

# **Hangár pro výzkumnou vzducholod' s vědeckotechnickým zařízením**

**NY-ÅLESUND, Špicberky  
78°55' N 11°56' E**







# Hangár pro výzkumnou vzducholod' s vědeckotechnickým zařízením

NY-ÅLESUND, Špicberky  
78°55'N 11°56'E

diplomová práce  
Vojtěch Rudorfer

atelier Baum - Hybler  
vedoucí projektu: Prof. Ing. arch. Mirko Baum  
odborný asistent: Ing. arch. Vojtěch Hybler

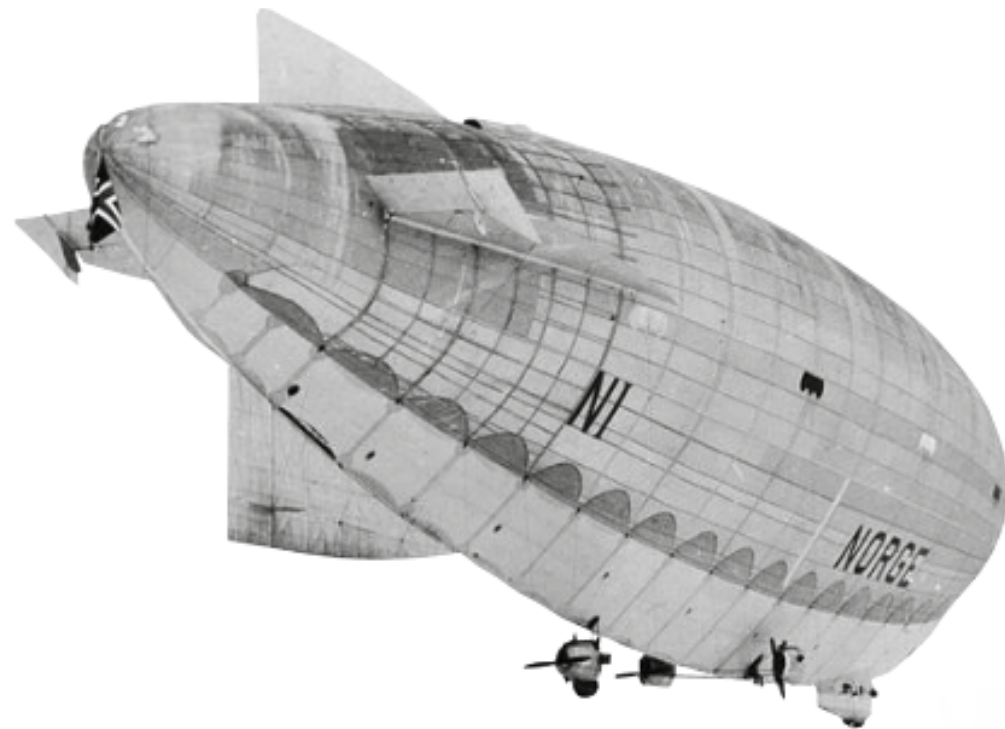
Fakulta architektury ČVUT v Praze, léto 2020

—

I	úvod	9
II	zadání	15
III	reference	17
IV	návrh	23
+	LZ - 126	71
++	dokladová část	77
+++	zdroje	81
++++	závěrem	83



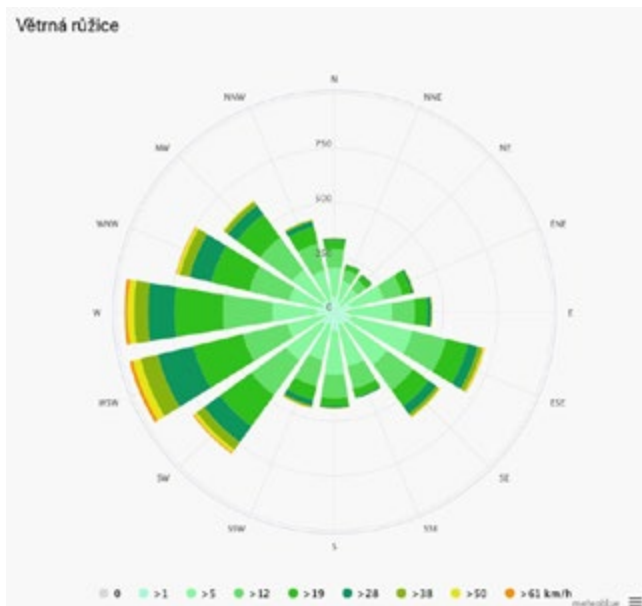
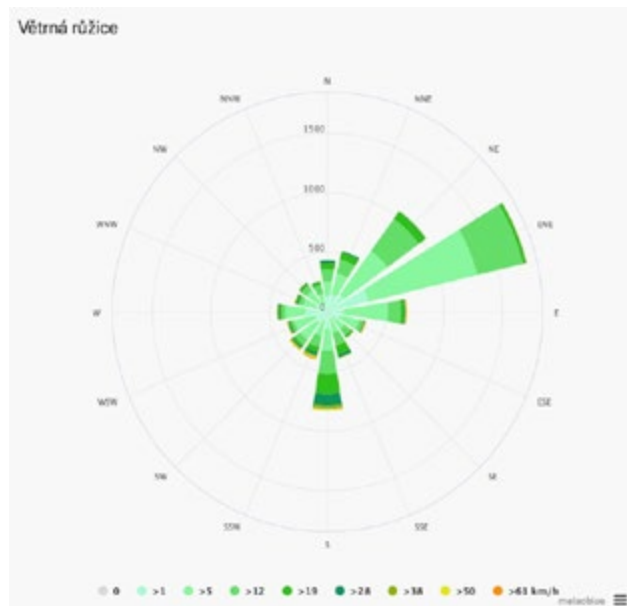
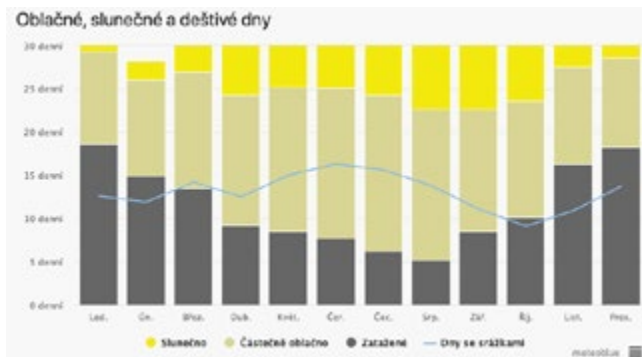
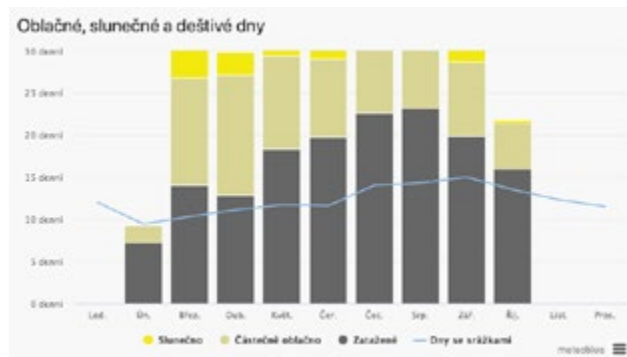
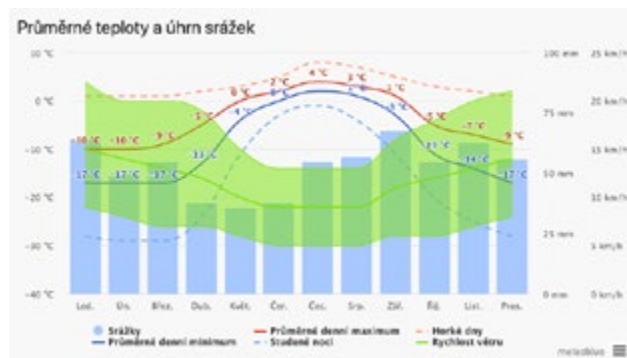
pozn. převzato ze zadávací dokumentace od prof. Bauma<sup>1,2</sup>



## Ny-Alesund

Ny-Alesund je malá osada na souostroví Špicberky v norském správním okrsku Svalbard, současně je jedním z nejseverněji situovaných míst na světě se stálým osídlením. Během zimy zde žije kolem 30 osob, v letním období jejich počet naroste na 120. Udržovaná silniční síť neexistuje, a tak zásobování probíhá buď letadlem a vrtulníkem, nebo v období rozmrzajícího moře lodí. Z letiště Svalbard, vzdáleného 5km od nejbližšího města Longyearbyen, létá dvakrát týdně společnost Lufttransport dvoumotorovým dornierem Do 228 na letiště Ny-Alesund Hammnerabben, též tradiční doprava psím spřežením nebo lodním skútreem je možná.

Těžba kamenného uhlí soukromou důlní společností a s ní i první osídlení se v Ny-Alesund datují od roku 1901, založení hornického sídliště následovalo roku 1916. Z důvodu nedostatečné rentability byla soukromá těžba roku 1929 zastavena a obnovena pod státní kontrolou až v roce 1945. Roku 1963 zde došlo k těžkému důlnímu neštěstí, které vedlo k definitivnímu zastavení těžby. V této době žilo již na 200 lidí v dělnické osadě, které po zastavení těžby hrozilo opuštěním. Tomu, že se tak nestalo, vděčí Ny-Alesund rozhodnutí norského parlamentu, využít existujících staveb pro účely vědeckého výzkumu. V roce 1968 zde bylo založeno první vědecké pracoviště, které se stalo počátkem dodnes trvající konverze původního hornického sídliště na vysoce aktivní mezinárodní centrum polárního výzkumu.



srovnání klimatických podmínek v Ny-Alesund (nalevo) a v Praze (napravo) <sup>10</sup>

## Geografie a klima

Ny-Alesund leží na poloostrově Brøggerhalvöya na jižním pobřeží Kongsfjorden v severozápadní části souostroví Špicberky. Poloostrov má hornatou topografii, jejíž vrcholy dosahují výšky 600 až 800 m n.m. Území, které je dodnes majetkem důlní společnosti Kings Bay AS, má rozlohu ca 300km<sup>2</sup>.

Od severního pólu je Ny-Alesund vzdáleno 1231 km, 107 km od Longyearbyen a 2420 km od hlavního města Oslo. Navzdory své severní poloze má Ny-Alesund arktické, ale relativně mírné klima. Důvodem je, jako ostatně pro celý Svalbard, Golfský proud, který i v zimním období přináší poměrně mírné teploty. Nejchladnějším měsícem je únor s průměrnou teplotou -15,2°C, nejteplejším je červen s průměrem +4,7°C. Srážky jsou rovnoměrně rozděleny na průběh celého roku, jen květen a červen jsou poměrně suché. Za rok naprší průměrně na 385 mm srážek. Polární noc trvá od 25.října do 12. února, polární den potom od 18. dubna do 23. srpna.

## Výzkum

Ny-Alesund je nejseverněji položeným stále obydleným vědeckovýzkumným pracovištěm světa. Jeho stálá modernizace z něj činí jedno z nejvýznamnějších mezinárodních civilních center polárního výzkumu. Vědeckým koordinátorem výzkumu je Science Managers Committee (NySMAC), Norsk Polarinstitut zde pracuje od května 1968.

Pod vrcholem hory Zeppelinfejllet 474 m n.m. leží meteorologická stanice Zeppelin, která má stěžejní význam pro sledování klimatických změn, měření koncentrace ozonu ve stratosféře, intenzity ultrafialového záření a dlouhodobého znečištění atmosféry. Majitelem a provozovatelem stanice je Norsk Polarinstitut.

## Polární výzkum ze vzduchu - z dějin polárních letů

Geografický výzkum polárních oblastí, zvláště pak tzv. *dobyť* Severního pólu, bylo na počátku dvacátého století neodolatelnou výzvou. Motivováni jak touhou po dobrodružství, tak i poctivou snahou o získání nových vědeckých poznatků, podnikli vědci a dobrodruzi řadu strastiplných a nebezpečných výprav, vždy v zorném poli široké veřejnosti a senzacechtivých médií. S rozvíjející se technikou letecké dopravy bylo v první polovině 20. století poprvé možné proniknout do těžko přístupných oblastí Arktidy a antarktidy balonem, vzducholodí a letadlem, leč ani tento elegantní způsob dopravy se neobešel bez tragických událostí a ztrát na životech.

První pokus o dosažení Severního pólu balonem podnikl roku 1897 švédský inženýr Salomon August Andrée. Se svými dvěma společníky, Knutem Fraenkelem a Nielsem Strinbergem, odstartoval z ostrova Dansköya na Špicberkách. Odtud chtěl v příznivém větru a za pomoci kombinace vlečného lana a plachty řídit svůj balon k pólu. Cesta balonu *Örnen* (Orel) však skončila tři měsíce po startu smrtí jeho posádky, jejíž ostatky byly objeveny lovci tuleňů na ostrově Kvitöya až o 30 let později.

Andréeho deník, kamera s nepoškozeným filmovým materiálem a mapy umožnily poměrně přesnou rekonstrukci letu, který trval pouhé tři dny. Krátce po startu se uvolnilo vlečné lano, čímž balon ztratil svou již tak sporadickou říditelnost. Ztěžklý namrzajícím deštěm narazil několikrát na led, na němž pak po posledním nárazu zůstal ležet. Došlo k tomu na 82°56' severní šířky, tj. zhruba ve třetinové vzdálenosti k pólu. Odtud se tři muži vydali na vyčerpávající pochod k Mysu Florida v Zemi Františka Josefa, kde chtěli najít tamnější sklad potravin a přezimovat. Pohyby ledu (tzv. driftem) však byli stále vrhání opačným směrem, takže stěží dorazili na ostrov Kvitöya, kde všichni tři krátce po sobě zemřeli. Příčina jejich smrti je dodnes nevyjasněná, převažující teorie tvrdí, že se jednalo o otravu infikovaným medvědí masem.

Roku 1905 uzavřel deník Chicago Record-Herald smlouvu s americkým Němcem Walterem Wellmannem na přelet severního pólu vzducholodí. Více než touhou po rozšíření vědeckých poznatků byla tato akce motivována touhou po prvenství a prosperitě sponzorského média. Po prvním nezdařilém pokusu roku 1906 se v létě následujícího roku podařilo Wellmannovi odstartovat, a to ze stejného místa jako o deset let před ním Andrée. Let vzducholodi *America* skončil pouhých 24 km od místa startu. Roku 1909 podnikl Wellmann další pokus, ale i ten musel být po ulétnutí pouhých 65 km z technických důvodů přerušeno. Materiál, zbylý po Wellmannových pokusech, leží na ostrově Dansköya dodnes.

Roku 1925 odstartovali k pólu Roald Amundsen a Lincoln Ellsworth dvěma letouny *Dornier Wal* a dosáhly 87°44' severní šířky, kde byli nuceni nouzově přistát. Byl to dosud nejsevernější bod, kam se kdy člověk letadlem dostal. Neopravitelné poškození jednoho z letounů zdrželo posádku několik týdnů, které jim zabrala úprava startovací dráhy pro zbylé nepoškozené letadlo. S proviantem rozděleným na dávky po 400 gramech na den se posádce podařilo upravit 500 m dlouhou startovací dráhu a odletět zpět do civilizace, kde již byli prohlášeni za mrtvé.

Sen o přeletu Severního pólu se podařilo uskutečnit až o rok později, v roce 1926, ikdyž oficiální uznání



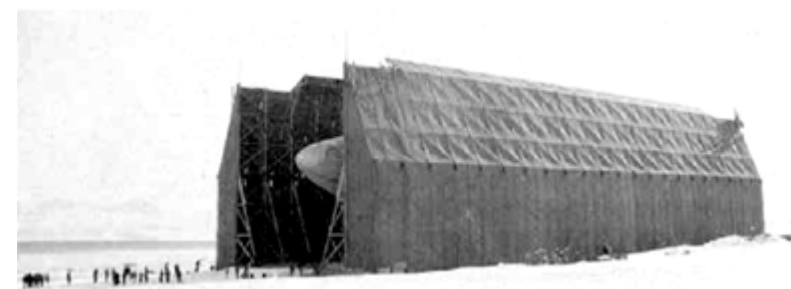
prvenství zůstává sporné. Americký polární badatel a admirál Richard Byrd tvrdil, že se mu 9. května 1926 podařilo přeletět pól třímotorovým letadlem *Fokker*. Z důvodu chybějícího důkazu však tento přelet nebyl uznán, na rozdíl od výpravy Roalda Amundsen, uskutečněné jen o dva dny později a doložené fotografiemi a výpověďmi svědků. Trasa letu vzducholodi *Norge*, jejímiž účastníky byli krom Amundseny též Lincoln Elsworth a konstruktér Umberto Nobile, vedla z Ny-Alesundu na Špicberkách do Telleru na Aljašce.

Vzducholodí stejného typu přeletěl Nobile pól podruhé, a to roku 1928. Vzducholod' *Italia*, na jejíž palubě byl i český fyzik František Běhounek, úspěšně proletěla nad pólem, kde shodila italskou vlajku a papežem věnovaný kříž. Během zpátečního letu však ztěžklá námrazou začala ztrácet výšku a narazila na led. Z utržené gondoly vypadlo 10 členů posádky, přičemž jeden z nich přišel o život. Odlehčená vzducholod' s dalšími

šesti rychle vystoupala a zmizela navždy. Hlášení mladého ruského radioamatéra, který náhodou zachytil volání trosečníků, rozpoutalo gigantickou mezinárodní záchranou akci, na které se podílel i Roald Amundsen. Z posledního pátracího letu se nevrátil.

Později legendární červený stan (*la tenda rossa*) objevil jako první švédský pilot Lundborg, kterému se podařilo v jeho blízkosti přistát a odletět se zraněným Nobilem zpět. Zbylé trosečníky, včetně Běhouneka, vzal později na palubu sovětský ledoborec *Krasin*. Nobilemu bylo v Itálii neprávem vyčítáno, že se nechal zachránit jako první, což jej nakonec donutilo k emigraci do Sovětského svazu, kde byl Stalinem pověřen vedením konstrukce sovětských vzducholodí.

Zatímco dřevěný hangár vzducholodí *Norge* a *Italia* byl zbourán, stojí kotevní stožár jako kulturní památka v Ny-Alesund dodnes.



dobové fotografie původního dřevěného hangáru a dodnes stojícího kotevního stožáru<sup>1,2</sup>



"hangár" pro Andréeho balon, ostrov Dansköya, Špicberky, 1897<sup>11</sup>



červený stan, zcela vlevo František Běhounek<sup>1,2</sup>

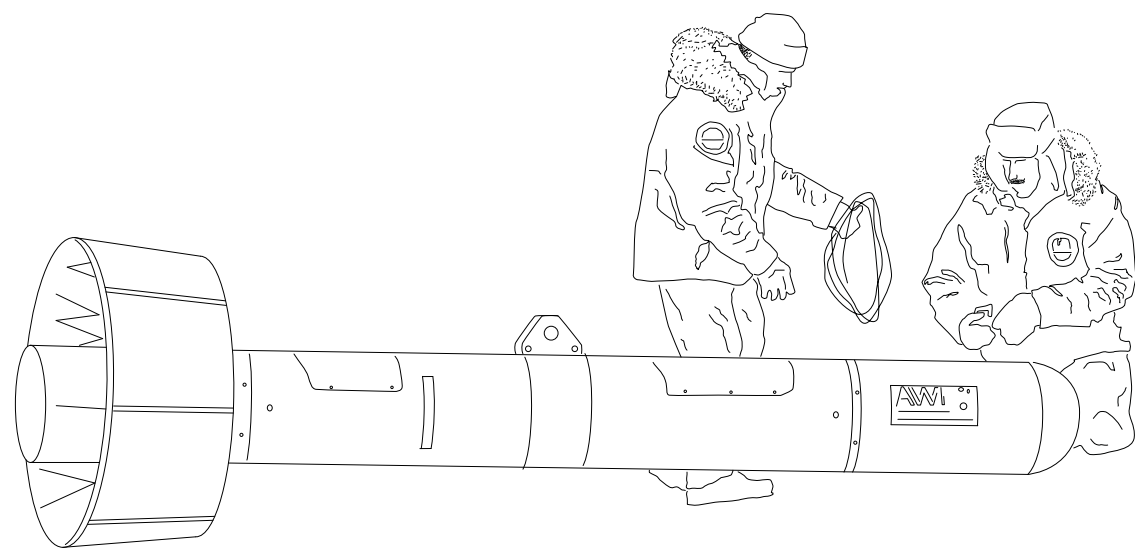
## Polární výzkum ze vzduchu dnes

Arktické ledové pokrývky rapidně ubývá. Tento fenomén, který je všeobecně připisován postupujícímu oteplování globálního klimatu, stojí v zajímavém protikladu k pomalému, nicméně měřitelnému narůstání ledové pokrývky v Antarktidě. O příčinách regionálních změn na obou pólech toho víme zatím jen poměrně málo. O to více narůstá význam systematického měření hmotnosti ledové pokrývky, které se tak stává jedním z nejdůležitějších témat polárního výzkumu.

Německý Alfred Wegener Institut provádí zatím jako jediný občasná měření v oblasti mezi Špicberky, Severním pólem a pobřežím Kanady, a to vlastní vyvinutou sondou zvanou EM-Bird. Tato měření jsou doposud prováděna za pomoci vrtulníku. Nevýhody tohoto způsobu měření, omezený dolet a rušivé vibrace, daly vzniknout myšlence provozovat velkoplošná měření za pomoci vzducholodi.

Duchovním otcem této myšlenky je francouzský lékař a polární nadšenec Jean-Louis Etienne a jejím sponzorem je společnost TOTAL, která se uvolila projekt € 4,5 miliony financovat. Technickou stránku převzala ruská firma RosAeroSystems, která už v březnu roku 2008 chtěla vyslat na Špicberky vzducholod' vlastní výroby Au-30 a která přeletem k pólu a letem ke kanadskému pobřeží měla provést první měření. Získaná data měla posloužit k porovnání s výsledky starších měření a poskytnout tak parametry pro budoucí mise.

Ve Francii smontovaná Au-30 na Špicberky nikdy nedolétla, její krátký let skončil na střeše jednoho obytného domu poblíž Marseille. Navzdory tomuto nezdaru zůstává vzducholod' však i nadále pro svůj klidný let, dlouhý dolet a nízké provozní náklady jako platforma dlouhodobých měření vysoce zajímavou alternativou. Z tohoto důvodu má být v Ny-Alesund na místě zbouraného historického hangáru postaven nový hangár pro vzducholod' Au-30 s příslušným technickým vybavením.



## II

## zadání

### Popis zadání

Ny-Alesund je nejseverněji položeným stále obydleným vědeckovýzkumným pracovištěm světa. Jeho stálá modernizace z něj činí jedno z nejvýznamnějších mezinárodních civilních center polárního výzkumu. Německý Alfred-Wegener-Institut provádí zatím jako jediný občasná měření v oblasti mezi Špicberky, Severním pólem a pobřežím Kanady, a to vlastní institutem vyvinutou sondou zvanou EM-Bird. Tato měření jsou doposud prováděna za pomoci vrtulníku. Nevýhodou tohoto způsobu měření, omezeny dolet a rušivé vibrace, daly vzniknout myšlence provozovat velkoplošná měření za pomoci vzducholodi.

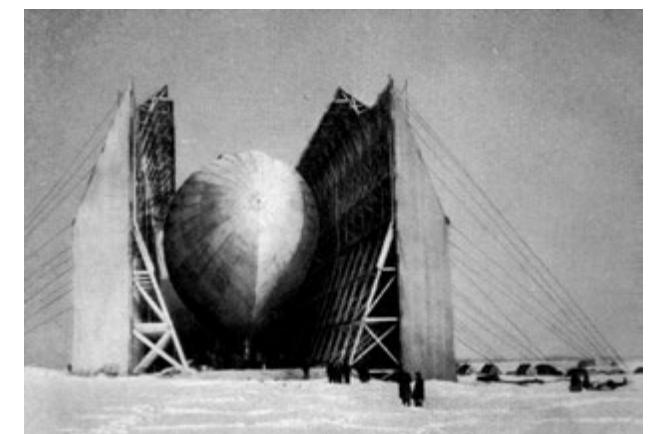
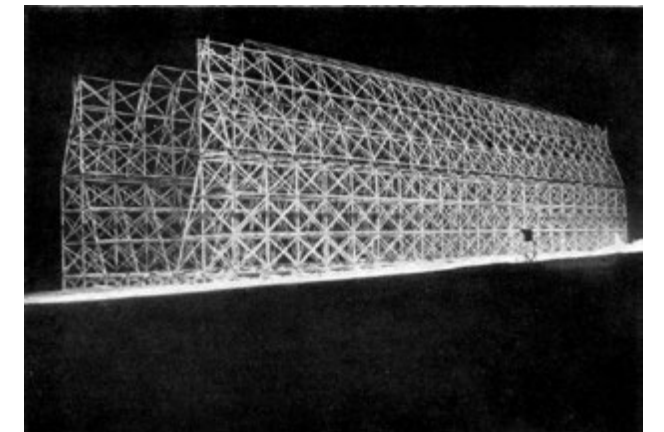
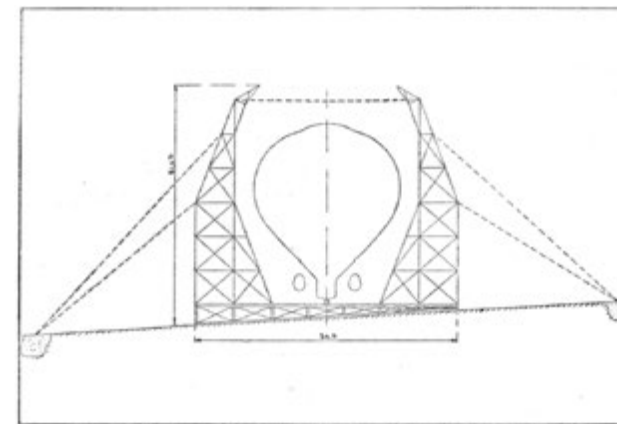
Technickou stránku projektu převzala ruská firma RosAeroSystems, která už v březnu roku 2008 chtěla vyslat na Špicberky vzducholod' vlastní výroby Au-30 a která přeletem pólu a letem ke kanadskému

pobřeží měla provést první měření. Získaná data měla sloužit k porovnání s výsledky starších měření a poskytnout tak parametry pro budoucí mise. Ve Francii smontovaná Au-30 na Špicberky nikdy nedolétla, její krátký let skončil na střeše jednoho obytného domu poblíž Marseille. Navzdory tomuto nezdaru zůstává vzducholod' však i nadále pro svůj klidný let, dlouhý dolet a nízké provozní náklady, jako platforma dlouhodobých měření vysoce zajímavou alternativou. Z tohoto důvodu má být v Ny-Alesund na místě zbouraného historického hangáru postaven nový hangár pro vzducholod' Au-30 s příslušným technickým vybavením.

### Stavební program

Hangár	ca. 1500 m <sup>2</sup>
Na obě strany otevíratelný hangár s mobilním kotevním stožárem pro vzducholod' Au-30 prefabrikovaná konstrukce s nízkými nároky na transport, montáž a demontáž 4,5 m volného prostoru kolem zaparkované vzducholodi (ve všech směrech) možnost údržby a malých oprav na balonu, zkoušek těsnosti balonu a čištění nosného plynu orientace osy hangáru ve směru převládajícího větru (viz orientaci historické konstrukce) přerušení kontaktu s permafrostem a průměrnou sněhovou pokrývkou (ca. 1,00 m)	
Čistička helia (s. v. = 6 m, může být umístěna mimo hangár)	100 m <sup>2</sup>
Dílna a sklad (s. v. = 4,5 m)	200 m <sup>2</sup>
Generátor	15 m <sup>2</sup>
Vedoucí provozu	20 m <sup>2</sup>
Konferenční místnost	30 m <sup>2</sup>
Laboratoř	30 m <sup>2</sup>
6 obytných buněk á 15 m <sup>2</sup>	90 m <sup>2</sup>
Sociální zařízení	
Garáž pro dva sněžné skútry	25 m <sup>2</sup>

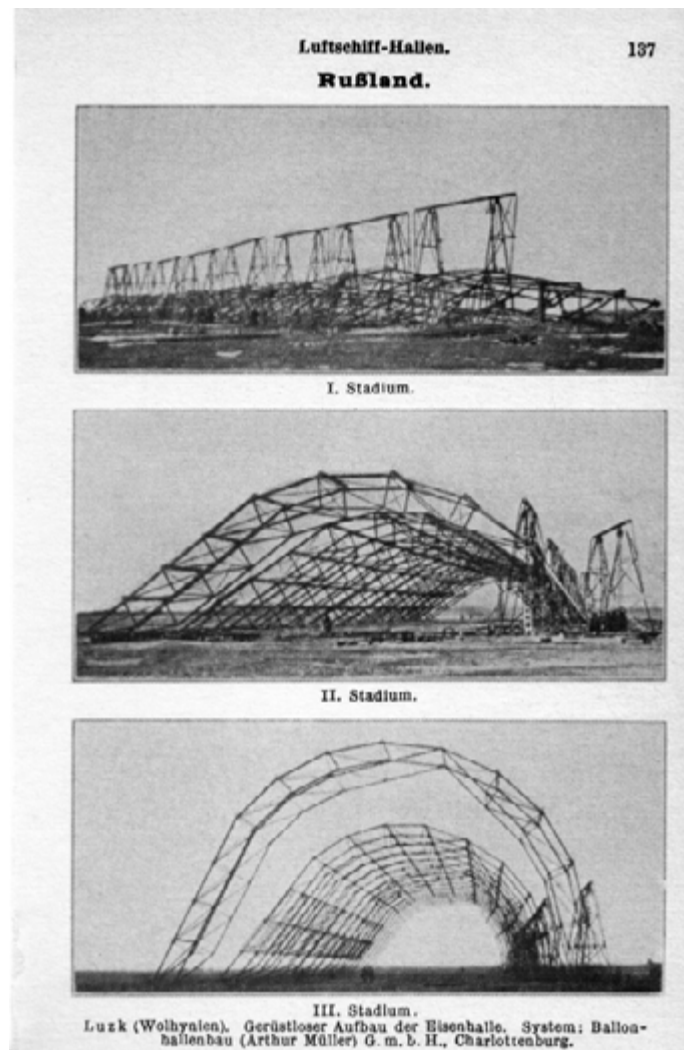
V rámci úvodních přednášek prof. Bauma jsme byli obeznámeni s příběhem osady Ny-Alesund i s historií polárních letů, ale především také s typologií a principy konstrukcí tuhých vzducholodí a staveb sloužících jakožto obydlí těchto vzdušných plavidel. Niže uvádím alespoň stručný výčet některých klíčových referenčních hangárů.



**Hangár v Ny-Alesund na Špicberkách  
pro výpravu Roalda Amundsen a Umberta Nobileho, 1926/1929, Felice Trojani<sup>1,2</sup>**

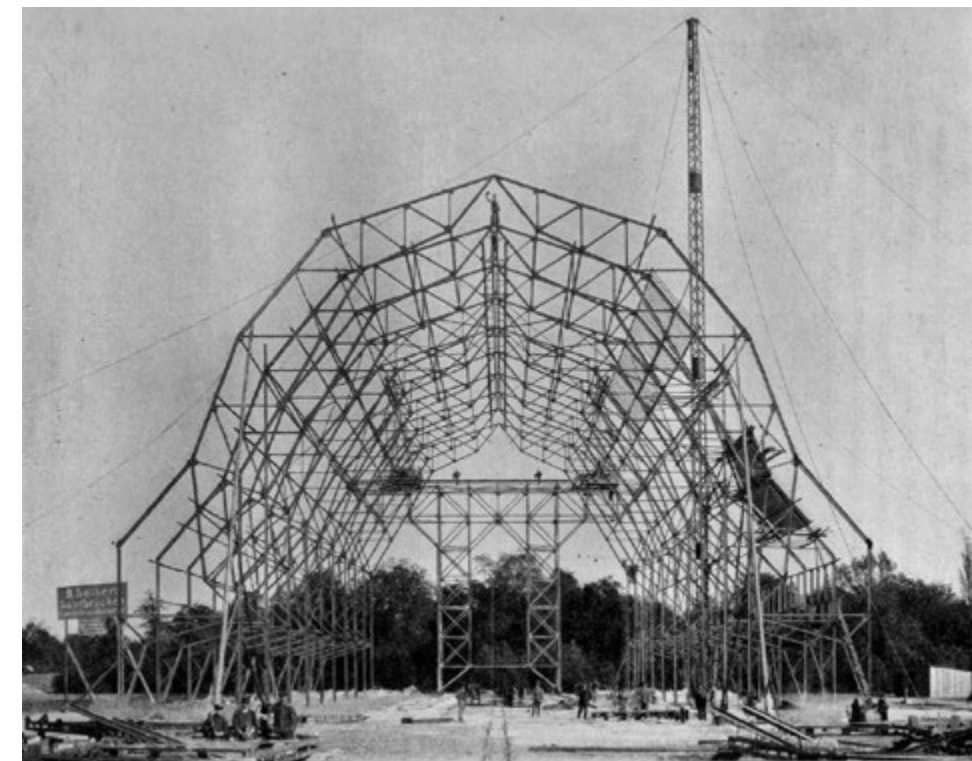
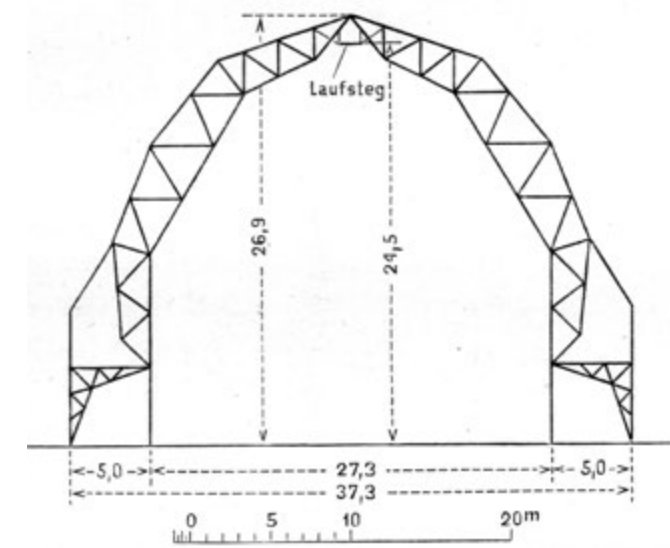
Dřevěná konstrukce krytá tkaninou, s kotevními lany podél hangáru, postavena pár set metrů jihovýchodně od hornické osady Ny-Alesund. Místa kotvení - založení jsou stále na místě dobře patrná i z leteckých snímků. Ve stopě tohoto hangáru navrhují hangár nový, se stejnou orientací.





**System Arthur Müller GmbH, Berlin / Charlottenburg <sup>1,2</sup>**

postupná montáž příčníků na 'kozách' ze země, bez nutnosti masivního lešení či jeřábů



**Demonstrační objekt firmy Seibert, Saarbrücken, soutěž ILA 1909 <sup>1,2</sup>**

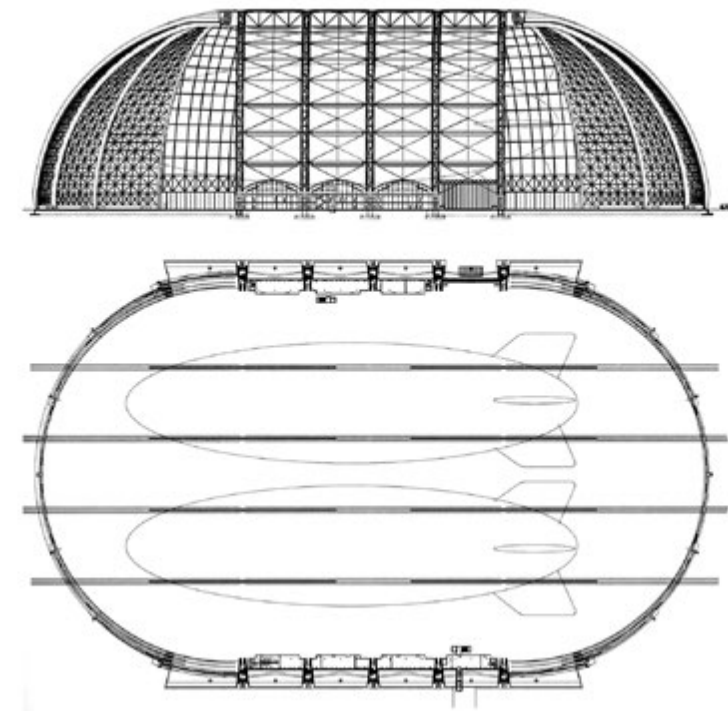
zvýšená poloha spodního kloubu





**U. S. Naval Station Moffet Field, Sunnyvale, California, 1933** <sup>1,2</sup>

ohromná kovová konstrukce, nyní podstupující rekonstrukci

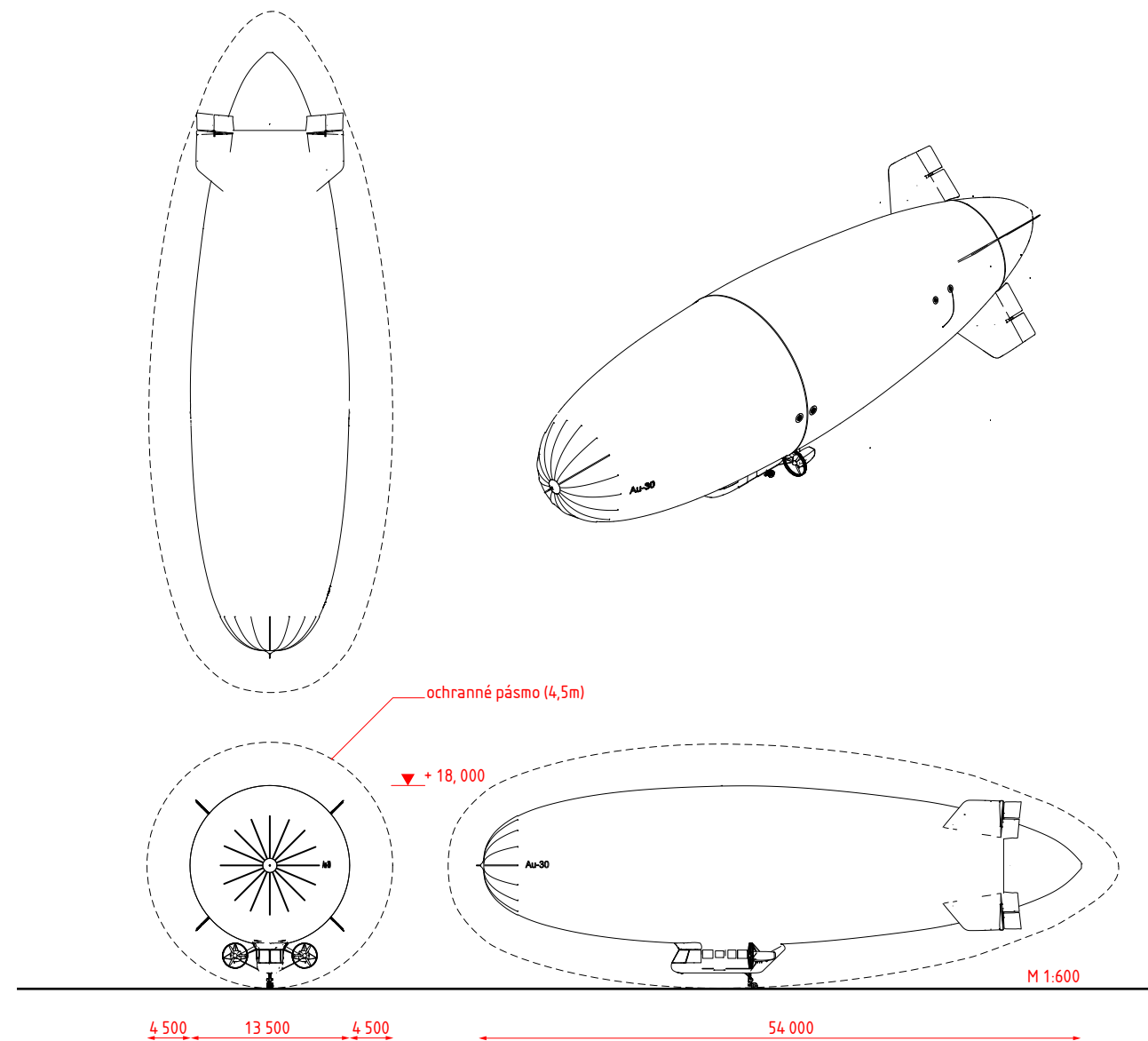


**SIAT GmbH Cargo Lifter, Brand, Německo** <sup>1,2,13</sup>

210 m x 363 m, 107 m výšky

## AU-30

celkový objem	5 065 m <sup>3</sup>
z toho vzduchové balonety	1 266 m <sup>3</sup>
nosnost	1 500 kg
max. vzlet. hmotnost	4 850 kg
běžná letová rychlost	40 - 80 km/h
maximální rychlost	110 km/h
pohon	2 pístové motory Lom-Praha M332N, 2x170 koní
dolet při běžném výkonu	3000km / radius 1600km (24h)
běžná letová výška	do 1 500 m
max. výstup	2 500 m
posádka	1-2
pozemní posádka	4-6
min. velikost hangáru	66 x 20 x 19 m



## IV

## návrh

Specifická typologie vzducholodního hangáru okořeněná extrémními podmínkami norských Špicberk by mohla působit abstraktně, má však vcelku reálný kontext. Realisticky jsem se snažil přistupovat i k návrhu, a tak po dlouhém tápání zvolená varianta konstrukce je snad tou nejracionalnější možnou.

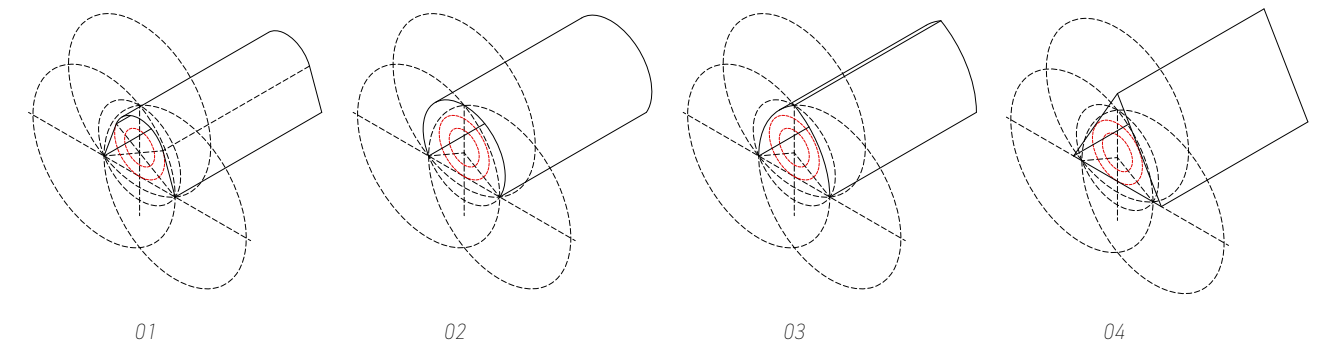
Vzducholod' délky 54 m, průměru v nejširším bodě 13,5 m a konstrukční výšky 18 m vyžaduje jistý manipulační prostor a bezpečnostní odstupovou vzdálenost 4,5 m.

Návrh musí řešit především několik problémů:

- založení na svahu v arktických podmínkách permafrostu, tedy dotýkat se co nejméně země a udržovat hlavní konstrukce nad zemí kvůli sněhové pokrývce
- překlenutí velkého rozponu přes celý hangár bez vnitřních podpor
- otevírání vrat a návaznost na kolejiště - dráhu sloužící pro přistání / vzlet

Úvodem předkládám jednoduchou úvahu - přehled základních geometrických možností, jak dostat kýžený prostor pod jednu střechu (prozatím bez ohledu na vrata), seřazeno dle velikostí ploch pláště

*základní geometrické možnosti zastřešení kýženého prostoru*



01  
1/3 kružnice + tečné úsečky  
dva typy konstrukce tubusu, nejmenší povrch, staticky výhodná podobnost parabole (pro svislé zatížení)

02  
2/3 kružnice jeden typ konstrukce tubusu, nejmenší půdorys, přesto díky tomu, že se plášť nejprve vzdaluje od osy hangáru nabízí prostor pro zázemí hangáru (obslužné provozy)

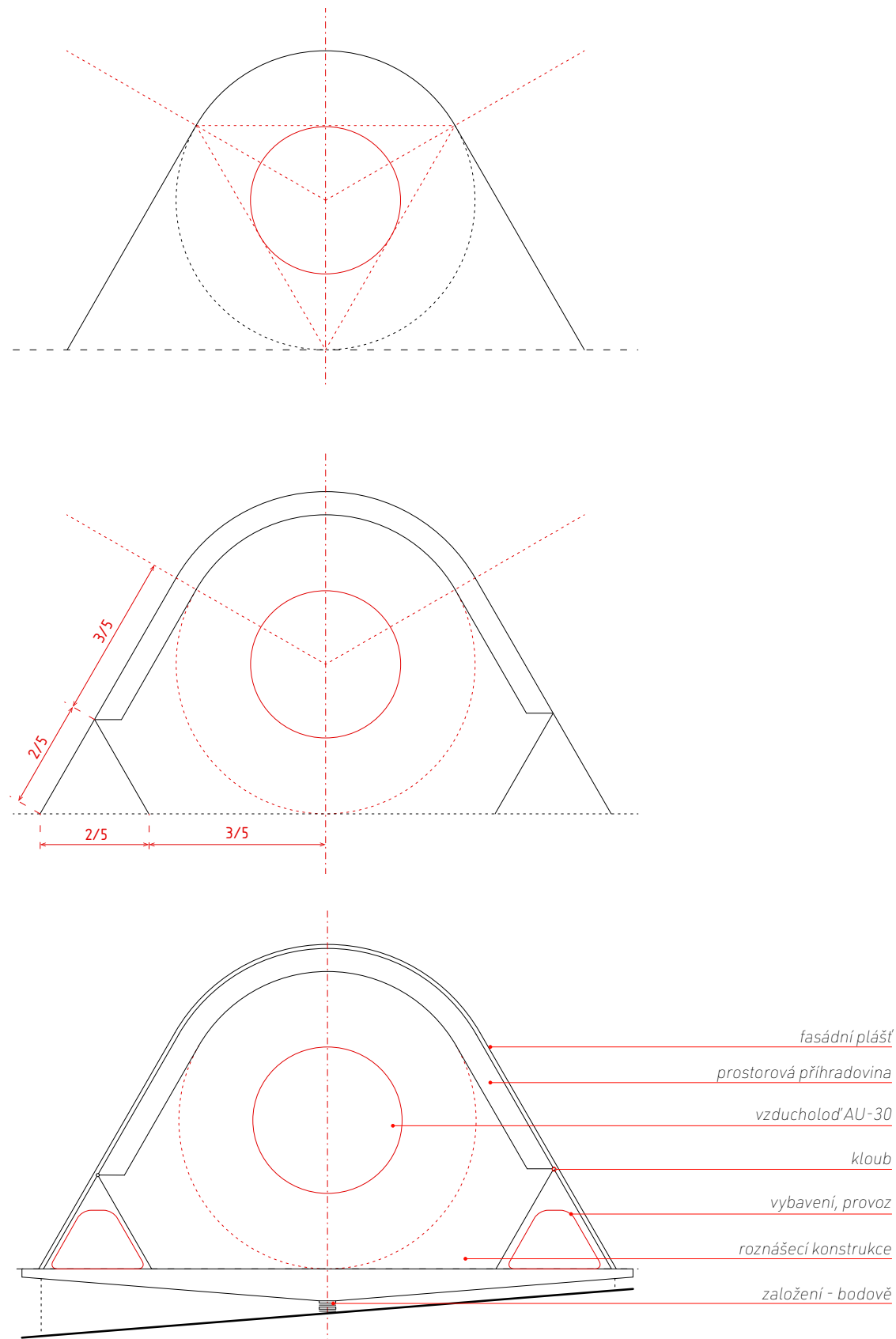
03  
2x část kružnice (2x1/6=1/3) ... jeden typ konstrukce tubusu  
prostor nad ochranným pásmem vzducholodi pro jeřábovou dráhu / podélné ztužení při vrcholu

04  
příčný řez rovnostranného trojúhelníka opsaného 'ochranné kružnici' přirozeně generuje největší plochu prostor nad ochranným pásmem vzducholodi pro jeřábovou dráhu / podélné ztužení při vrcholu

Na základě výše zmíněné úvahy vybírám variantu 01, v příčném řezu nejvíce podobnou parabole, tedy skládající se z třetiny kružnice a tečných úsečků. Rozměry se řídí nezbytnou odstupovou vzdáleností

od vzducholodi, zároveň díky tečným úsečkám vzniká rozšířený půdorys umožňující umístění vědeckotechnického zázemí a dalších obslužných provozů.

geometrie konstrukce v příčném řezu, základní členění



Podobnost takového konstrukčního schématu řetězovce je výhodná pro svislé zatížení (sníh). Výška (vzepětí) nosníku generuje větší momenty při zatížení větrem. Hangár musí být postaven ve směru převládajícího větru kvůli přistávacím a vzletacím manévřům vzducholodi, toto zatížení však nelze zcela vyloučit, obzvláště při pohledu na větrnou růžici z místa činu, která ukazuje že směr stavby hangáru, ctě historickou stopu dřevěného, plachtou potaženého hangáru beze střechy z počátku dvacátého století, je spíše kompromisem mezi

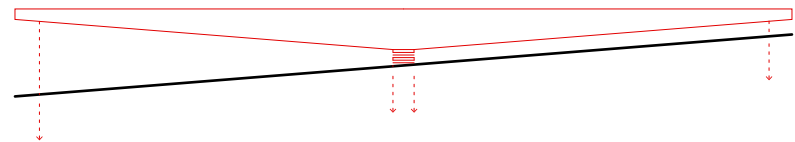
dvěma převládajícími směry větru (VSV / J, viz str. 8), než-li směrem zcela jednoznačně převládajícím. Z tohoto důvodu, a také pro zkrácení rovné části této v řezu parabole-blízké konstrukce a v neposlední řadě i pro umístění vědeckotechnického zařízení a dalších obslužných provozů, je kloub této konstrukce vyzdvižen výše nad úroveň podlahy na 'kozách', pevně spojených s podlahovým roznášecím rámem, ten je pak bodově uložen na čtyřech rozměrných elastomerových ložiscích a osmi stojkách kyvných v podélném směru.

vliv tvaru nosníku na průběh ohybu<sup>3</sup>

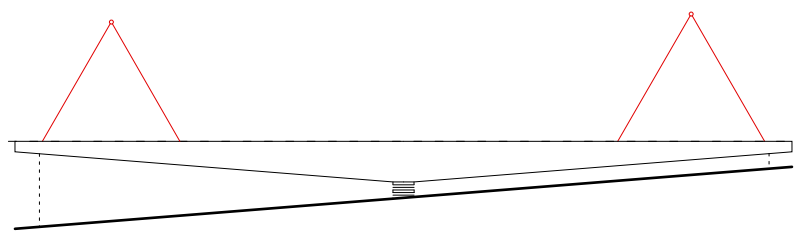
zatížení	vlastní vahou	svislé zatížení (sníh)	horizontální zatížení (vítr)
sinusoida			
parabola			
řetězovka			
kružnice			
cykloida			
prostý nosník			

pozn. jedná se o převzatý srovnávací model z teze doktorské práce Jana Foretníka / VUT v Brně, 2010<sup>4</sup>

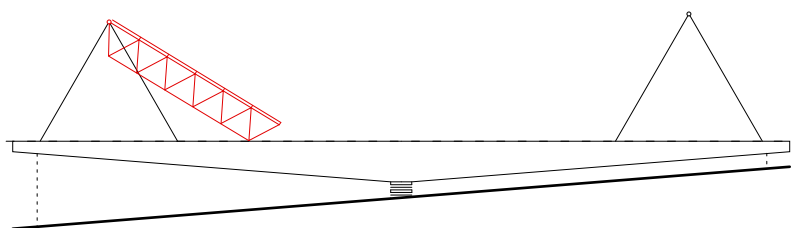




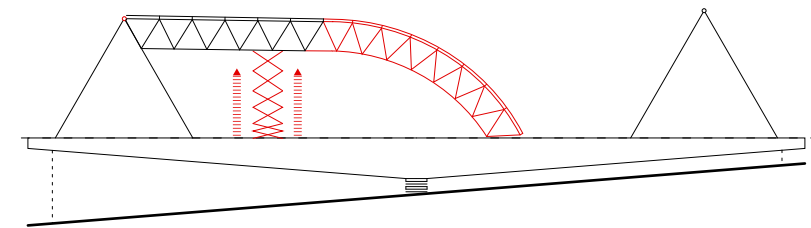
01 / založení, podlahový rošt



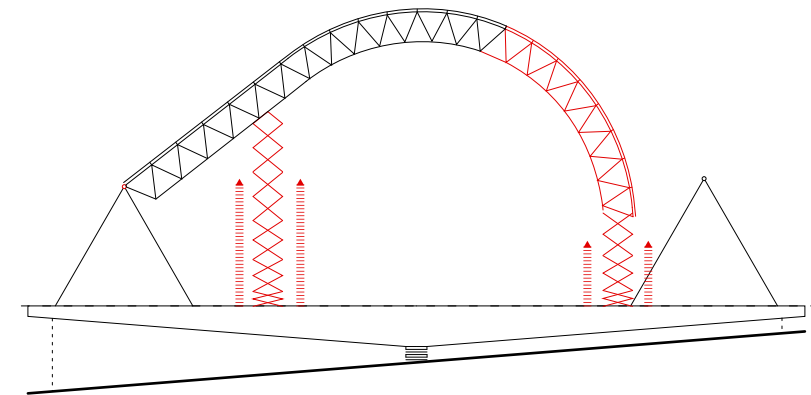
02 / roznášecí kozy připomontované k podlahovému roštu



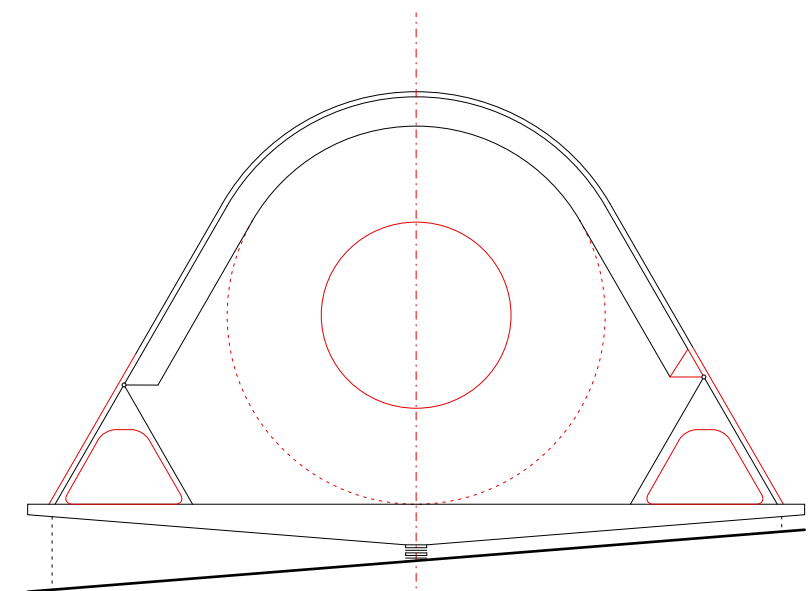
03 / první část prostorové příhradoviny i s fasádními panely, uložení na kluzné spojce (viz str. 45)



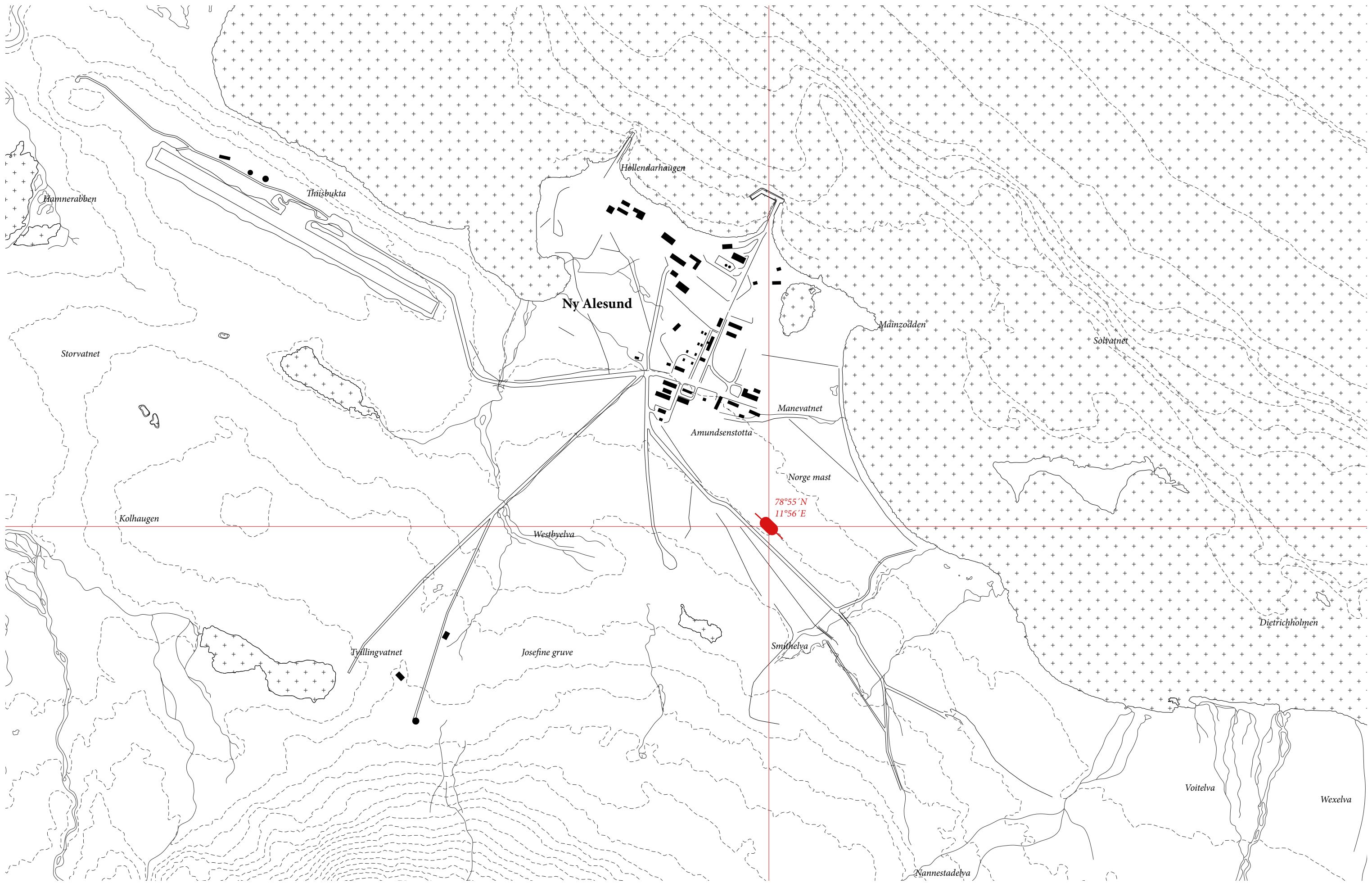
04 / postupné zvedání konstrukce mechanickým / hydraulickým zařízením (dočasná podpěra) a montáž další části konstrukce

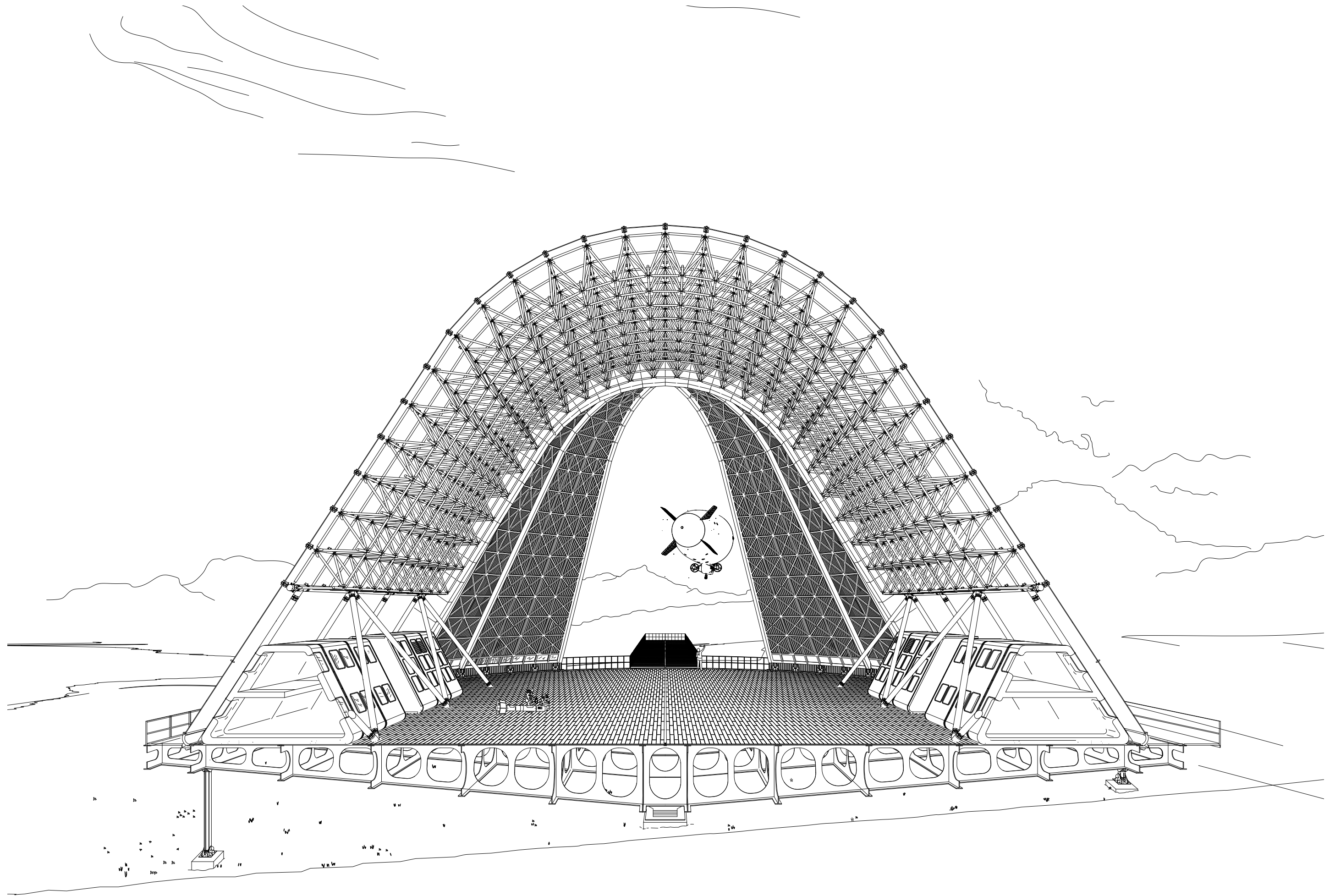


05 / postupné zvedání konstrukce mechanickým / hydraulickým zařízením (dočasná podpěra) a montáž další části konstrukce

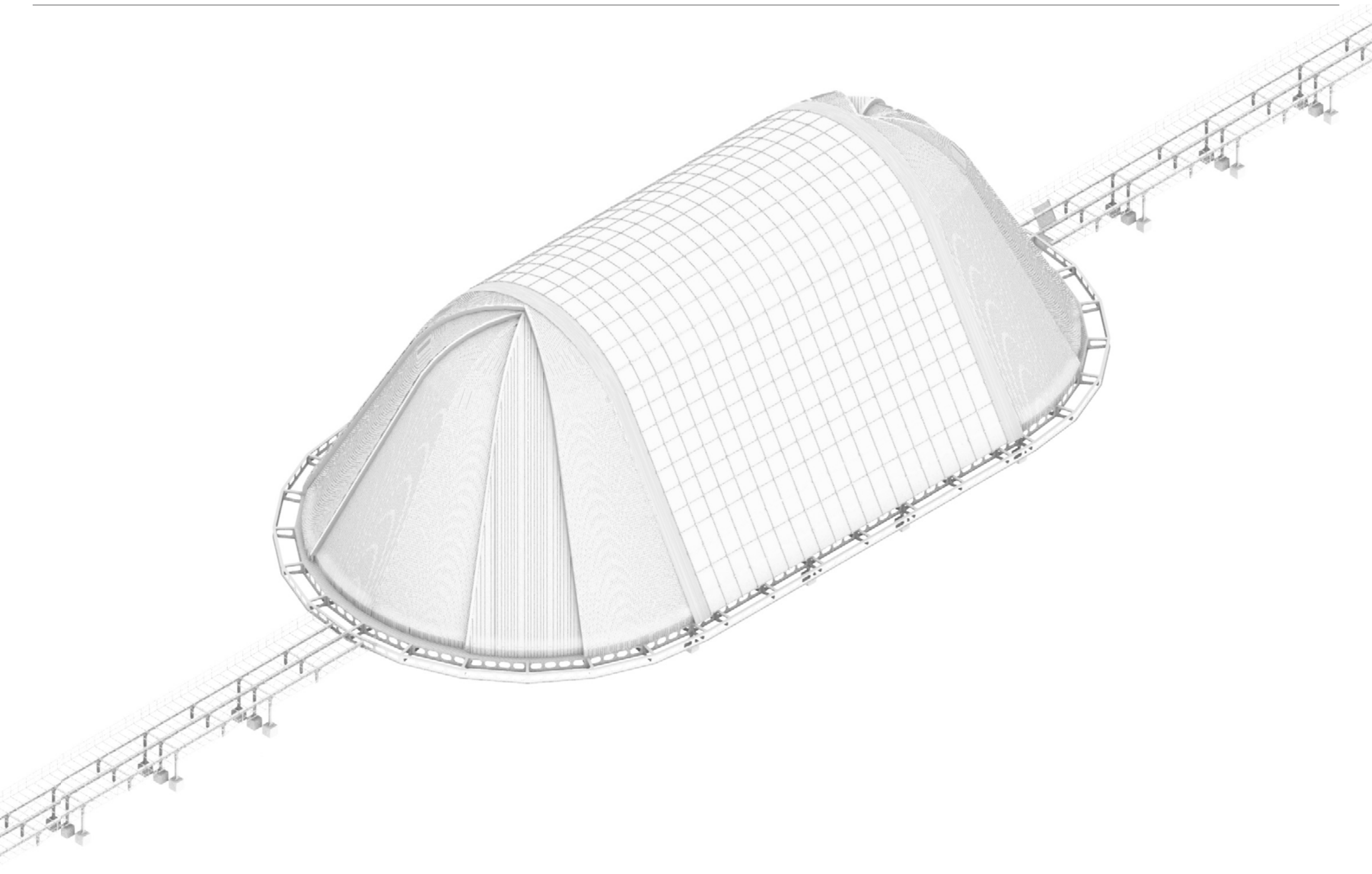


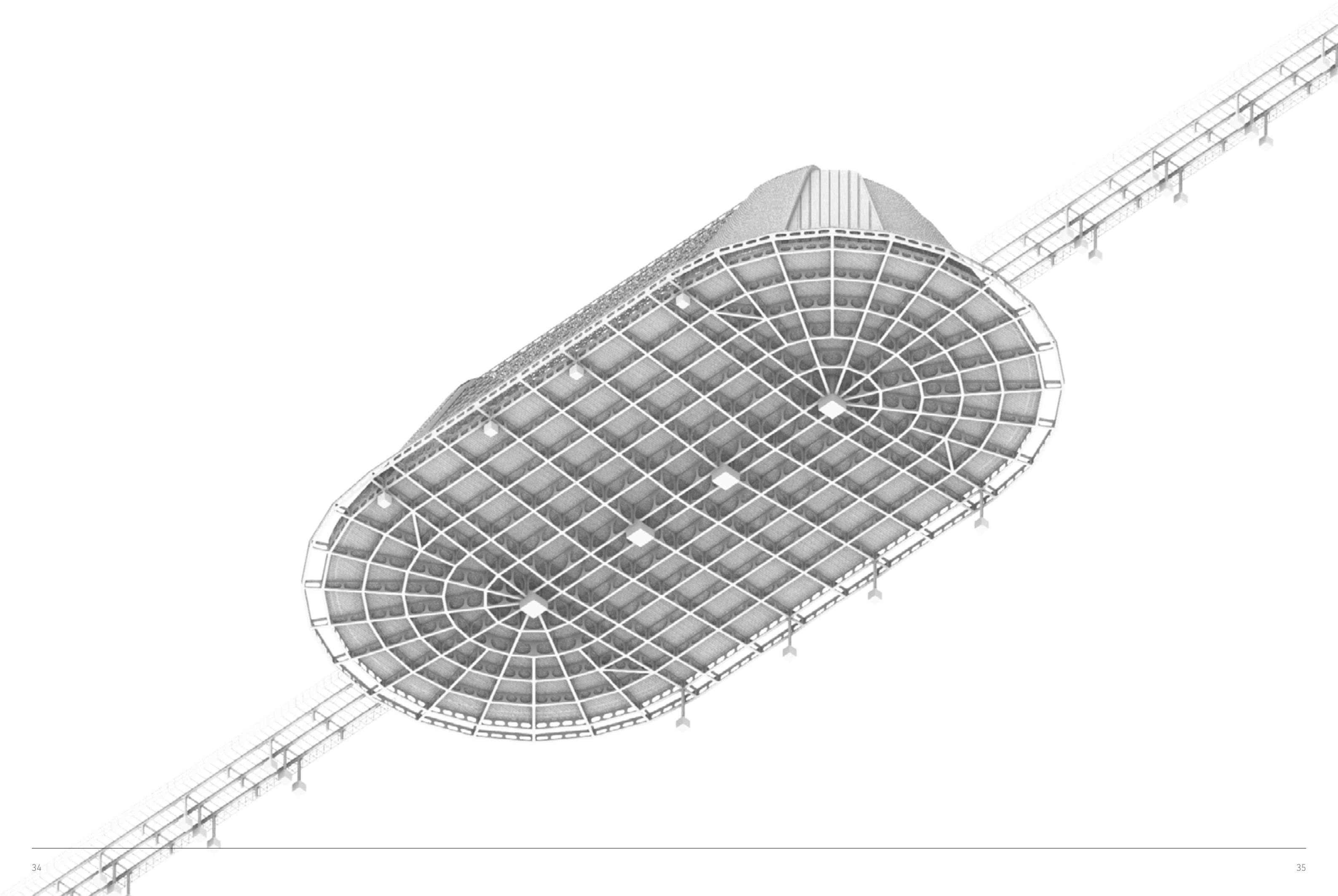
06 / montáž posledního dílu příhradoviny, odstranění podpor, doplnění zasklení (LOP) v nižší části hangáru



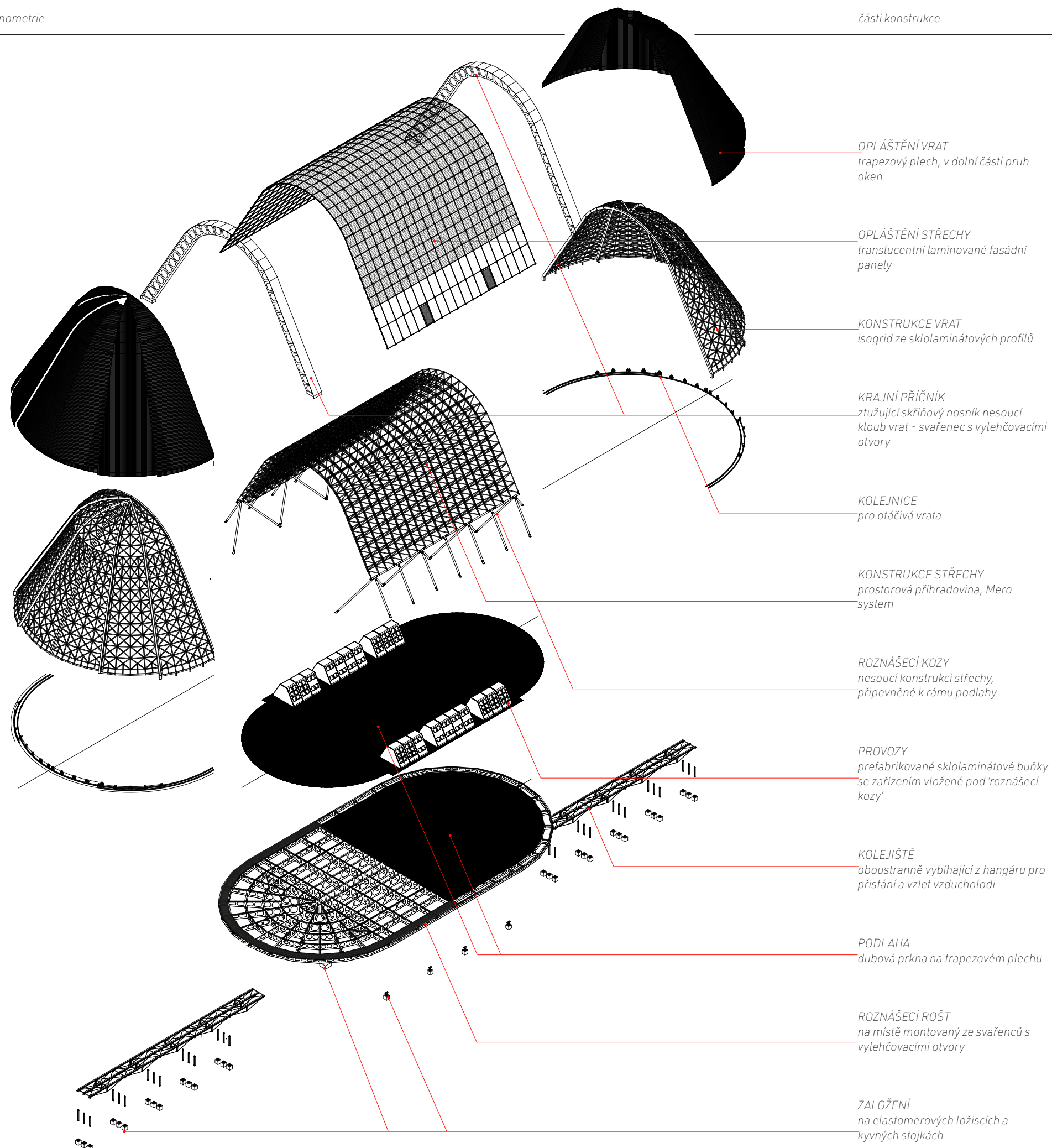












Stavbu na odlehleém místě by mělo být možno co nejefektivněji přepravit na místo určené a co nejnáze smontovat. Konstrukce by tedy měla být prefabrikovaná, modulární a co možná nejlehčí.

V tomto duchu navrhuji veškeré části konstrukce, jedinou snad nevyhnutelnou výjimkou je založení - je třeba se doslova provrtat vrstvou permafrostu a hangár založit na pilotách - tedy snažím se alespoň co nejméně dotýkat země, hangár je v návaznosti na moduly roznášecího podlahového roštu založen na čtyřech velkých elastomerových ložiscích a osmi v podélném směru kyvných stojkách. Větší množství, o to však méně náročných patek či pilot vyžaduje kolejiště vybihající z hangáru pro účely startu a přistání vzducholodi, které je kloubově spojeno s roznášecím podlahovým roštem hangáru a uloženo vždy na trojici v podélném směru kyvných stojek.

Toto kolejiště má za úkol poskytnout prostor pro bezpečné vyvedení vzducholodi z hangáru, aby mohla nerušeně odstartovat, či přistát. Tento manévr probíhá vždy proti směru větru (čímž je dána i orientace celé stavby ve směru převládajících větrů), tedy z jedné strany vzducholod' vzlétá, na opačné straně přistává.

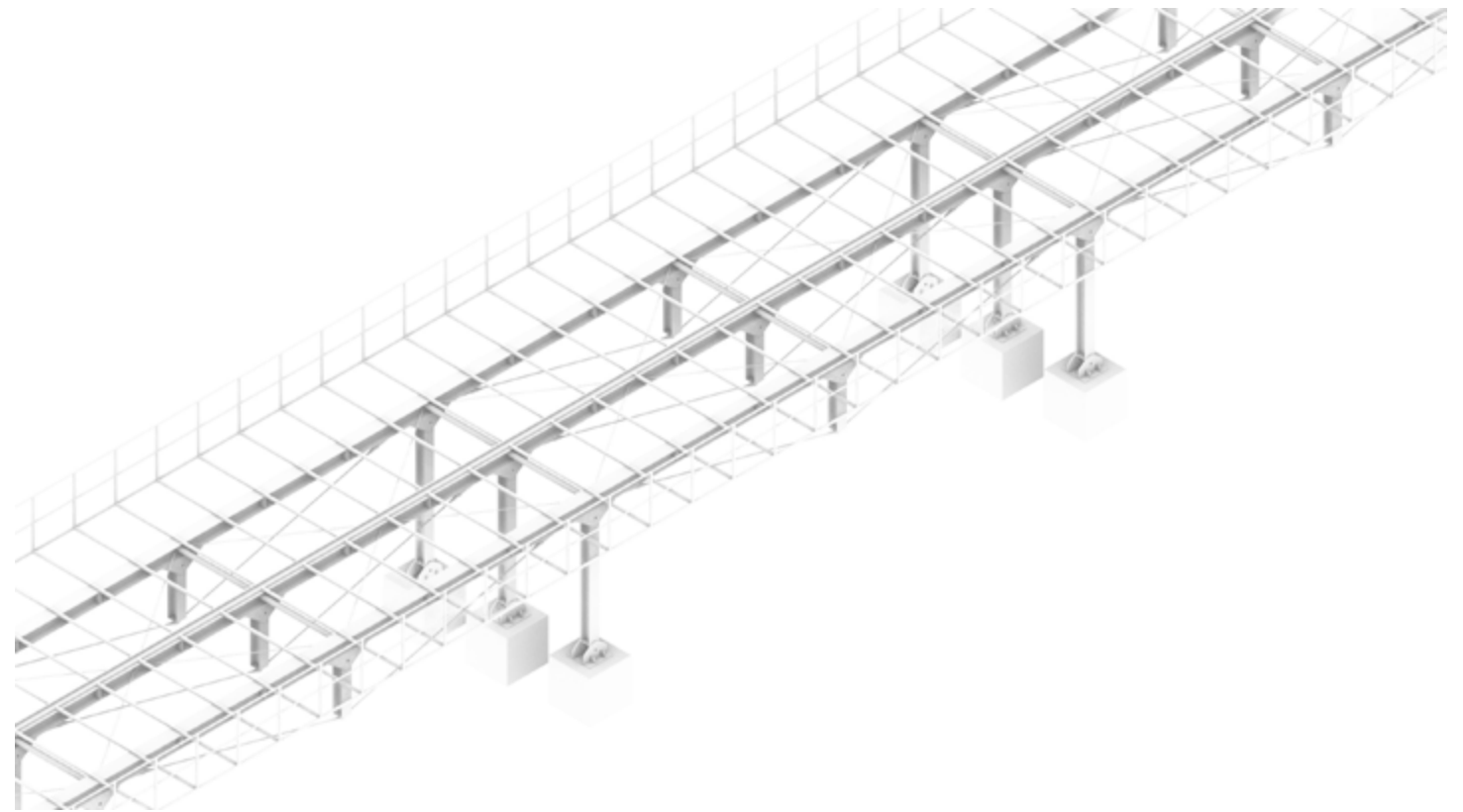
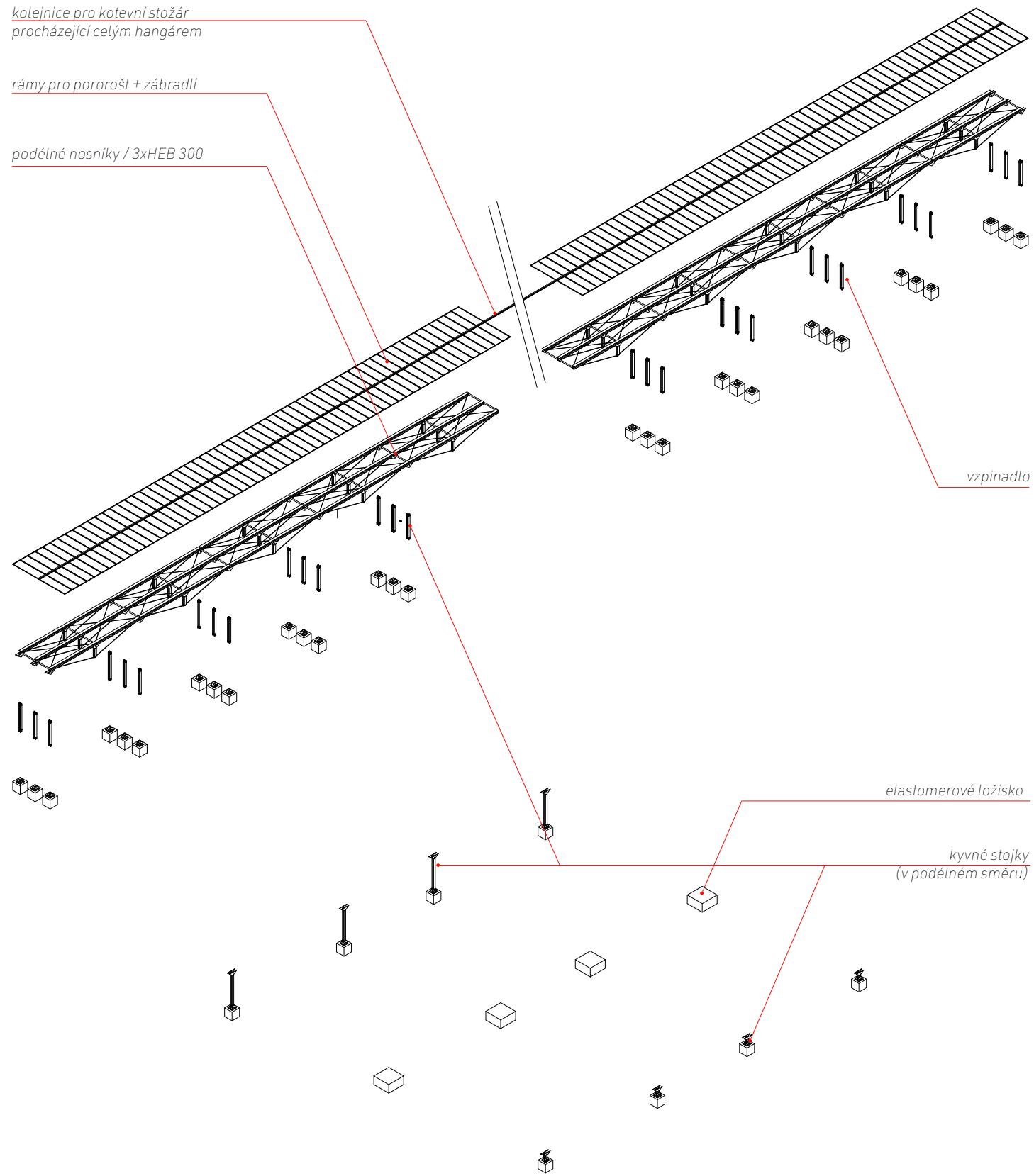
Aby vznikalo co možná nejméně nežádoucích turbulencí, je třeba otevřít šestadvacet metrů vysoká vrata hangáru vždy na obou stranách současně. Pohyb dvojice listů (každý po 30°) zasouvajících se pod třetí krajní fixní list v lici s fasádou zajišťuje po vzoru gigantického hangáru *Cargo Lifter* (viz str. 21<sup>1,2,13</sup>) kolejiště v úrovni podlahy a kloub v ose otáčení vrat, uložený na ztužujícím příčném ocelovém nosníku. Vrata jsou složena z isogridu ze sklolaminátových nosníků průřezu 120 x 120 x 12 mm s krajními nosníky 300 x 600 x 20 mm. Sklolaminát je lehký a vykazuje podobné vlastnosti oceli při nepatrně větších tloušťkách materiálu. Dílce isogridu jsou pro přepravu členěny na jednotlivé kusy délky max 4,5 m, na místě spojeny ocelovými vloženými mezikusy a prošroubovány.

Podlahový roznášecí rošt je tvořen jednotlivými deskovými plechy délky max. 6,3 m s vyřezanými vylehčovacími otvory a přivařenou horní a dolní pásnicí, na místě sešroubovanými. Kromě krajního pole opatřeného porořešty je v celé ploše pokryt trapezovým plechem, který ze spodní strany uzavírá prostor hangáru, a opatřen podlahou z dubových prken (mimo místa usazení prefabrikovaných buněk vnitřních provozů). V příčném řezu se rošt na jedné straně přizpůsobuje terennímu sklonu 8%, na druhé straně jej přirozeně zrcadlí. Takřka čtvercový rošt po obou stranách doplňují paprskovitě stejným principem konzoly pro půdorysně půlkruhové uložení vrat.

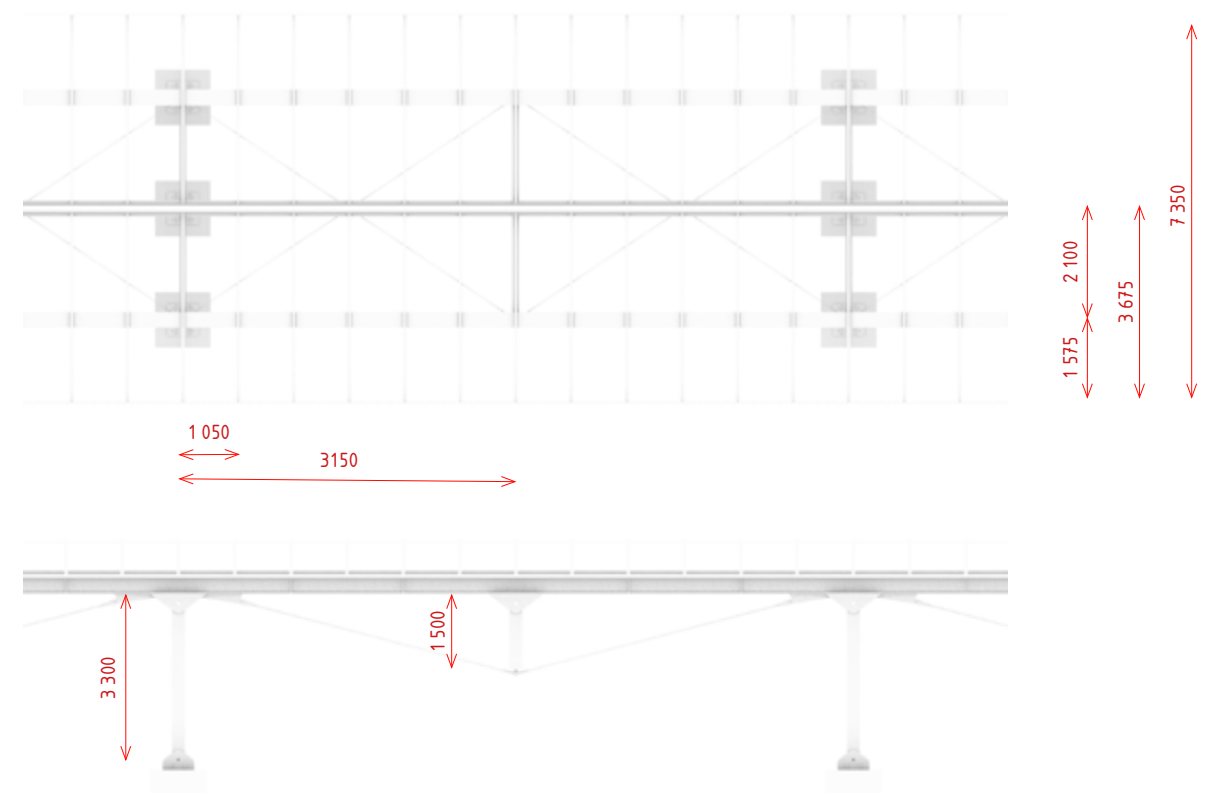
V návaznosti na spodní roznášecí rošt jsou přišroubovány přírubové spojky pro trubkovou konstrukci roznášecích 'koz', v příčném řezu rovnostranného trojúhelníka, na těch je kloubově uložena prostorová příhradovina - konstrukce střechy. Tyto 'roznášecí kozy' z 300 mm trubek dávají dohromady podél každé strany hangáru vždy čtveřici tetrahedronů (s pomyslnou podstavou v podlaze). Vodorovná trubka ve výšce lehce přes 9 m spojuje jejich vrcholy a je dále podepřena vždy v polovině další stejnou trubkou šikmo směrem vně z hangáru. Opakující se spoje těchto ocelových trubek navrhuji zajistit zapuštěnou přírubou (*inspirovanou návrhem Lávky přes Jizeru od Mirko Bauma a Davida Baroše<sup>14</sup>*).

Do prostoru vznikajícího pod těmito 'kozami' navrhuji umístit prefabrikované moduly pro zázemí, vědeckotechnické zařízení a další provozy. V buňkách lichoběžníkového průřezu se mohou díky výšce 6 m odehrávat provozy vyžadující vyšší světlovou výšku (dílna, čistíčka helia), ale také je možné prostor rozdělit vertikálně na dvě části, či na část s plnou výškou a část s 'patrem' / 'galerií'.

Zastřešení prostoru o půdorysu cca 44 x 44 m (prostor hangáru mimo vrata) navrhuji vyřešit deskou prostorové příhradoviny ocelových prutů spojovaných v závitových koulích systému *Mero*, uložené na výše zmíněných roznášecích kozách. Opláštění této konstrukce navrhuji v návaznosti na závitové koule, přes přítlačné lišty a křížové krytky provést 494 translucentními sklolaminátovými panely s jádrem z voštinové desky identických rozměrů 2,1 x 2,1 m. Rozměry těchto prvků jsou navrženy s ohledem na přepravu a rozměry klasického dopravního lodního kontejneru a následuje je veškeré členění stavby na díly a prvky á 1050 mm.

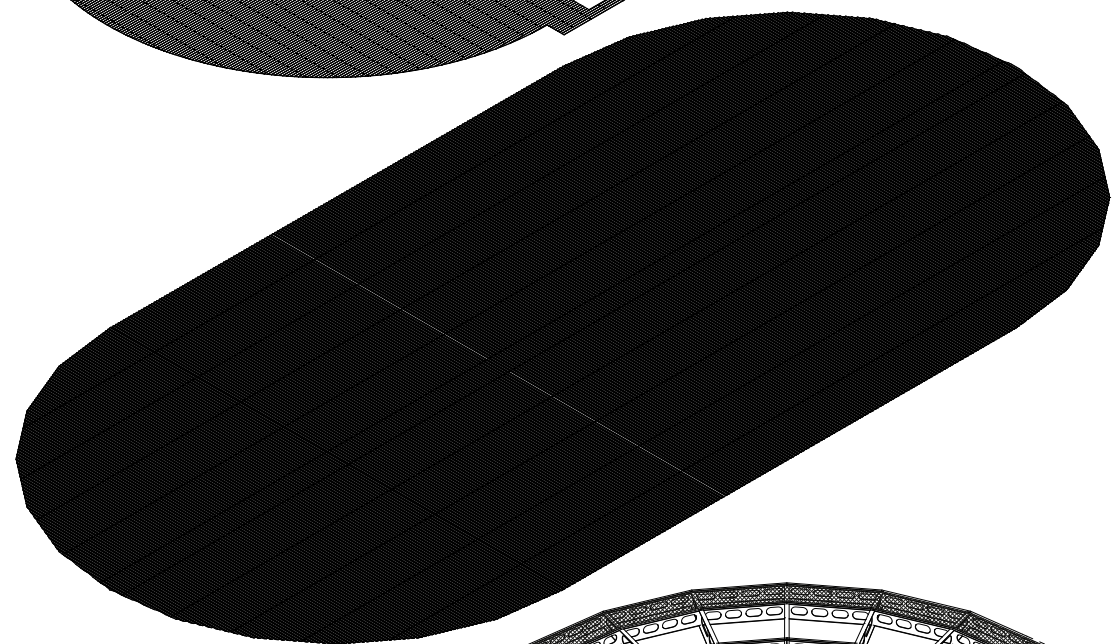
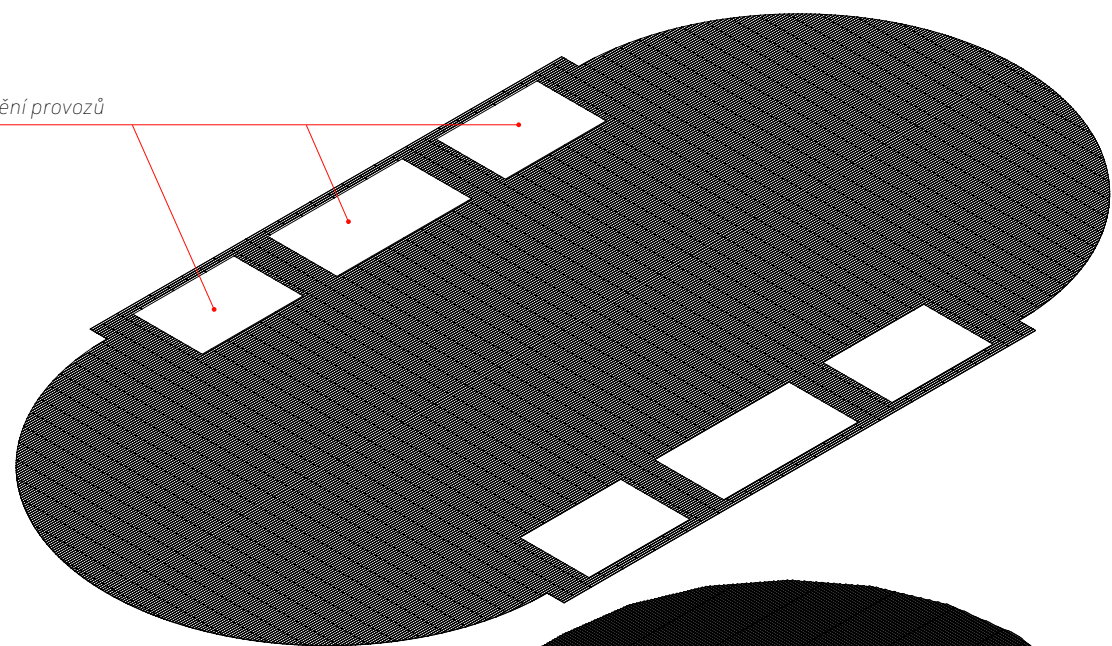


pohled shora + z boku / založení + kolejiště

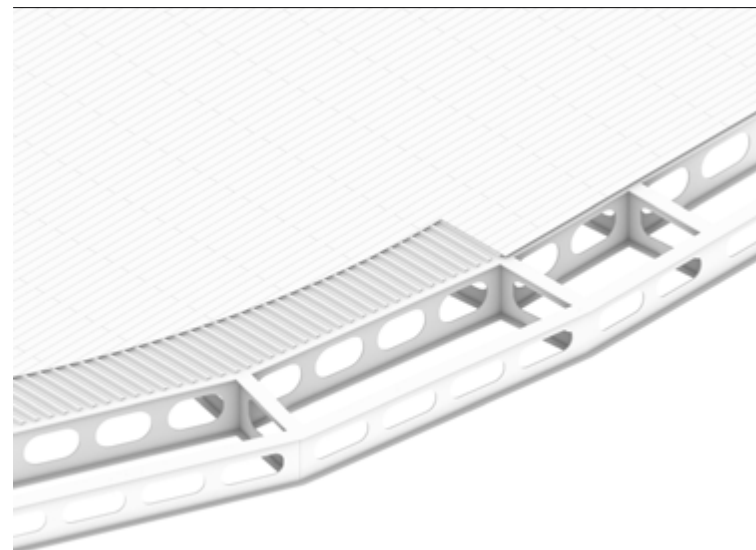
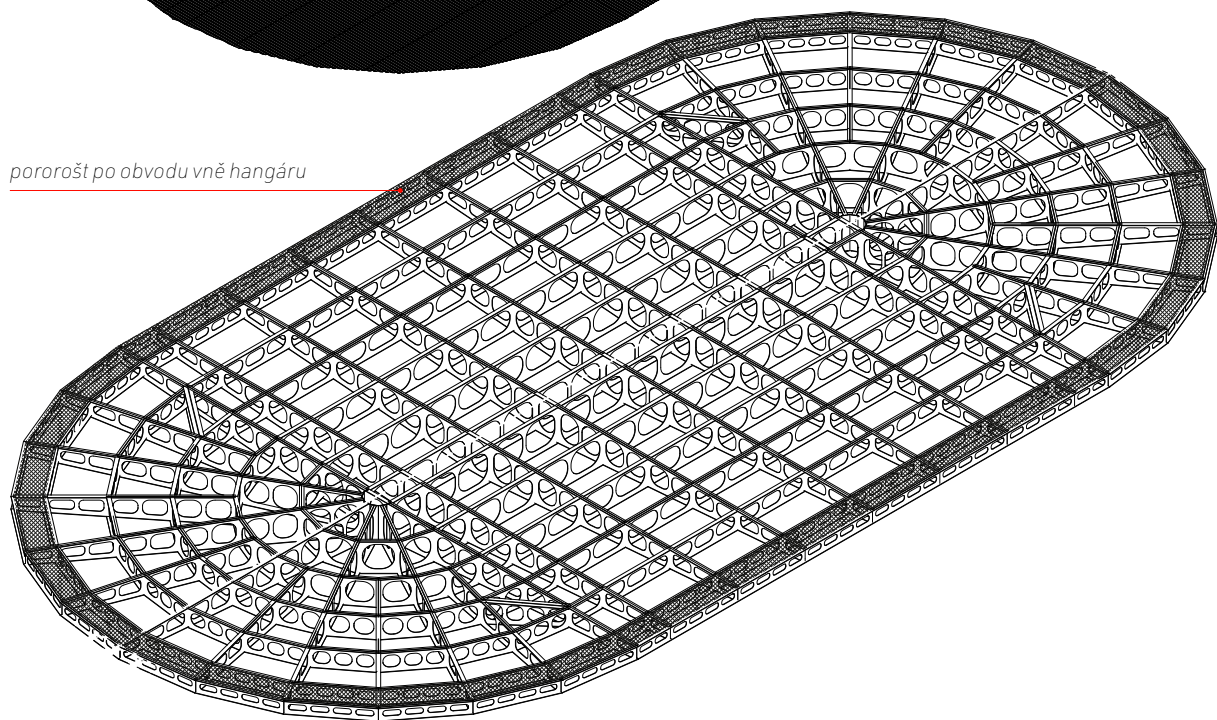




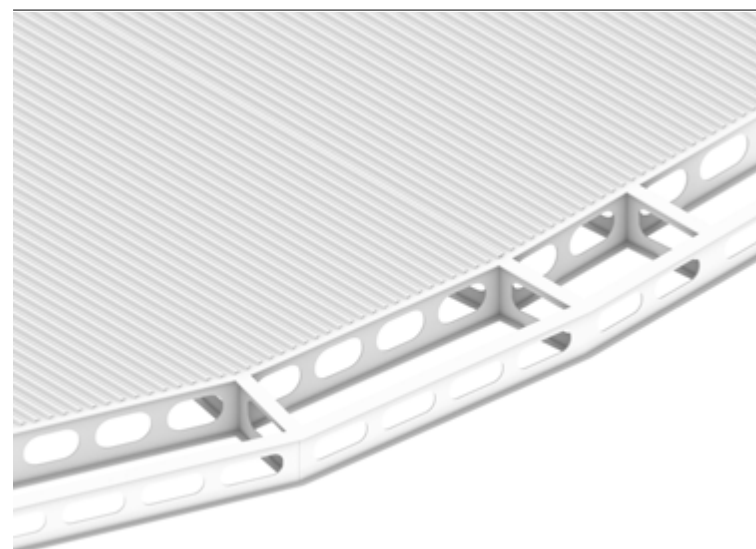
umístění provozů



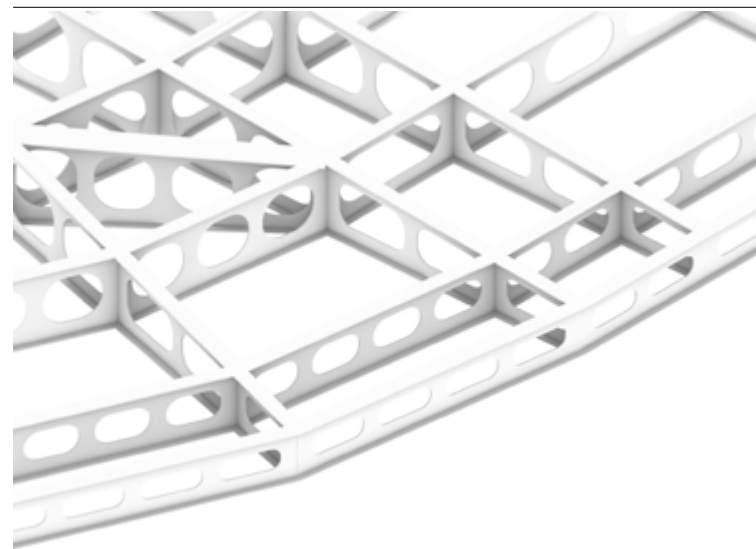
pororošt po obvodu vně hangáru



trapezový plech T50

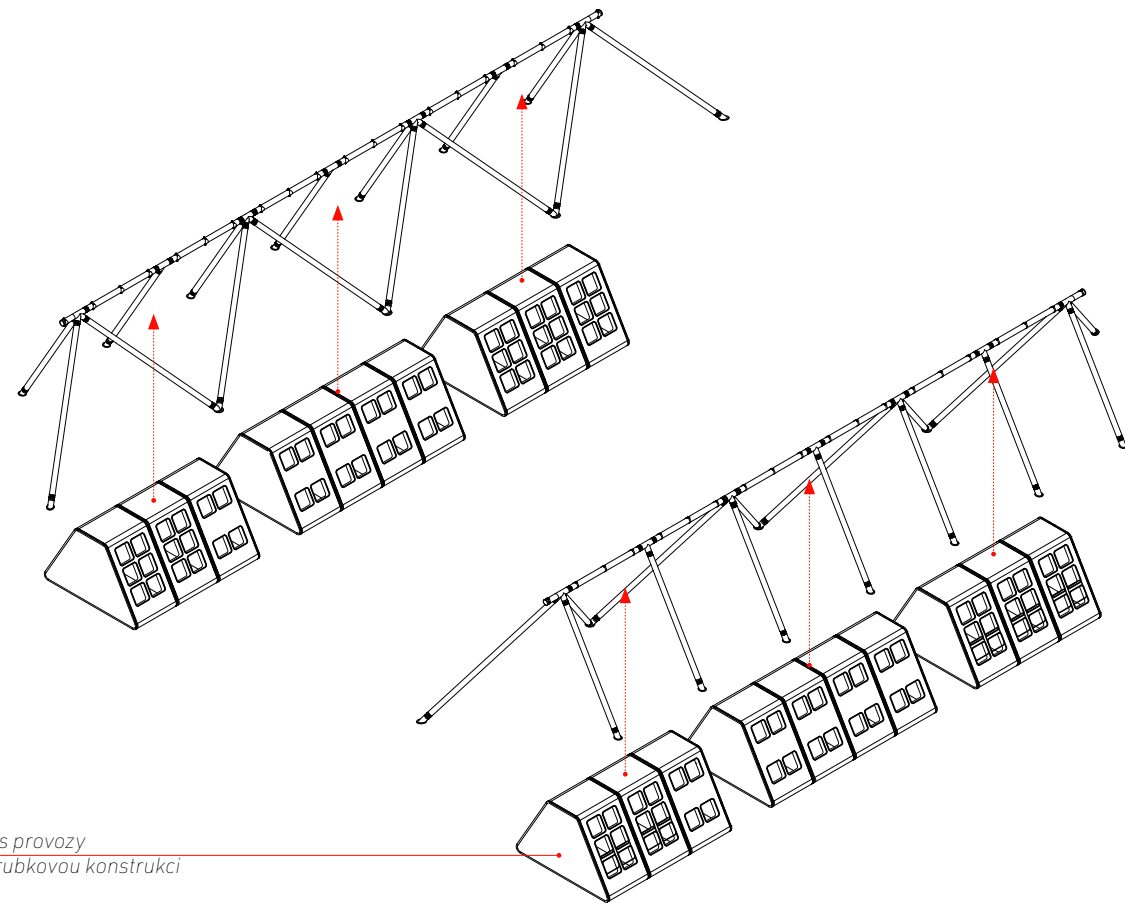


konstrukce roznášecího roštu ze svařenců s vylehčovacími otvory

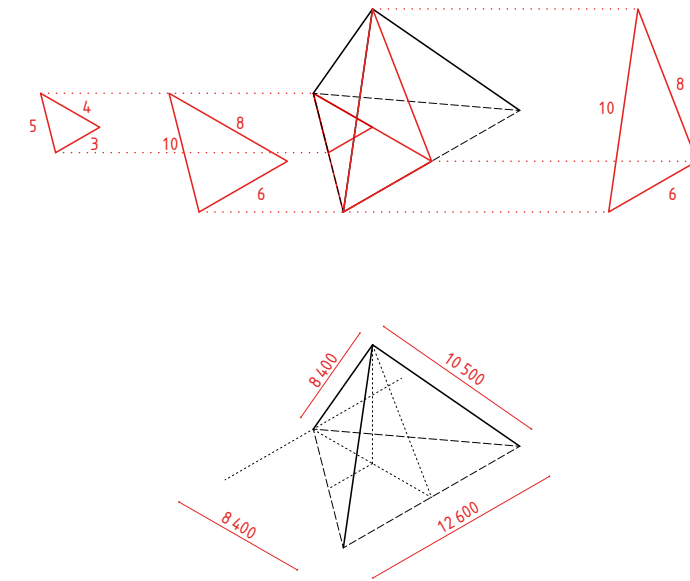
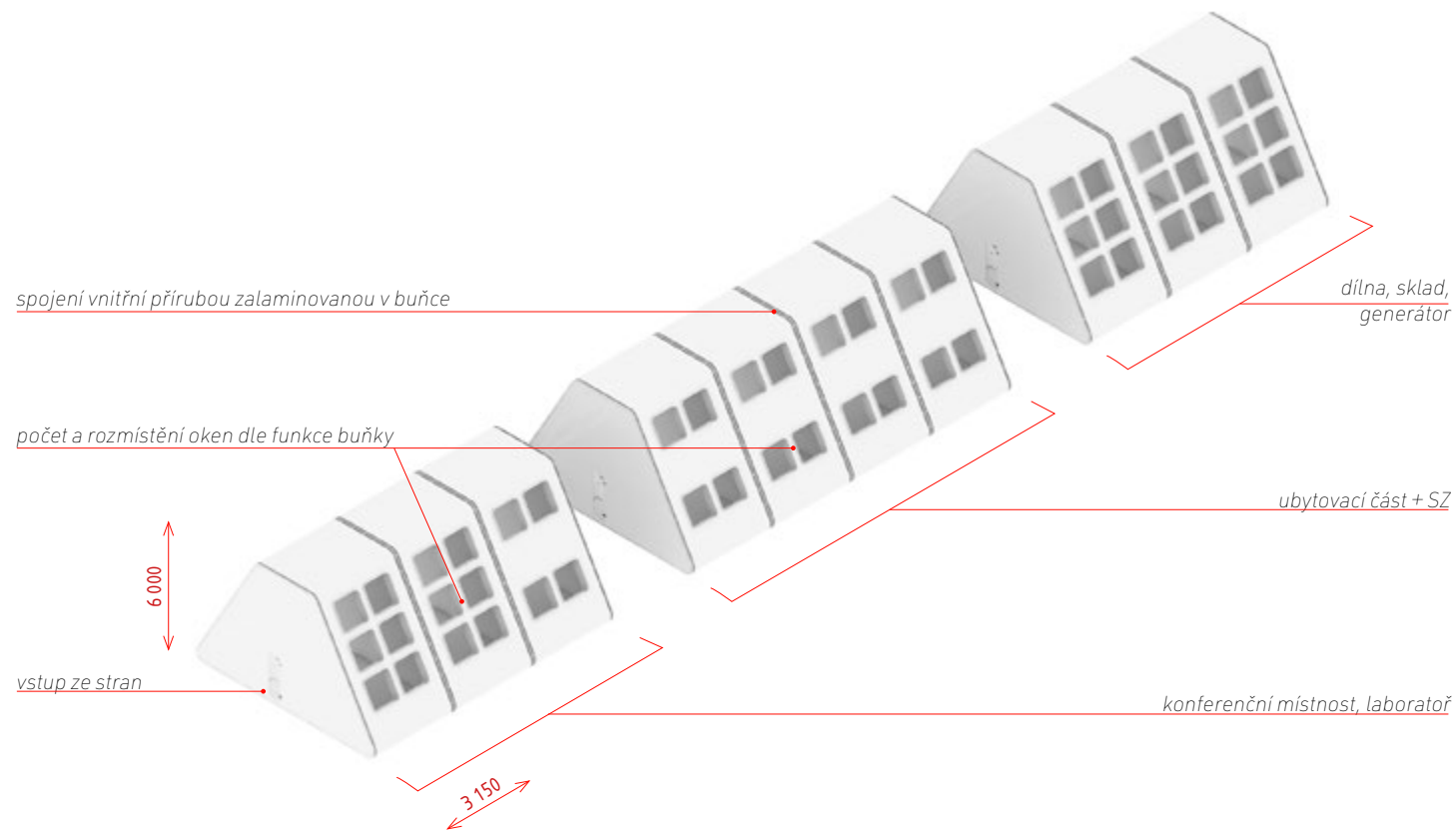


pohled boční

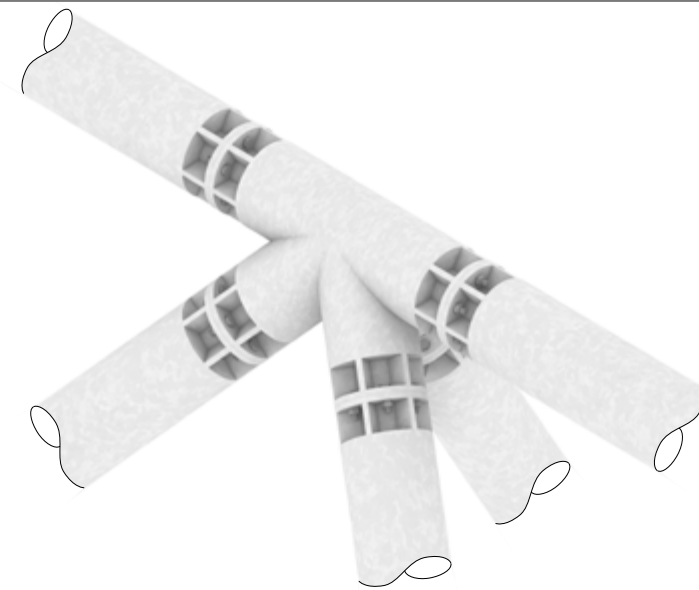




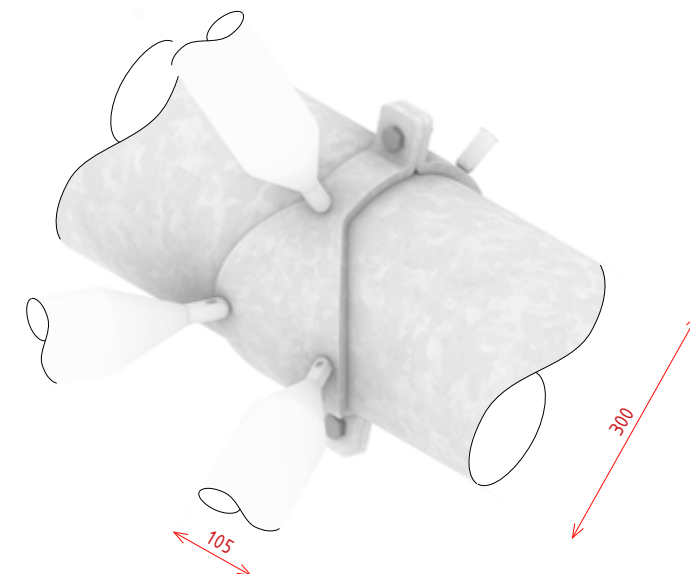
zasunutí buněk s provozy  
pod roznášecí trubkovou konstrukcí

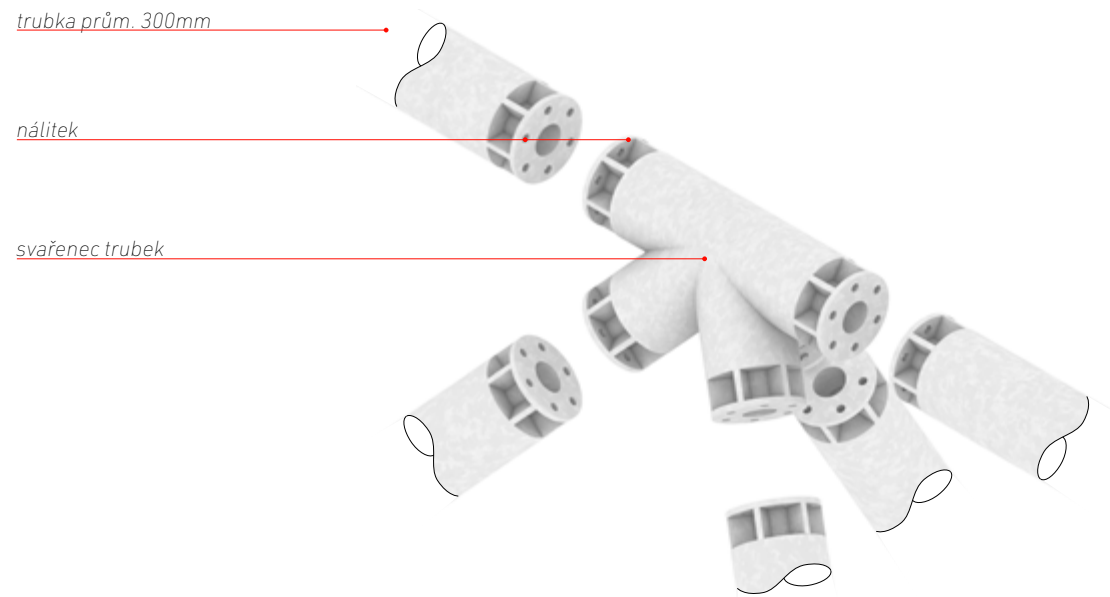


spojení trubek přes 'vnitřní přírubu'



napojení konstrukce střechy na roznášecí trubkovou konstrukci koz

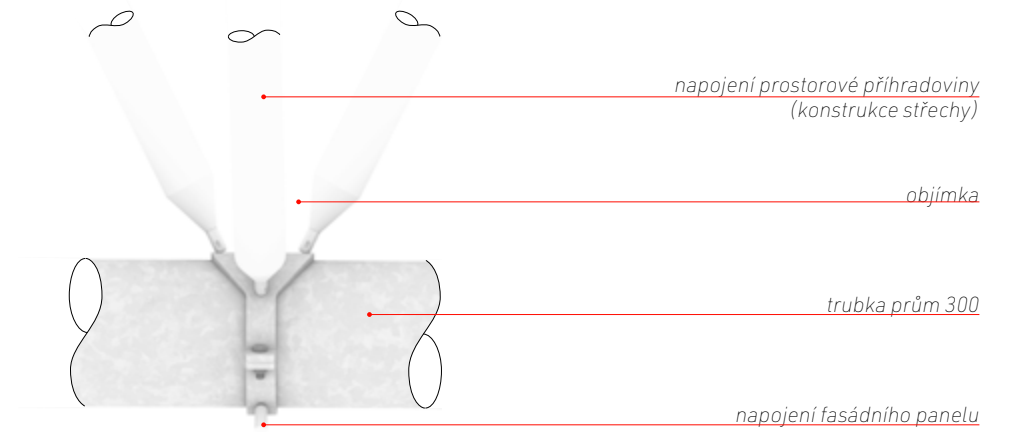
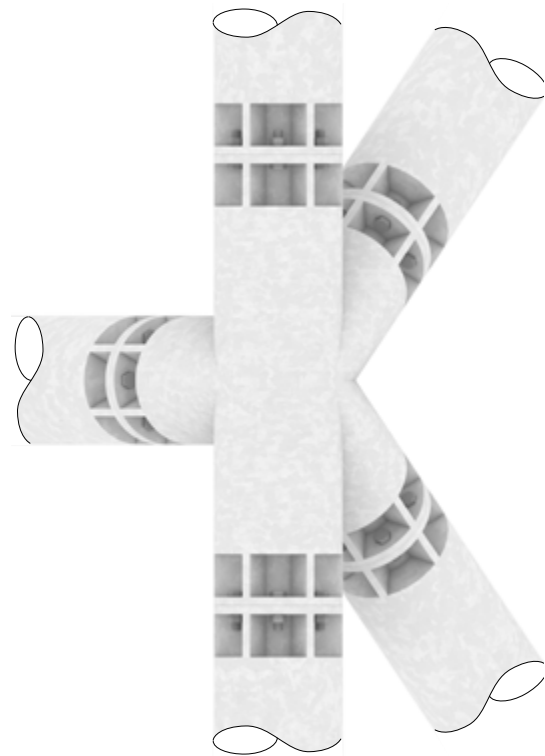




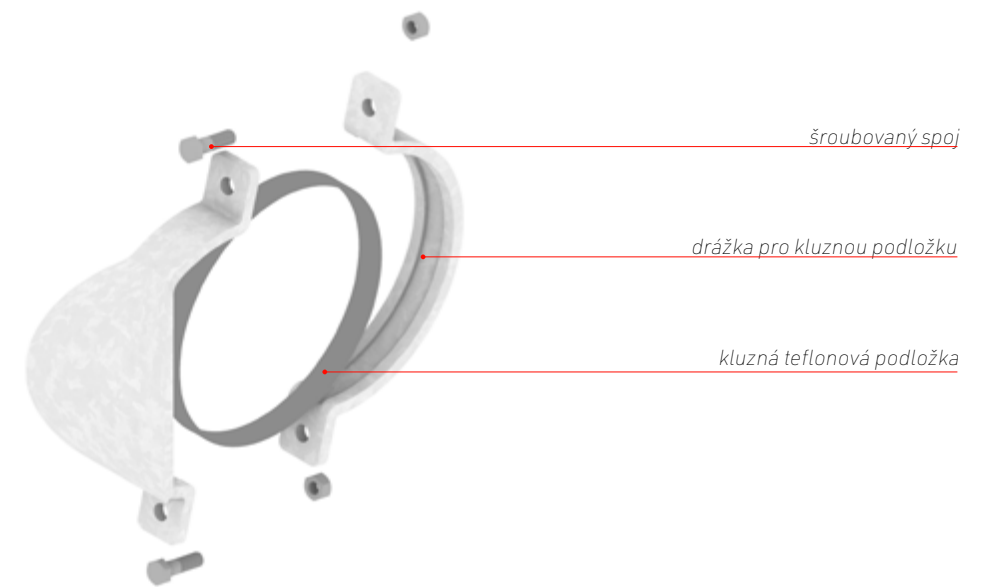
řezopohled



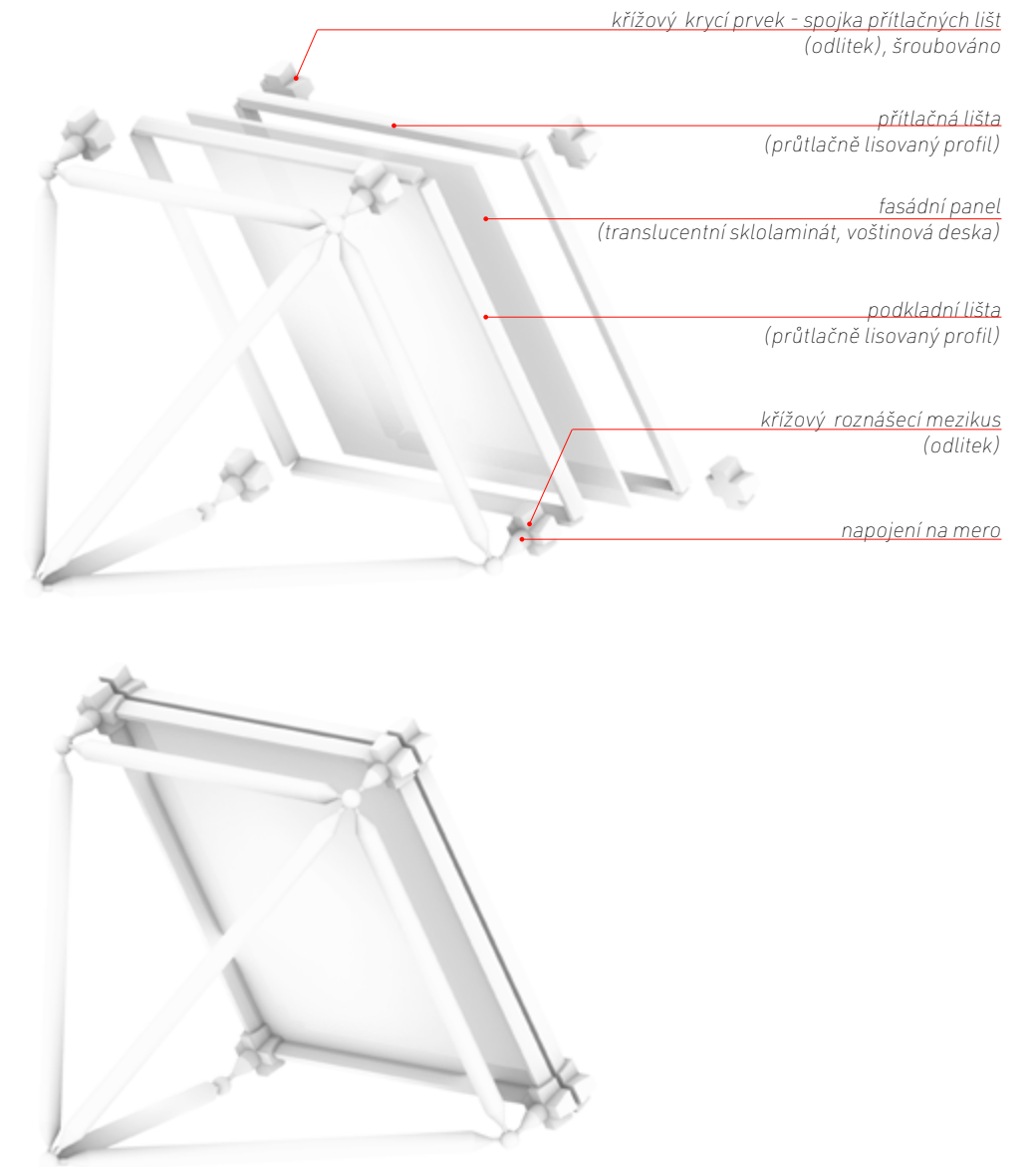
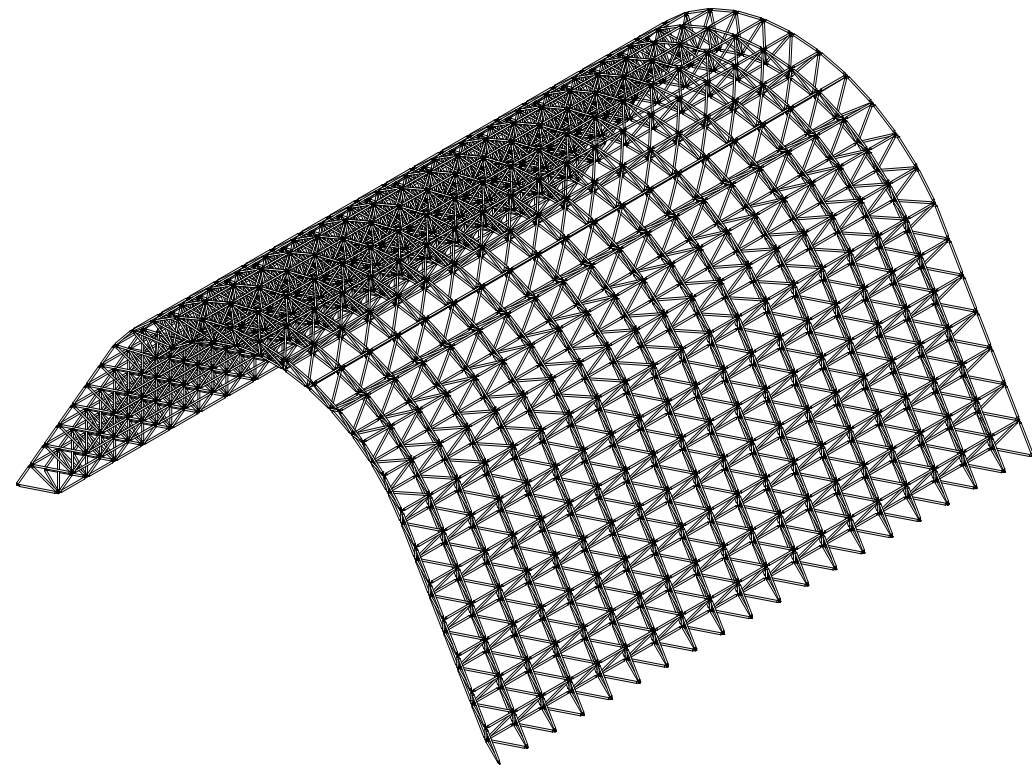
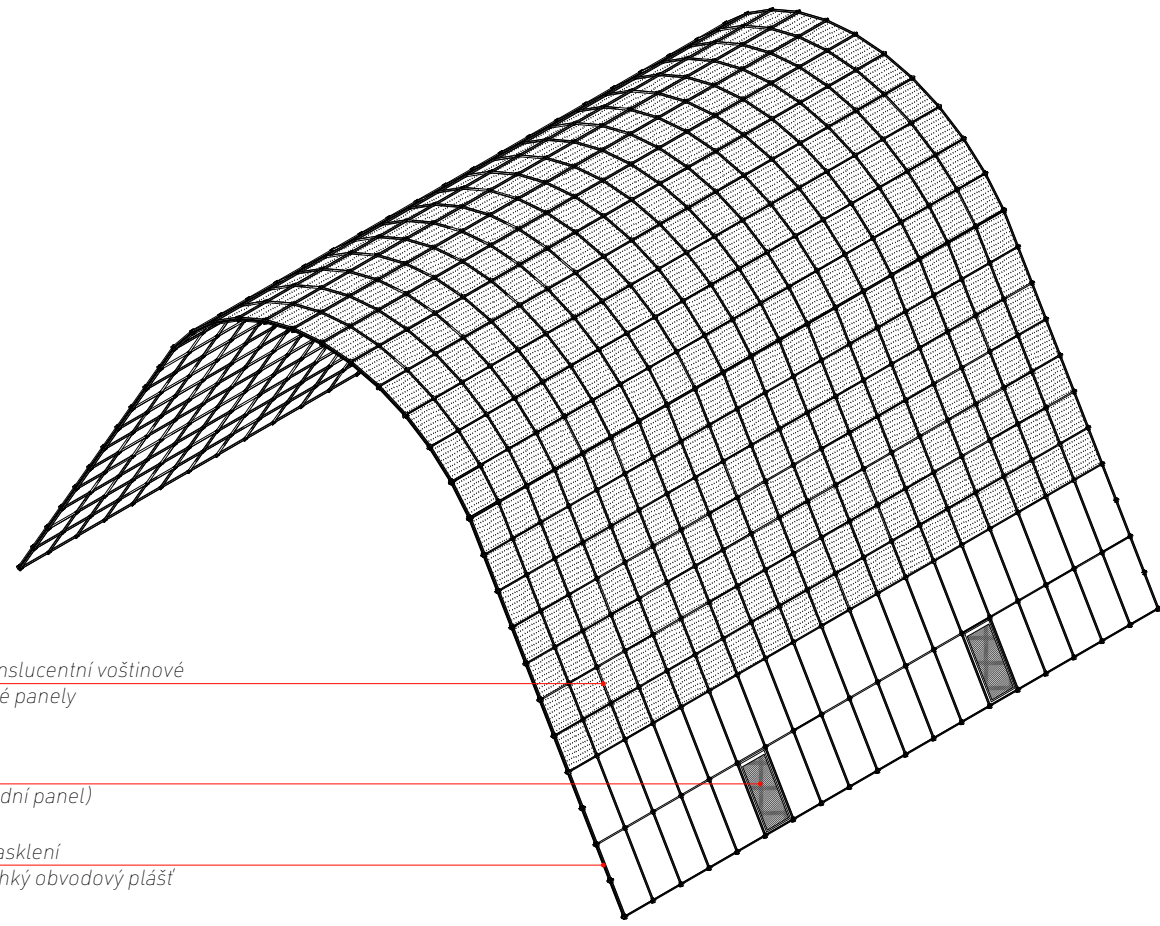
půdorys / pohled shora



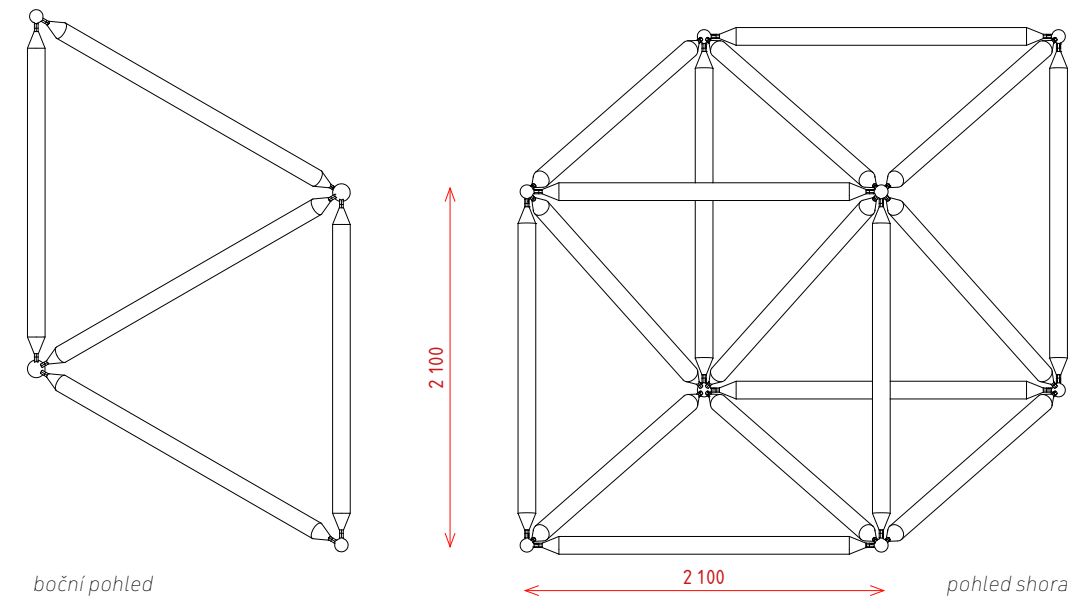
části objímky - odlitek, pozink

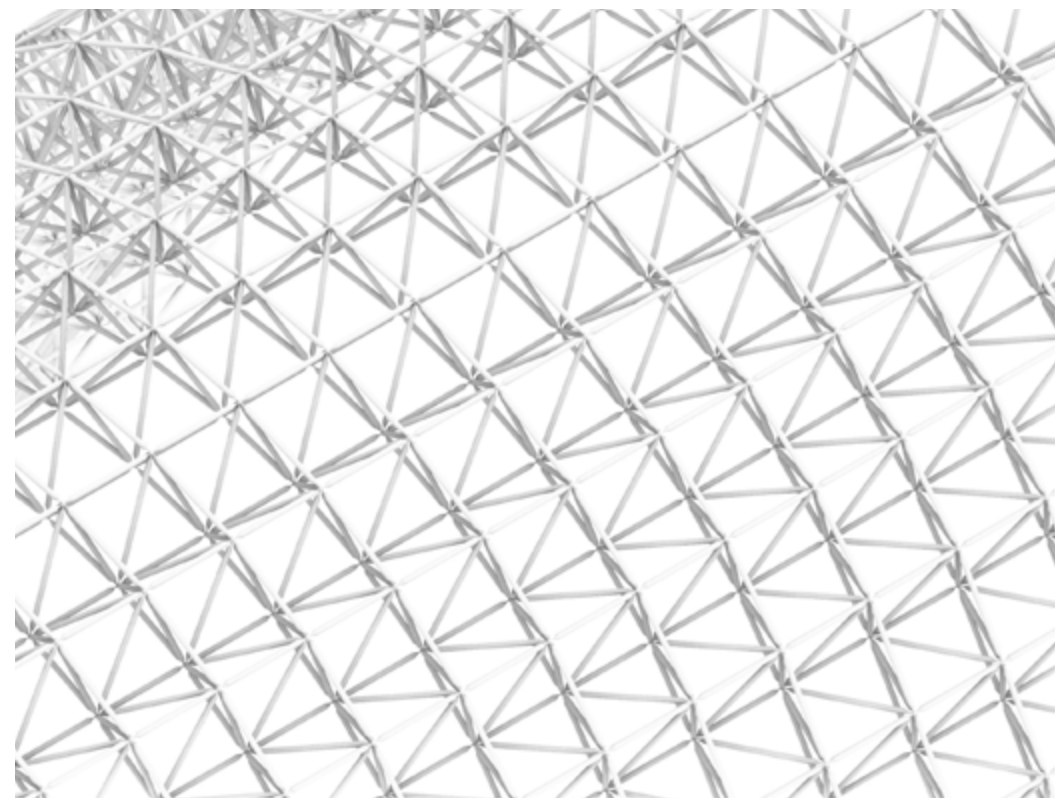
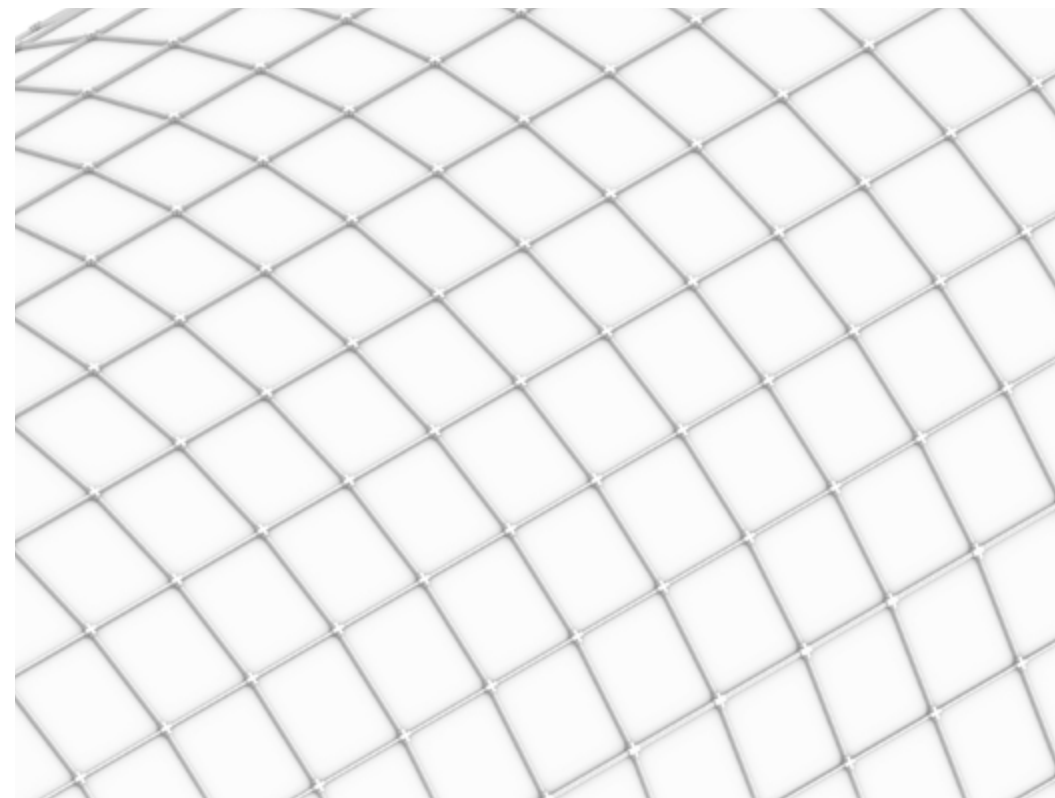
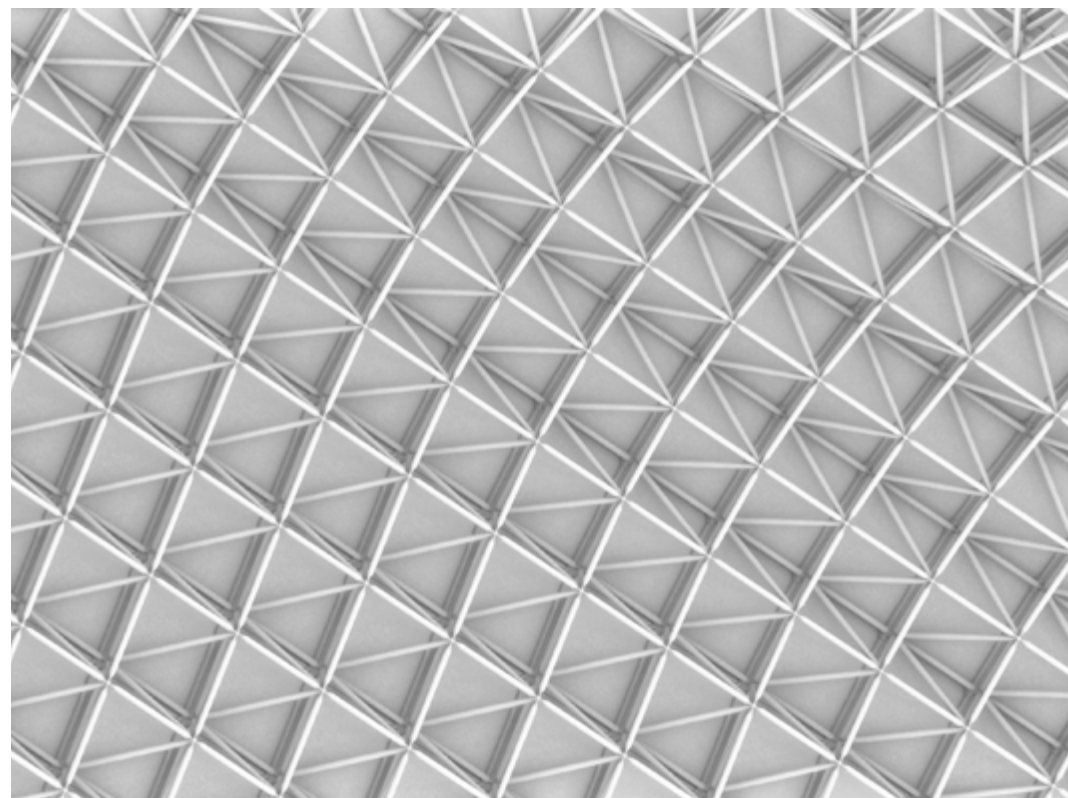






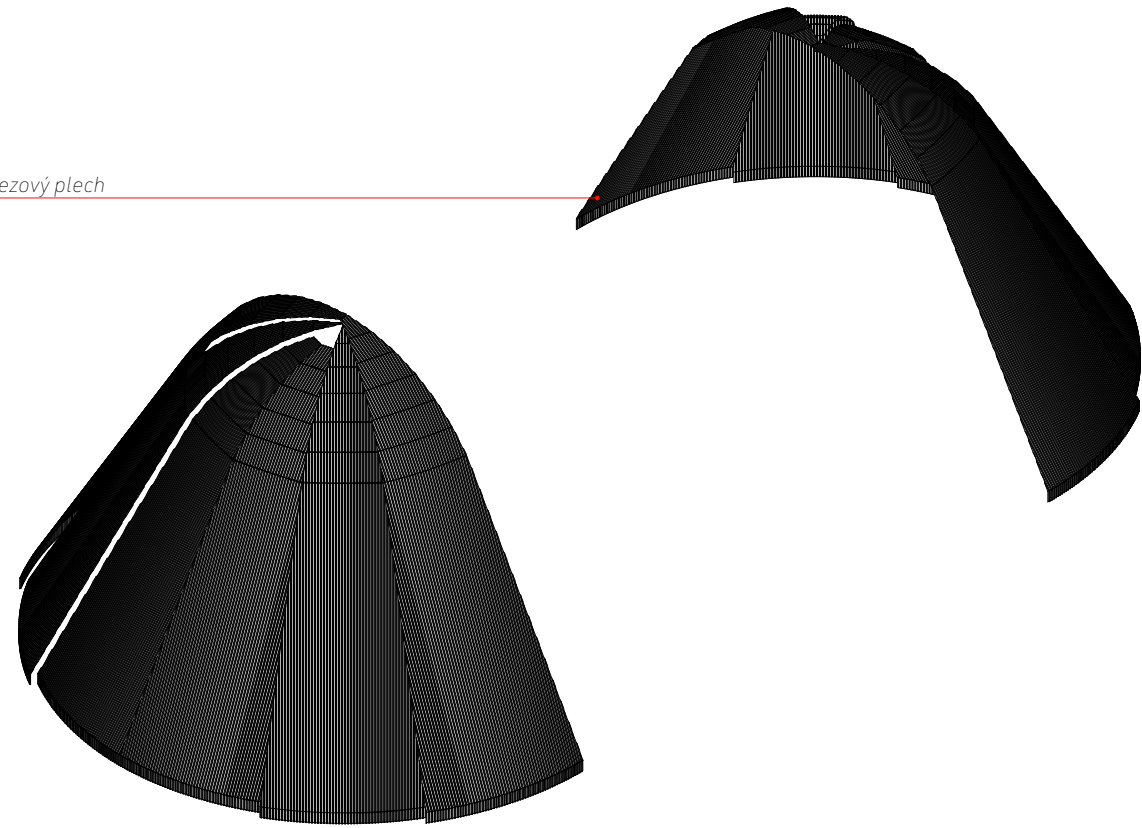
opakující se dvě obrácené poloviny oktahedronu jakožto základní stavební prvek střešní konstrukce







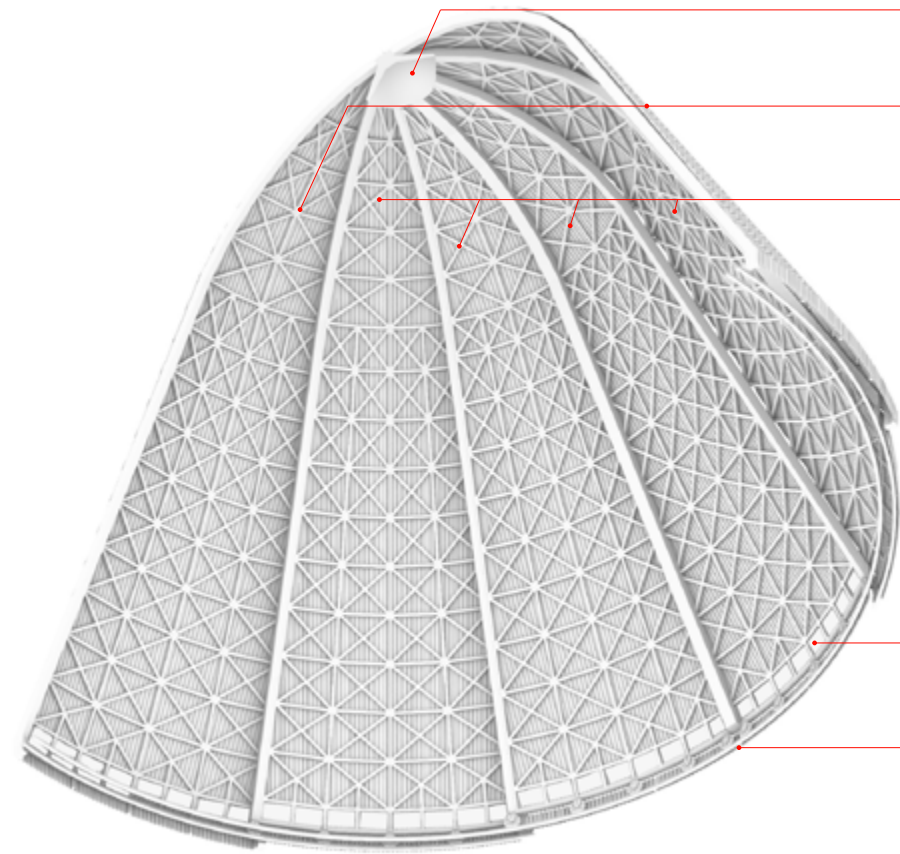
opláštění: trapezový plech



kloub

fixní části vrat

pohyblivé části vrat



prosvětlení

kolejnice

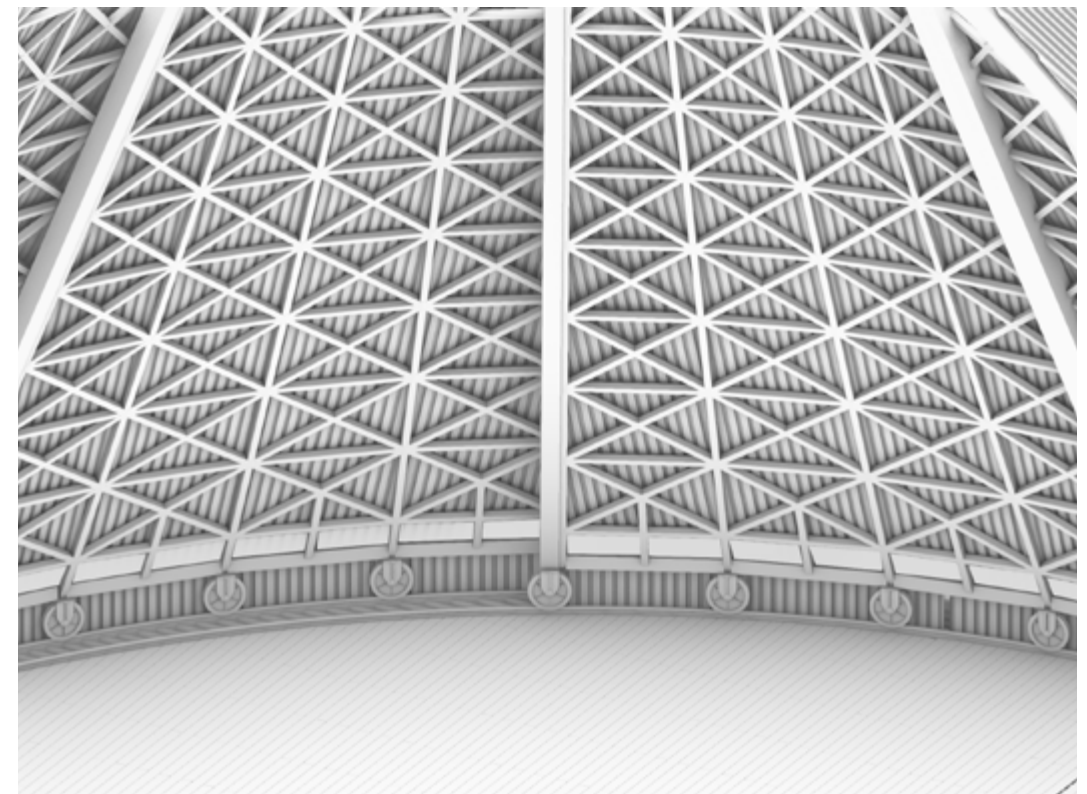
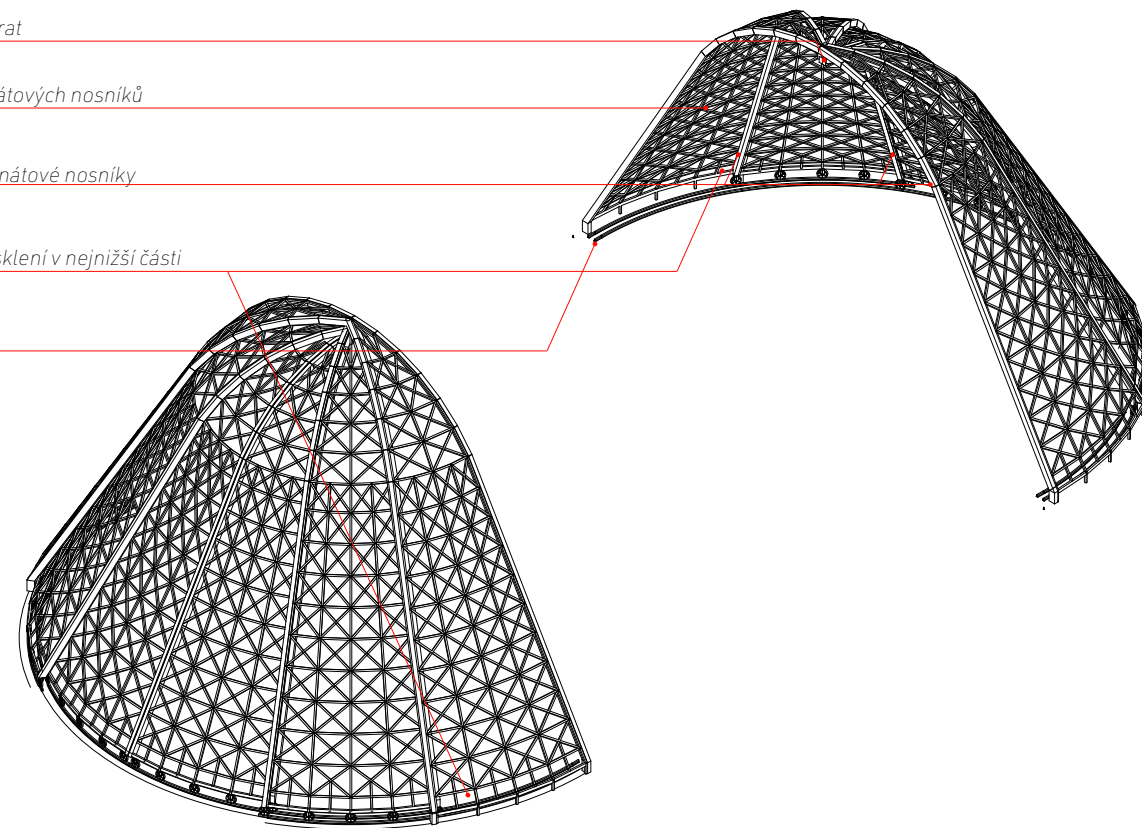
otočný kloub vrat

grid sklolaminátových nosníků  
120 x 120 mm

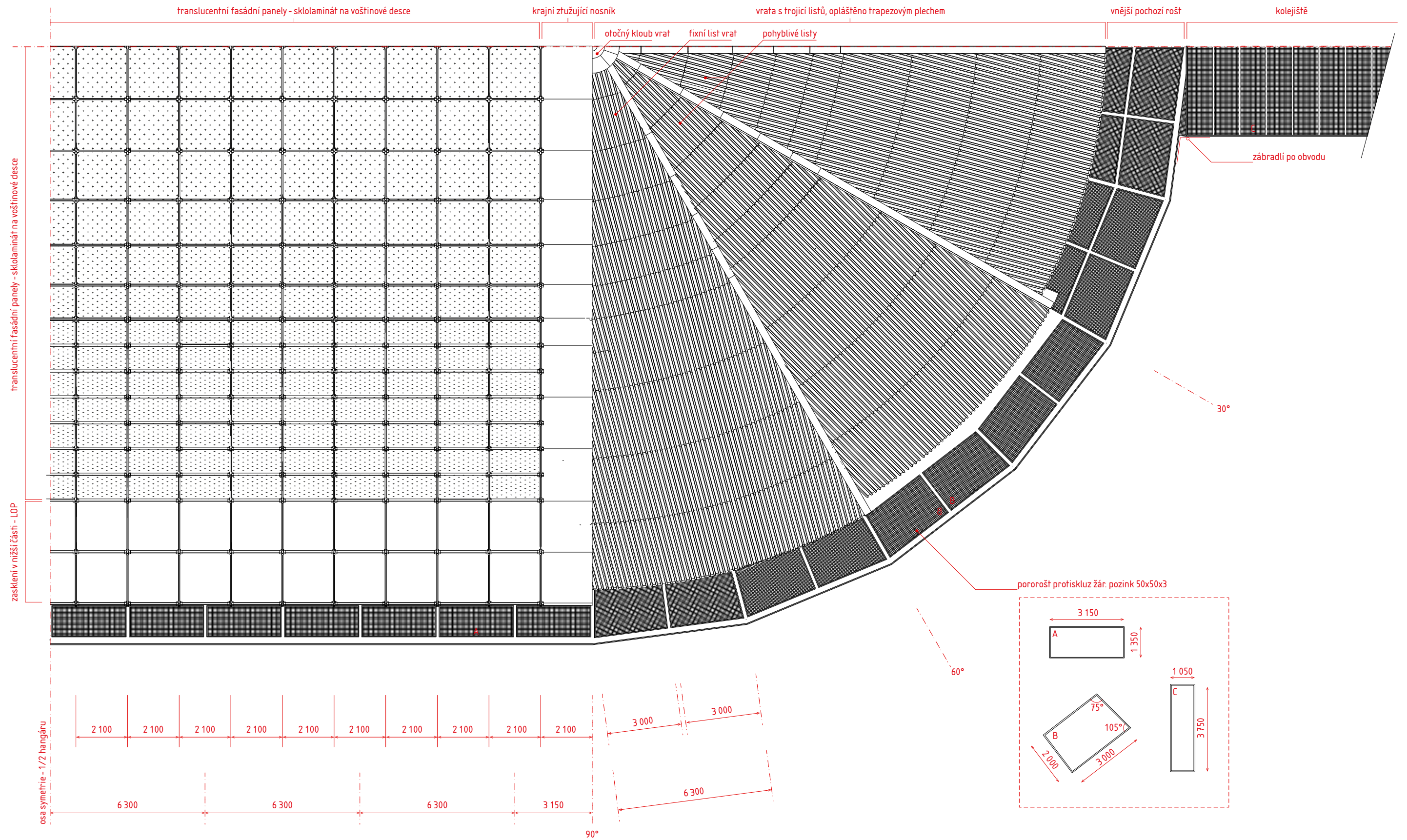
krajní sklolaminátové nosníky  
300 X 600mm

prostor pro zasklení v nejnižší části

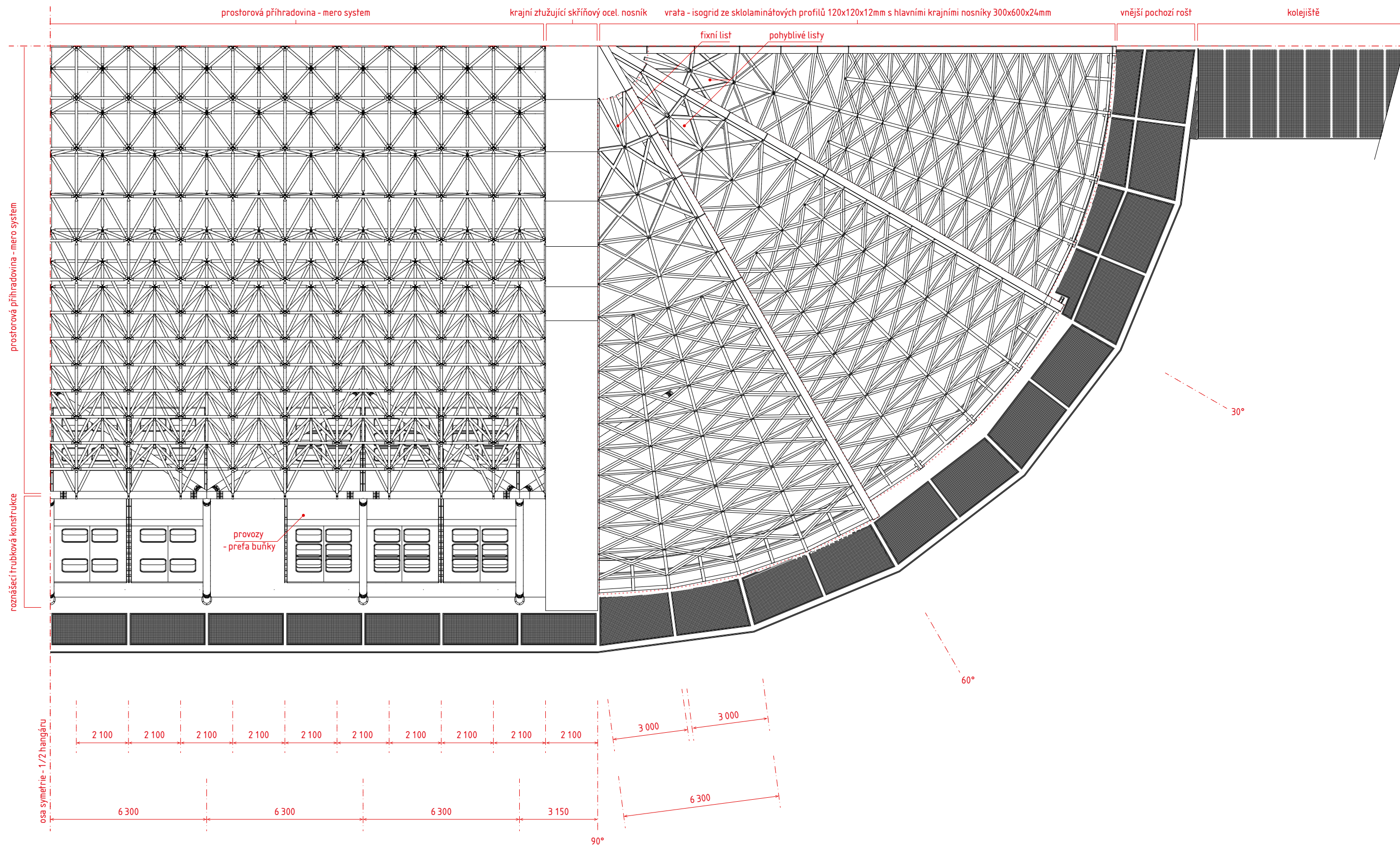
kolejnice

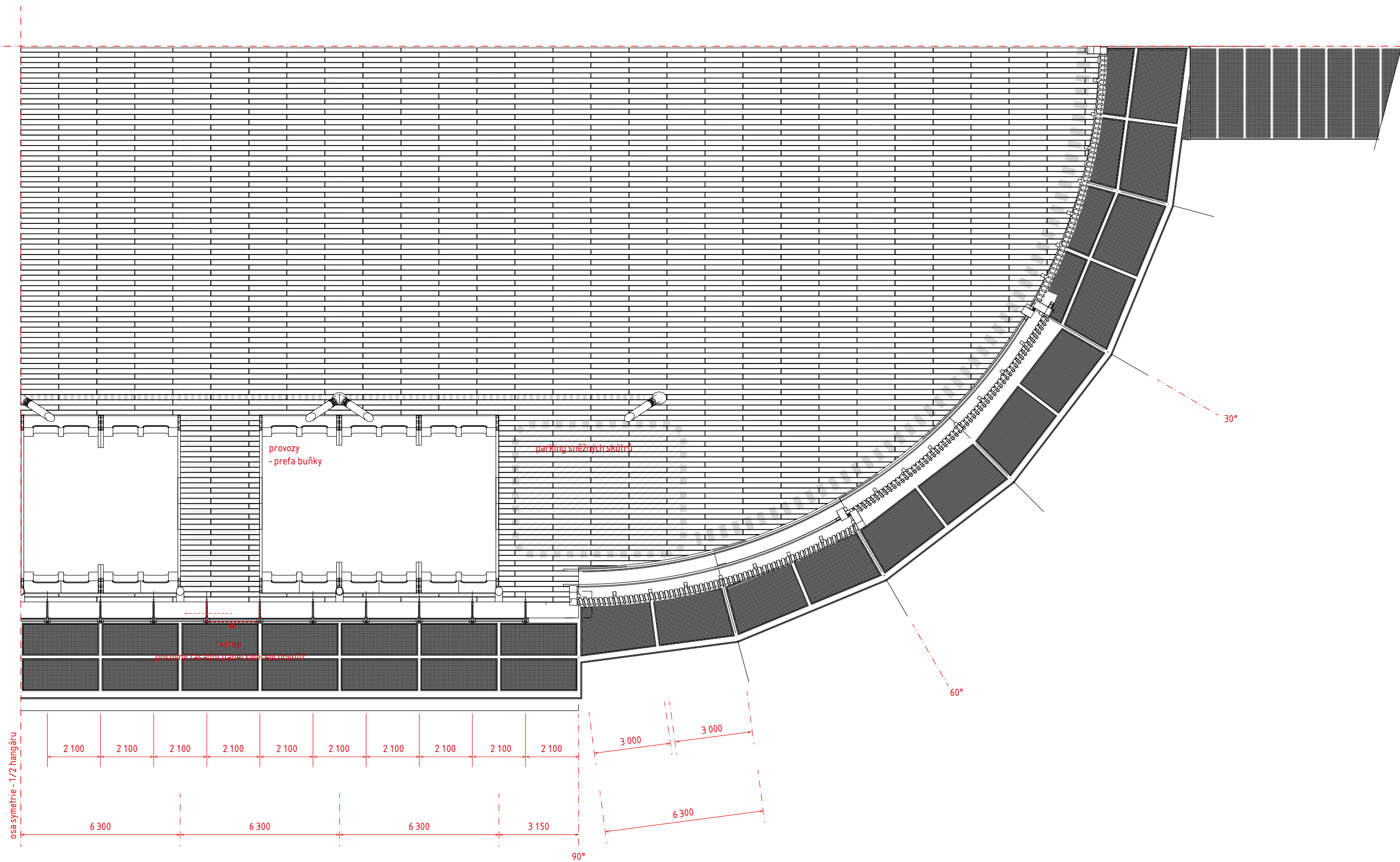




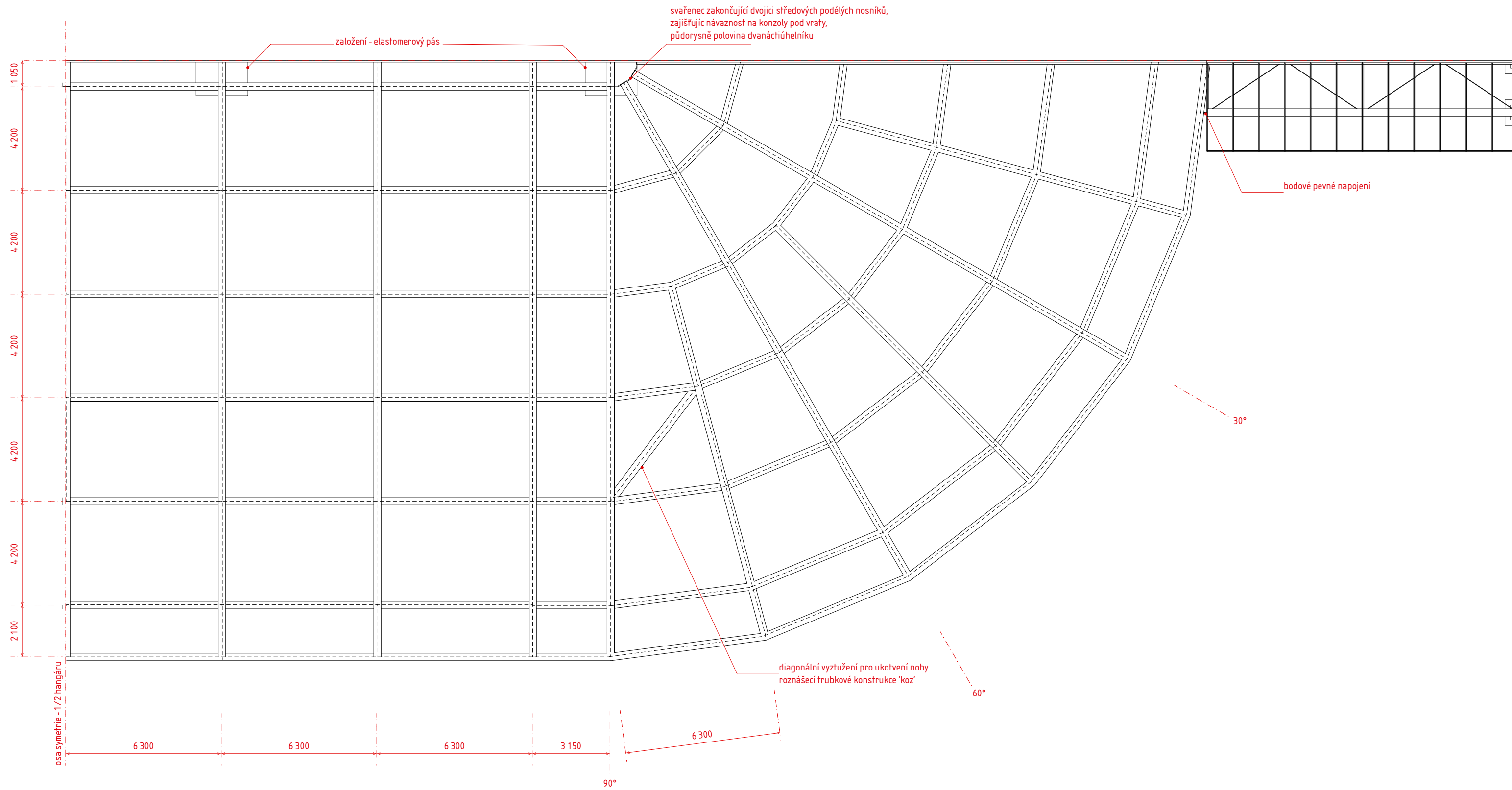


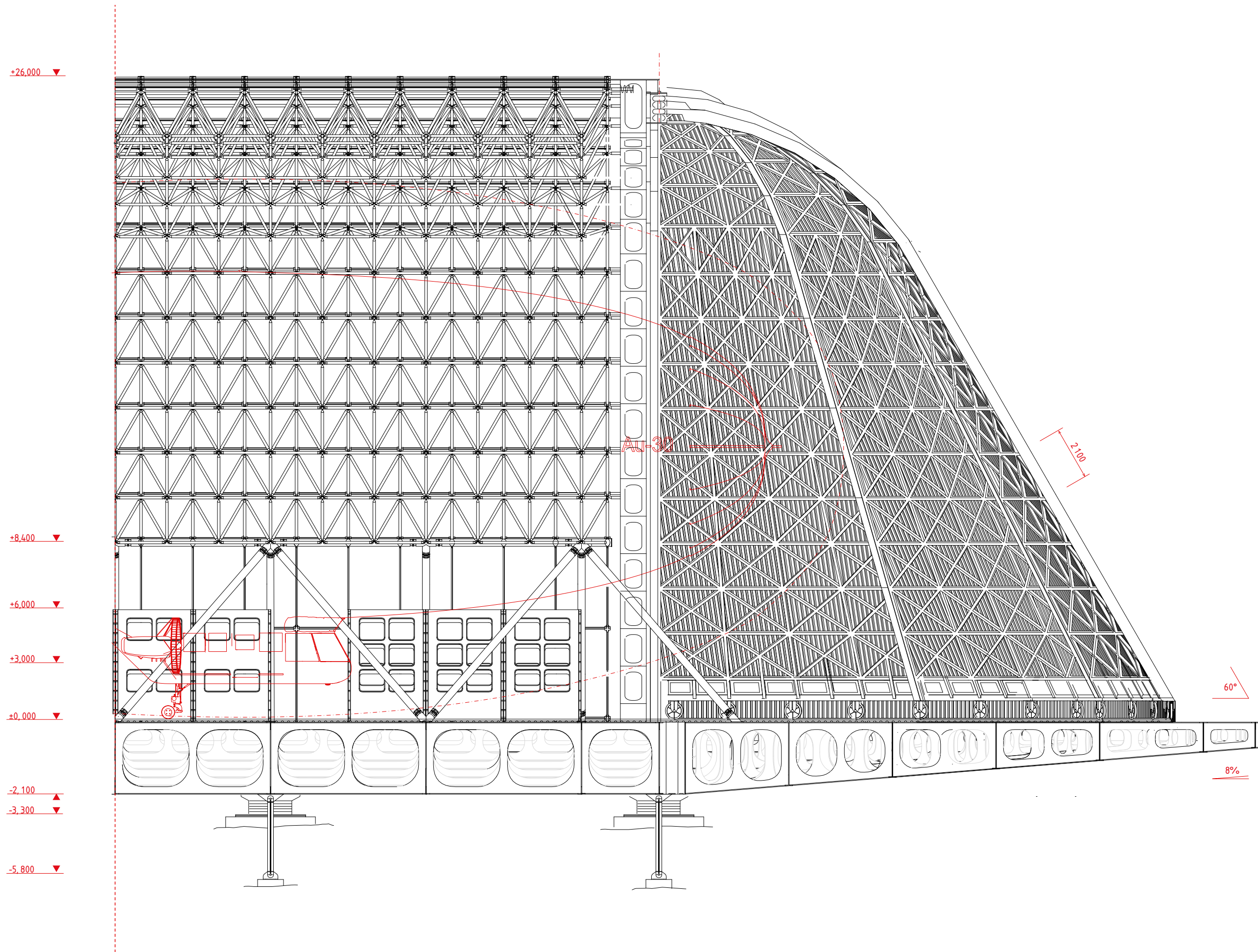




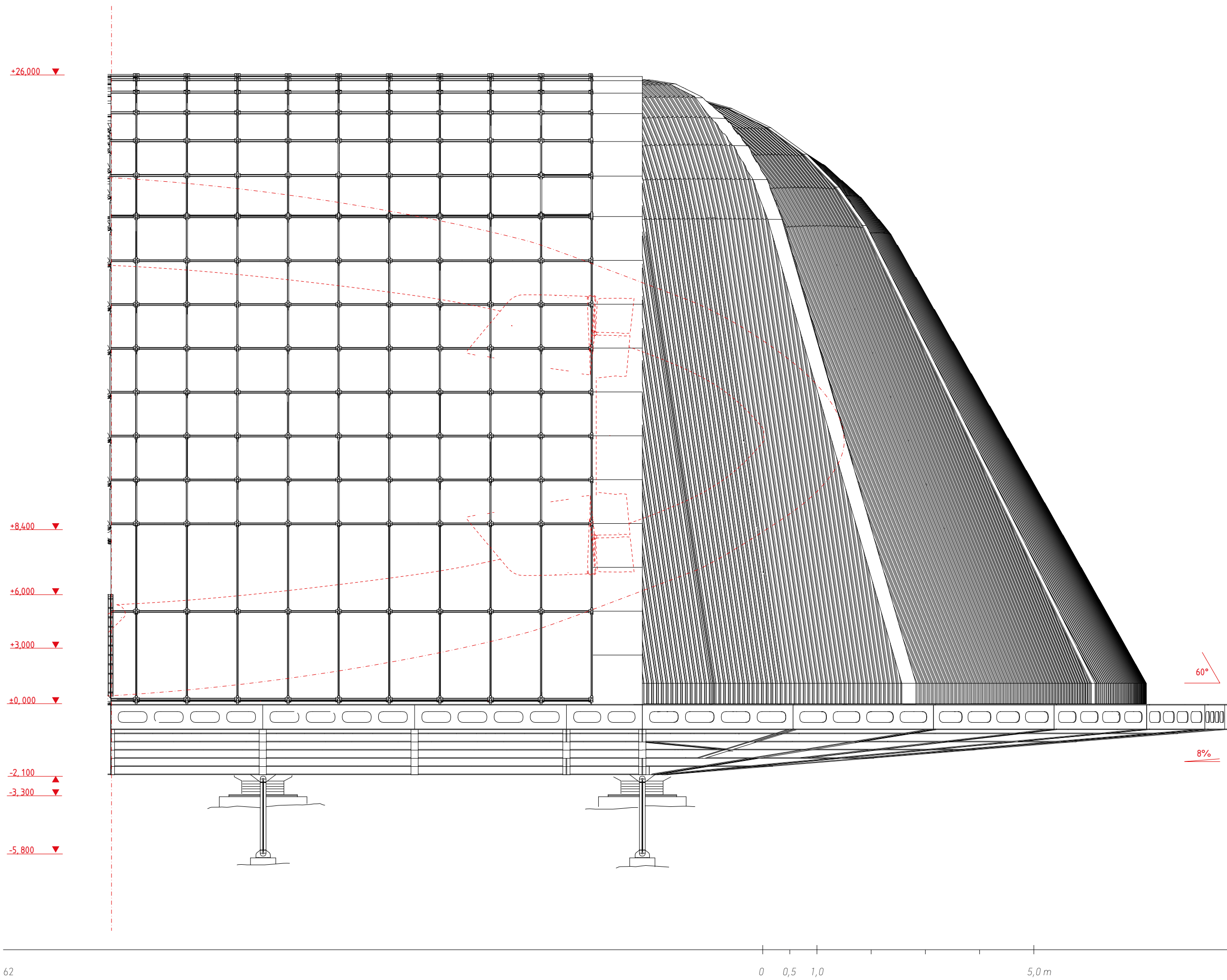




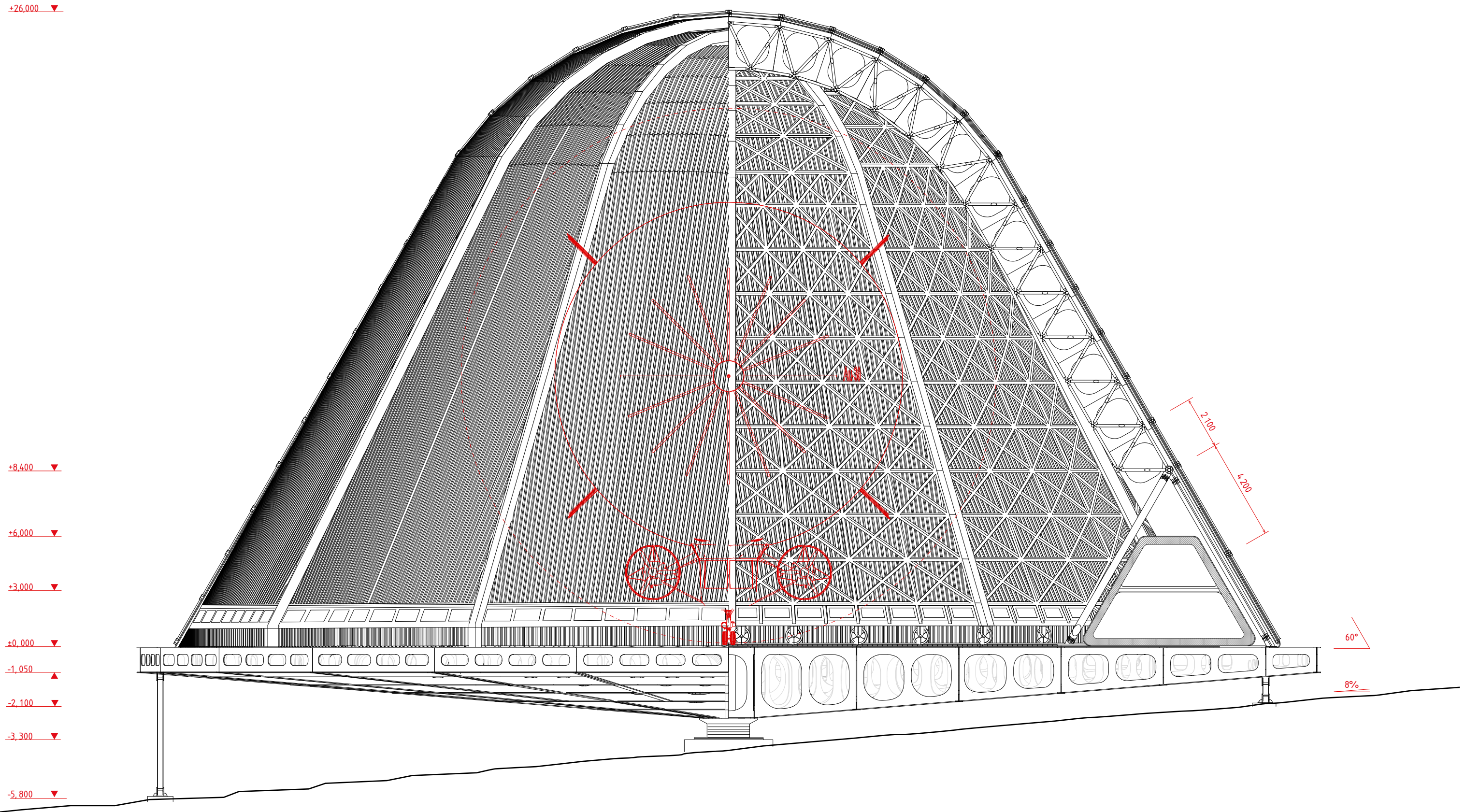




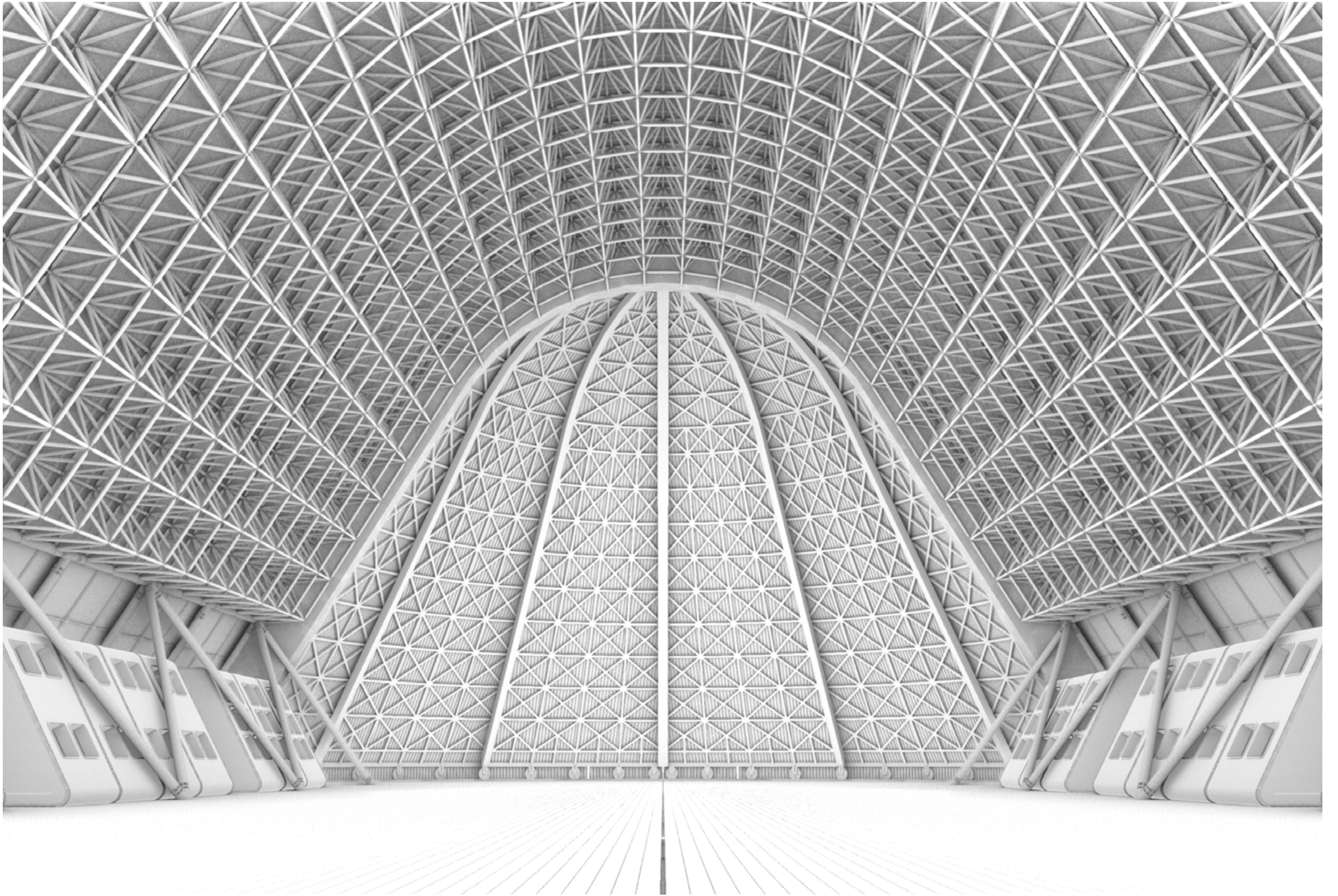




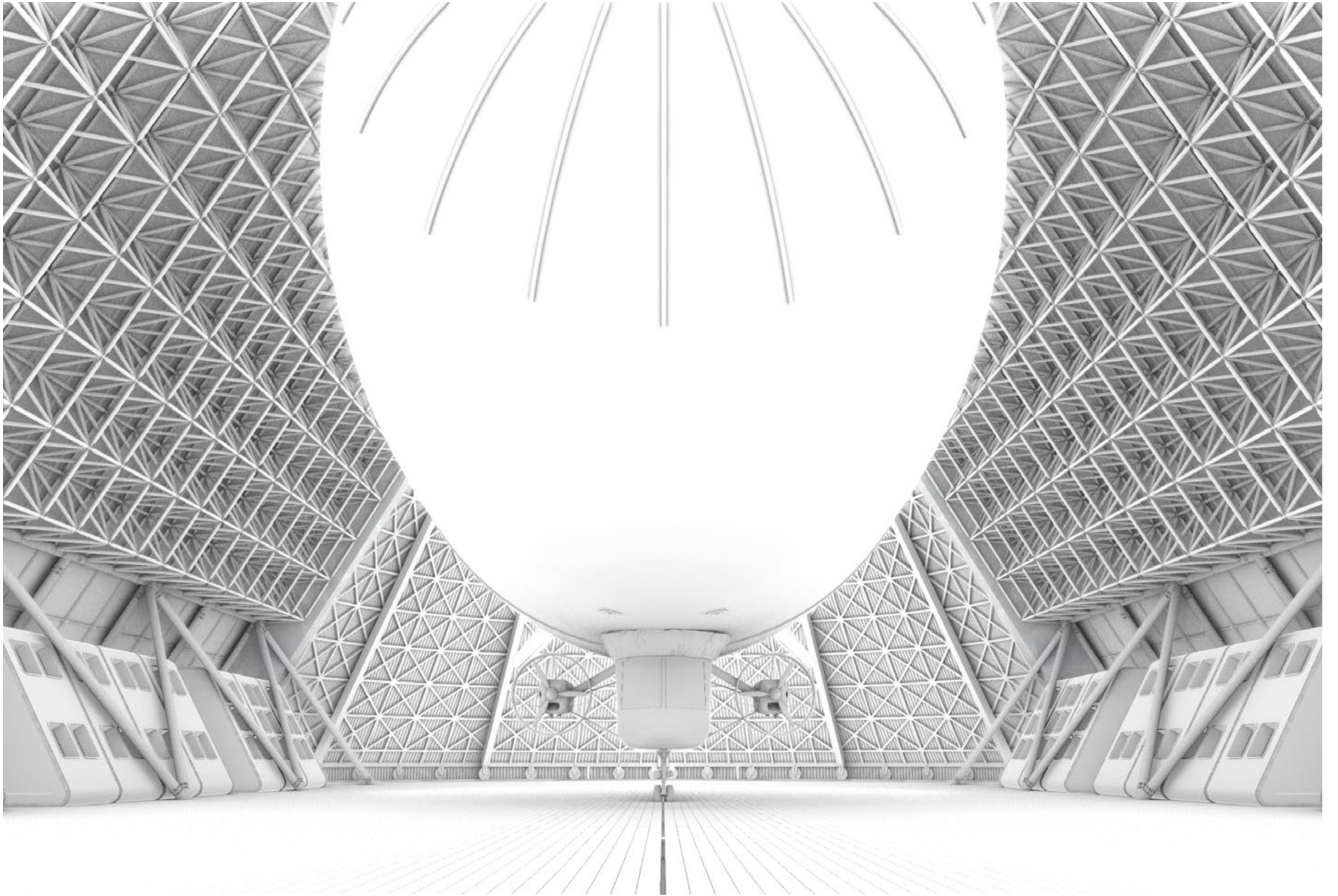




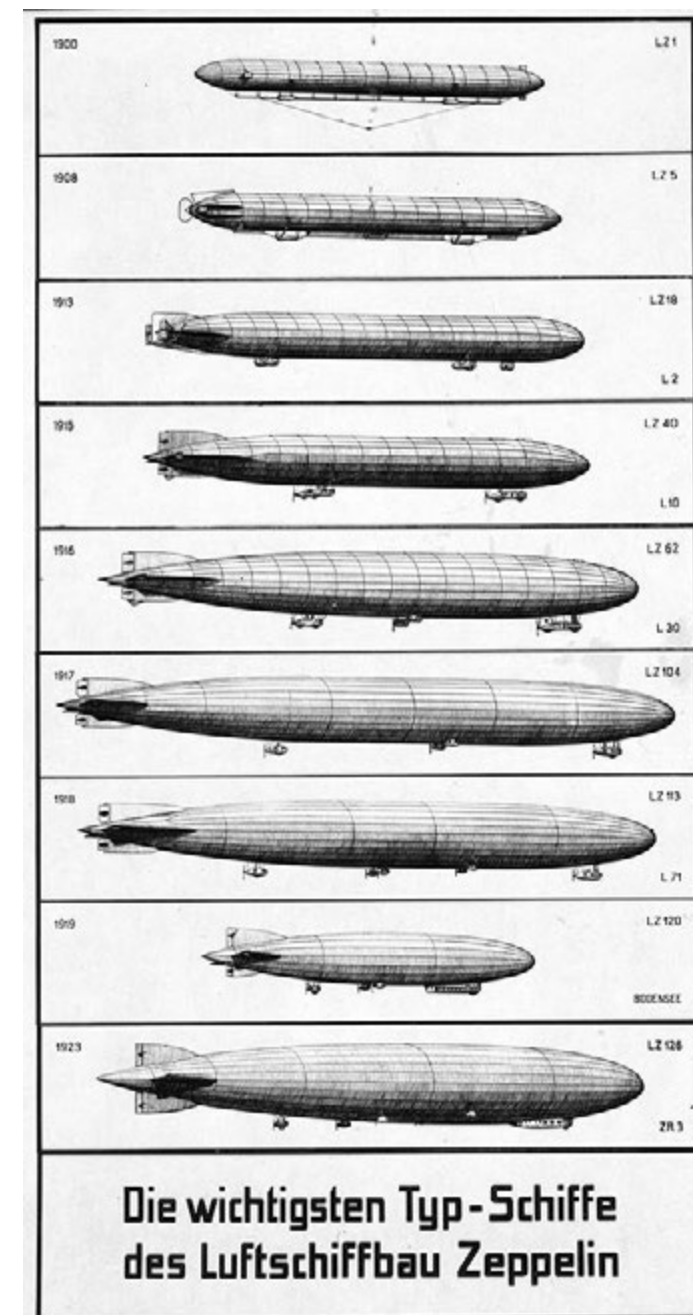








Úvodem semestru jsme absolvovali týmové cvičení s úkolem sestavit model vzducholodi LZ 126 (později známé jako *Los Angeles*), pro seznámení s hierarchickými konstrukcemi těchto plavidel a jistou podobnost k hangárům. Model 1:50 jsme pro zjednodušení zhotovili převážně z balzy, disperzním lepidlem lepenými spoji a režnou nití jkaožto diagonálním vyztužením i středovými výplety hlavních příčníků. Níže stručný záznam z této poučné zkušenosti.



ilustrace Zeppelinových vzducholodí<sup>9</sup>



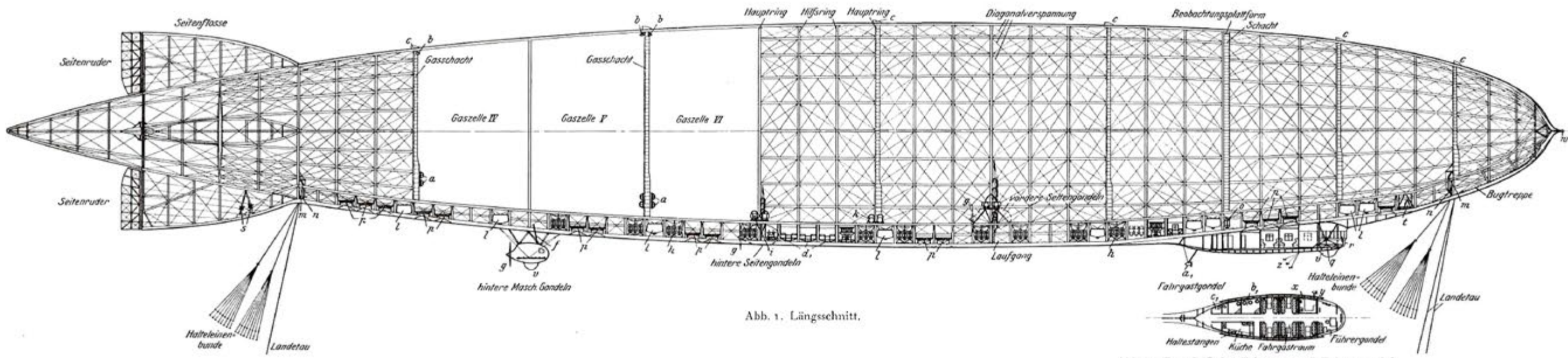


Abb. 1. Längsschnitt.

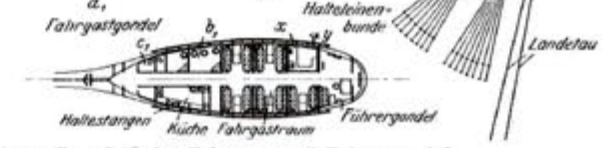


Abb. 2. Grundriß der Fahrgast- und Führergondel.

- Buchstabenerklärung zu Tafel 1 (Abb. 1 bis 10)
- a Oberdruckventil
  - b Manövrierventil (Entleerungsventil)
  - c Entlüftungshutze
  - d Belüftungsklappen
  - e Luke mit Schieberverschluß
  - f Zugang zu den Maschinengondeln
  - g Luftschrauben
  - h Vorratbenzinfaß
  - i Betriebsbenzinfaß
  - k Ölfässer
  - l Ballastsäcke
  - m Ballasthosen
  - n Zugang zu den Ballasthosen
  - o Frischwasserfaß
  - p Stauräume für Reserveteile, Mundvorrat, Gepäck, Fracht, Post
  - q Höhensteuerstand
  - r Seitensteuerstand
  - s Hilfssteuerstände
  - t Verholwände
  - u Haltstangen
  - v Landepuffer
  - w Mastfesselgeräte
  - x Funkkabine
  - y Generator für Licht und ET.
  - z Antenne
  - a<sub>1</sub> Generator für Heizung
  - b<sub>1</sub> Waschräum
  - c<sub>1</sub> Abort
  - d<sub>1</sub> Schlafräume der Mannschaft
  - e<sub>1</sub> Aufenthaltsräume der Mannschaft
  - f<sub>1</sub> Waschräum
  - g<sub>1</sub> Schlafräume für Offiziere
  - h<sub>1</sub> Aufenthaltsräume für Offiziere
  - i<sub>1</sub> Kommandantenraum

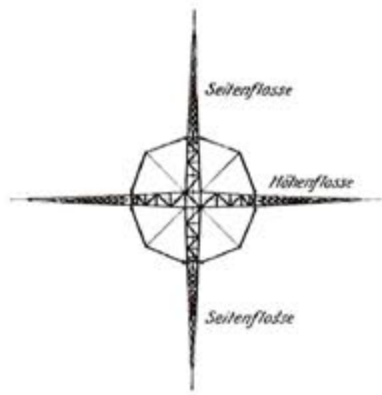


Abb. 5. Querschnitt am Ruderpfostenkreuz.

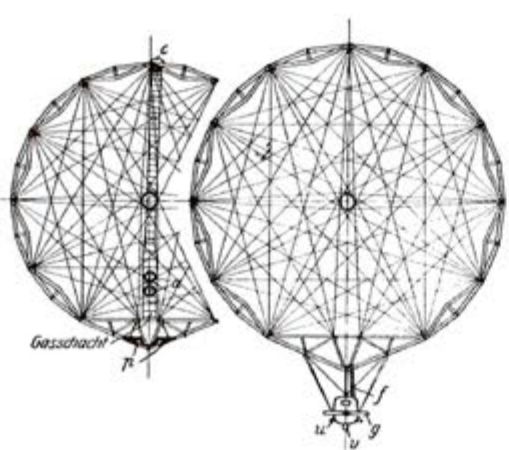


Abb. 4. Querschnitt am Haupttring hinter der hinteren Maschinengondel.

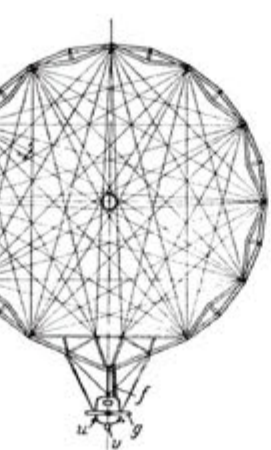


Abb. 5. Querschnitt am hinteren Gondelring.

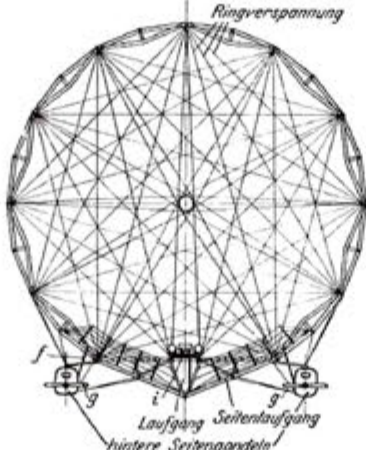


Abb. 6. Querschnitt am Haupttring des hinteren Seitengondelpaares.

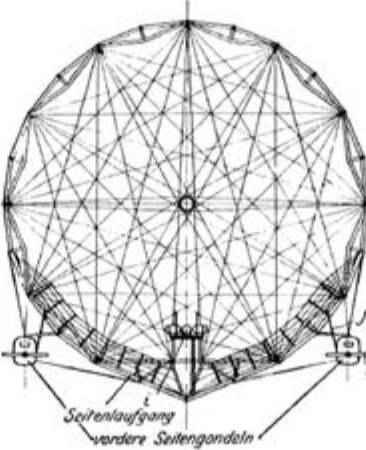


Abb. 7. Querschnitt am Haupttring des vorderen Seitengondelpaares.

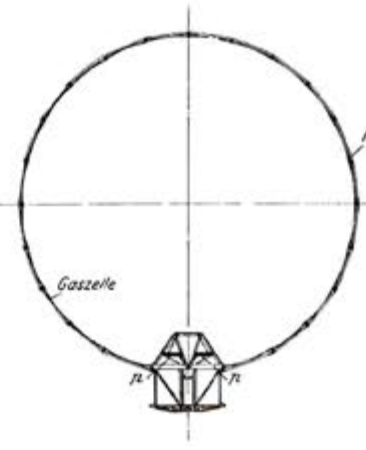


Abb. 8. Querschnitt am Hilfsring der Fahrgastgondel.

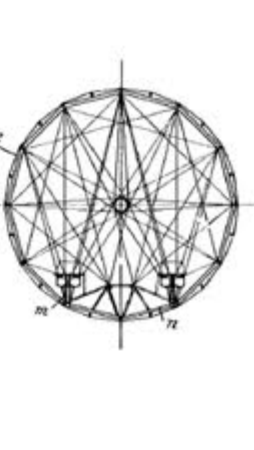


Abb. 9. Querschnitt am Ankerring.

Maßstab 1:500

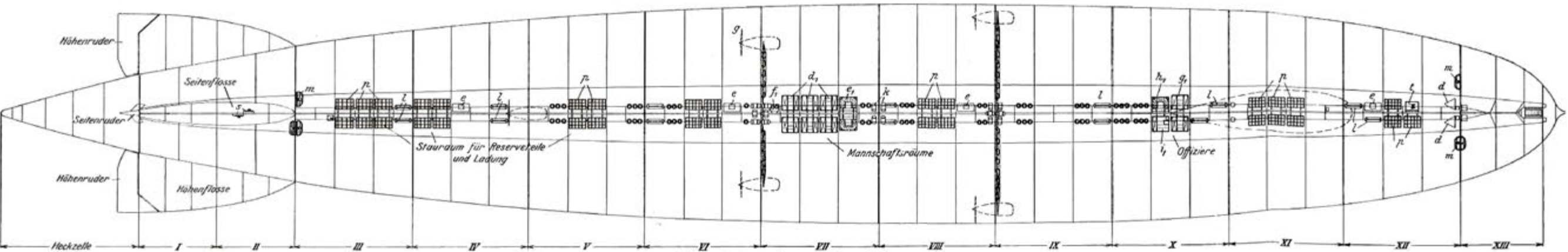
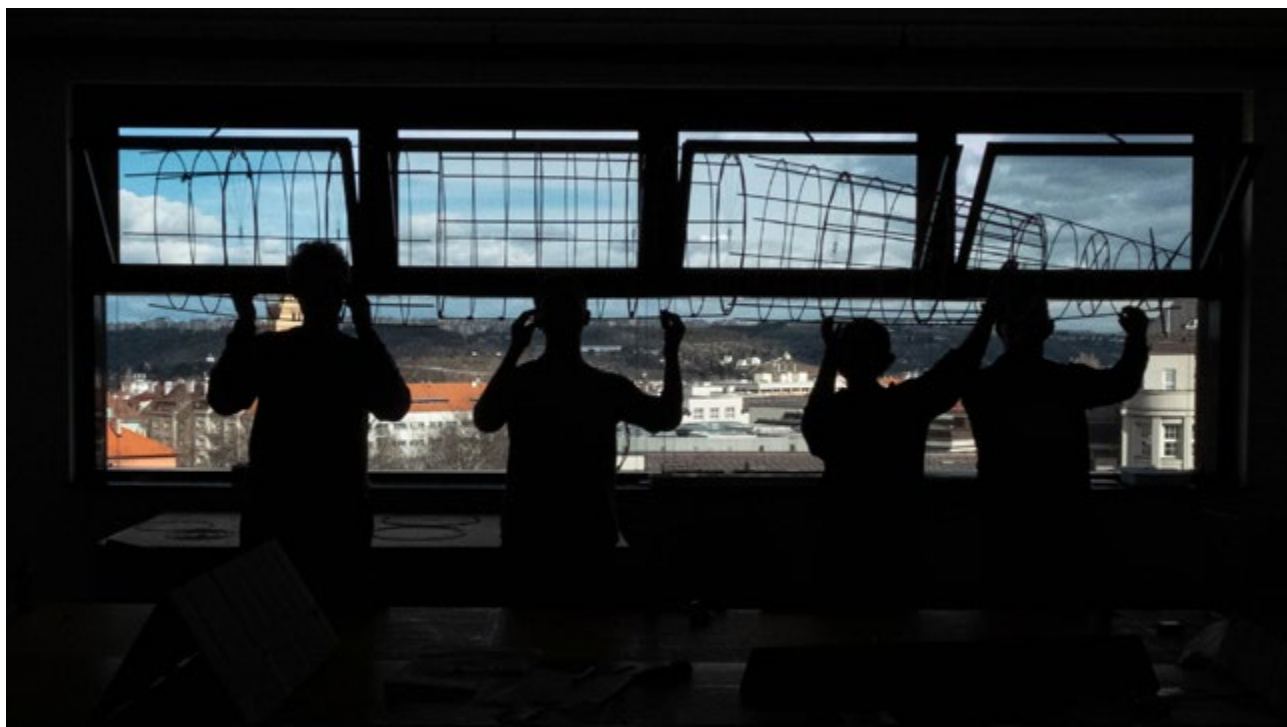
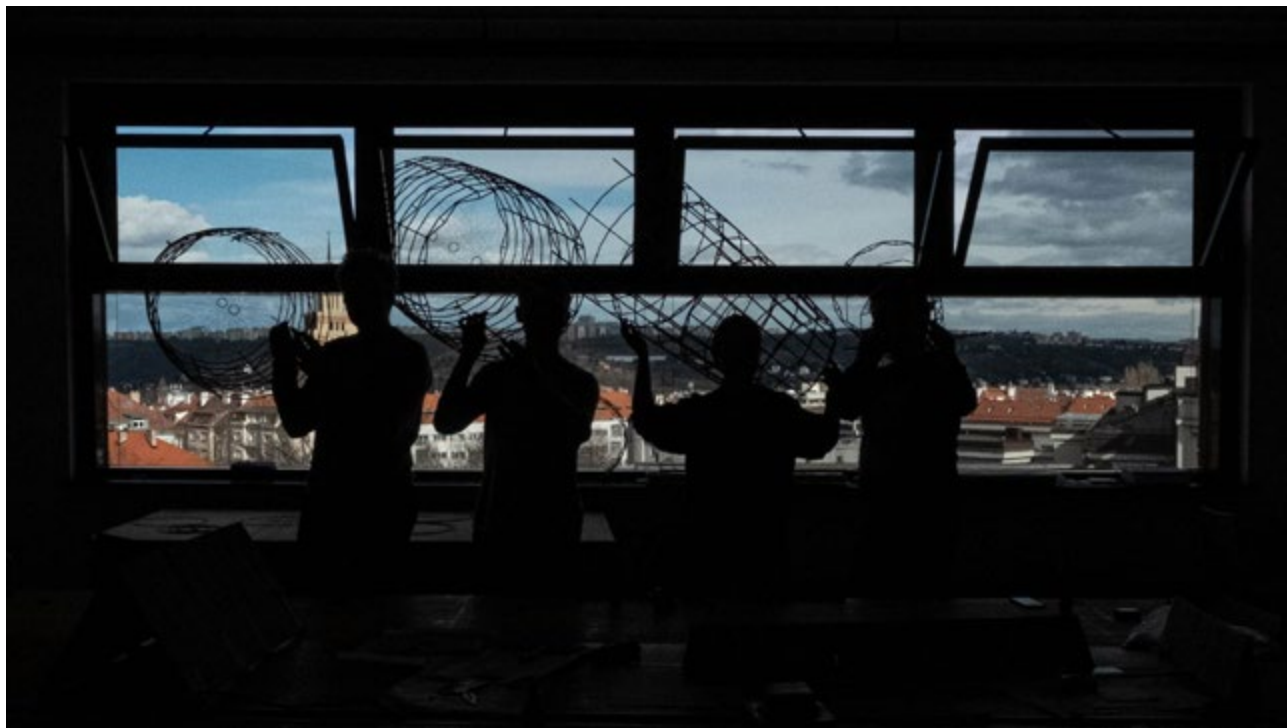


Abb. 10. Laufgangsplan und Grundrißform.





postup konstrukce modelu LZ 126, únor 2020, foto: Rozálie Domoráková

atelier 650 | Baum - Hybler, únor 2020, foto Kryštof Kříž  
 Jakub Dytrich, Jan Dürrer, Jan Maleček, Miro Girgoško, Roman Chervonnyy, Vojtěch Hybler, Mirko Baum, Dominik Otto, David Budiř, Vojtěch Rudorfer, Josef Kučera  
 Valerie Heyworth, Rozálie Domoráková, Lada Chromelová, Katarína Kořutová, Kristýna Rejsková, Sylva Tesková  
 - díky -

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
**FAKULTA ARCHITEKTURY**

**AUTOR, DIPLOMANT** Bc. Vojtěch Rudorfer  
 AR 2019/2020, LS

**NÁZEV DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Hangár pro výzkumnou vzducholod' s vědeckotechnickým zařízením  
*Airship hangar with scientific-technological backgrounds*

**Jazyk práce** český

**Vedoucí práce** **Prof. Ing. arch. Mirko Baum** Ústav navrhování III - 15129

**Oponent práce** **Prof. Ing. arch. Akad. arch. Jiří Suchomel**

**Klíčová slova** vzducholod', hangár, konstrukce, Špicberky, Ny-Alesund

**Anotace** Návrh specifické typologie - hangáru pro vzducholod' ve specifických podmínkách - na nejseverněji položené stále obydlené výzkumné stanici Ny-Alesund na norských Špicberkách se řídí specifickými kritérii. Prefabrikace, modularita, možnosti montáže na místě. Kromě vzducholodi hangár poskytuje přístřeší také pro zázemí vědeckotechnické stanice.

**Annotation** The design of such a specific typology - an airship hangar - in such specific conditions - the northest located continuously habitated scientific station Ny-Alesund at the norwegian island of Svalbard is formed by specific criteria. Prefabrication, modularity, site constructive conditions. Except of the airship, the hangar accommodates also the backgrounds of scientists' station.

**Prohlášení autora**

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s „Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.“

V Praze dne 14.6.2020



*Tento dokument je nedílnou a povinnou součástí diplomové práce / portfolia a CD.*



**2/ ZADÁNÍ diplomové práce**

Mgr. program navazující

jméno a příjmení: Vojtěch Rudorfer  
datum narození: 4.4.1995

akademický rok / semestr: LS 2020  
obor: architektura a urbanismus  
ústav: 15129 ÚN III  
vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Arch. Mirko Baum

téma diplomové práce: NY-ALESUND, hangár pro výzkumnou vzducholod' s příslušným vědeckotechnickým zařízením

zadání diplomové práce:

**1/ popis zadání projektu a očekávaného cíle řešení**

Ny-Alesund je nejseverněji položeným stále obydleným vědeckovýzkumným pracovištěm světa. Jeho stálá modernizace z něj činí jedno z nejvýznamnějších mezinárodních civilních center polárního výzkumu. Německý Alfred-Wegener-Institut provádí zatím jako jediný občasná měření v oblasti mezi Špicberky, Severním pólem a pobřežím Kanady, a to vlastní institutem vyvinutou sondou zvanou EM-Bird. Tato měření jsou doposud prováděna za pomoci vrtulníku. Nevýhodou tohoto způsobu měření, omezeny dolet a rušivé vibrace, daly vzniknout myšlence provozovat velkoplošná měření za pomoci vzducholodi.

Technickou stránku projektu převzala ruská firma RosAeroSystems, která už v březnu roku 2008 chtěla vyslat na Špicberky vzducholod' vlastní výroby Au-30 a která přeletem pólu a letem ke kanadskému pobřeží měla provést první měření. Získaná data měla sloužit k porovnání s výsledky starších měření a poskytnout tak parametry pro budoucí mise. Ve Francii smontovaná Au-30 na Špicberky nikdy nedolétla, její krátký let skončil na střeše jednoho obytného domu poblíž Marseille. Navzdory tomuto nezdaru zůstává vzducholod' však i nadále pro svůj klidný let, dlouhý dolet a nízké provozní náklady, jako platforma dlouhodobých měření vysoce zajímavou alternativou. Z tohoto důvodu má být v Ny-Alesund na místě zbouraného historického hangáru postaven nový hangár pro vzducholod' Au-30 s příslušným technickým vybavením.

**2/ jasně a konkrétně specifikovaný stavební program**

Hangár ca. 1500 m<sup>2</sup>

Na obě strany otevíratelný hangár s mobilním kotevním stožárem pro vzducholod' Au-30  
Prefabrikovaná konstrukce s nízkými nároky na transport, montáž a demontáž  
4,5 m volného prostoru kolem zaparkované vzducholodi (ve všech směrech)  
Možnost údržby a malých oprav na balonu, zkoušek těsnosti balonu a čištění nosného plynu  
Orientace osy hangáru ve směru převládajícího větru (viz orientaci historické konstrukce)

Přerušení kontaktu s permafrostem a průměrnou sněhovou pokrývkou (ca.1,00 m)

Čistička helia (s. v. = 6 m, může být umístěna mimo hangár) 100 m<sup>2</sup>

Dílna a sklad (s. v. = 4,5 m) 200 m<sup>2</sup>

Generátor 15 m<sup>2</sup>

Vedoucí provozu 20 m<sup>2</sup>

Konferenční místnost 30 m<sup>2</sup>

Laboratoř 30 m<sup>2</sup>

6 obytných buněk á 15 m<sup>2</sup> 90 m<sup>2</sup>

Sociální zařízení

Garáž pro dva sněžné skútry 25 m<sup>2</sup>

**3/ popis závěrečného výsledku, výstupy a měřítka zpracování (pozn.1)**

Situace 1: 500

Abstrakt v rozsahu max. 1000 znaků  
(vytištěn na plánu situace)

Půdorysy, pohledy a řezy nutné k pochopení zvolené konstrukce 1:100

Detailní zobrazení charakteristických částí konstrukce v lib. měřítku min. 1: 20

*(pozn.1) uvedená měřítka slouží jako úzus rozlišení, jejich skutečná tisková velikost na papíře může být v měřítku odlišném, resp. S uvedením (grafického) měřítka*

**4/ seznam dalších dohodnutých částí projektu (model)**

Model konstrukce (pokud možno) bez obvodového pláště  
(na stabilní desce jednotného formátu dle dohody) 1: 100

Dílčí modely konstrukčních dílů v libovolném měřítku jsou možné mín. 1 : 20

Všechny plány na jednotném formátu A0 (resp. dle zvyku FA ČVUT) a na digitálním nosiči

Portfolio A4 shrnující projekt

datum a podpis studenta

11. února 2020

Datum a podpis vedoucího DP

11. února 2020

datum a podpis děkana FA ČVUT

10.3.2020

registrováno studijním oddělením dne

12. 6. 2020

*Byť návrh sám je snad dílem autorským, respektive vznikajícím při diskusi s vedoucími atelieru a ostatními studenty, při vypracování této diplomové práce jsem čerpal různou měrou z následujících zdrojů, ať už inspiračně, věcně, použitím ilustrace, či textu. Děkuji jejich autorům a všem zúčastněným za inspirativní poznatky.*

- 1 | BAUM Mirko, HYBLER Vojtěch:  
Zadávací dokumentace studentské práce - letní semestr 2020, FA ČVUT v Praze, 2020
- 2 | BAUM Mirko:  
studijní materiály, přednášky a prezentace:               Úvodní přednášky - Ny-Alesund  
O konstrukci tuhých vzducholodí  
O konstrukci hangáru  
Nehierarchické systémy  
Folding structures
- 3 | BAUM Mirko:  
Ulice na konci světa - o architektuře a jiných věcech  
Akademie výtvarných umění, Kant, Karel Kerlický, Praha 2007
- 4 | FORETNÍK Jan:  
Architektura, geometrie a výpočetní technika - teze doktorské práce, FA VUT v Brně, 2010
- 5 | BURKHALTER Marianne, SUMI Christian (eds):  
Konrad Wachsmann and the Grapewine Structure, Park Books AG Zurich, 2018
- 6 | RIBORDY Léonard:  
Božská proporce v geometrii a v číslech, Volvox Globator, 2017
- 7 | KNAACK U., CHUNG-KLATTE S., HASSELBACH R.:  
Prefabricated Systems | Principles of Construction, Birkhäuser, Basel, 2012
- 8 | WIGLEY Mark:  
Buckminster Fuller Inc. Architecture in the Age of Radio, Lars Müllers Publishers, Zurich 2015

další zdroje online:

- 9 | <[air-and-space.com/LZ-126%20LZ-127.htm](http://air-and-space.com/LZ-126%20LZ-127.htm)>
- 10 | <[meteoblue.cz](http://meteoblue.cz)>
- 11 | <[commons.wikimedia.org/The Library of Congress, Creative Commons](http://commons.wikimedia.org/The Library of Congress, Creative Commons)>
- 12 | <[besista.com](http://besista.com)>
- 13 | <<https://www.atlasofplaces.com/architecture/cargolifter/>>
- 14 | <[baum-baros.de](http://baum-baros.de)>

*čerpal jsem z obsahu webových stránek akutálně dostupného v rozmezí února až května 2020*

++++

**závěrem**

**děkuji**

Prof. Mirko Baumovi a Vojtěchu Hyblerovi  
za vedení práce, konzultace a zvládnutí tohoto zvláštního koronasemestru,  
Martinu Pospíšilovi za konzultace,

knihovně NTM  
za poskytnutí studijních materiálů o historii vzduchoplavectví a stavbě hangárů

fakultě, pedagogům, architektům, studentům a všem, se kterými jsem se mohl potkat a učit se od nich

rodině a přátelům  
za podporu

V Praze  
Červen 2020





