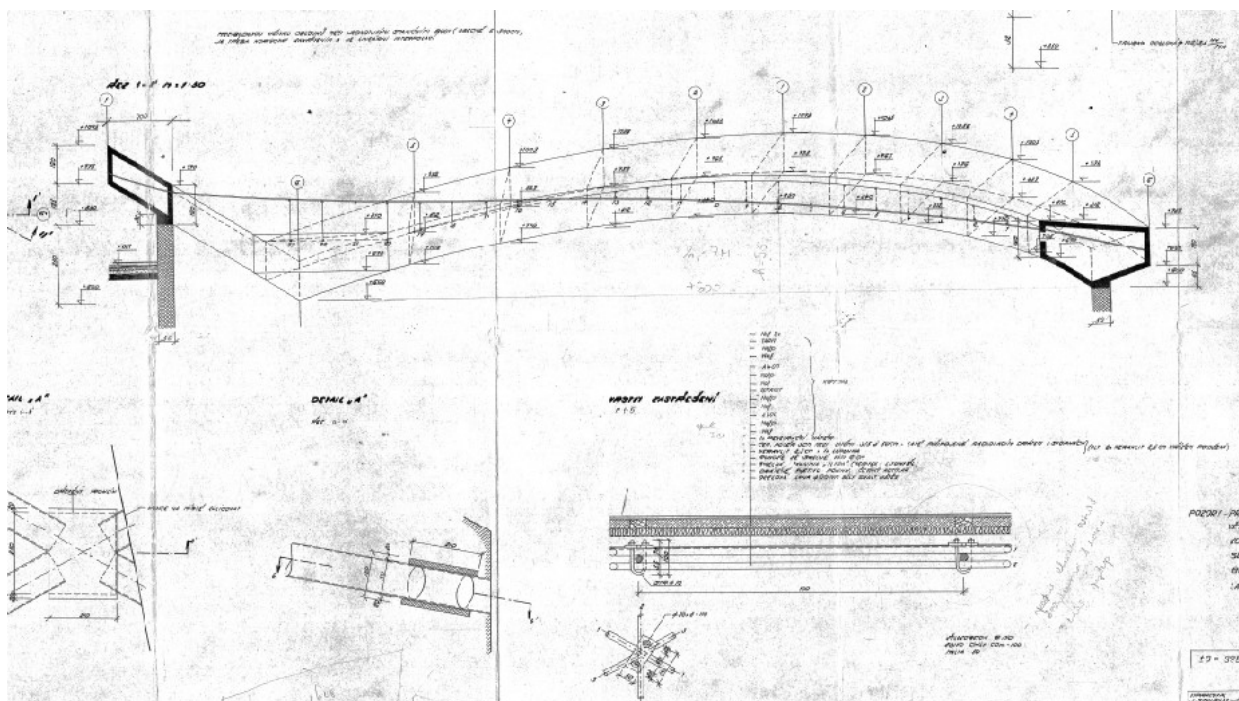


Obr. 1: Půdorys lanové střechy + segment promítacího pole servisu

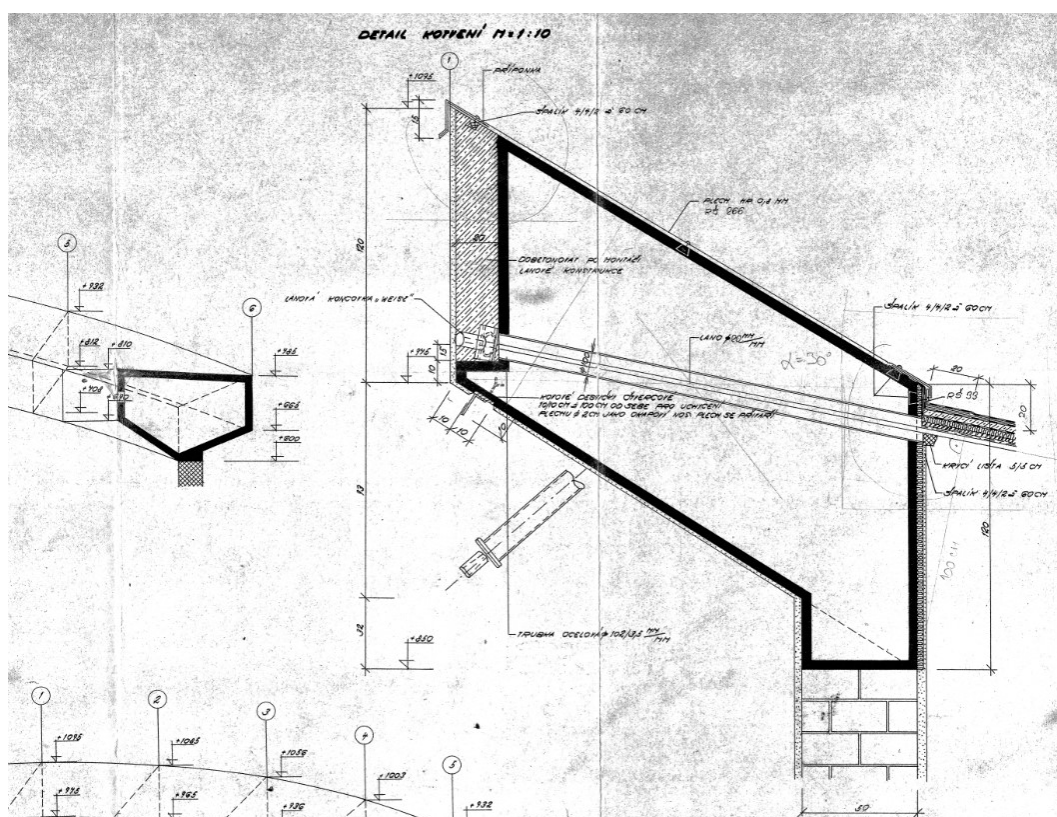


Obr. 2: Půdorys lanové střechy + půdorysný tvar železobetonového límce





Obr. 3: Řez lanové střechy + tvar v řezu železobetonového límce



Obr. 4: Typ Geometrie tvaru v řezu železobetonového límce + detail kotvení a chráničky





Obr. 5: Detail kotvení na vnějším líci železobetonového věnce – koroze data STP\_group

## Podklady, vstupní údaje:

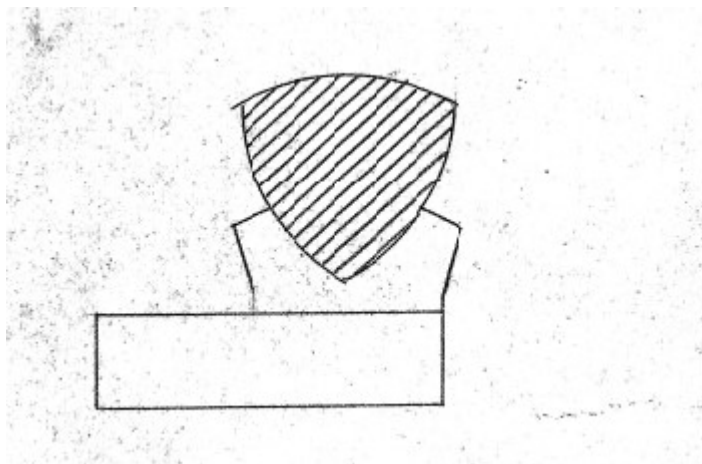
- Požadavky zadavatele
- Zatížení sněhem je uvažováno podle ČSN EN 1991-1-3:2005/Z1:2006, III. sněhová oblast  
-  $s_k = 1.50 \text{ kN/m}^2$  (sněhová mapa čmhú 1.42 kNm/2)
- Zatížení větrem je uvažováno podle ČSN EN 1991-1-4:2007, oblast I. –  $v_{b,0} = 22.5 \text{ m/s}$ , kategorie terénu II.
- Zatížení stavebními konstrukcemi je uvažováno ČSN EN 1991-1-1:2004
- Technická specifikace a geometrie poskytnutá objednatelem je k nahlédnutí u zpracovatele této dokumentace (pdf data, CAD výkresy a schéma zatížení sestavy).
- Materiálové specifikace daná samotnou konstrukcí lanové střechy a železobetonové konstrukce spínacího rámového límce
- Ocel původních stávajících lan byla stanovena po předběžných trhacích zkouškách na mez pevnosti  $f_{u,k} = 1270 \text{ MPa}$  (jde o sníženou hodnotu samotných testovaných hodnot meze pevnosti 1490 MPa)
- Ocelové lano je typu ŠESTIPRAMENNÉ ocelové lano: SEAL – 6 x 19S + FC (IWRC)
- Železobetonová konstrukce límce je podle původního projektu třídy **B170** (C10/13.5)
- Zděná konstrukce nesoucí železobetonový lem rámového límce je CDM – 100, malta 50
- Sondou (první fáze diagnostiky pro studii proveditelnosti) zjištěná armatura v železobetonovém límci min 10 ks po 100 mm Ø32 → žebírková výztuž do betonu (pravděpodobně jedna vrstva u interiérového límce)
- Druhá fáze diagnostiky (více ve příloze firmy STP group) zjistila pevnost betonu železobetonového límce a jeho zatížení na beton **C20/25** (byla testována válcová pevnost)
- Lana pro novou střechu a její novou střešní skladbu byla zvolena jako spirálová jednopramenná o průměru **24 mm** a meze pevnosti **1770 (2060) MPa** o průměrném modulu pružnosti lana bez relaxace **150 GPa** se  $F_{\min} = 523 \text{ kN}$  (pro návrh na  $F_{Rd} = 0.45 F_{\min}$ )
- Třetí fáze diagnostiky, bude provedena po odkrytí nepřístupných detailů a ploch železobetonového věnce (kotvení lan + třmínková výztuž – její pozice a průměr)

## Popis objektu

Jedná se o objekt sálu kina napojeného na konstrukce, které souvisejí se servisem pro Kino Kosmos Města Třinec viz Obr. 05. V tomto DPS reportu se pojednává pouze o samotném sálu kina viz šrafovaná část Obr. 05. Objekt kina je tvořen třemi základními konstrukčními prvky a čtyřmi materiálovými objekty (základy + stěny + rám spínacího límce + lanová střecha).

Prvním je železobetonová základová konstrukce. Druhým prvkem je zděná stěna, která vynáší monolitický železobetonový límec. Třetím nosným prvkem je lanová střecha tvořená ocelovými šestipramennými lany průměru Ø20 mm (naměřeny jsou od 20 mm do 24 mm, výkres dává rozměry od 18 mm do 20 mm). Tyto lana budou podle dostupných diagnostik nahrazena novými lany

o průměru 20–24 mm. Přesný rozměr a třídu lana určí **DPS** dokumentace provedení stavby. Důvodem je zpřesnění deformačních charakteristik lana v závislosti na jejich relaxaci. Tyto parametry se určí po zajištění firem, které by prováděly napínání nových lan a jejich případnou relaxaci. Cílem je zajistit, pokud možno původní tvar střechy. Toto ovšem nebude přesně možné docílit. A to z důvodu, že zde bude nová střešní skladba o jiné hmotnosti a výšce. Dále střecha musí dobře odvádět vodu. To je možné při současném tvaru obvodového železobetonového límce při deformaci lanová jen při nadvýšení střešního pláště (středový jehlan + vlysy v ploše střechy) tak, aby po deformaci od stálých a nahodilých zatížení byla spádnice stále ke rohům napojených oblouků tak kde je přepad plus svody deště. Důležitým hlediskem je i fakt, že původní střecha a její tvar je od stavu nula výstavby jiný. To znamená že tvar je už podmíněn relaxací stávající střechy v čase a historii jejího zatížení a tuhosti lan. Soubor těchto skutečností vede na cíl, aby byl zachován princip zborcené plochy šestidílného hyperbolického paraboloidu, ale jeho geometrie zaujme polohu podle zatížení a vybraných tuhostí lan. Důležitým faktorem je silná geometrická a částečně fyzikální nelinearita lan. Ta vede k efektu, že pro vyšší průvěsy je odvod vody závislý na nadvýšení střešního pláště – vrchlíku → změna povrchu střechy ale nižší zatížení železobetonové konstrukce věnce (menší vodorovné síly od kotevních lan). **Naopak pro tužší lana nebo předepjatá lana jsou průvěsy menší → menší deformace střešního pláště ale vyšší zatížení železobetonu, který je vzhledem k jeho původní armatuře dle na 100 % využitelnosti. Na rozdíl od lan, kde je možná výměna a jejich optimalizace, je vyztužení dodatečné železobetonového věnce technicky a cenově náročné případně není proveditelné.**



Obr. 6: Schéma objektu Kino Kosmos Třinec – šrafovaná část je sál kina

Objekt sálu kina lze rozdělit na svislé a vodorovné konstrukce. Svislé konstrukce představuje zděná stěna ze keramických cihel typu **CDm – 100** podle původního projektu. Stěny nebyly v této druhé fázi diagnostiky řešeny a kontrolovány byly jen vizuálně bez nalezení významných omezení jejich funkce. Vodorovné konstrukce jsou tvořeny základovými konstrukcemi (nejsou zde řešeny – není k nim přístup) a železobetonový věnec – límec spínacího rámu **B170** (C10/13.5) v numerickém modelu **C20/25** podle zjištěné diagnostiky. Železobetonový věnec – límec je monolitický



prvek osazený kontaktně na zdivo. Železobetonový límec je zakřivený ve dvou směrech, takže tvoří oblouk jak v rovině půdorysu, tak i rovině „nárysu“. Do železobetonového límce jsou kotveny ocelová lana, konkrétně na jeho externí líc. Tento monolitický prvek svou tuhostí a pevností zajišťuje globální a lokální tuhost a pevnost lanové střechy. Je to dominantní nosný prvek v celé koncepci střechy ve tvaru šesti dílného hyperbolického paraboloidu. Lana membránové střechy jsou kotvena do železobetonového límce ve **156** bodech. Lana jsou vedeny tak, že se kříží v jednom bodě a tvoří tak tři vrstvy, které jsou mezi sebou spojeny „U“ kotvami. Ve dvou směrech zakřivená přímková plocha je ve své podstatě schopna nosné funkce jak ve směru gravitace, tak ve směru normály pro zatížení od větru (sání a tlak).

Na stávající konstrukci pro lanovou střechu je pak položena roznášecí vrstva pletiva a hadrové tkaniny na které jsou pak následující vrstvy skladby střešního pláště odborný posudek VŠB FAST 14\_11\_2019 (plášť a jeho vrstvy, tak jak je navrženo v původním projektu viz Obr. 6, nebyly zatíženy při sondě). Nově je navržena pro **DSP** je skladba o těchto parametrech.

### **Skladba střechy od exteriéru (Ing. Jiří Teslík, Ph.D.):**

- Přítížení střešního pláště práným kamenivem nebo betonovými dlaždicemi
- Hydroizolační vrstva z EPDM folie Firestone volně položená tl. 2 mm
- Vrchní vrstva TI z tuhých desek z MV (Isover S), volně položená tl. 80 mm
- Střední vrstva TI z tuhých desek z MV (Isover R), volně položená tl. 60 mm
- Spodní vrstva TI z tuhých desek z MV (Isover S), volně položená tl. 60 mm
- Parozábrana těžká, asfaltový pás s hliníkovou vložkou tl. 2 mm
- Separační textilie volně ložená
- Flexibilní cementový nátěr/nástřík + drátěné pletivo tl. 10 mm
- Černá pohledová geotextilie
- KARI síť 4x100x100
- [Ocelová lana \(dle statického posudku\)](#)

### **Dřevěná konstrukce**

- Není součástí – nevyskytuje se v objektu jako hlavní nosná konstrukce

### **Ocelová konstrukce**

- Není předmětem studie (jsou zde ocelová lana a ty jsou řešena jako součást nosného systému střechy)

### **Použité materiály**

- Není předmětem studie

### **Povrchová úprava**

- Není předmětem studie

### **Provádění konstrukce**

- Není předmětem studie



## Technologický postup

- Není předmětem studie

## Bezpečnost práce

Při provádění veškerých stavebních prací je třeba se řídit závaznými ustanoveními platných norem a podmínkami bezpečnosti práce, které jsou obsaženy zejména v těchto dokumentech: Při pohybu po střešní konstrukci bude každý pracovník, popř. technik, nebo zúčastněná osoba řádně zabezpečena proti pádu ze střešní konstrukce (úvazek atd.).

- Zákoník práce v platném znění
- Zákon č. 309/2006 Sb. „O zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci“.
- Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., „Podmínky ochrany zdraví při práci“.
- Nařízení vlády č. 362/2005 Sb. „O bližších požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na pracovištích s nebezpečím pádu z výšky nebo do hloubky“.
- Nařízení vlády č. 591/2006 Sb. „O bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích“.

Všichni zúčastnění pracovníci musí být s předpisy seznámeni před zahájením prací. Dále jsou povinni používat při práci předepsané pracovní pomůcky podle směrnic MS v ze dne 9.12.1986 a podle uvedených předpisů.

Dále je třeba ohraničit staveniště včetně výstražných tabulek se zákazem vstupu všem nepovolaným osobám na vstupech.

## V tomto reportu – DSP jde prioritně o tyto body:

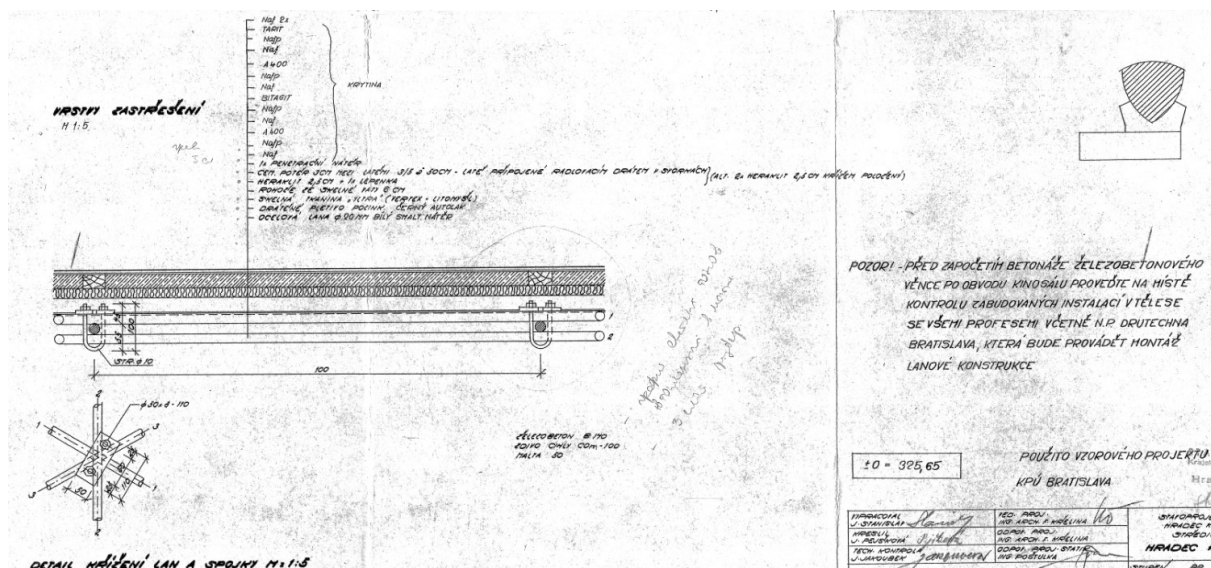
- Vyhodnotit stávající stav na základě již provedených diagnostik a nové druhé fáze diagnostiky a posudků, odborných posudků a samotné obhlídky konstrukce lanové střechy a hlavní nosné konstrukce
- Provést nutné a možné sondy hlavní nosné konstrukce (železobetonový límec a ocelové lano → charakteristiky pevnosti a stavu koroze a karbonatace + celková kondice dostupných prvků a detailů konstrukce Kina Kosmos)
- Naladit numerický model pro výpočet tuhostí podle dostupných podkladů a zjištění stavu konstrukce na místě + sestavit digitální formu konstrukce (CAD + SCAN zaměření)
- Zjednodušené posouzení konstrukce jako celku na základní namáhání (lanová střecha tlak a tah do lanoví)
- Náhled na deformace celé konstrukce pro stávající a zatížení a nový stav
- Vyhodnocení **možnosti zachování** stávající konstrukce lan bez posílení lan a železobetonového věnce, případně zděných obloukových stěn nesoucích železobetonový límec

- Vyhodnocení pro **nový lanový systém se ohledem na vyšší zatížení** a prodloužení životnosti střešní konstrukce
- V obou případech původní lanová konstrukce nebo nový systém lan je nutné provést opravu → novou střešní skladbu střechy kina (stávající tepelně technické požadavky nevyhovují novým normám + dochází zde vlivem kondenzace pro stávající stav střešního pláště ke tvorbě vody na lanech → možná koroze lan)
- Předpokládá se provedení nová střešní konstrukce se lanovým systémem se zahrnutím kotvení a případné zesílení vytipovaných ploch železobetonu (uhlíkový kompozit)

**Po zhodnocení těchto bodů je cílem zadavatele zachovat vždy unikátní tvar lanové střechy jak pro v ideálním případě původní lana, tak pro nová lana (možno přitížit technikou).**

**Výstup tohoto reportu – studie je rozdělen na dvě základní části a to jsou:**

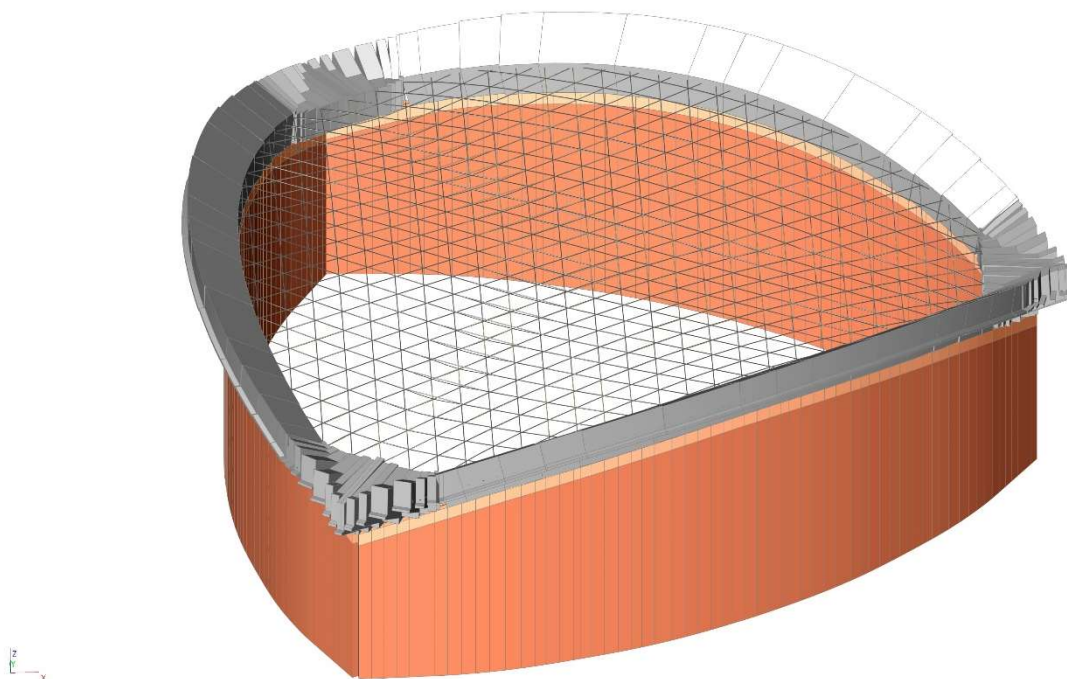
- a) numerický model
  - získané výsledky pro nové zatížení
  - získané výsledky pro původní konstrukci lan
  - získané výsledky pro novou konstrukci lan
  - vyhodnocení numerické analýzy
- b) závěr
  - porovnání původních průzkumů
  - vyhodnocení nového průzkumu a diagnostiky
  - vyhodnocení průzkumů + diagnostiky a numerických výsledků
  - sestavení závěru pro porovnání výše uvedených analýz
  - navržení řešení se ohledem na zachování původních lan
  - navržení řešení pro novou konstrukci lan
  - optimalizace se ohledem na nový plášť (pro původní lana + tak pro nová lana)
  - Cenová rozvaha opravy a zajištění funkce lanové střechy Kino Kosmos a jejího původního tvaru se ohledem na požadavky zadavatele Město Třinec



### Skladba nového střešního pláště od exteriéru (Ing. Jiří Teslík, Ph.D.):

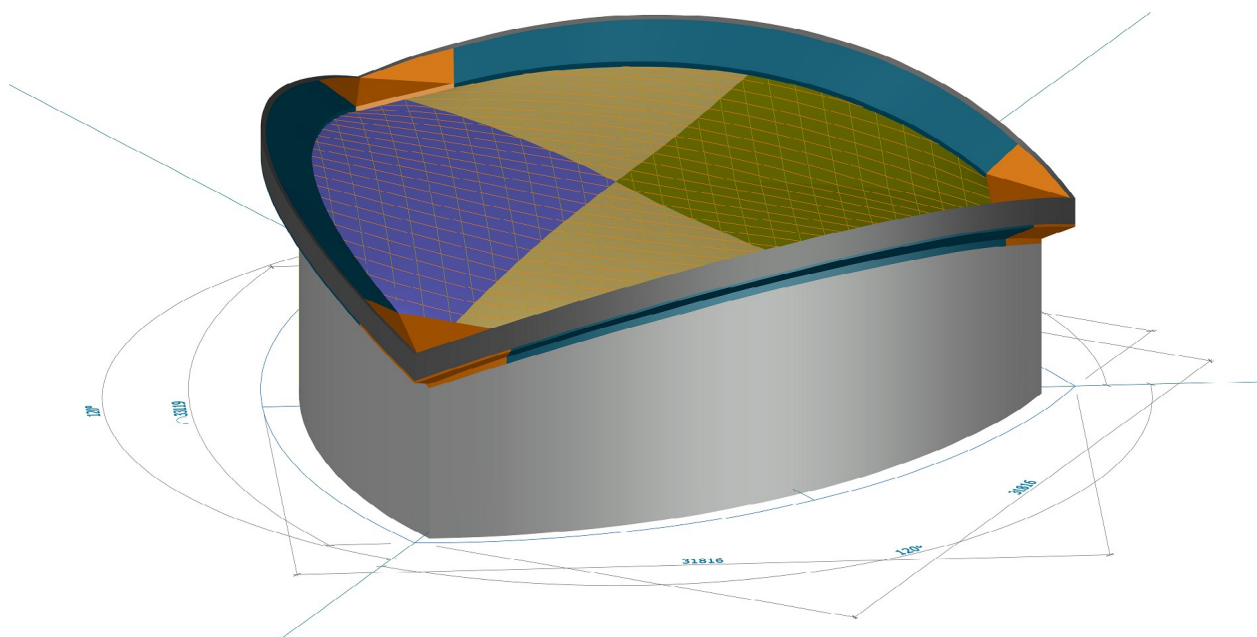
- Přitížení střešního pláště práným kamenivem nebo betonovými dlaždicemi
- Hydroizolační vrstva z EPDM folie Firestone volně položená tl. 2 mm
- Vrchní vrstva TI z tuhých desek z MV (Isover S), volně položená tl. 80 mm
- Střední vrstva TI z tuhých desek z MV (Isover R), volně položená tl. 60 mm
- Spodní vrstva TI z tuhých desek z MV (Isover S), volně položená tl. 60 mm
- Parozábrana těžká, asfaltový pás s hliníkovou vložkou tl. 2 mm
- Separáčnı́ textilie volně ložená
- Flexibilnı́ cementovı́ nátěr/nástřık + drátěnė pletivo tl. 10 mm
- Černá pohledová geotextilie
- KARI síť 4x100x100
- Ocelová lana (dle statického posudku)

Obr. 7: Původnı́ výkres skladby střešního pláště lanovė střechy – nezastı́žen při sondė

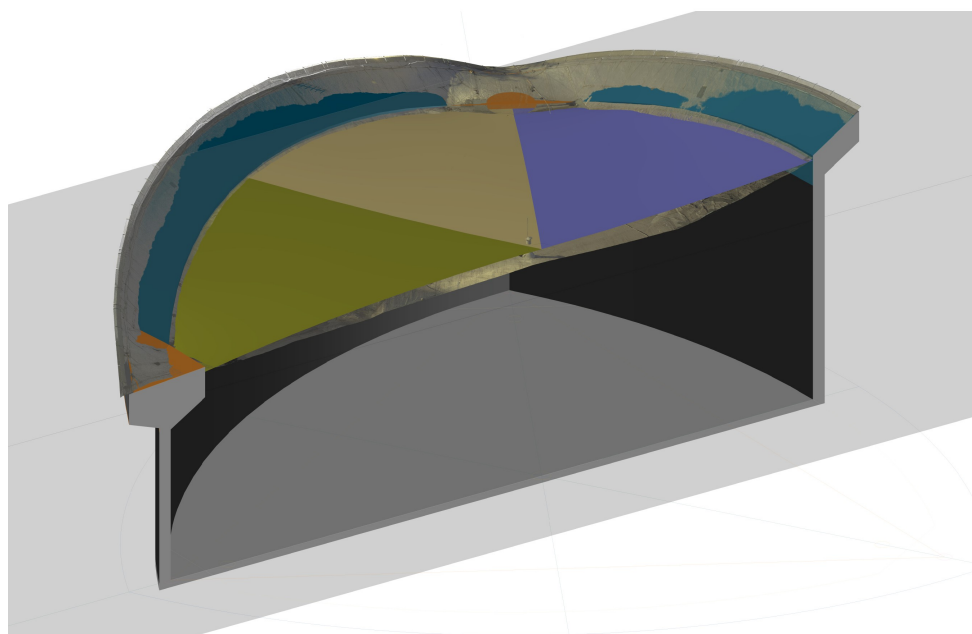


Obr. 8: Numerickı́ model řešenė konstrukce KINO KOSMOS Třinec – SCIA model





Model v cad pro doplnění geometrie KINO KOSMOS. Tento model slouží jako cad podpora pro navazující práce a řemesla při rekonstrukci střešního pláště lanové střechy. Je zde možné zjistit plochy a objemy pro výpočet reakcí + vnitřních sil na kombinovaných modelech + také tyto geometrické vlastnosti využít pro řemesla při cenovém rozpisu prací.



Model cad doplněný o 3 D scan laserem zachycující reálnou plochu střechy. Tento model se mračnem bodů slouží pro porovnání skutečné geometrie střechy a ideálního modelu bez zatížení od stálých a nahodilých zatížení. Byl snímán horní povrch střechy Ing. Miroslav Pinka (VŠB Fast).

Na Obr. 06 je původní výkres se skladbou lanové střechy a jejího pláště. Podle zjištěné sondy provedenou VŠB TU Ostrava fakulta stavební v roce 2019 je skutečná skladba v jiném složení než projektovaná. Nalezená skladba je k náhledu v tabulce Tab. 01.

Na Obr. 07 se nachází renderring numerického modelu ve SCIA. Jedná se skořepino – prutovou konstrukci se lanovou střechou kotvenou do železobetonového límce, který je osazený na zděnou konstrukci tvořenou keramickými tvarovkami 500 mm.

## Popis zatížení lanové střechy KINO KOSMOS Třinec\_2021

Zatížení konstrukce lanové střechy je dáno třemi základními typy zatížení.

### I.) Zatížení od servisu – nahodilé zatížení

- Zatížení od **servisu na střeše** (zde uvažováno jen  $0.750 \text{ kNm}^{-2}$  - nerozhoduje)
- Toto zatížení se nekombinuje se zatížení sněhem

### II.) Zatížení klimatickými účinky – nahodilé zatížení

- Zatížení sněhem  $1.420 \text{ kNm}^{-2}$
- Zatížení vítr přibližně  $0.762 \text{ kNm}^{-2}$  (zatížení je dáno normou podle geografického umístění + kategorií terénu (II. nebo III.) + umístění v terénu + výšky konstrukce, dá se zohlednit i význam konstrukce a podle toho optimalizovat vstupní zatížení od větru – větrný tunel, numerická simulace zatížení větrem)
- Zatížení  $\Delta$  teplotou pro lana (rozsah rozdílů teploty cca  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+40^{\circ}\text{C}$  stupňů)

### III.) Stálé zatížení

- Zatížení od skladeb střechy původní střecha (jen pro přehled) – není v DSP řešeno
- Zatížení od skladeb střechy nová střecha (k nahlédnutí u autora reportu)
- Zatížení od audiovizuální techniky (zadáno od města Třinec)
- Zatížení od skladeb stěn (opláštění – není zde řešeno)

V tomto reportu není uvažována únava, dynamické zatížení, dynamické zatížení od výbuchu nebo pádu předmětů (návěj + led, nástroje atd.). Zatížení je standardně uvažováno se svými součiniteli zatížení zohledňující dynamické účinky. Kombinace zatížení jsou stanoveny podle normy a v numerickém modelu jsou zadány zjednodušenou formou (sedm základních kombinací zatížení pro maximální svislé zatížení a minimální svislé zatížení  $\rightarrow$  vítr sání). Nesymetrie zatížení zde pro DSP není vyhodnocována.

Výpočet je proveden jako geometricky nelineární (velké deformace  $\rightarrow$  lana) a fyzikálně + konstrukčně nelineární (kontaktní úloha jednostranná vazba). Vzhledem ke principu výpočtu konstrukce lanové střechy  $\rightarrow$  jde o silnou geometrickou nelinearitu, je nutné uvažovat se vyšším rozptylem získaných hodnot deformací lan ve svislém směru + vnitřních sil v lanech. Tento efekt je daný faktem, že lana jsou tvořena pramenem nebo prameny ve šroubovici, které se vinou po další šroubovici a tvoří lano. Způsob vinutí a vliv přítomnosti duše (ocelová nebo plastová) má významný vliv na modul pružnosti lana a tím na protažení lana a jeho průvěs – deformaci. Z tohoto pak vyplývá podle teorie lan jako prvku nesoucí zatížení pouze tahem, že pro vyšší průvěsy je v laně menší tahová síla. Pro vyšší průvěsy je vyšší vzepětí, což vede na větší rameno a tím menší tah v laně. Sílu v laně lze tedy modifikovat modulem pružnosti lana a tím jeho vzepětím.

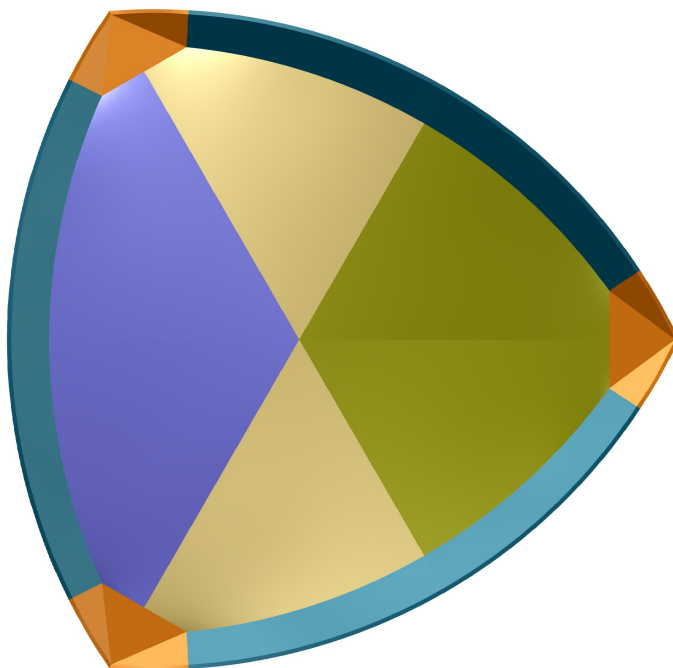
Předpokládané skladby Městské kino Kosmos Třinec, Dukelská 689					
STŘEŠNÍ PLÁŠŤ - S01_01 - prostor pro lanovou střechu původní plášť - osy polí lan 1000 mm					
VRSTVA K-CE	ROZTEČ (m)	B (m)	H (m)	kg/m <sup>2(3)</sup>	Fn (kN/m <sup>2</sup> )
střešní folie vrstvy - EPDM cca (4-5)vrstva	1	1	0,016	1200	0,192
separační vrstva - 2 mm	1	1	0,0024	780	0,019
heraklit - 20 mm	1	1	0,02	470	0,094
polystyren - 20 mm	1	1	0,02	50	0,010
pletivo + skelná vata - 30 - 70 mm	1	1	0,07	150	0,105
tepelná izolace - 20 - 70 mm skelná rohož	1	1	0,07	150	0,105
lana + pletivo + tkanina skelné vlákno Si	1	1	0,005	1400	0,070
podhled - 12,50 mm	1	1	0,0125	520	0,065
PODVĚSNÉ ZATÍŽENÍ	1	1	1	16	0,160
STÁLÉ ZATÍŽENÍ					0,820
STÁLÉ ZATÍŽENÍ BEZ VAZNICE A ROZPĚR					0,750
SKLON STŘECHY_hyperbolický paraboloid					
alfa =			7 - 2 - 7	°	
SNÍH:					
III. OBLAST					
			S <sub>k</sub> =	S <sub>u</sub> =	
			kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	
zatížení sněhem na zemi (1,420934 sněhová mapa ČMÚ)	S <sub>k</sub>	0,800	1,420	0,000	1,136
pokud je zabráněno skluzávání sněhu min 0.8	μ <sub>1</sub>	0,800	0,000	0,000	0,000
pokud je zabráněno skluzávání sněhu min 0.8	μ <sub>2</sub>	0,800	1,620	1,620	2,3004
údržba_s =	údržba_s =	1,000	0,750	0,750	0,750
VÍTR					
II. OBLAST (I. = 22.50 ms <sup>-1</sup> )					
			v <sub>b,0</sub> =	22,5 m/s	3,278
					1,0435
II. KATEGORIE TERÉNU					
					0,9583
					8816,4
			q <sub>p(z)</sub> =	0,763 kN/m2	0,5898
STŘEŠNÍ PLÁŠŤ navržený - S01_02 - prostor pro lanovou střechu nový plášť - osy polí lan 1000 mm					
VRSTVA K-CE	ROZTEČ (m)	B (m)	H (m)	kg/m <sup>2(3)</sup>	Fn (kN/m <sup>2</sup> )
ochranná vrstvy - štěrk nebo dlaždice	1	1	0,02	1820	0,364
střešní folie vrstvy - EPDM cca 2vrstva	1	1	0,002	1270	0,025
separační vrstva - 2 mm	1	1	0,0024	780	0,019
tepelná izolace - 340 mm skelná vataalt poddajná izolace	1	1	0,2	50	0,100
parozábrana těžký sfalt pás - 2 mm	1	1	0,0024	1270	0,030
separační vrstva - 2 mm	1	1	0,0024	780	0,019
flexibilní cementový nástřík - 10 mm + pletivo	1	1	0,01	2200	0,220
pohledová geotextile	1	1	0,002	740	0,015
KARI síť - 4x100x100 mm	1	1	0,004	520	0,021
podhled - cca 3400 kg_deska 12,50 mm	1	1	0,0125	520	0,065
PODVĚSNÉ ZATÍŽENÍ + světla + podhled akustika AVC_2141kg	1	1	1	7	0,070
STÁLÉ ZATÍŽENÍ					0,948
STÁLÉ ZATÍŽENÍ BEZ VAZNICE A ROZPĚR + ocelová lana					0,927
UŽITNÉ LIDÉ kategorie A - u střechy není uvažováno					
údržba + sklad na strop maximálně - 2np			q <sub>k</sub> =	1,500 kN/m2	
maximální bodová síla 2.0 - 4.0 kN - (0.5 x 0.5 m)			q <sub>k</sub> =	0,750 kN/m2	
			F <sub>k</sub> =	2.0 - 4.0 kN	

Tab. 01: Tabulka zatížení od původních skladeb – předpokládané skladby (slouží pro porovnání).

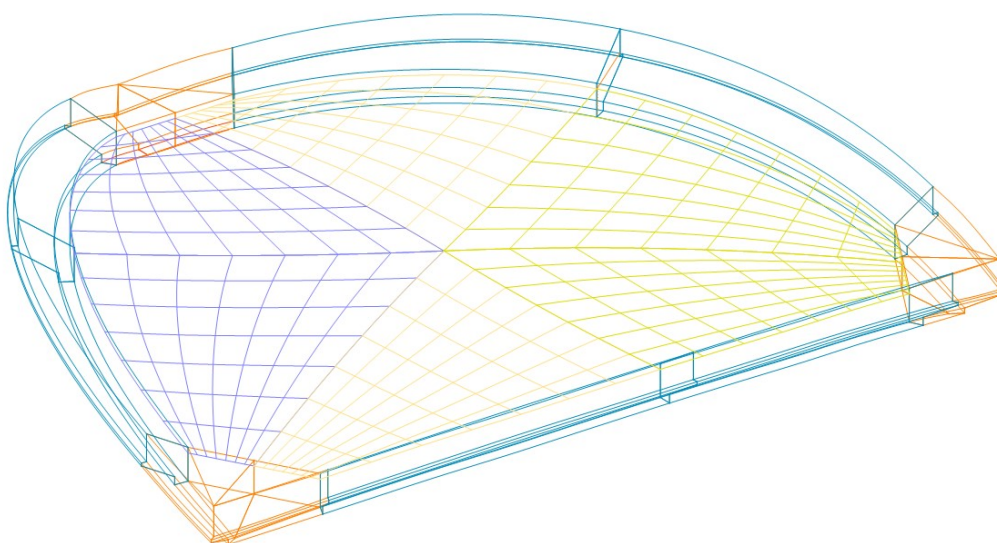
Hodnoty viz Tab.01 zatížení střešního pláště jsou dány pro původní skladbu (zastiženou sondou provedenou v roce 2019 od VŠB TUO). Tato skladba se neshoduje se projektovou skladbou podle výkresů viz technická zpráva. Nově navržená skladba respektuje požadavky střechy a



nových tepelně technických požadavků + přitížení od audiovizuální techniky. Vzhledem ke stávajícímu stavu železobetonového věnce a jeho armatury navržené na původní zatížení z roku 1964 je cílem držet novou skladbu na stejné úrovni stálého zatížení jako v současnosti nebo nižší → menší zatížení do konstrukce železobetonového spínacího rámového věnce – límce. Vzhledem ke přitížení střešního pláště kačírkem nebo železobetonovými dlaždicemi je nutné přehodnotit vítr a jeho působení v sání. Na tento efekt je dimenzování přitížení od tahu na plášť. V případě zmenšení sání by došlo ke zmenšení přitížení střechy od stabilizace pláště na sání a také v samotném tlaku při kombinaci na maximální zatížení lana tím především železobetonového věnce.



Obr. 9: 3D model půdorys řešené konstrukce KINO KOSMOS Třinec – cad model



Obr. 10: 3D model síťový řešené konstrukce KINO KOSMOS Třinec – cad model

## ZATÍŽENÍ VĚTREM

$z_{\max} = 200\text{m}$

maximální výška budovy

$z$  **10,97** m

výška budovy 24000 mm světlík tečna

$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}$  22,50  $\text{ms}^{-1}$

základní rychlost větru

$c_{dir}$  1,00

součinitel směru větru pozn. 2 NP6 1

$c_{season}$  1,00

součinitel ročního období pozn. 2 NP7 1

$v_{b,0}$  I  $\text{ms}^{-1}$

výchozí základní rychlost větru 22,50

### STŘEDNÍ RYCHLOST VĚTRU

$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b$  23,05  $\text{ms}^{-1}$

$c_0(z)$  1,00

součinitel orografie pozn. 4.3.3 1

$c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0)$  1,02 1,024

součinitel drsnosti terénu  $z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$

$c_r(z) = c_r(z_{\min})$  0,70

$z \leq z_{\min}$

součinitel terénu

$k_r = 0,19 \cdot (z_0/z_{0,II})^{0,07}$  0,19

$z_{0,II}$  0,05 m

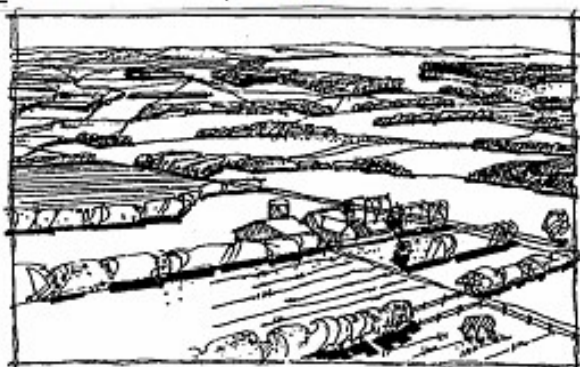
$z_0$  0,05 m

$z_{\min}$  2 m

$z_{\max}$  200,0 m

tabulka 4.1 II

kategorie terénu



### TURBULENCE VĚTRU

$I_v(z) = k_v / (c_0(z) \cdot \ln(z/z_0))$  0,19 0,185

intenzita turbulence ve výšce  $z$   $z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$

$I_v(z) = I_v(z_{\min})$  0,27

$z \leq z_{\min}$

$k_t$  1,00

součinitel turbulence 1

### MAXIMÁLNÍ DYNAMICKÝ TLAK

$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot 1/2 \cdot \rho \cdot v_m^2(z)$

dynamický tlak

$q_p(z)$  762,98  $\text{Nm}^{-2}$

dynamický tlak

$\rho$  1,25  $\text{kgm}^{-3}$

hustota vzduchu 1,25

$c_e(z) = q_p(z) / q_b$  2,41

součinitel expozice

$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2$  316,41  $\text{Nm}^{-2}$

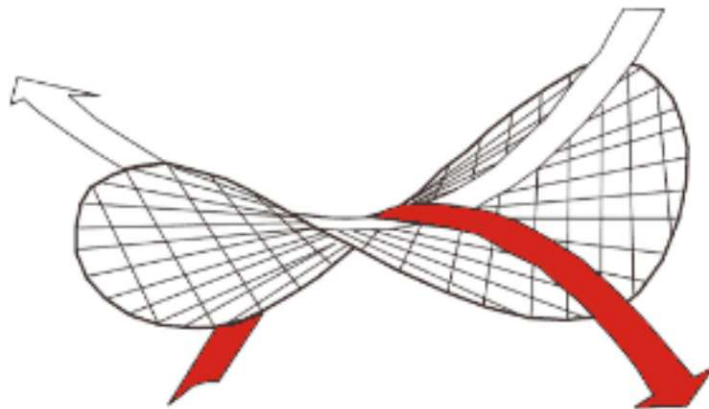
základní dynamický tlak

Tab. 02: Tabulka zatížení větrem pro 10.970 m výšku nad terénem (alt. kategorie terénu III.).

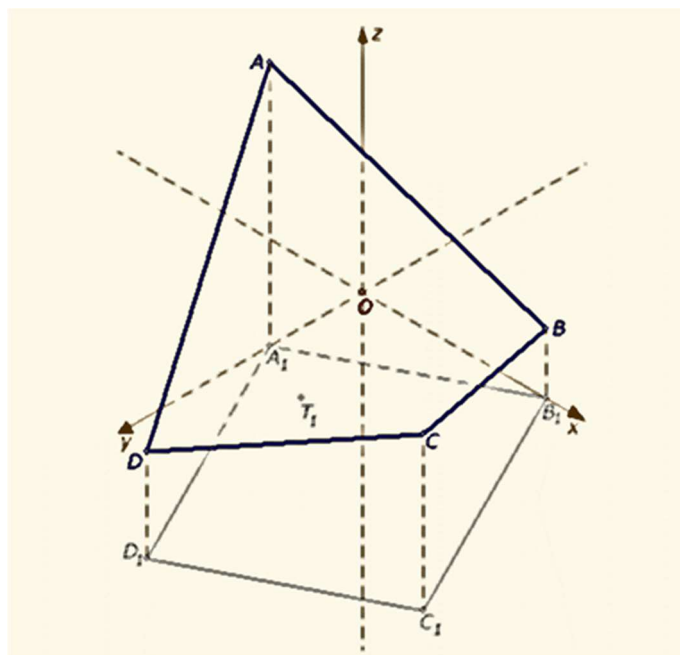
Podle terénu a osazení v centru města Třinec by mohla kategorie terénu být III. až IV. Tento výběr kategorie terénu by mohl snížit účinky na vítr až o polovinu uvažované hodnoty cca 390 kNm-2.

### Použité materiály pro numerický model

- Ocel S235 – tato ocel je uvažována v numerickém modelu pro vybrané komponenty
- Lano Ø24 mm – jednopramenné 37 drátů (v numerickém modelu o průměru cca 20 mm kovové jádro které svou tuhostí odolává zatížení)
- Lano je uvažováno se sníženým modulem pružnosti  $E_{0, \text{lano}} = 150$  GPa vlivem vinutí lana a neznalosti jeho předpětí včetně aktivace a relaxace (zvýšení modulu pružnosti vlivem předeprnutí na maximální hodnotu stanovenou normou)
- Železobeton původní projekt B170 (C10/13.5), numerický model C20/25 (železobetonový věnec – límec spínacího rámu) – podle druhé fáze diagnostiky
- Zdivo CDm – 100, malta 50 (v numerickém modelu je stěna 500 mm a vlastnosti podle nastavení a zkušeností autora)
- Tuhé pruty – excentricity a přípoje
- Pomocné konstrukce stabilizující numerický model (měkké vazby ve tkanině lan)



Obr. 11: Hyperbolický paraboloid – schéma tvaru



Obr. 12: Hyperbolický paraboloid – princip tvorby přímkové plochy



## SEZNAM POUŽITÉ DOKUMENTACE A NOREM

- [1] Gardner, L., Nethercot, D. : Experiments on stainless steel hollow sections - Part 1: Material and cross-sectional behaviour, Journal of Constructional Steel Research, Vol. 60, 2004, s. 1291–1318.
- [2] ČSN EN 1990 (730002), Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, Český normalizační institut s. 76, 2004
- [3] ČSN EN 1991-1-1, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí -Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, Český normalizační institut, s. 44, 2004.
- [4] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem, 2005
- [5] ČSN EN 1991-1-4 ed. 2, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem
- [6] ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, 2006

Původní norma pro zatížení konstrukcí:

ČSN 73 0035 (730035) Zatížení stavebních konstrukcí, 1968/1986

- [7] ČSN EN 1993-1-1, Navrhování ocelových konstrukcí - část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- [8] ČSN EN 1993-1-4, Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-4: Obecná pravidla - Doplnující pravidla pro korozi-vzdorné oceli.
- [9] ČSN EN 1993-1-5, Navrhování ocelových konstrukcí: Desko-stěnové konstrukce.
- [10] ČSN EN 1993-1-6, Navrhování ocelových konstrukcí: Pevnost a stabilita skořepinových konstrukcí.
- [11] ČSN EN 1993-1-7, Navrhování ocelových konstrukcí: Pevnost a stabilita příčně zatížených rovinných desko-stěnových konstrukcí.
- [12] ČSN EN 1993-1-8, Navrhování ocelových konstrukcí: Navrhování styčníků
- [13] ČSN EN 1993-1-9, Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-9: Únava
- [14] ČSN EN 1993-1-11, Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-11: Navrhování ocelových tažených prvků (731401).
- [15] ČSN EN 1993-1-1, Navrhování ocelových konstrukcí - část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- [16] EN 13155+A2, Jeřáby – Bezpečnost – Volně zavěšené prostředky pro uchopení břemen
- [17] SCIA ENGINEER 2021. Komerční software. Verze 21.0.2022. [on-line].  
<<https://www.scia.net/en/software/product-selection/scia-engineer>>. <http://www.scia.net>.
- [18] KUDELKA, M. Únavové vlastnosti konstrukční oceli 11 523. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 35 s. Vedoucí bakalářské práce prof. Ing. Stanislav Věchet, CSc..

- [19] <http://srdcezapolarnimkruhem.cz/2019/08/16/hyperbolicky-paraboloid-ze-slavneho-kina-genialni-knihovna/>
- [20] <https://homel.vsb.cz/~dol75/Deskriptiva/Cviceni/HyperbolickyParaboloid/Hyperbolicky-Paraboloid.html>
- [21] <https://www.lana-vamberk.cz/katalog/ocelova-lana-seal/sestipramenne-ocelove-lano-a-seal-a-6-x-19s-iwrc.htm>
- [22] <http://www.lanocel.cz/produkty/6x19s-fc-12>

### 3 D RENDERRING MODELU KINO KOSMOS TŘINEC

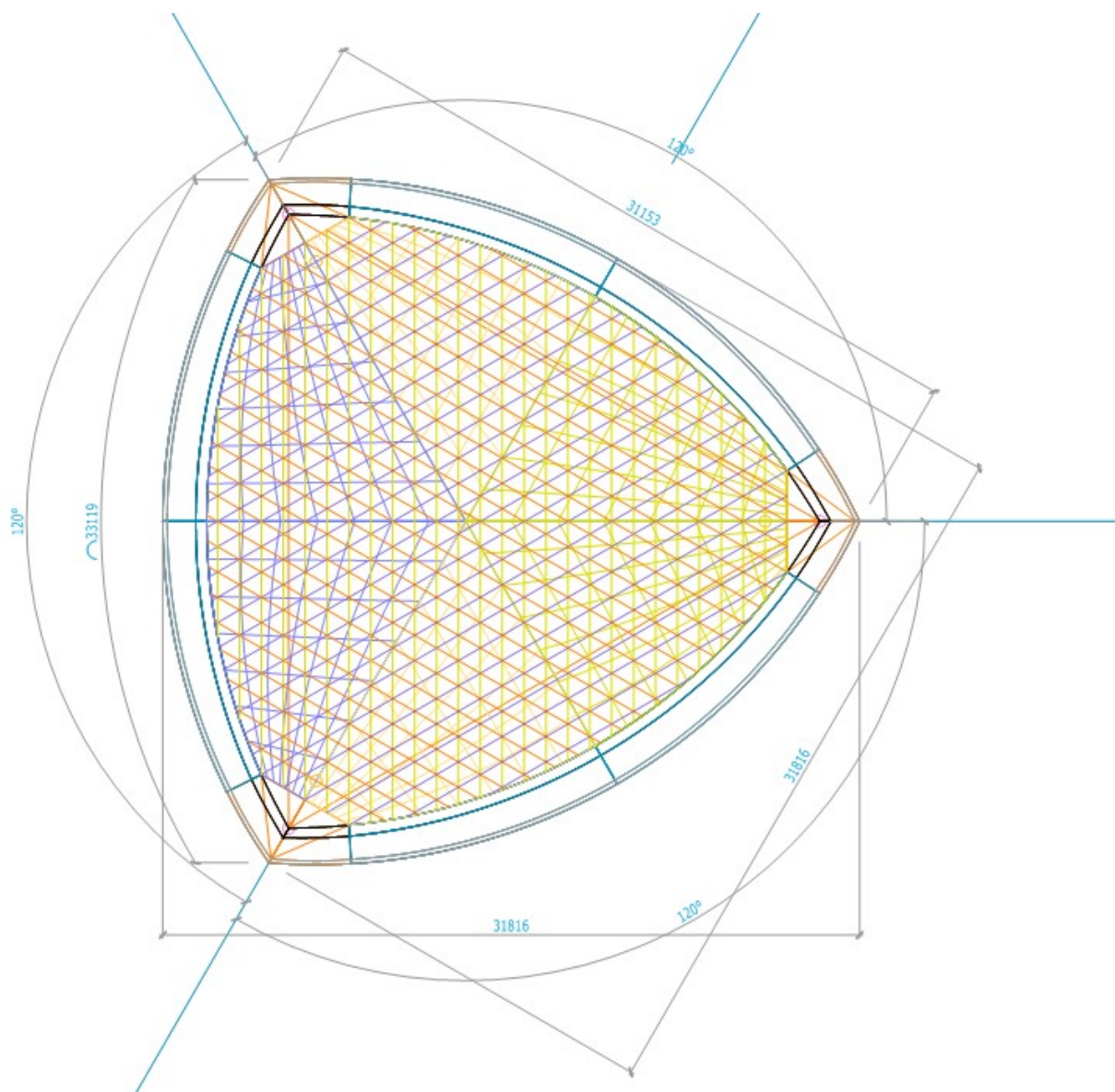


Schéma půdorysných rozměrů KINO KOSMOS Třinec – bez zohlednění tepelné izolace na stěnách a lemu železobetonového límce nesoucího lanovou membránovou střechu.