

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD
KATEDRA MECHANIKY

Diplomová práce

**Analýza ocelových hal v systému PREON s
porovnáním u konvenčních způsobů
výstavby ocelových hal**

Bc. Pavel Jakeš

Plzeň 2020

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta aplikovaných věd
Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Pavel JAKEŠ**
Osobní číslo: **A19N0056P**
Studijní program: **N3607 Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Stavitelství**
Téma práce: **Analýza ocelových hal v systému PREON s porovnáním u konvečních způsobů výstavby ocelových hal**
Zadávací katedra: **Katedra mechaniky**

Zásady pro vypracování

1. Výběr a tvarové specifikace ocelových hal pro daný konstrukční systém s rozбором zatížení dané konstrukce. Vypracování příslušných textů a rozborů týkajících se statických odlišností řešených hal.
2. Sestavení statických schémat vybraných konstrukcí pro daný druh zatížení vyskytujících se v konstrukci.
3. Statická analýza konstrukčních systémů s vyhodnocením a dimenzováním ve 3D programech pro ocelové konstrukce, se závěrečným posudkem a vyhodnocením konstrukčních systémů ocelových hal.

Rozsah diplomové práce: **60 – 75 stran A4**
Rozsah grafických prací: **práce skládající se z výkresů a textových částí**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

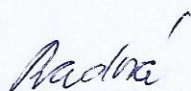
Seznam doporučené literatury:

1. ČSN EN 1990 – Zásady navrhování stavebních konstrukcí.
2. ČSN EN 1991 – Zatížení stavebních konstrukcí.
3. ČSN EN 1992 – Navrhování betonových konstrukcí.
4. ČSN EN 1993 – Navrhování ocelových konstrukcí.
5. Frick / Knoll – Stavební konstrukce I. a II. JAGA 2005.

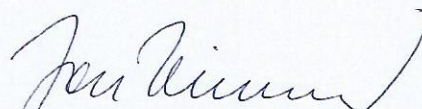
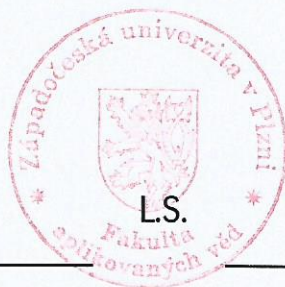
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Petr Kesi, Ph.D.**
Katedra mechaniky

Datum zadání diplomové práce: **1. července 2020**

Termín odevzdání diplomové práce: **6. ledna 2021**



Doc. Dr. Ing. Vlasta Radová
děkanka



Doc. Ing. Jan Vimmr, Ph.D.
vedoucí katedry

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci s názvem „Analýza ocelových hal v systému PREON s porovnáním u konvenčních způsobů výstavby ocelových hal“ jsem zpracoval samostatně pod odborným dohledem Ing. Petra Kesla Ph.D. při použití současných zdrojů a odborné literatury.

V Plzni 6.1.2021

.....

Bc. Pavel Jakeš

Poděkování

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu panu Ing. Petrovi Keslovi, Ph.D. za konzultace, a cenné rady při řešení problémů spojených se zpracováním práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a přítelkyni, za velkou podporu během studia.

ERRATA

ABSTRAKT

Diplomová práce pojednává o možnostech výběru statického schématu ocelové haly za určitých podmínek. V diplomové práci jsou řešeny a porovnávány důsledky výběru statického schématu. Cílem této práce je poukázat jak výběr konstrukčního systému ovlivňuje další navazující konstrukce a ilustruje úvodní rozvahu v předprojektční fázi stavby.

Práce je rozdělena na tři části, teoretická část je úvod do problematiky halových staveb a uvádí současné možnosti řešení jednotlivých konstrukcí.

Analytická část poté specifikuje dané varianty konstrukčních systémů na základě statického výpočtu a z toho vycházejících geometrických charakteristik.

Ve třetí části je zhodnocení jednotlivých variant po dílčích částech s celkovým porovnáním.

Klíčová slova

Ocelová hala, PREON, jednolodní hala, dvojlodní hala, trojlodní hala, analýza, porovnání

ABSTRACT

The diploma thesis deals with the possibilities of selecting a static concept for predetermined conditions and the consequences of selecting individual variants. The point of this work is to point out how the choice of construction system affects other subsequent constructions and illustrates the initial balance in the pre-design phase of the construction.

The work is divided into three parts, the theoretical part is an introductory part from the issue of hall constructions and presents the current possibilities of solving individual parts of structure.

The analytical part then specifies the given variants of structural systems on the basis of static calculation and the resulting geometric characteristics. The third part is a comparison of individual variants in partial parts with an overall summary.

Keywords

Steel hall, PREON, analysis, single nave hall, two nave hall, three nave hall, comparison

Obsah

1. ÚVOD.....	15
2. TEORETICKÁ ČÁST.....	16
2.1 Haly.....	16
2.1.1 Obecně.....	16
2.1.2 Opláštění stěn.....	17
2.1.3 Střešní skladba.....	18
2.1.4 Podlaha haly.....	19
2.1.5 Základové konstrukce.....	20
2.1.6 Výplně otvorů.....	21
2.1.7 Vestavek.....	22
2.2 Ocelové haly.....	23
2.2.1 Prostorová tuhost haly.....	24
2.2.2 Jeřábové dráhy.....	24
2.2.3 PREON.....	24
3. ANALYTICKÁ ČÁST.....	27
3.1 Obecně.....	27
3.2 Varianta A – 2 vnitřní sloupy – 3 lodě.....	28
3.2.1 Konstrukční řešení.....	28
3.2.2 Stavební řešení.....	30
3.2.3 Výpočtový model.....	30
3.2.3.1 Zatížení.....	31
3.2.3.2 Zatěžovací stavy a kombinace.....	33
3.2.4 Hodnocení.....	42
3.3 Varianta B – 1 vnitřní sloupy – 2 lodě.....	43
3.3.1 Konstrukční řešení.....	43
3.3.2 Stavební řešení.....	44
3.3.3 Výpočtový model.....	45
3.3.3.1 Zatížení.....	45
3.3.3.2 Zatěžovací stavy a kombinace.....	48
3.3.4 Hodnocení.....	56
3.4 Varianta C – žádný vnitřní sloup – 1 loď.....	57
3.4.1 Konstrukční řešení.....	57
3.4.2 Stavební řešení.....	58
3.4.3 Výpočtový model.....	59
3.4.3.1 Zatížení.....	59
3.4.3.2 Zatěžovací stavy a kombinace.....	62
3.4.4 Hodnocení.....	70
Seznam výkresových příloh.....	71
4. POROVNÁNÍ.....	72
4.1 Zemní práce.....	72
4.2 Základy.....	73
4.3 Ocelová nosná konstrukce.....	76
4.3.1 Hmotnost.....	76
4.3.2 Nátěr.....	77
4.4 Podlaha.....	78
4.5 Opláštění stěn.....	79
4.6 Střecha.....	80

4.7 Plán organizace výstavby.....	82
4.8 Využitelnost prostoru.....	83
4.9 Celkové porovnání.....	84
5. ZÁVĚR.....	86
Seznam použitých zdrojů a literatury.....	87
Seznam použitého softwaru.....	89

Seznam ilustrací

obr. /1/ - Dřevěný lepený vazník [3]	..... str. 16
obr. /2/ - Betonový sedlový T vazník [4]	.....str. 16
obr. /3/ - Opláštění pomocí sendvičového panelu [5]	.....str. 17
obr. /4/ - Schéma provedení okapové hrany [5]	.....str. 17
obr. /5/ - Opláštění pomocí sendvičového panelu [6]	.....str. 18
obr. /6/ - Typické řešení detailu atiky [6]	.....str. 18
obr. /7/ - Střešní skladba na trapézovém plechu [7]	.....str. 19
obr. /8/ - Skladba PE fólií – nevhodně provedenou, zdroj: autor	.....str. 19
obr. /9/ - Dilatační profil [8]	.....str. 20
obr. /10/ - Betonáž drátkobetonové podlahy [9]	.....str. 20
obr. /11/ - Osazení ocelového sloupu na ŽB patku, zdroj: autor	.....str. 21
obr. /12/ - Kalichový základ pro prefa ŽB sloup [10]	.....str. 21
obr. /13/ - Základový práh [11]	.....str. 21
obr. /14/ - Osazení ŽB prahu [12]	.....str. 21
obr. /15/ - Pomocná konstrukce pro okenní otvor [13]	.....str. 22
obr. /16/ - Střešní světlík zdroj: autor	.....str. 22
obr. /17/ - Dodatečný vestavek v hale[14]	.....str. 22
obr. /18/ - Příhradová konstrukce haly [15]	.....str. 23
obr. /19/ - Rámová konstrukce skeletu haly [15]	.....str. 24
obr. /20/ - Konstrukční rozdělení nosníku [16]	.....str. 25
obr. /21/ - Schéma PREON nosníku [2]	.....str. 25
obr. /22/ - Montáž PREON nosníku [2]	.....str. 25
obr. /23/ - MSH profily různých tvarů [17]	.....str. 26
obr. /24/ - Londýnský stadion Wembley [17]	.....str. 26
obr. /25/ - Varianta A – 2 vnitřní sloupy, zdroj: autor	.....str. 28
obr. /26/ - Hmotové schéma základové patky, zdroj: autor	.....str. 29
obr. /27/ - Výpočet sání větru, zdroj: autor	.....str. 32
obr. /28/ - Výpočet tlaku větru, zdroj: autor	.....str. 32
obr. /29/ - Výpočet zatížení od sněhu	.....str. 33
obr. /30/ - 3D model v programu FIN3D, zdroj: autor	.....str. 35
obr. /31/ - Výsek 3D model v programu FIN3D, zdroj: autor	.....str. 36
obr. /32/ - Obálka kombinací II. řádu MSÚ - moment, zdroj: autor	.....str. 37
obr. /33/ - Obálka kombinací II. řádu MSÚ – posouvací síla, zdroj: autor	.....str. 38
obr. /34/ - Obálka kombinací II. řádu MSÚ – normálová síla, zdroj: autor	.....str. 39
obr. /35/ - Obálka zatěžovacích stavů MSÚ – moment, zdroj: autor	.....str. 40
obr. /36/ - Vlastní tvar č. 5, zdroj: autor	.....str. 41
obr. /37/ - Varianta B – 1 vnitřní sloup, zdroj: autor	.....str. 43
obr. /38/ - Hmotové schéma základové patky, zdroj: autor	.....str. 44
obr. /39/ - Výpočet sání větru, zdroj: autor	.....str. 46
obr. /40/ - Výpočet tlaku větru, zdroj: autor	.....str. 47
obr. /41/ - 3D model v programu FIN3D, zdroj: autor	.....str. 49

obr. /42/ - Výsek 3D konstrukce, zdroj: autor	.....str. 50
obr. /43/ - Obálka kombinací II. řádu MSÚ - moment, zdroj: autor	.....str. 51
obr. /44/ - Obálka kombinací II. řádu MSÚ – posouvací síla, zdroj: autor	.....str. 52
obr. /45/ - Obálka kombinací II. řádu MSÚ – normálová síla, zdroj: autor	.....str. 53
obr. /46/ - Obálka zatěžovacích stavů MSÚ – moment, zdroj: autor	.....str. 54
obr. /47/ - Vlastní tvar č. 5, zdroj: autor	.....str. 55
obr. /48/ - Varianta C – žádný vnitřní sloup, zdroj: autor	.....str. 57
obr. /49/ - Hmotové schéma základové patky, zdroj: autor	.....str. 58
obr. /50/ - Výpočet sání větru, zdroj: autor	.....str. 60
obr. /51/ - Výpočet tlaku větru, zdroj: autor	.....str. 61
obr. /52/ - Výpočet zatížení od sněhu, zdroj: autor	.....str. 62
obr. /53/ - 3D model v programu FIN3D, zdroj: autor	.....str. 63
obr. /54/ - Výsek 3D konstrukce, zdroj: autor	.....str. 64
obr. /55/ - Obálka kombinací II. řádu MSÚ - moment, zdroj: autor	.....str. 65
obr. /56/ - Obálka kombinací II. řádu MSÚ – posouvací síla, zdroj: autor	.....str. 66
obr. /57/ - Obálka kombinací II. řádu MSÚ – posouvací síla, zdroj: autor	.....str. 67
obr. /58/ - Obálka zatěžovacích stavů MSÚ – moment, zdroj: autor	.....str. 68
obr. /59/ - Vlastní tvar č. 2, zdroj: autor	.....str. 69
obr. /60/ - Zemní práce, zdroj: autor	.....str. 72
obr. /61/ - Cenové srovnání základových konstrukcí, zdroj: autor	.....str. 75
obr. /62/ - Srovnání ocelové konstrukce, zdroj: autor	.....str. 77
obr. /63/ - Srovnání cenových nákladů na opláštění stěn, zdroj: autor	.....str. 80
obr. /64/ - Srovnání ocelové konstrukce, zdroj: autor	.....str. 82
obr. /65/ - Srovnání využitelnosti prostoru, zdroj: autor	.....str. 83
obr. /66/ - Celkové srovnání, zdroj: autor	.....str. 85

Seznam tabulek

Tab. /1/. - Stálé zatížení	.....str. 31
Tab. /2/. - Užité zatížení	.....str. 31
Tab. /3/. - Zatížení od větru – sání	.....str. 31
Tab. /4/. - Zatížení od větru – tlak	.....str. 32
Tab. /5/. - Zatížení sněhem	.....str. 33
Tab. /6/. - Zatěžovací stavy	.....str. 34
Tab. /7/. - Stálé zatížení	.....str. 45
Tab. /8/. - Užité zatížení	.....str. 46
Tab. /9/. - Zatížení od větru – sání	.....str. 46
Tab. /10/. - Zatížení od větru – tlak	.....str. 47
Tab. /11/. - Zatížení sněhem	.....str. 47
Tab. /12/. - Zatěžovací stavy	.....str. 48
Tab. /13/. - Stálé zatížení	.....str. 59
Tab. /14/. - Užité zatížení	.....str. 60
Tab. /15/. - Zatížení od větru – sání	.....str. 60
Tab. /16/. - Zatížení od větru – tlak	.....str. 61
Tab. /17/. - Zatížení sněhem	.....str. 61
Tab. /18/. - Zatěžovací stavy	.....str. 62
Tab. /19/. - Zemní práce	.....str. 72
Tab. /20/. - Základové konstrukce varianta A	.....str. 73
Tab. /21/. - Základové konstrukce varianta B	.....str. 74
Tab. /22/. - Základové konstrukce varianta C	.....str. 74
Tab. /23/. - Shrnutí základových konstrukcí	.....str. 75
Tab. /24/. - Ocelová konstrukce - Varianta A	.....str. 76
Tab. /25/. - Ocelová konstrukce - Varianta B	.....str. 76
Tab. /26/. - Ocelová konstrukce - Varianta C	.....str. 76
Tab. /27/. - Shrnutí hmotnosti ocelové nosné konstrukce	.....str. 76
Tab. /28/. - Nátěrová plocha – Varianta A	.....str. 77
Tab. /29/. - Nátěrová plocha – Varianta B	.....str. 78
Tab. /30/. - Nátěrová plocha – Varianta C	.....str. 78
Tab. /31/. - Shrnutí nátěrových ploch	.....str. 78
Tab. /32/. - Podlaha	.....str. 79
Tab. /33/. - Opláštění stěn – Varianta A	.....str. 79
Tab. /34/. - Opláštění stěn – Varianta B	.....str. 79
Tab. /35/. - Opláštění stěn – Varianta C	.....str. 79
Tab. /36/. - Shrnutí opláštění stěn	.....str. 80
Tab. /37/. - Opláštění střechy – Varianta A	.....str. 81
Tab. /38/. - Opláštění střechy – Varianta B	.....str. 81
Tab. /39/. - Opláštění střechy – Varianta C	.....str. 81
Tab. /40/. - Shrnutí opláštění střechy	.....str. 81
Tab. /41/. - Shrnutí využitelnosti prostoru	.....str. 83
Tab. /42/. - Celkové srovnání	.....str. 84

Seznam použitých zkratk

ČSN – označení české technické normy

DP1 – klasifikace konstrukce z hlediska působení požáru

E – celistvost (hodnoceno v rámci požárního řešení)

HEB – označení ocelového profilu typu H

I – izolační schopnost (hodnoceno v rámci požárního řešení)

IPN – označení ocelového profilu typu I

MSH - mannesmann structural hollow (označení typu ocelového profilu)

MSP – mezní stav použitelnosti

MSÚ – mezní stav únosnosti

PE - polyethylen

PIR - polyisokianurát

PUR - polyuretant

PVC-P - měkčený polyvinylchlorid

ŽB - železobeton

1. ÚVOD

V současné době je obecně kladen důraz na rychlost výstavby, kontrolu jakosti a polyfunkčnost staveb. Právě z těchto důvodů se dostávají do popředí halové montované konstrukce, které díky volné dispozici mohou sloužit různým účelům. Jednou z možných variant u montovaných halových staveb je ocelová konstrukce. Výhodami ocelových konstrukcí jsou subtilní profily, vysoká únosnost a velké možnosti návrhu při velkých rozponech. Diplomová práce se zabývá návrhem ocelových konstrukcí při předem specifikovaných požadavcích (lze přirovnat k požadavkům investora).

Úkolem diplomové práce je provést analýzu a porovnání třech variant konstrukčních systémů a určit, jednotlivé výhody či nedostatky daných řešení, které mohou být zvoleny.

Práci lze rozdělit do tří částí. První částí je teoretický úvod do problematiky halových staveb s uvedením současných řešení jednotlivých dílčích částí stavby.

V další části jsou specifikovány porovnávané varianty. Jedná se o popis ocelové nosné konstrukce a navazujících konstrukcí (např. základové konstrukce). V této části je specifikovaná metodika a popsány veškeré vstupní parametry k hodnocení. V rámci diplomové práce bylo provedeno statické posouzení jednotlivých variant konstrukčních systémů.

V poslední třetí části je provedeno porovnání variant jednotlivých řešení s ohledem na předešlé data, které byly stanoveny. Jsou zde sledovány rozdíly mezi variantami, které jsou vyčísleny za pomoci cenových rozdílů a rozdílů objemu prací. Rozdíly jsou poté vyhodnoceny v celkovém měřítku stavby.

Výstupem diplomové práce je analýza výběru vhodného statického systému.

2. Teoretická část

2.1 Haly

2.1.1 Obecně

Halové stavby jsou stavební objekty převážně o jednom nadzemním podlaží. Jejich primární funkce lze definovat:

- Ochrana před vnějšími vlivy (povětrnostní vlivy, akustické vlivy)
- Zajištění prostředí vhodného k účelu objektu (např. vnitřní prostředí pro skladování, či výrobu) [1]

Pro halové objekty je typické, že se snaží maximalizovat využitelnost vnitřního prostoru a to eliminací vnitřních nosných konstrukcí, které jsou redukovány, dle statického schématu, jednolodní hala je bez vnitřních svislých nosných konstrukcí. Vícelodní haly obsahují vnitřní svislé nosné konstrukce v podobě sloupů. Nejčastěji se halové objekty využívají pro zajištění výroby, skladové kapacity, zemědělské účely či jako komerční plochy.

Nosná konstrukce je zpravidla tvořena pomocí prutových prvků. Materiálové řešení je závislé na rozpětí haly. S rozpětím do 12 m je obvykle střešní konstrukce řešena pomocí dřevěné nosné konstrukce. Rozpětí do 30 metrů může být efektivně řešeno pomocí dřevěných lepených profilů, železobetonových vazníků (tvar T či I) či ocelové konstrukce z válcovaných profilů či příhradové konstrukce.



obr. /1/ Dřevěný lepený vazník [3]



obr. /2/ Betonový sedlový T vazník [4]

V dnešní době je využíváno především prefabrikovaných dílců ze železobetonu, nebo dílčích ocelových sestav, které jsou smontovány na stavbě. Využíváním prefabrikace je urychlena rychlost výstavby a zajištěna vysoká kontrola kvality provedení dílčích částí.

2.1.2 Opláštění stěn

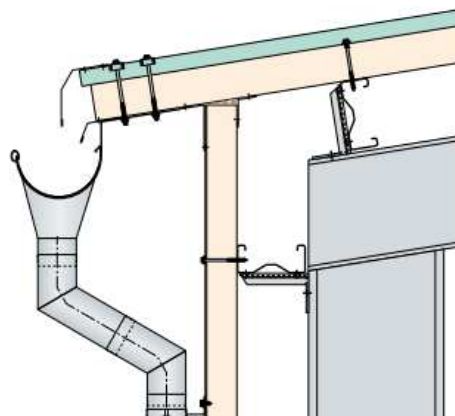
V současné době se pro opláštění stěn halových staveb nejčastěji využívá sendvičových panelů s izolačním jádrem (např. obchodní značka KINSPAN).

Sendvičový panel se skládá z dvou ocelových plechů, vnější standardně tloušťky 0,6 mm a vnitřní tloušťky 0,4 mm. Mezi tyto plechy je aplikováno izolační jádro, které se liší dle požadovaných vlastností. Izolační jádro může být z materiálů na bázi PUR, PIR či minerálních vláken. Materiál izolačního jádra poté rozhoduje o požární odolnosti dané konstrukce. Při použití certifikovaného systému, kde výrobce má systém odzkoušen, lze dosáhnout až EI 120 DP1 [5].

Panely jsou montovány na paždíky, které připevněny na primární nosnou konstrukci haly.



obr. /3/ Opláštění pomocí sendvičového panelu [5]



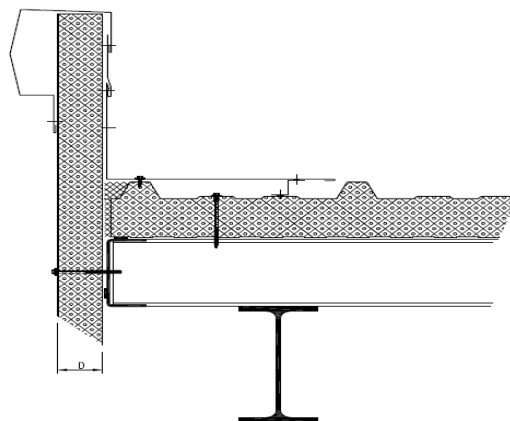
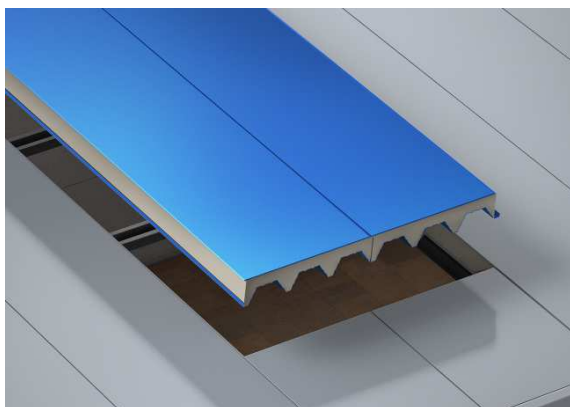
obr. /4/ Schéma provedení okapové hrany [5]

2.1.3 Střešní skladba

V současné době se střešní skladby řeší dvěma způsoby. První možností je použití sendvičových panelů, které jsou obdobné pro použití na stěnách. Panely jsou doplněny hydroizolační fólií z PVC-P, či je fólie doplněna již z výroby. Panely jsou umísťovány na střešní vaznice, do kterých jsou mechanicky kotveny.

Jednou z dalších variant při použití střešní panelů jsou sendvičové panely s profilací vnitřní strany plechu, kde je možné použití při absenci střešních vaznic. Panely jsou dostatečně únosné mezi jednotlivé nosné rámy.

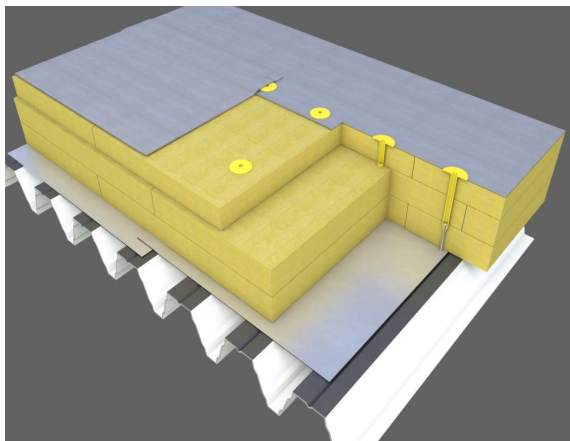
Tato možnost se především využívá u staveb s nižšími tepelně technickými nároky, ovšem její použití je široké.



obr. /5/ Opláštění pomocí sendvičového panelu [6] obr. /6/ Typické řešení detailu atiky [6]

Další variantou je střešní skladba s nosnou konstrukcí z trapézového plechu, na který je provedena jednoplášťová střecha skládající se z parotěsnící vrstvy z PE fólie či asfaltového pásu, tepelná izolace z pěnového polystyrenu či minerálních vláken a poté hydroizolační vrstva, která je v současné době nejčastěji z PVC-P fólie.

Toto řešení je používáno při různých požadavcích na skladbu střechy. Například pokud je v halovém objektu vestavek s administrativní částí a hala slouží obecně jako sklad, jsou zde velmi rozdílné parametry, které by měla střešní konstrukce splňovat a to hlavně z hlediska součinitele prostupu tepla konstrukce. Při řešení pomocí trapézového plechu, lze navrhovat skladbu lokálně rozdílnou.



obr. /7/ Střešní skladba na trapézovém plechu [7]



obr. /8/ Skladba PE fólií – nevhodně provedenou, zdroj: autor

Na obrázku č. /7/ je vidět skladba s parotěsnicí vrstvou z asfaltového pásu a tepelné izolace z minerálních vláken, díky které je dosažena požární uzavřenost. Na obrázku č. /8/ je provedena střecha, kde nejsou kladeny vysoké požadavky na požární odolnost střešního pláště a proto může být použit pěnový polystyren.

Odvodnění střech je řešeno v závislosti na tvaru střechy. U sedlových střech může být provedeno odvodnění pomocí okapových žlabů a svodů, tudíž vně objektu.

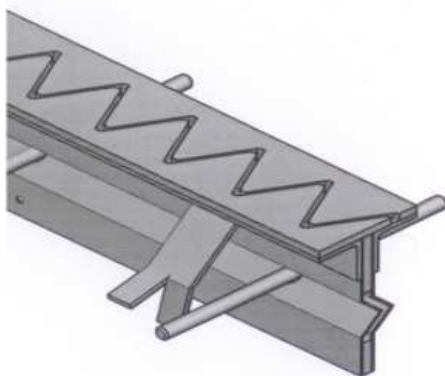
Při velkých plochách, či u vícelodních hal je řešeno odvodnění pomocí vnitřních vtoků. Odvodnění pomocí vnitřních vtoků lze rozdělit na gravitačního odvodnění a podtlakového. Veškeré toto odvodnění lze považovat za více rizikové vůči ochraně vnitřního prostředí (požadavkem investora může být odvodňovat stavbu vnějším způsobem kvůli důležitosti skladovaného materiálu např. depozitář).

2.1.4 Podlaha haly

Podlaha haly se řeší v závislosti na účelu a provozu v objektu. Je nutné do návrhu zahrnout zda se v hale bude pohybovat technika a namáhat konstrukce podlahy například obrusem či nikoliv. V současné době je nejčastějším řešením provádět podlahy betonové či drátkobetonové. Požadavky na podlahy určuje ČSN 74 4505 – Podlahy, která stanovuje, že návrh podlahy musí obsahovat skladbu podlahy včetně tloušťek jednotlivých vrstev a jakost použitých materiálů. Z hlediska kvality provedení podlahy je důležité podloží, které při návrhu musí být zhutněno na dané požadavky.

Z charakteru objektu je nutné podlahu dodatečně dilatovat a to maximálně v úsecích 6 x 6 m. Pro dilataci slouží dilatační profily, či dodatečné rozřezání části podlahy a vyplnění spáry pryskyřicí.

Pro zlepšení vlastností podlah se používají minerální vsypy. Vsypy se aplikují při betonáži a dosahuje se tím odolného povrchu proti nárazům a otěru. Používají se často ve výrobních či skladovacích halách.



obr. /9/ Dilatační profil [8]



obr. /10/ Betonáž drátkobetonové podlahy [9]

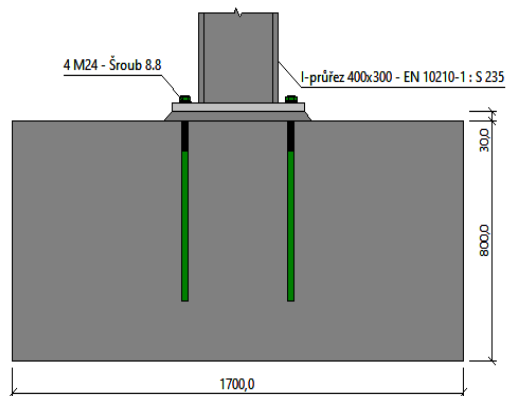
Tepelná izolace ve skladbě podlahy se navrhuje dle účelu stavby. Při návrhu je nutné zohlednit vysoký požadavek na pevnost v tlaku tepelné izolace dle provozu. V současné době se, v souladu s platnou legislativou, využívá tepelná izolace pouze u exponovaného obvodu stavby s exteriérem. Tím bude omezen lineární tepelný most u paty objektu a v ploše pod podlahou je uvažováno s celoročně konstantní teplotou.

2.1.5 Základové konstrukce

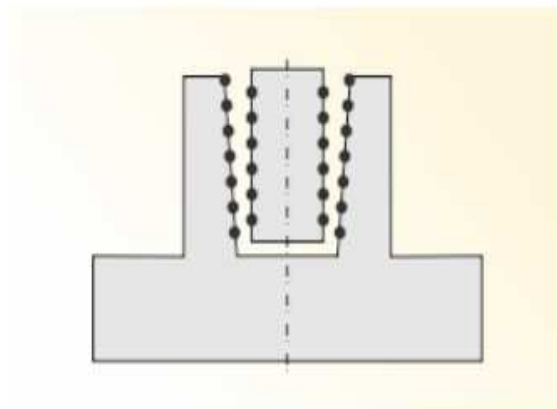
Základové konstrukce halových staveb se navrhuje dle vrchní stavby, ta bývá běžně koncipovaná do sloupových konstrukcí, pod které se navrhuje základové železobetonové patky. Patky, dle velikosti přenášené síly či vhodnosti podloží, mohou být jednostupňové či dvoustupňové.

V případě železobetonových hal, lze využívat kalichové patky. Kalichové patky mohou být částečně prefabrikovány a tudíž tím může být urychlena výstavba.

U ocelových hal dochází po vybetonování k usazení závitových tyčí, které budou zajišťovat kotvení konstrukce. Závitové tyče se mohou umístit během betonáže či dodatečně provést montáž na chemickou kotvu. Ocelové sloupy jsou ukončeny pomocí čelní desky, pod kterou se provede podlití z vysokopevnostního betonu či plastbetonu.



obr. /11/ Osazení ocelového sloupu na ŽB patku, zdroj: autor



obr. /12/ Kalichový základ pro prefa ŽB sloup [10]

Mezi základové patky se používají základové prahy. Prah je ohýbaný prvek, který je uložen na základových patkách. Základový práh je složen z nosné železobetonové konstrukce, která je doplněna tepelnou izolací z extrudovaného polystyrenu a opatřena ochranou betonovou vrstvou. Dle požadavků haly lze upravovat tloušťku tepelné izolace.



obr. /13/ Základový práh [11]



obr. /14/ Osazení ŽB prahu [12]

2.1.6 Výplně otvorů

Výplně otvorů lze navrhovat libovolné velikosti, jelikož obvodový plášť je nenosný. Limitující je pro nás primární a sekundární nosná konstrukce. U halových staveb lze navrhovat pásová okna. Výplně otvorů je nutné osazovat do pomocné konstrukce vytvořené z ocelových profilů. Nelze otvory kotvit přímo do obvodového pláště, protože ten na to není uzpůsoben.

Osvětlení bývá zajištěno i střešními světlíky, které jsou osazovány v rámci montáže střešní skladby. Světlíky mají dostatečné tepelněizolační vlastnosti pro použití dle různých účelů stavby.



obr. /15/ Pomocná konstrukce pro okenní otvor obr. /16/ Střešní světlík zdroj: autor [13]

2.1.7 Vestavek

Halové objekty jsou navrhovány především jako jednopodlažní objekty, ovšem standardně se doplňují vhodným vestavkem pro případné zázemí či velín.

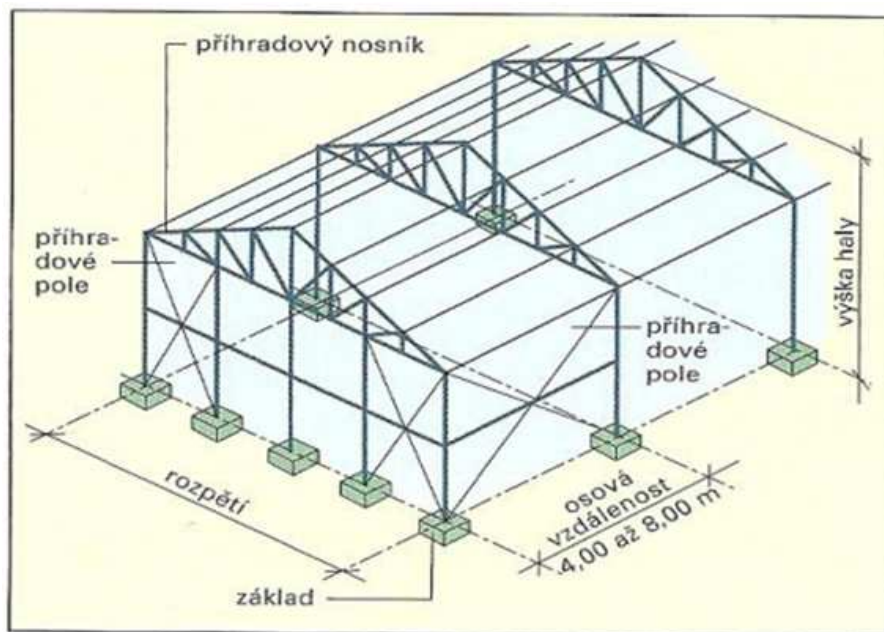
Vestavky mohou být součástí návrhu, kdy jsou uvažovány jako součást primární nosné konstrukce, či můžou být dostávovány dodatečně. Zde už je možné riziko při napojení na stávající konstrukci. Je nutné provést znovu statické posouzení konstrukce s přitížením vestavku či provést vestavek jako nezávislou konstrukci s vlastní nosnou konstrukcí a vlastními základovými konstrukcemi.



obr. /17/ Dodatečný vestavek v hale [14]

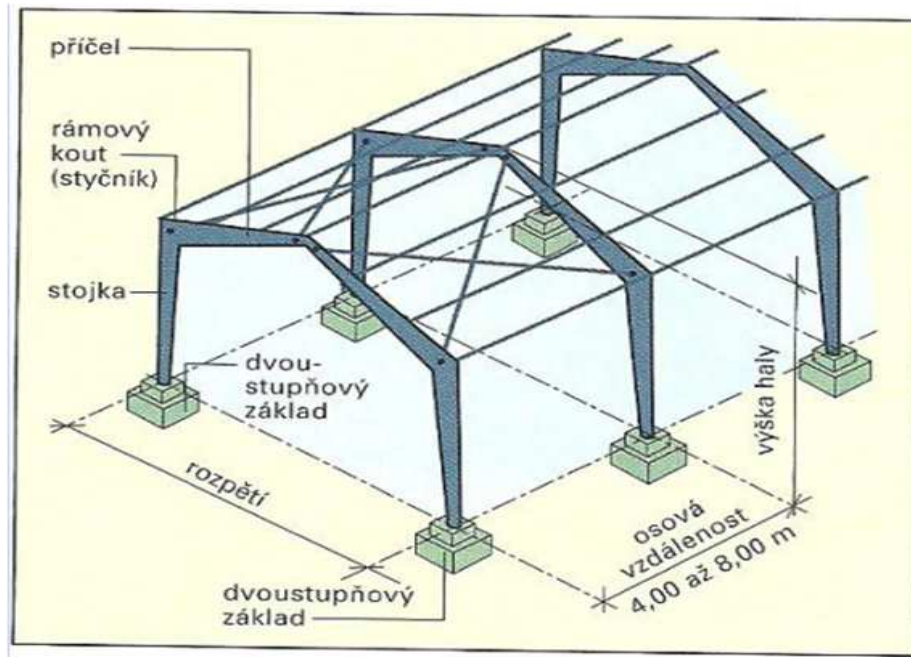
2.2 Ocelové haly

Ocelové haly se využívají běžně od rozpětí 12 m. Nosná konstrukce je složena z jednotlivých ráků. Rám je tvořen sloupy z ocelových profilů válcovaných, svařovaných či příhradové konstrukce a příčlím, která je řešena v závislosti na rozpětí. Při menších rozpětí je možné použít příčlím z ocelového profilu, u větších rozpětí jsou používány příhradové konstrukce.



obr. /18/ Příhradová konstrukce haly [15]

Obrázek č. /18/ zobrazuje variantu s příhradovým nosníkem sedlového tvaru. Příhradový nosník je složen většinou z L profilů nebo trubek. V diplomové práci byly využity čtyřhranné trubky typu MSH. Tvar příhradového nosníku zajišťuje odvodnění střešní roviny.



obr. /19/ Rámová konstrukce skeletu haly [15]

Na obrázku č. /19/ je zobrazena varianta obsahující tuhé rámové rohy. Příčle je standardně řešena pomocí válcovaných profilu typu I. Tvar příčle může zároveň zajišťovat tvarové řešení střešní roviny.

2.2.1 Prostorová tuhost haly

Jelikož obecně rámové konstrukce zajišťují tuhost ve své rovině, je nutné primární nosnou konstrukci ztužovat pomocí sekundární konstrukce. Tu tvoří profily vhodné k přenosu tahových či tlakových sil, kterými jsou namáhány. Zavětrování se umísťuje vhodně do střešní roviny či lokálně mezi jednotlivé pole pro dosažení přenosu vodorovných sil, které mohou na konstrukci působit.

V diplomové práci jsou převážně používány profily kruhových trubek.

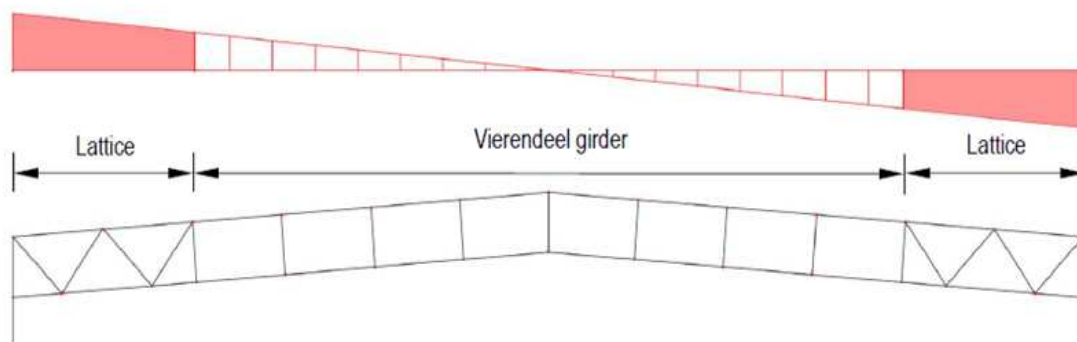
2.2.2 Jeřábové dráhy

V závislosti na účelu halové stavby patří často k návrhu nosné konstrukce i návrh podpůrné konstrukce pro jeřábovou dráhu, kde je nutné zahrnout účinky provozu jeřábového tělesa do dimenze primárních nosných prvků.

V diplomové práci není s jeřábovou dráhou uvažováno.

2.2.3 PREON

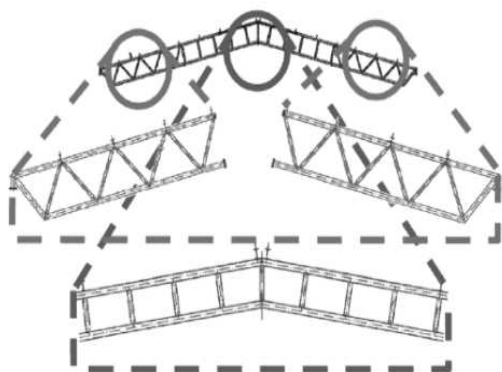
Nosník typu PREON je systém vyvinut společností Vallourec. Jedná se o příhradový nosník, kde geometrie nosníku je složena z příhradové konstrukce na krajních částech a ve střední části je použit Vierendeelův nosník. Změnou oblasti z příhradové konstrukce na Vierendeelův nosník dochází k úspoře materiálu, to znamená nižší vlastní hmotnost a tím pádem i možnost navrhnout subtilnější konstrukce.



obr. /20/ Konstrukční rozdělení nosníku [16]

Použití systému je závislé na rozponu. Systém PREON nachází využití na velká rozpětí hal. Při rozponu do 15 m není vhodné využívat PREON systém. Na rozpětí od 15 m do 30 m je nutné detailnější posouzení při výběru variant. Efektivnost toho systému je nejvyšší v rozmezí rozponu nad 30 m. [2]

Vierendeelův nosník má výhodu, že může být použit na velké rozpětí a jeho výroba je jednodušší oproti klasické příhradě, ovšem Vierendeelův nosník je méně únosný s ohledem na posouvající síly, proto je použit pouze v prostřední části. Prostřední část lze optimalizovat dle skutečných účinků a to především vzdáleností mezi kolmými pruty.



obr. /21/ Schéma PREON nosníku [2]



obr. /22/ Montáž PREON nosníku [2]

Konstrukce typu PREON není v České republice běžně využívanou koncepcí nosníku. Nejvíce je rozšířená v sousední Německu, kde firma Vallourec má svojí pobočku. Firma Vallourec je významný dodavatel ocelových trubek. V rámci diplomové práce proběhly konzultace s firmou Vallourec o korektním návrhu PREON nosníku.

Nosník PREON je v systému vyvinutý firmou Vallourec složen z čtyřhranných dutých profilů typu MSH (Mannesmann Structural Hollow). Přednost

profilů je ve vysoké únosnosti a estetické stránce. Konstrukční profily typu MSH se vyrábějí nejčastěji v pevnostní třídě S 355.

Z profilů MSH byl postaven například fotbalový stadion v Londýně Wembley.



obr. /23/ MSH profily různých tvarů [17]



obr. /24/ Londýnský stadion Wembley [17]

3. Analytická část

3.1 Obecně

Ocelové haly mají dnes široké využití. Diplomová práce se zabývá problematikou zvolení vhodného konstrukčního systému s ohledem na různé řešení střešní roviny s návazností na vnitřní podpory na vymezené ploše 72 x 72 m a světlé výšky 9500 mm. Tato plocha byla zvolena typově, lze na ní ilustrovat řešení bez vnitřní podpory, s jednou vnitřní podporou a i s dvěma vnitřními podporami. Cílem analytické části je porovnat tři různé řešení ocelové haly na základě jejich statického schématu a počtu vnitřních podpor. Posuzování a výčet zatížení je stanoveno dle platných Eurokódů vypsanych níže.

ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí

Zatížení bylo stanoveno dle níže vypsanych částí Eurokódu ČSN EN 1991.

ČSN EN 1991 – Zatížení konstrukcí

Část 1-1: Zatížení konstrukcí - Objemová tíha, vlastní tíha a užitná zat.

Část 1-2: Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru

Část 1-3: Zatížení konstrukcí- zatížení sněhem

Část 1-4: Zatížení konstrukcí- zatížení větrem

Část 1-5: Zatížení konstrukcí- zatížení teplotou

Návrh ocelové konstrukce je v souladu s Eurokódem ČSN EN 1993.

ČSN EN 1993-1 – Navrhování ocelových konstrukcí

Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

Část 1-2: Obecná pravidla : Navrhování konstrukcí na účinky požáru

Část 1-8: Navrhování styčnicků

Navazující konstrukce s detaily jsou řešeny v souladu s normami, které stanovují provádění a posuzování ocelových konstrukcí.

ČSN EN 1090-1 – Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí

Část 1: Požadavky na posouzení shody konstrukčních dílců

ČSN EN 1090-2 – Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí

Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce

ČSN 73 1401 Navrhování ocelových konstrukcí

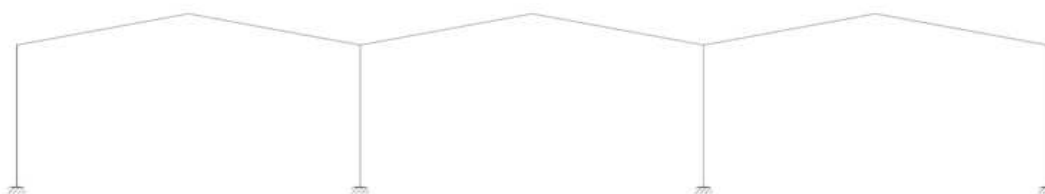
Výpočet je zpracován ve softwaru FINE a GEO5 (FIN3D, Zatížení, Ocel, Patka).

3.2 Varianta A – 2 vnitřní sloupy – 3 lodě

3.2.1 Konstrukční řešení

Obecně – varianta A

Varianta A se dvěma vnitřními sloupy (trojlodní hala) je řešena pomocí ocelových tuhých rámu s osovou vzdáleností 6 m a rozpětím po 24 m s celkem 13 rámy. Nosná konstrukce je řešena pomocí sloupů a příčle. Sloupy jsou navrženy z válcovaných profilů typu HEB 300. Příčle je ve sklonu 8° navržena z válcovaného profilu typu IPN 500.



obr. /25/ Varianta A – 2 vnitřní sloupy, zdroj: autor

Zemní práce

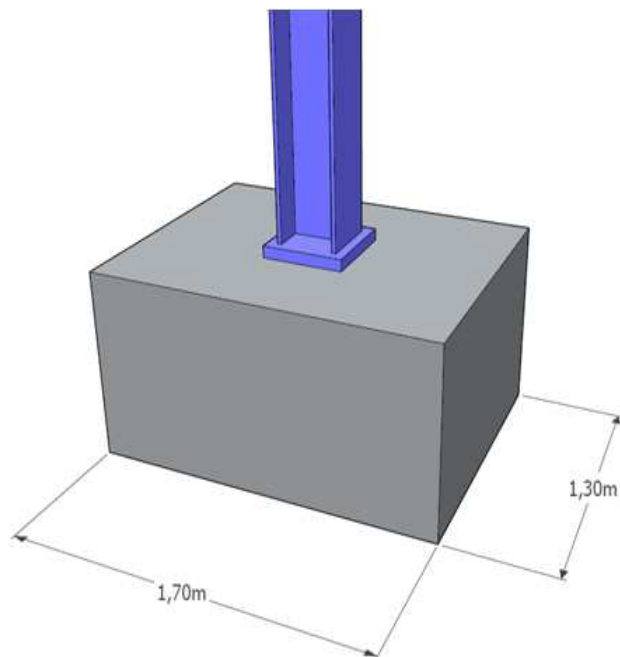
Nejprve budou provedeny hrubé terénní práce a skrývka ornice. Mocnost skrývky bude 200 mm. Deponie výkopku bude vytvořena na pozemku. Poté bude provedeno hloubení jam pro patky a obvodové základové prahy. Výkopy budou hloubeny strojně a to do hloubky -1,400 m.

Základy

Uvažovaná únosnosti základové půdy v rámci diplomové práce je stanovena na $R_d = 250$ kPa. Pro návrh základové konstrukce byly využity vnitřní síly z výpočtového modelu popsaného v následujících kapitolách.

Základové konstrukce jsou řešeny pomocí jednoduchých železobetonových patek o rozměrech 1700 mm x 1300 mm x 800 mm. Beton je navržen z C25/30. Ocelová výztuž je navržena B550. Sloup je na patce umístěn pomocí čelní desky, pod kterou je provedeno podlité z plastbetonu. Pod železobetonovou patkou bude provedena vrstva podkladního betonu o minimální třídě betonu C12/15 XC0 a mocnosti vrstvy 100 mm.

Spoj je navržen tak, aby mohl být uvažován výpočtově jako vetknutí.



obr. /26/ Hmotové schéma základové patky, zdroj: autor

Obrázkové schéma základové konstrukce představuje hmotu patky. Přesné řešení rozšíření ocelového spoje na čelní desku není řešeno. Celkový objem železobetonové patky v běžném poli je stanoven na 1,77 m³. V čele objektu je geometrie základu ponechána. Mezi železobetonovými patkami jsou umístěné prefabrikované železobetonové prahy. Ocelová výztuž je navržena v podélném směru 10 ks profilů průměru 14 mm. V příčném směru je navržena výztuž 12 ks profilů průměru 14 mm.

Primární nosná konstrukce

Primární nosná konstrukce je navržena pomocí ocelových válcovaných profilů z HEB 300 délky 10750 mm. Příčle je řešena pomocí ocelového válcovaného profilu IPN 500 délky 2x12050 mm. Hala je navržena jako trojlodní.

Sekundární nosná konstrukce

Střešní vaznice jsou navrženy z ocelových válcovaných profilů HEA 120 délky 6000 mm. Zavětrování je řešeno z trubek TK různých průřezů. Trubky zvyšují stabilitu konstrukce a zajišťují přenos sil způsobené zatížením větrem.

Podlaha

Konstrukce podlahy je navržena se zhutněným násypem šterkodrtě frakce 0-32 mm v tloušťce 200 mm. Dále je poté provedena netkaná textilie se separační funkcí, hydroizolační vrstva z PVC fólie s atestem proti radonu. Dále poté bude provedena netkaná textilie se separační funkcí a jako hlavní nosná vrstva podlahy je navržena drátkobetonová deska C25/30 XC2 tl. 180 mm.

3.2.2 Stavební řešení

Obvodové stěny

Řešení obvodových stěn je uvažováno dle aktuálních možností. V současné době převažuje výstavba halových staveb s opláštěním z izolačních sendvičových panelů.

Stěny jsou řešeny pomocí sendvičových panelů (např. KINGSPAN panely). Opláštění bude řešeno systémově, kotveno do paždíků - ocelových C profilů.

Výplně otvorů

Výplně otvorů nejsou v návrhu uvažovány, rozmístění a velikost otvorů je nutné navrhnout s ohledem na využití objektu.

Střecha, hydroizolační vrstva

Řešení střechy je uvažováno dle aktuálních možností. Pro řešení v diplomové práci je střecha haly prováděna pomocí izolačních sendvičových panelů, které jsou doplněny hydroizolační fólií. Hala je řešena pomocí třech lodí, mezi kterými vzniká úžlabí. Odvodnění hlay bude přes vnitřní vtoky pomocí gravitační kanalizace.

3.2.3 Výpočtový model

Ocelová konstrukce byla vymodelována ve FIN3D. Model je složen z vetknutých sloupů s tuhým rámem. Sloupy jsou navrženy z ocelových válcovaných profilů HEB 300. Příčle je řešena jako tuhá část rámu z profilu IPN 500 ve sklonu 8°.

Rámy jsou umístěny s osovou vzdáleností 6 m s rozpětím po 24 m. Celková zastavěná plocha, která je přestřešena ocelovou konstrukcí činí 72 x 72 m. Model byl zatěžován přes střešní vaznice, složené z ocelových válcovaných profilů HEA120.

Sekundární nosné konstrukce, které zajišťují stabilitu, jsou řešeny pomocí trubek.

Zatěžovací stavy pro model varianty A obsahují vlastní tíhu, stálé zatížení, proměnné zatížení pro nepřístupné střechy (Kategorie H), zatížením sněhem a větrem. Níže jsou detailněji specifikovány.

Kombinace byly vygenerovány pomocí FIN3D v souladu s Eurokódem 1 (ČSN EN 1991-1-1).

U modelu varianty A byl proveden výpočet lineární stability a vlastních tvarů, kde byla provedena optimalizace pro splnění podmínek.

3.2.3.1 Zatížení

Zatížení je stanoveno dle ČSN EN 1991 1-4. Zatěžovací šířka pro vaznice je 1500 mm. Zatěžovací šířka pro sloup je 6000 mm.

Stálé zatížení

Tab. /1/. - Stálé zatížení

Zatížení	Hodnota [kN/m ²]
Zatížení od střešní skladby (izolační panely + hydroizolační fólie)	0,375
Zatížení od technologie (osvětlení, VZT)	0,10

Užitné zatížení - údržba

Užitné zatížení je stanoveno dle ČSN EN 1991 1-1, dle tabulky 6.10.

Tab. /2/. - Užitné zatížení

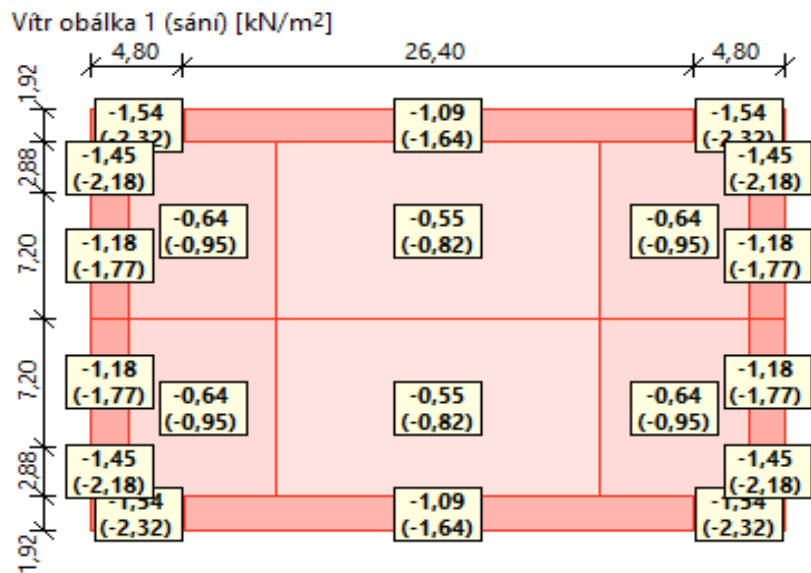
Zatížení	Hodnota [kN/m ²]
Užitné zatížení - nepochozí střechy – kategorie H	0,75

Zatížení od větru - sání

Zatížení větrem bylo stanoveno programem Zatížení. Větrová oblast byla uvažována jako II.. Oblast je stanovena dle ČSN EN 1991-1-4.

Tab. /3/. - Zatížení od větru - sání

Zatížení	Hodnota [kN/m ²]
Sání větru - plocha	-0,64
Sání větru - okraj	-1,18
Sání větru - roh	-1,54



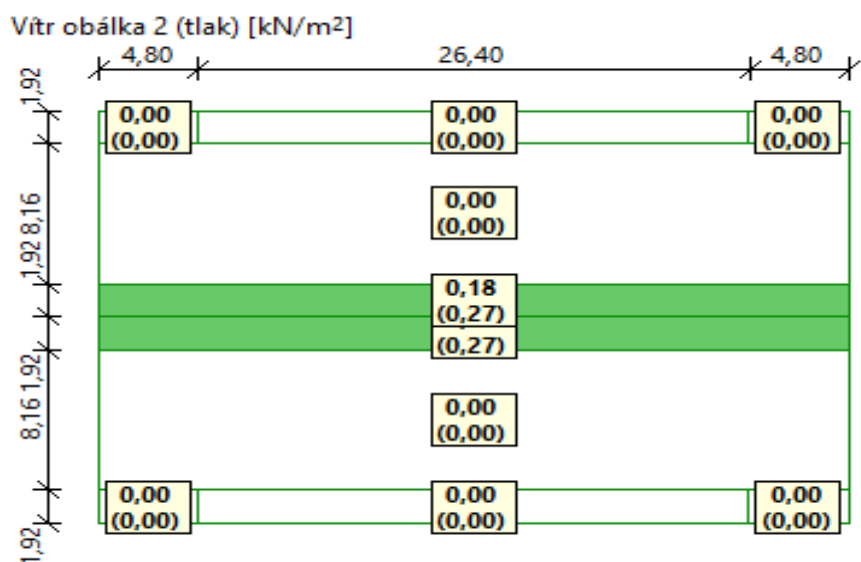
obr. /27/ Výpočet sání větru

Zatížení od větru - tlak

Zatížení větrem bylo stanoveno programem Zatížení. Větrová oblast byla uvažována jako II.. Oblast je stanovena dle ČSN EN 1991-1-4.

Tab. /4/. - Zatížení od větru - tlak

Zatížení	Hodnota [kN/m ²]
Sání větru - hřeben	0,18



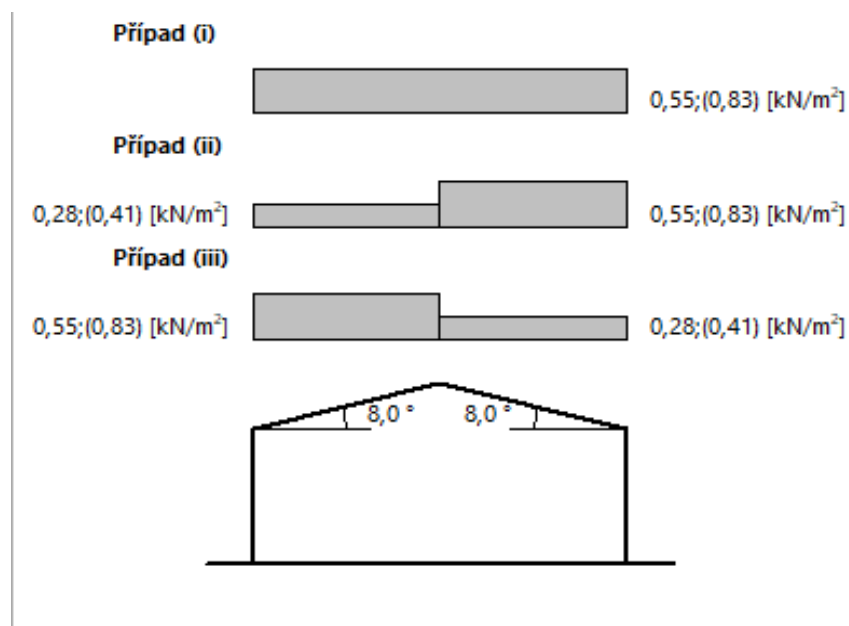
obr. /28/ Výpočet tlaku větru

Zatížení sněhem

Zatížení sněhem bylo stanoveno programem Zatížení od FINE. Sněhová oblast byla uvažována jako I.. Oblast je stanovena dle ČSN EN 1991-1-3.

Tab. /5/. - Zatížení sněhem

Zatížení	Hodnota [kN/m ²]
Sníh 100%	0,55
Sníh 50%	0,28



obr. /29/ Výpočet zatížení od sněhu

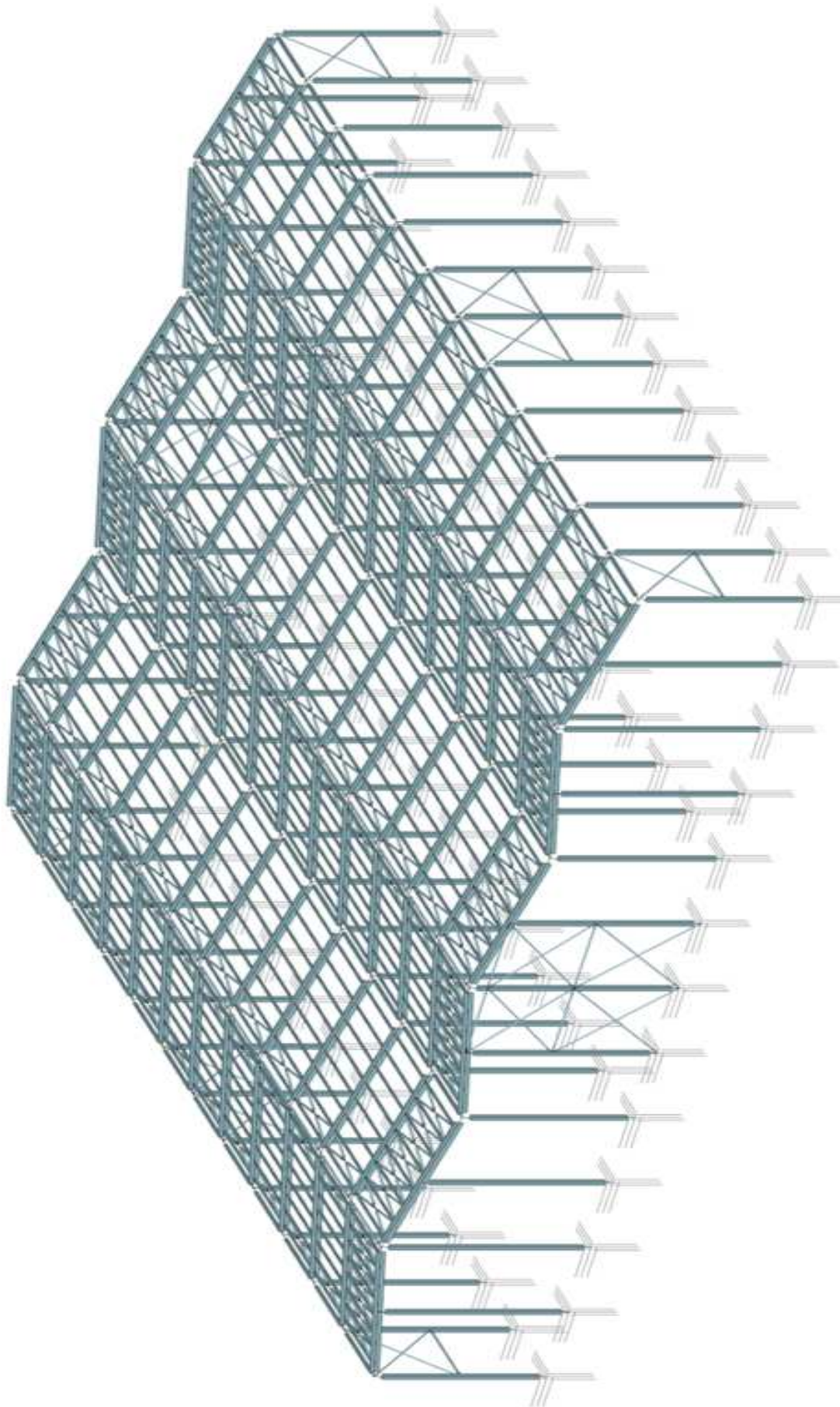
3.2.3.2 Zatěžovací stavy a kombinace

Zatížení je stanoveno dle ČSN EN 1991 1-4. Zatěžovací šířka pro vaznice je 1500 mm. U okapové hrany je zatěžovací šíře redukována na 750 mm.

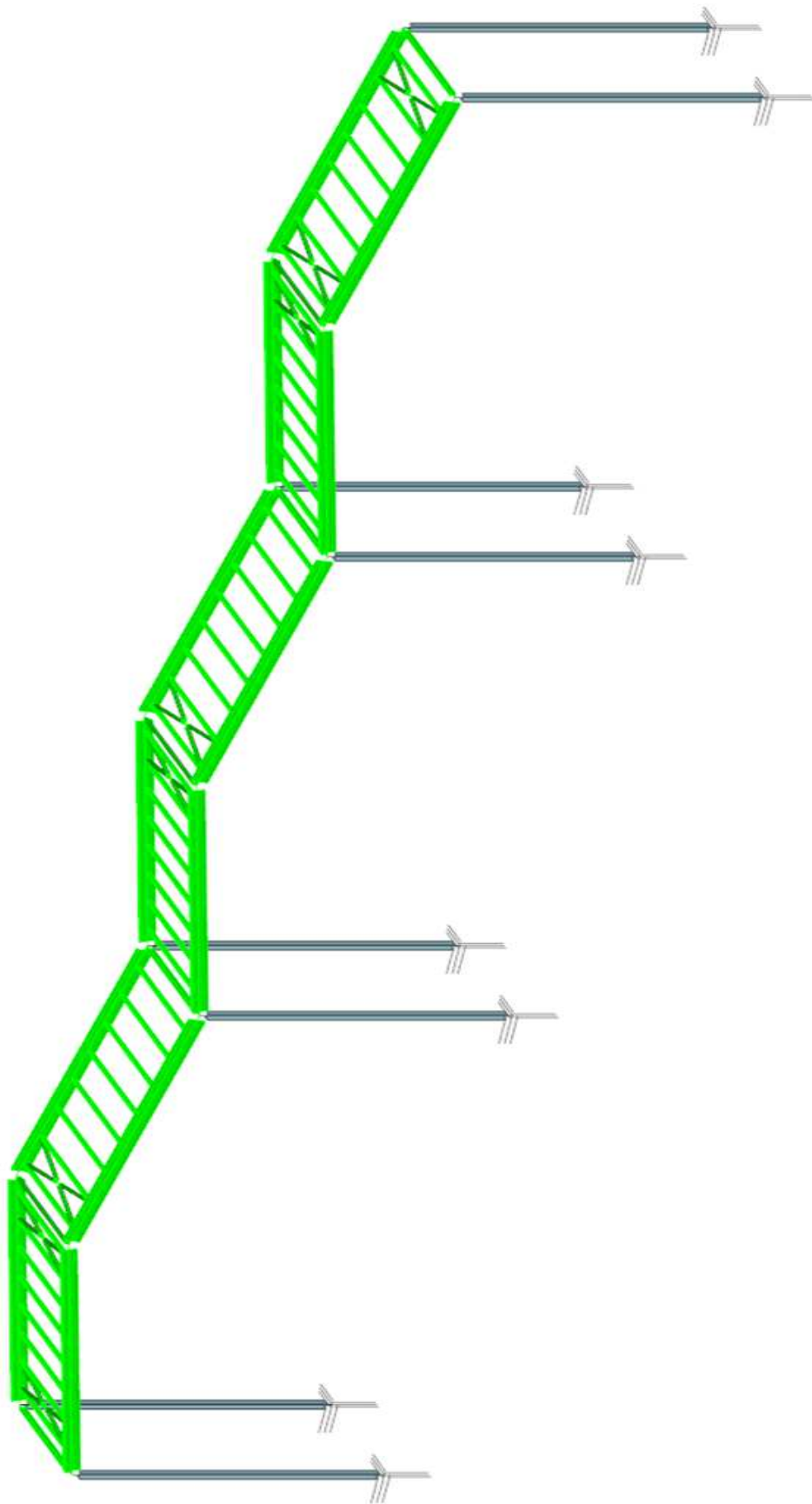
Tab. /6/. - Zatěžovací stavy

Označení	Zatěžovací stavy
G1	Vlastní tíha – generováno výpočetním programem
G2	Stálé
Q3	Užitné
S4	Sníh - 100/100
S5	Sníh - 100/50
W6	Vítr – sání/sání
W7	Vítr – sání/tlak
W8	Vítr – sání/tlak
W9	Vítr – tlak/tlak
W10	Vítr – tlak/nic
W11	Vítr na stěny

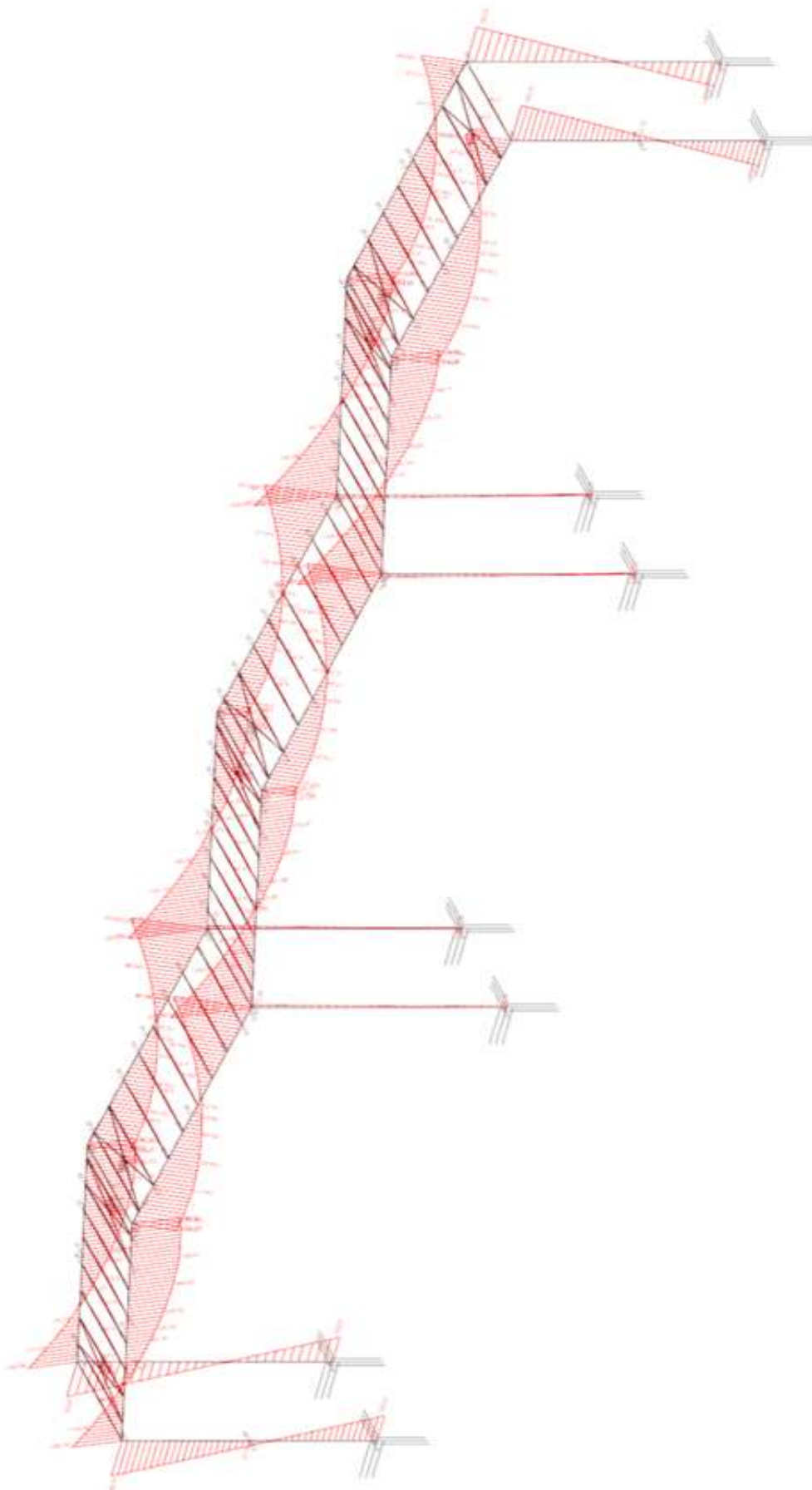
Kombinace byly vygenerovány pomocí generátoru v programu FIN3D. Nejprve byly sloučeny zatěžovací stavy G1+G2. Vyloučeny byly kombinace S4+S5 a následně byly vyloučeny W6+W7+W8+W9+W10. Software FIN3D generuje kombinace dle ČSN EN 1990.



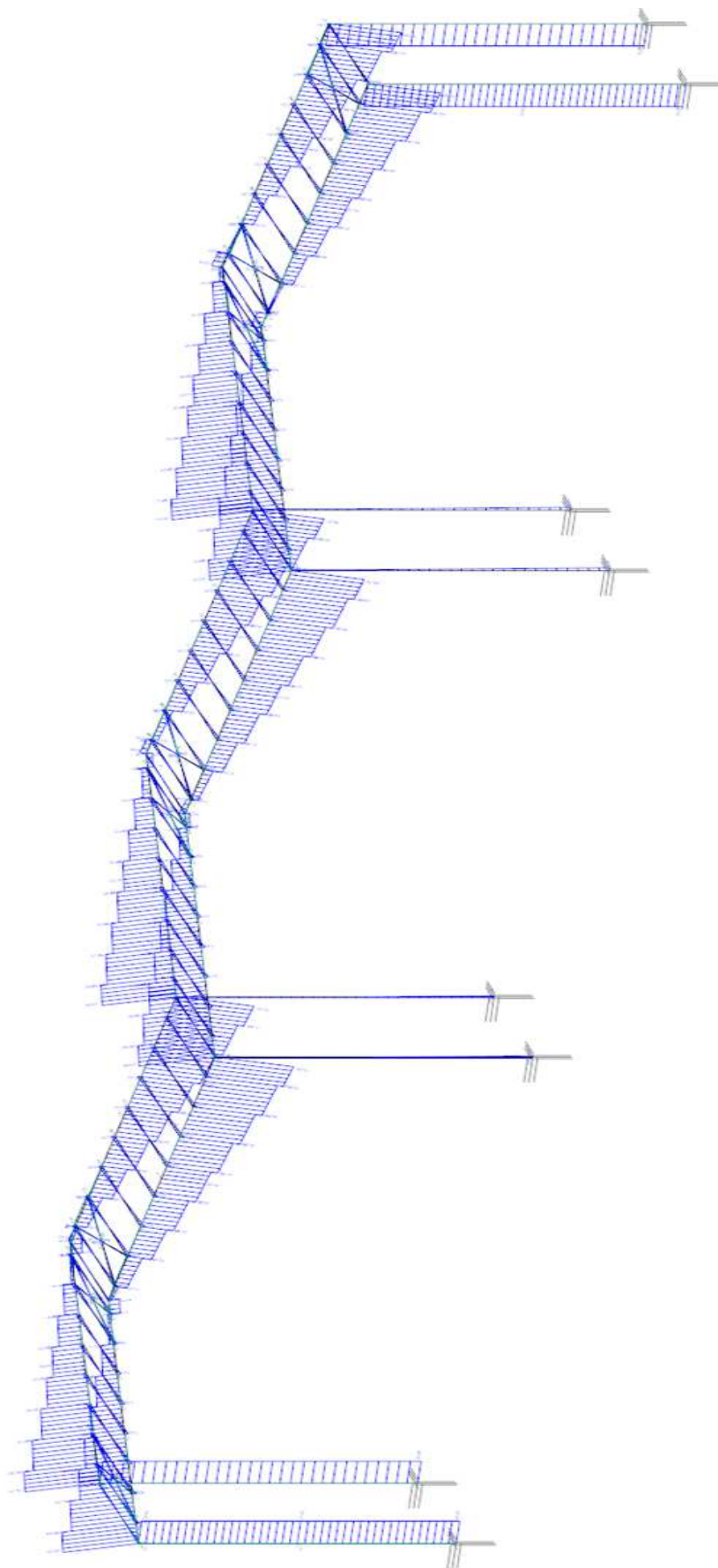
obr. /30/ 3D model v programu FIN3D, zdroj: autor



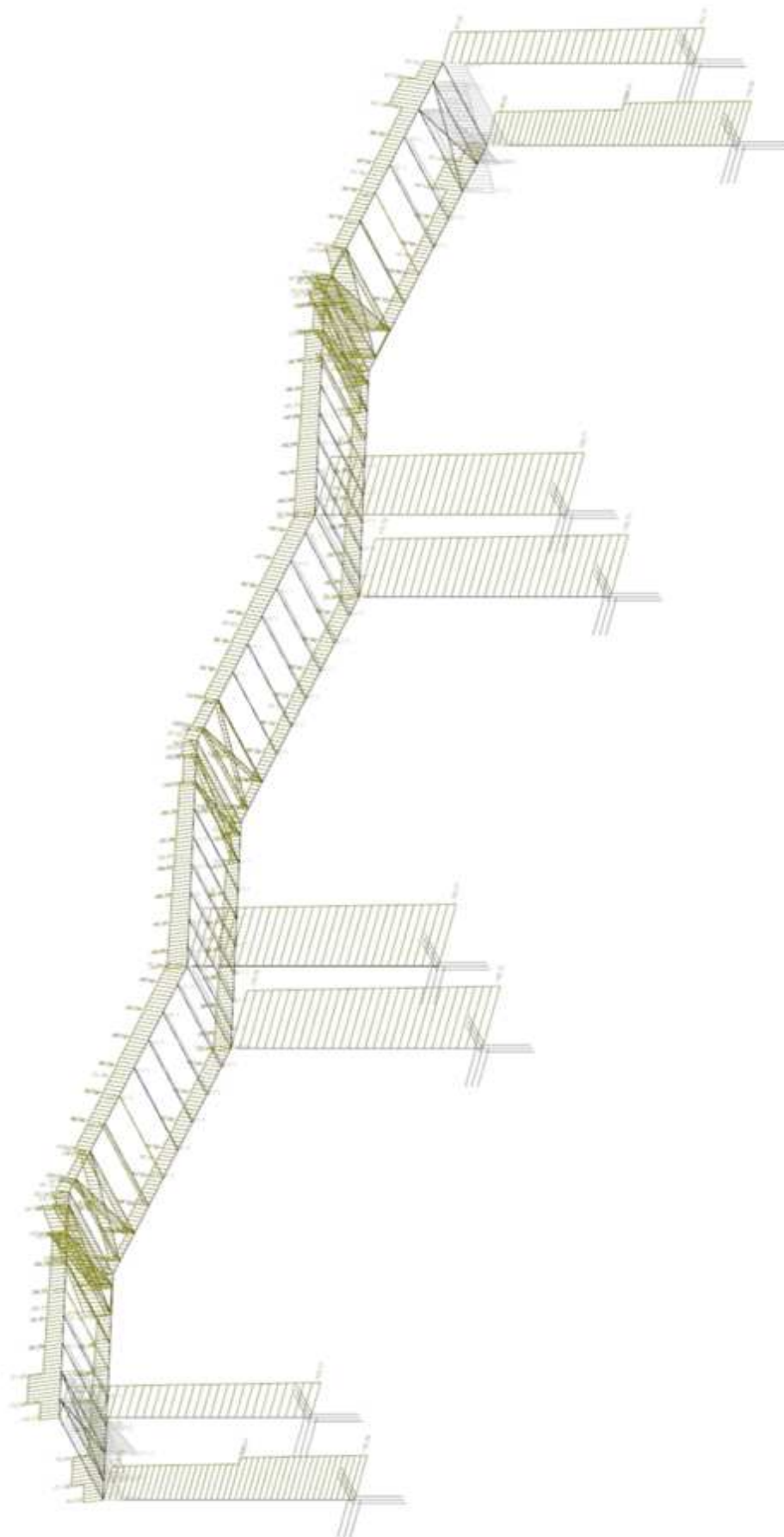
obr. /31/ Výsek 3D modelu v programu FIN3D, zdroj: autor



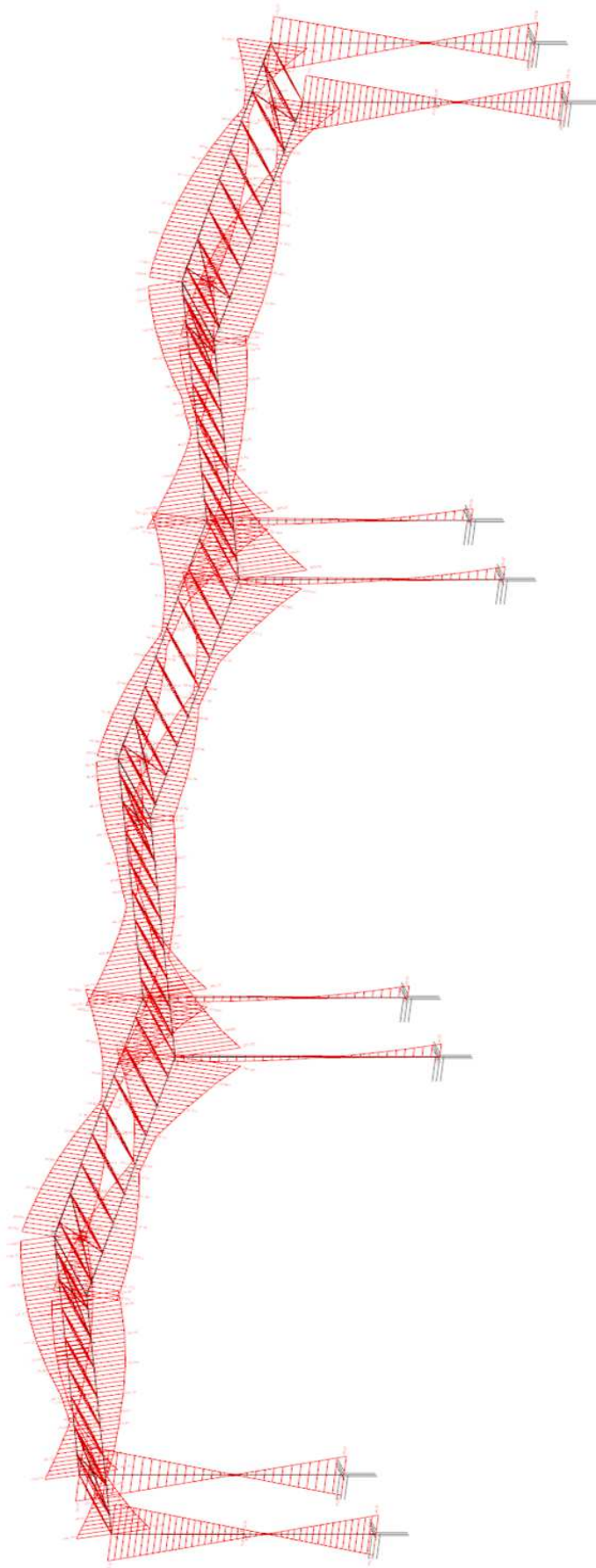
obr. /32/ Obálka kombinací II. řádu MSÚ - moment, zdroj: autor



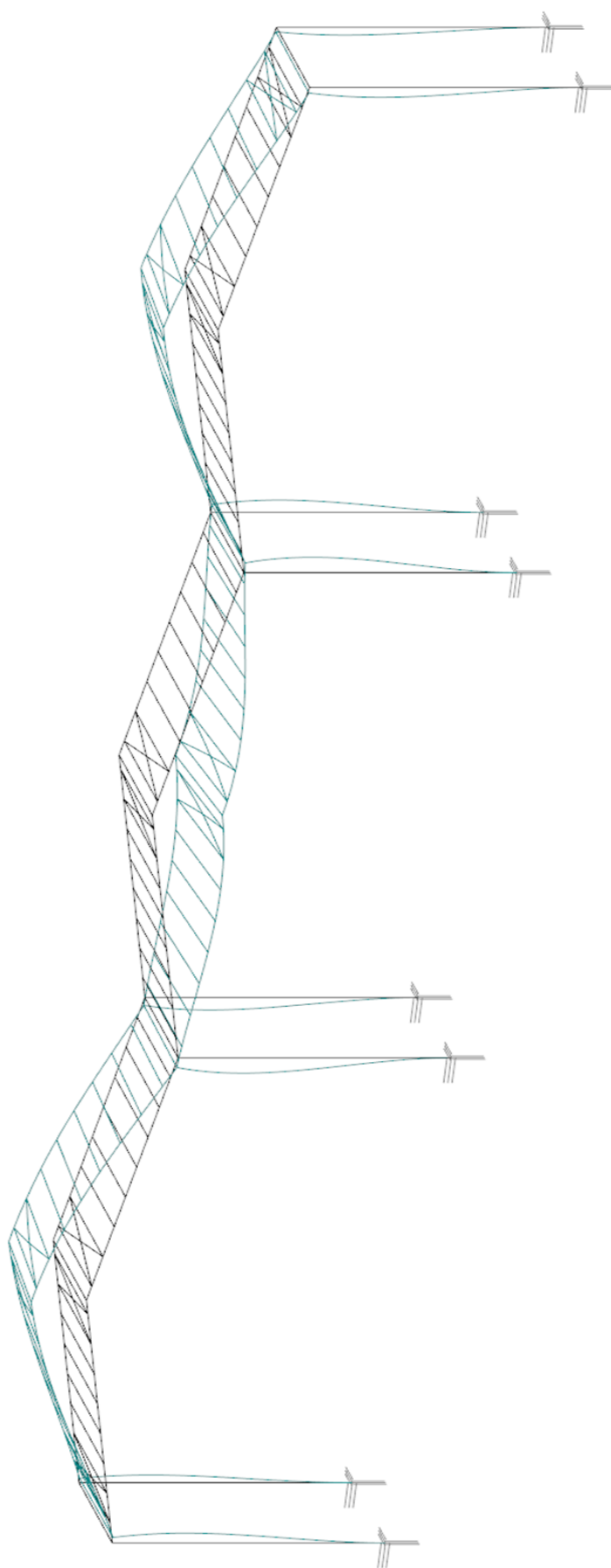
obr. /33/ Obálka kombinací II. řádu MSÚ – posouvací síla, zdroj: autor



obr. /34/ Obálka kombinací II. řádu MSÚ – normálová síla, zdroj: autor



obr. /35/ Obálka zatěžovacích stavů MSÚ – moment, zdroj: autor



obr. /36/ Vlastní tvar č. 5, zdroj: autor

Výše (obr. /30/ až obr. /36/) jsou uvedeny grafické výstupy z programu FIN3D.

- 1) Celkový pohled na 3D model varianty A - konstrukce o osových rozměrech 72x72m
- 2) Výsek hodnocené varianty A, na které jsou následně zobrazeny průběhy vnitřních sil. Zeleně je vyznačena střešní konstrukce. Modře jsou vyznačeny sloupy.
- 3) Tvarový průběh vnitřní sil ohybového momentu varianty A v obálce kombinací II. řádu MSÚ
- 4) Tvarový průběh vnitřní sil posouvacích sil varianty A v obálce kombinací II. řádu MSÚ
- 5) Tvarový průběh vnitřní sil normálových sil varianty A v obálce kombinací II. řádu MSÚ
- 6) Tvarový průběh obálky zatěžovacích stavů varianty A MSÚ ohybového momentu
- 7) Tvarový průběh jednoho z vlastních tvarů varianty A (konkrétně č. 5)

Podobnější výstup z programu FIN3D bude uveden v příloze.

3.2.4 Hodnocení

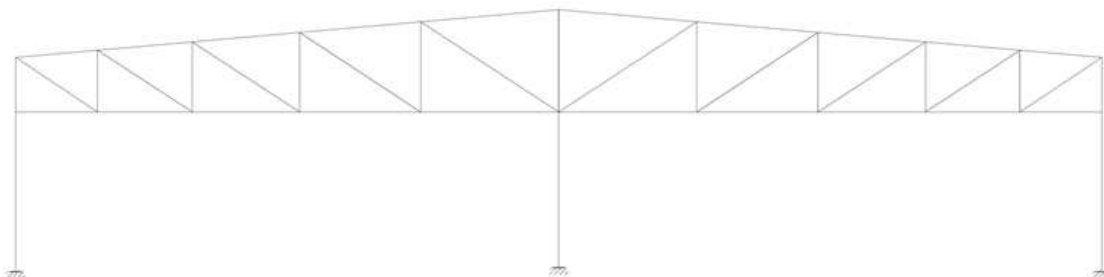
Veškeré statické požadavky, které jsou kladeny na konstrukci byly splněny. Konstrukce vyhovují i v nejnepříznivějších kombinacích tlaku a ohybu. Konstrukce je dostatečně stabilní – násobek kritického zatížení v žádném ze zatěžovacích stavů nepřekračuje hodnotu 4.

3.3 Varianta B – 1 vnitřní sloupy – 2 lodě

3.3.1 Konstrukční řešení

Obecně – varianta B

Varianta B je řešena s jedním vnitřním sloupem a to svislými sloupy a střešním vazníkem. Svislé sloupy jsou navrženy z válcovaných profilů typu IPE 500. Střešní vazník je navržen z čtyřhranných dutých profilů MSH.



obr. /37/ Varianta B – 1 vnitřní sloup, zdroj: autor

Zemní práce

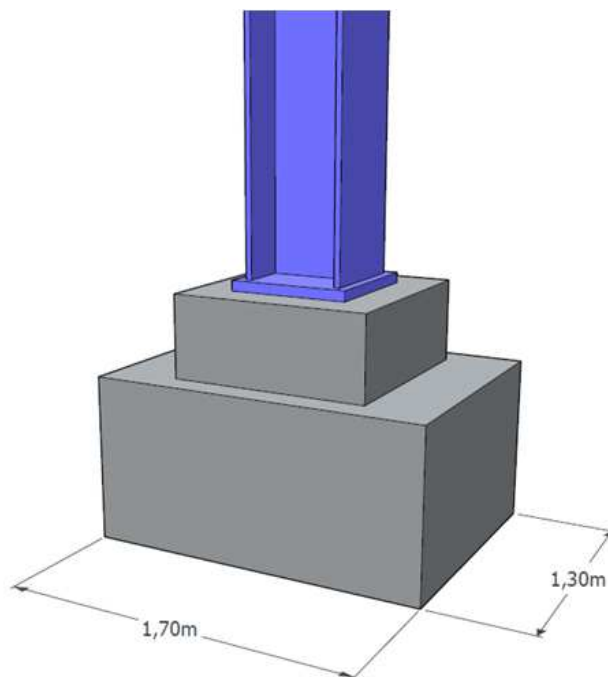
Úprava pozemku je totožná jako u předchozí varianty. Dojde k sejmutí ornice a celkové úpravy pozemku. Poté bude provedeno hloubení jam základové konstrukcí, tudíž patky a prahy. Výkopy budou hloubeny do hloubky -1,800 m a to strojní technikou.

Základy

Pro posouzení základových konstrukcí byla určena únosnost základové půdy $R_d = 250$ kPa. Hodnota je totožná pro všechny tři varianty. Návrh základových konstrukcí vychází z vnitřních sil získaných z výpočtového modelu programu FIN3D, který je detailněji popsán níže.

Základové konstrukce jsou řešeny pomocí dvoustupňových železobetonových patek o rozměrech vyššího stupně 1000 mm x 1000 x 400 mm a nižšího stupně 1700 mm x 1300 mm x 800 mm. Beton je navržen z C25/30. Ocelová výztuž je navržena B550. Sloup je na patce umístěn pomocí čelní desky, pod kterou je provedeno podlití z plastbetonu. Pod železobetonovou patkou bude provedena vrstva podkladního betonu o minimální třídě betonu C12/15 XC0 a mocnosti vrstvy 100 mm.

Spoj je navržen tak, aby mohl být uvažován výpočtově jako vetknutí.



obr. /38/ Hmotové schéma základové patky, zdroj: autor

Celkový objem železobetonové patky v běžném poli je stanoven 2,17 m³. V čele objektu je geometrie základu ponechána. Mezi železobetonovými patkami jsou umístěné prefabrikované železobetonové prahy.

Ocelová výztuž je navržena v podélném směru 10 ks profilů průměru 14 mm. V příčném směru je navržena výztuž 12 ks profilů průměru 14 mm.

3.3.2 Stavební řešení

Obvodové stěny

Řešení obvodových stěn je uvažováno obdobně jako u předchozí varianty pro možnosti porovnání nosných konstrukcí, tudíž jsou stěny řešené pomocí sendvičových panelů (např. KINGSPAN panely). Opláštění bude řešeno v rámci certifikovaného systému jednoho výrobce, kotvení panelů bude provedeno do paždíků – ocelových C profilů.

Výplně otvorů

Výplně otvorů, jako v předchozí variantě, nejsou v návrhu uvažovány.

Střecha, hydroizolační vrstva

Materiálové řešení střechy je uvažováno obdobně jako u předchozí varianty pro možnost porovnání. Střešní skladba je navržena pomocí izolačních sendvičových panelů, které jsou doplněny hydroizolační fólií již z výroby. Hala je řešena pomocí dvou lodí, ovšem tvarem střešního vazníku vzniká sedlová střecha.

Odvodnění střechy haly může být provedeno zaatikovými žlaby a poté vnitřní kanalizací. V návrhu je ovšem uvažováno s vnějším odvodněním pomocí dešťových okapových žlabů a svodů. Tato varianta snižuje riziko zatečení do vnitřních prostor.

3.3.3 Výpočtový model

Model ocelové konstrukce byl vytvořen v softwaru FIN3D. Model je složen z vetknutých sloupů s příhradovou konstrukcí. Sloupy jsou navrženy z ocelových válcovaných profilů IPE 500. Střešní konstrukce je řešena jako příhradový vazník složený z čtyřhranných uzavřených profilů typu MSH.

Rámy jsou umístěny s osovou vzdáleností 6 m s rozpětím po 24 m. Celková zastavěná plocha, která je přestřešena ocelovou konstrukcí činí 72 x 72 m. Model byl zatěžován přes střešní vaznice, složené z ocelových čtyřhranných profilů typu MSH140.

Sekundární nosné konstrukce, zajišťující stabilitu konstrukce, jsou řešeny pomocí trubek.

Zatěžovací stavy jsou vypsány níže. Kombinace byly vygenerovány pomocí FIN3D v souladu s Eurokódem 1 (ČSN EN 1991-1-1).

Konstrukce byla posuzována z hlediska lineární stability a vlastních tvarů. Posléze byla optimalizována pro splnění podmínek lineární stability.

3.3.3.1 Zatížení

Zatížení je stanoveno na základě Eurokódu ČSN EN 1991 1-4.

Stálé zatížení

Tab. /7/. - Stálé zatížení

Zatížení	Hodnota [kN/m ²]
Zatížení od střešní skladby (izolační panely + hydroizolační fólie)	0,375
Zatížení od technologie (osvětlení, VZT)	0,10

Užitné zatížení - údržba

Užitné zatížení je stanoveno dle ČSN EN 1991 1-1, dle tabulky 6.10.

Tab. /8/. - Užitné zatížení

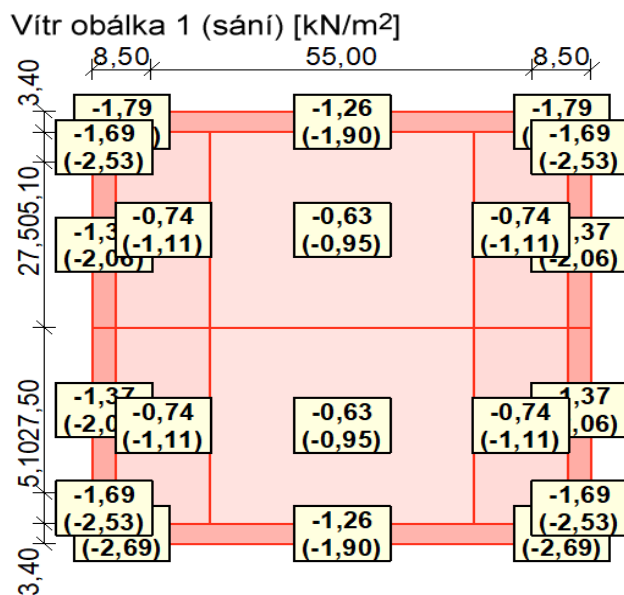
Zatížení	Hodnota [kN/m ²]
Užitné zatížení - nepochozí střechy – kategorie H	0,75

Zatížení od větru - sání

Zatížení větrem bylo stanoveno programem Zatížení. Větrová oblast byla uvažována jako II.. Oblast je stanovena dle ČSN EN 1991-1-4.

Tab. /9/. - Zatížení od větru - sání

Zatížení	Hodnota [kN/m ²]
Sání větru - plocha	-0,74
Sání větru - okraj	-1,37
Sání větru - roh	-1,79



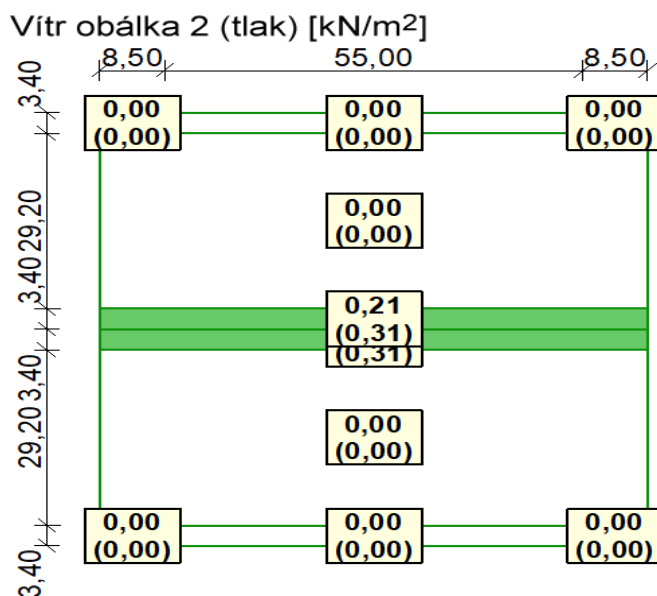
obr. /39/ Výpočet sání větru, zdroj: autor

Zatížení od větru - tlak

Zatížení větrem bylo stanoveno programem Zatížení. Větrová oblast byla uvažována jako II.. Oblast je stanovena dle ČSN EN 1991-1-4.

Tab. /10/. - Zatížení od větru - tlak

Zatížení	Hodnota [kN/m ²]
Sání větru - hřeben	0,21



obr. /40/ Výpočet tlaku větru, zdroj: autor

Zatížení sněhem

Zatížení sněhem bylo stanoveno programem Zatížení. Sněhová oblast byla uvažována jako I.. Oblast je stanovena dle ČSN EN 1991-1-3.

Tab. /11/. - Zatížení sněhem

Zatížení	Hodnota [kN/m ²]
Sníh 100%	0,55
Sníh 50%	0,28

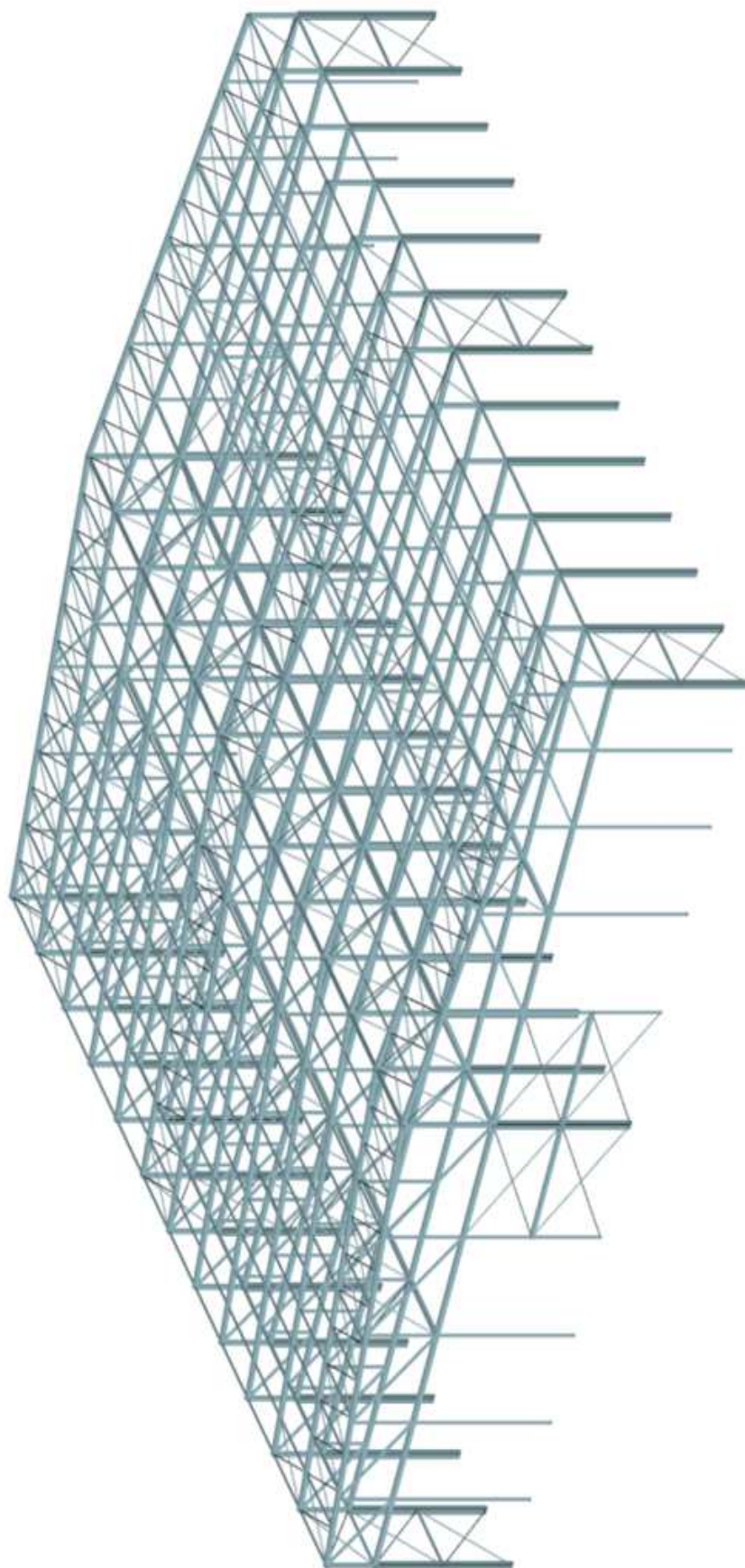
3.3.3.2 Zatěžovací stavy a kombinace

Zatížení je stanoveno dle ČSN EN 1991 1-4. Zatěžovací šířka pro vaznice je 3000 mm. U okapové hrany je zatěžovací šíře redukována na 1500 mm.

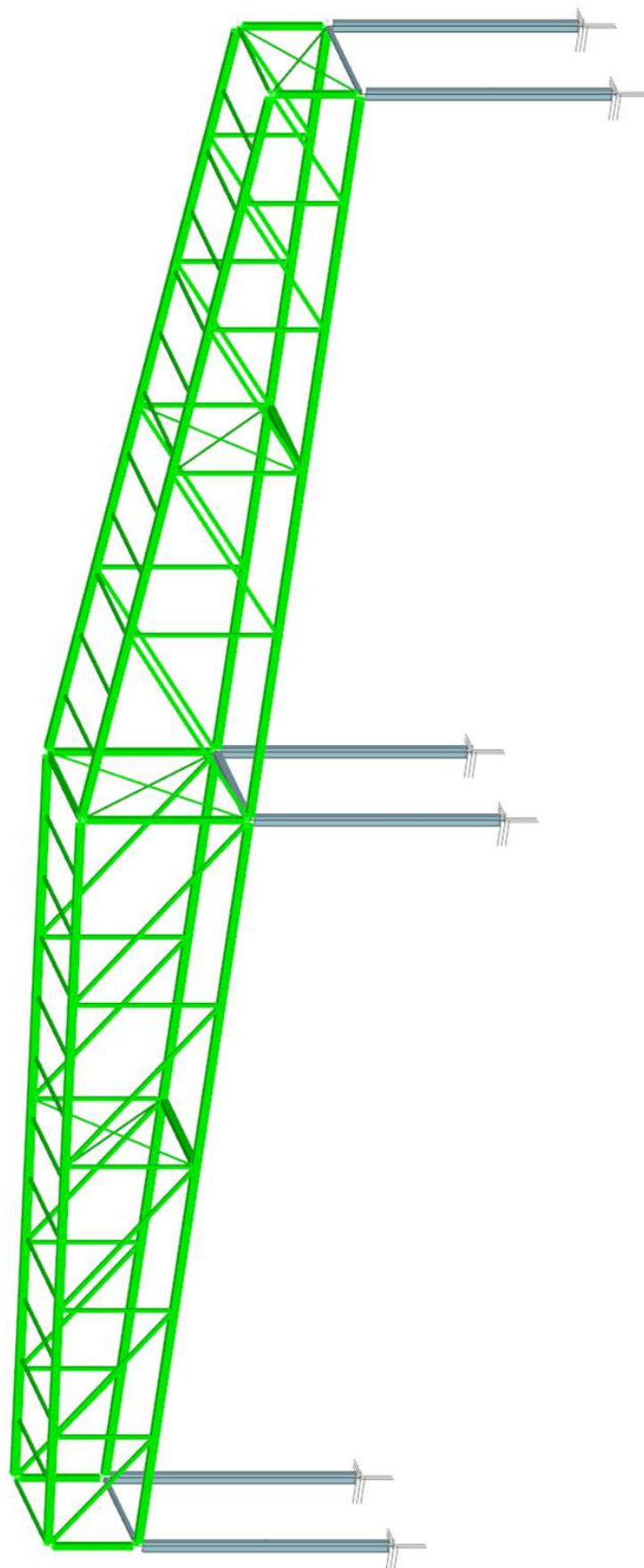
Tab. /12/. - Zatěžovací stavy

Označení	Zatěžovací stavy
G1	Vlastní tíha – generováno výpočetním programem
G2	Stálé
Q3	Užitné
S4	Sníh - 100/100
S5	Sníh - 100/50
W6	Vítr – sání/sání
W7	Vítr – sání/tlak
W8	Vítr – sání/tlak
W9	Vítr – tlak/tlak
W10	Vítr – tlak/nic
W11	Vítr na stěny

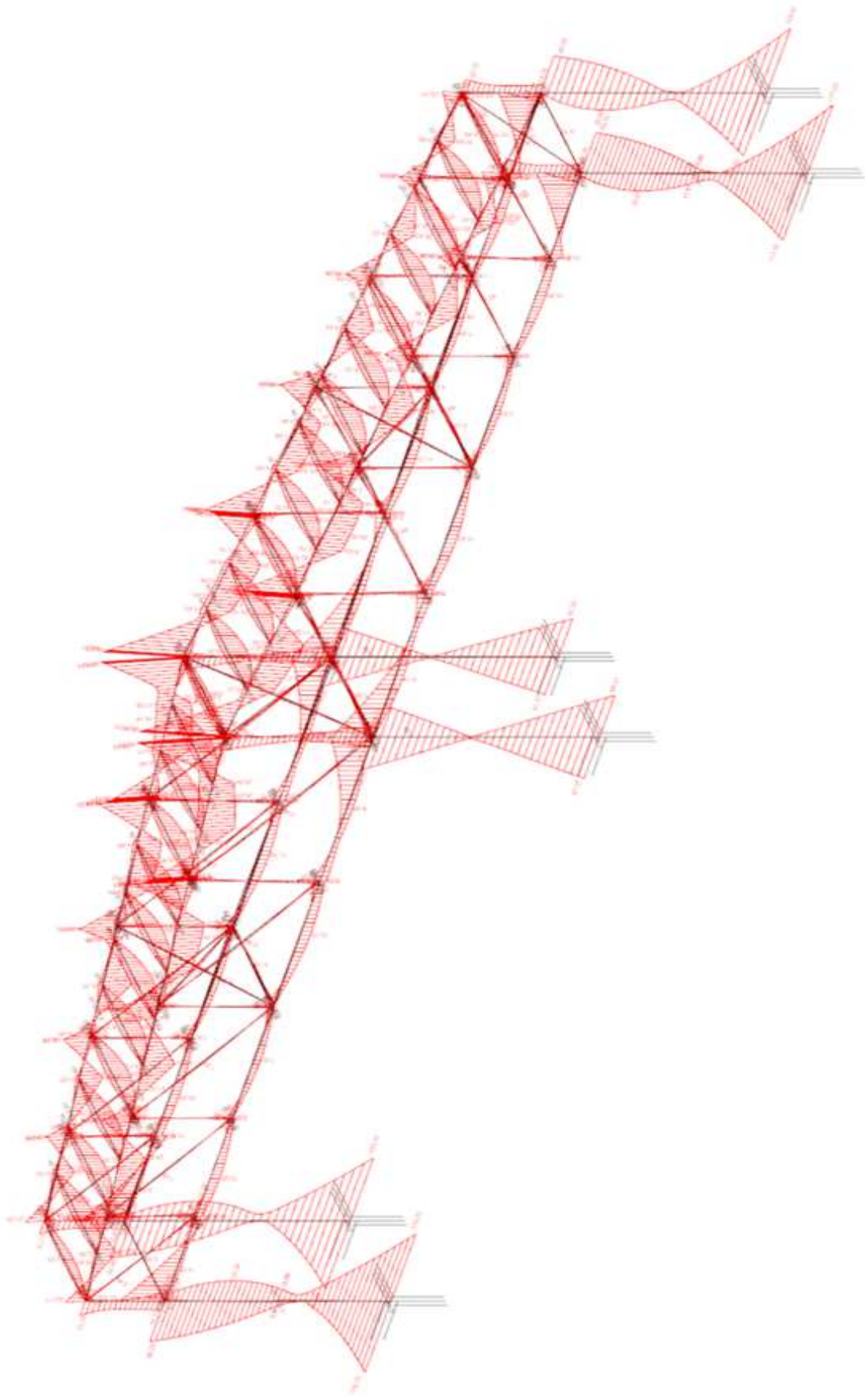
Kombinace byly vygenerovány v programu FIN3D. Nejprve byly sjednoceny zatěžovací stavy G1+G2. Dále bylo provedeno vyloučení vzájemného působení kombinací S4+S5 a také W6+W7+W8+W9+W10. Software FIN3D generuje kombinace dle Eurokódu ČSN EN 1990.



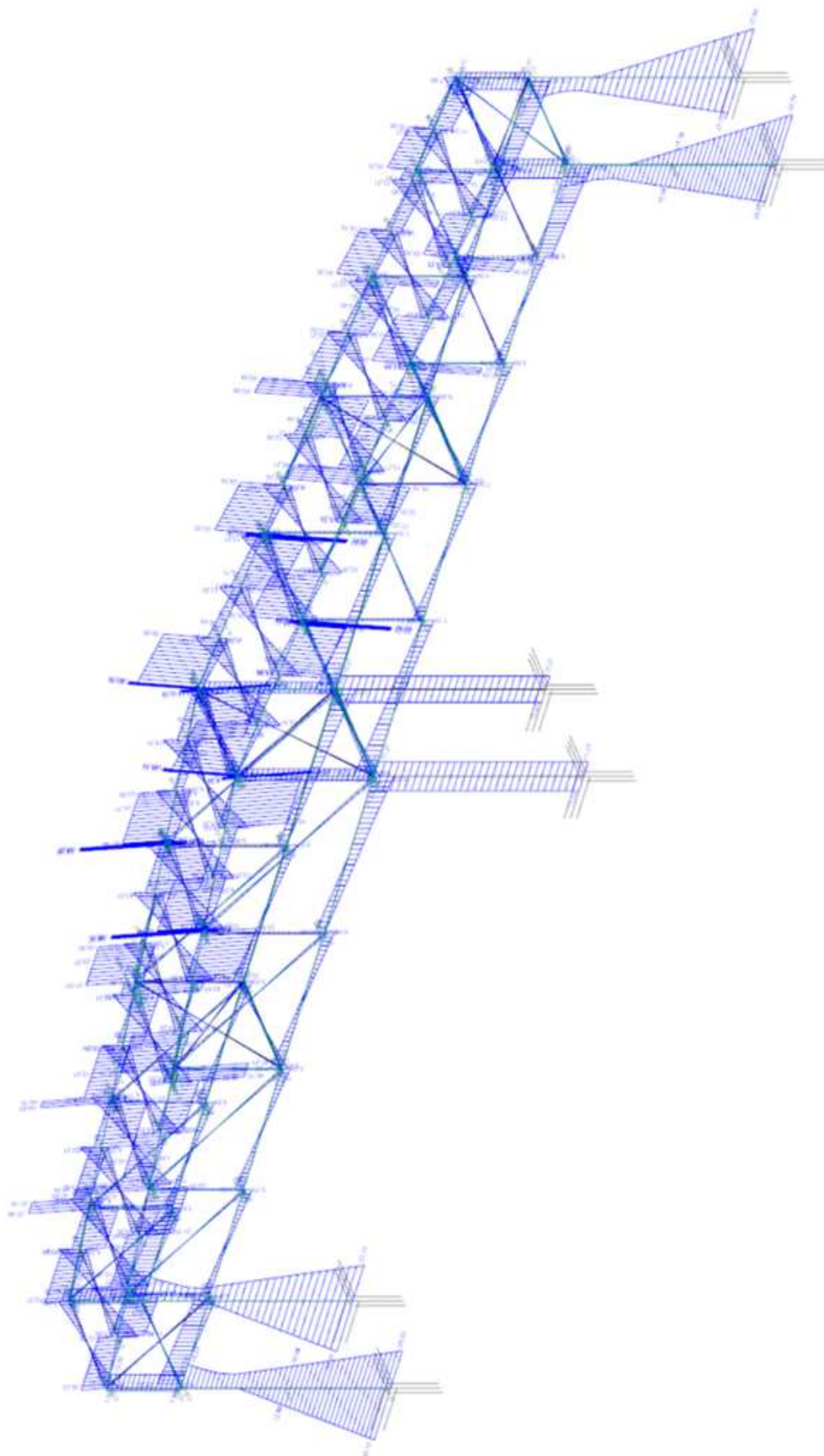
obr. /41/ 3D model v programu FIN3D, zdroj: autor



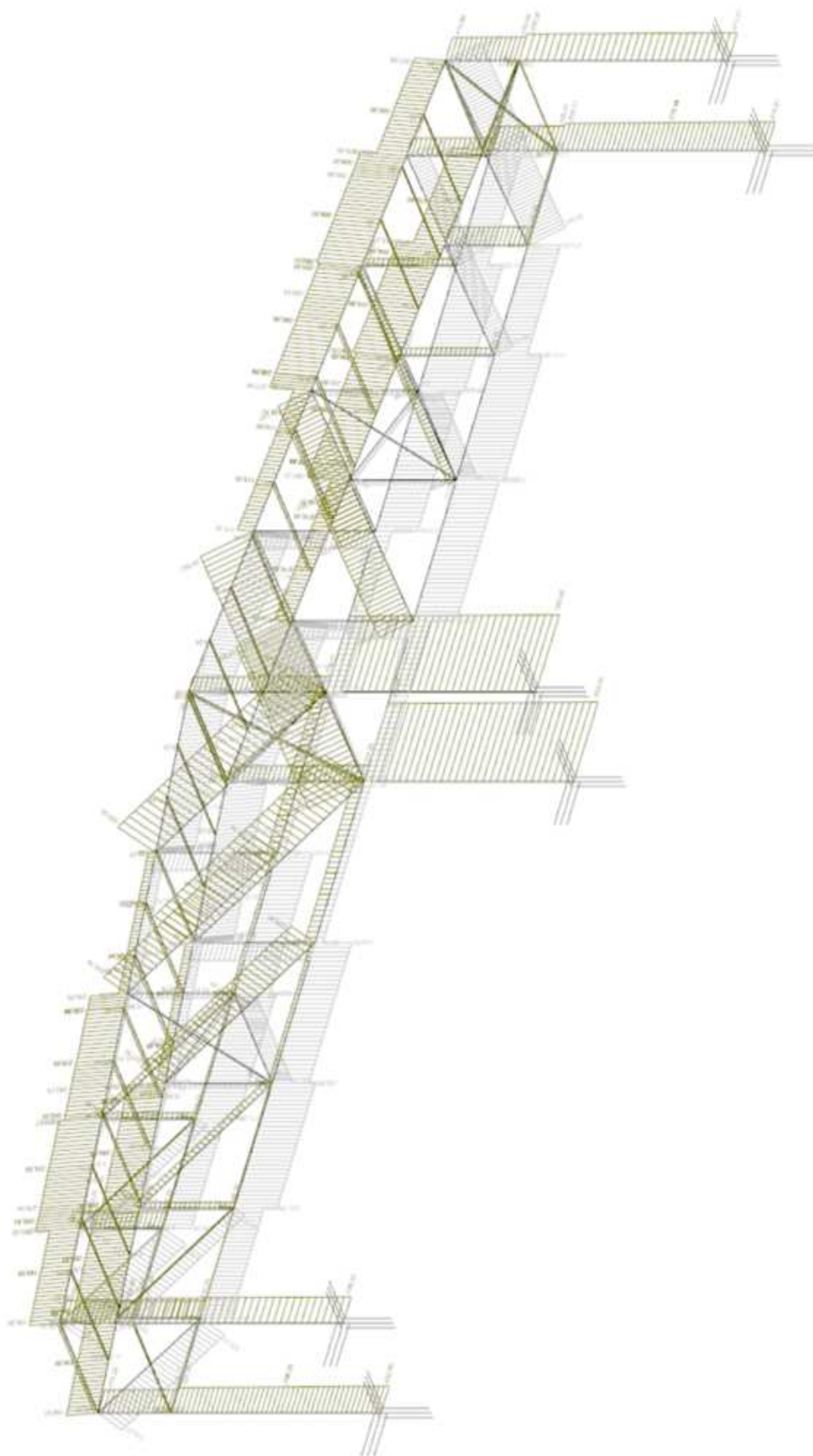
obr. /42/ Výsek 3D konstrukce, zdroj: autor



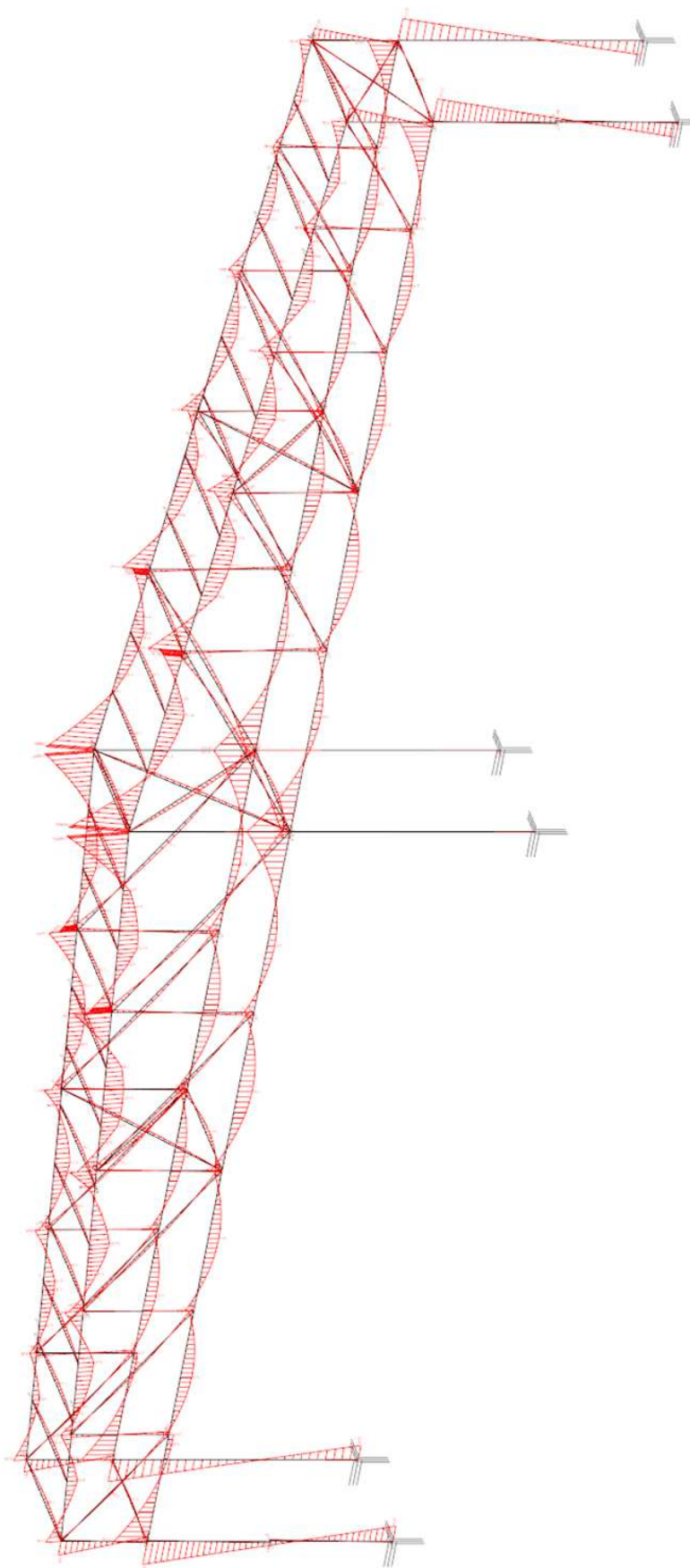
obr. /43/ Obálka kombinací II. řádu MSÚ - moment, zdroj: autor



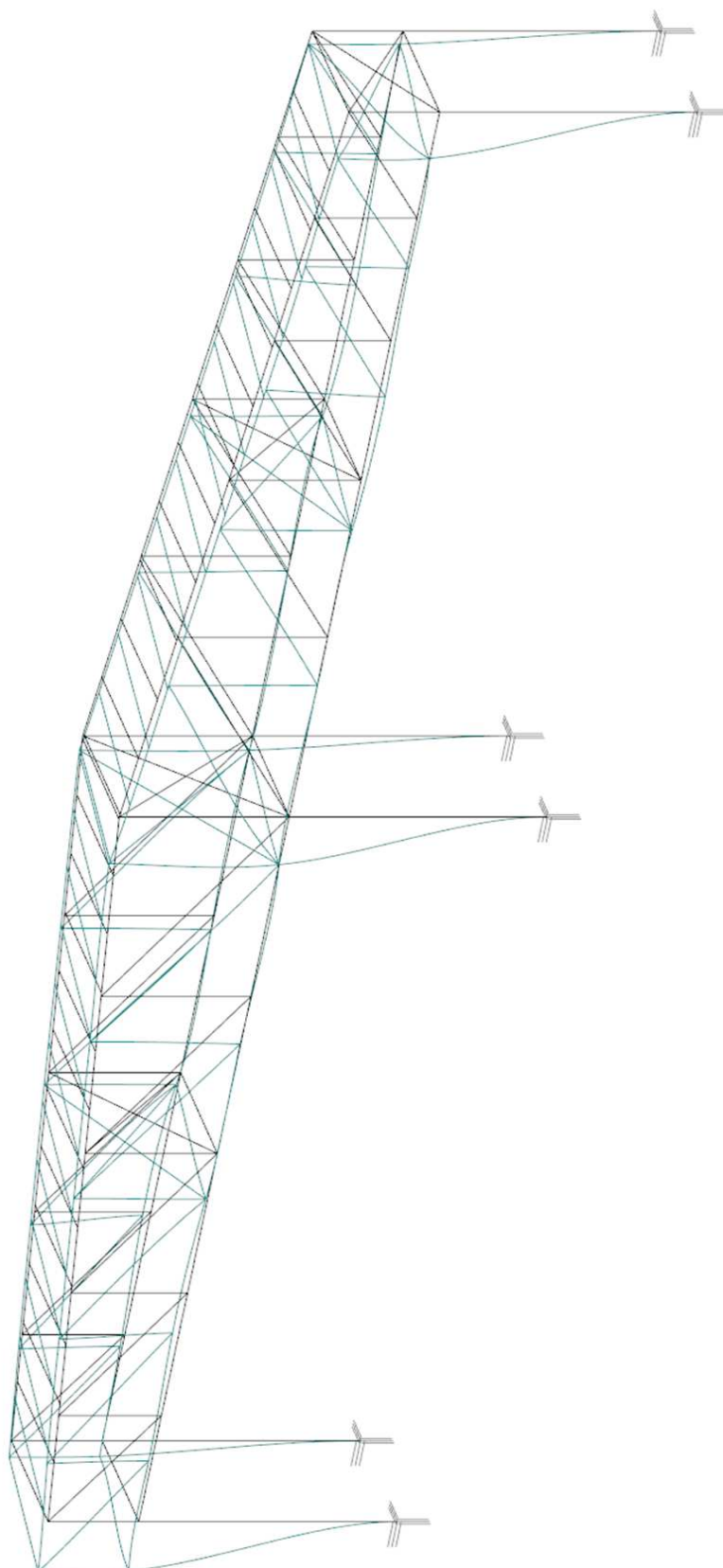
obr. /44/ Obálka kombinací II. řádu MSÚ – posouvací síla, zdroj: autor



obr. /45/ Obálka kombinací II. řádu MSÚ – normálová síla, zdroj: autor



obr. /46/ Obálka zatěžovacích stavů MSÚ – moment, zdroj: autor



obr. /47/ Vlastní tvar č. 5, zdroj: autor

Výše (obr. /41/ až obr. /47/) jsou uvedeny grafické výstupy z programu FIN3D.

- 1) Celkový pohled na 3D model konstrukce varianty B o osových rozměrech 72x72m
- 2) Výsek hodnocené konstrukce varianty B, na které jsou následně zobrazeny průběhy vnitřních sil. Zeleně je vyznačena střešní konstrukce. Modře jsou vyznačeny sloupy.
- 3) Tvarový průběh vnitřní sil ohybového momentu varianty B v obálce kombinací II. řádu MSÚ
- 4) Tvarový průběh vnitřní sil posouvacích sil varianty B v obálce kombinací II. řádu MSÚ
- 5) Tvarový průběh vnitřní sil normálových sil varianty B v obálce kombinací II. řádu MSÚ
- 6) Tvarový průběh obálky zatěžovacích stavů varianty B MSÚ ohybového momentu
- 7) Tvarový průběh jednoho z vlastních tvarů varianty B (konkrétně č. 5)

3.3.4 Hodnocení

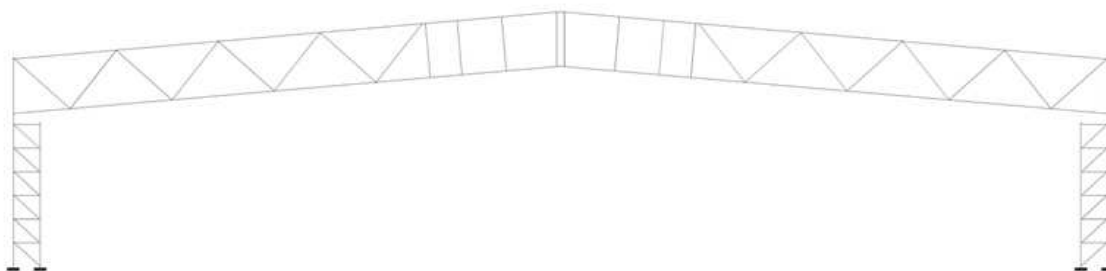
Veškeré statické požadavky, které jsou kladeny na konstrukci byly splněny. Konstrukce vyhovují i v nejnepříznivějších kombinacích tlaku a ohybu. Konstrukce je dostatečně stabilní – násobek kritického zatížení v žádném ze zatěžovacích stavů nepřekračuje hodnotu 4.

3.4 Varianta C – žádný vnitřní sloup – 1 loď

3.4.1 Konstrukční řešení

Obecně – varianta C

Varianta C je řešena bez vnitřních sloupů. Svislé sloupy jsou navrženy z příhradové konstrukce složené z čtyřhranných dutých profilů MSH. Střešní vazník je řešen nosníkem typu PREON, který je složen z čtyřhranných dutých profilů MSH.



obr. /48/ Varianta C – žádný vnitřní sloup, zdroj: autor

Zemní práce

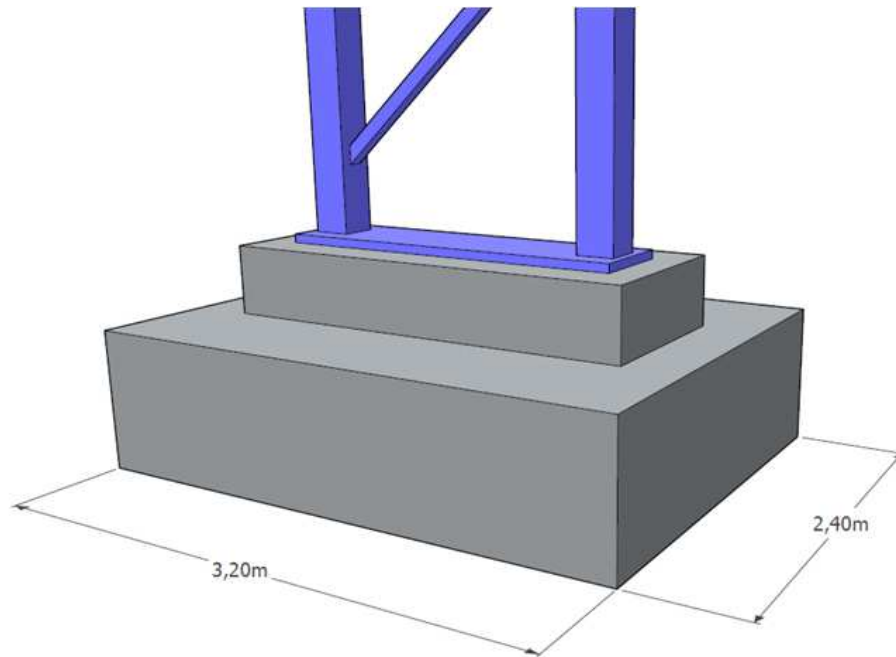
Zemní práce jsou uvažovány rozsahově stejně jako u předchozích dvou variant. Bude provedeno hloubení jam pro základové železobetonové patky a obvodové základové sendvičové prahy. Výkopy budou hloubeny strojně a to do hloubky -1,800 m.

Základy

Uvažovaná únosnost základové půdy v rámci diplomové práce je stanovena na $R_d = 250$ kPa. Pro návrh základové konstrukce byly využity vnitřní síly z výpočtového modelu popsáno v následujících kapitolách.

Základové konstrukce jsou řešeny pomocí dvoustupňových železobetonových patek o rozměrech nižšího stupně 3200 mm x 2400 mm x 800 mm a vyššího stupně o rozměrech 2100 mm x 1000 mm x 400 mm. Beton je navržen z C25/30. Ocelová výztuž je navržena B550. Sloup je na patce umístěn pomocí čelní desky, pod kterou je provedeno podlití z plastbetonu. Pod železobetonovou patkou bude provedena vrstva podkladního betonu o minimální třídě betonu C12/15 XC0 a mocnosti vrstvy 100 mm.

Spoj je navržen tak, aby mohl být uvažován výpočtově jako vetknutí.



obr. /49/ Hmotové schéma základové patky, zdroj: autor

Celkový objem železobetonové patky v běžném poli je stanoven na 7,14 m³. V čele objektu je geometrie základu změněna, patky jsou jednostupňové výrazně menších rozměrů. Mezi železobetonovými patkami jsou umístěné prefabrikované železobetonové prahy.

Ocelová výztuž je navržena v podélném směru 18 ks profilů průměru 14 mm. V příčném směru je navržena výztuž 20 ks profilů průměru 14 mm.

3.4.2 Stavební řešení

Obvodové stěny

Řešení obvodových stěn je uvažováno obdobně jako u předchozí varianty pro možnosti porovnání nosných konstrukcí, tudíž jsou stěny řešeny pomocí sendvičových panelů (např. KINGSPAN panely). Opláštění bude řešeno systémově, kotveno do paždíků – ocelových C profilů.

Výplně otvorů

Výplně otvorů nejsou v návrhu uvažovány, rozmístění a velikost otvorů je nutné navrhnout s ohledem na využití objektu.

Střecha, hydroizolační vrstva

Řešení střechy je uvažováno obdobně jako u předchozí varianty pro možnost porovnání. Střecha haly je řešena pomocí izolačních sendvičových panelů, které jsou doplněny hydroizolační fólií.

Střešní rovina má sedlový tvar. Odvodnění střechy haly může být provedeno zaatikovými žlaby a poté vnitřní kanalizací. V návrhu je ovšem uvažováno s vnějším odvodněním pomocí dešťových okapových žlabů a svodů. Tato varianta snižuje riziko zatečení do vnitřních prostor.

3.4.3 Výpočtový model

Ocelová konstrukce byla vymodelována ve FIN3D. Model je složen ze sloupů, které jsou složeny z příhradové konstrukce z čtyřhranných uzavřených profilů MSH a střešní konstrukce, která je řešena pomocí vazníku typu PREON složený z čtyřhranných uzavřených profilů MSH se sklonem 5°.

Rámy jsou umístěny s osovou vzdáleností 6 m s rozpětím po 24 m. Celková zastavěná plocha, která je přestřešena ocelovou konstrukcí činí 72 x 72 m. Model byl zatěžován přes střešní vaznice, složené z ocelových válcovaných profilů HEA120.

Sekundární nosné konstrukce, které zajišťují stabilitu, jsou řešeny pomocí trubek.

Zatěžovací stavy obsahují vlastní tíhu, stálé zatížení, proměnné zatížení pro nepřístupné střechy (Kategorie H), zatížením sněhem a větrem.

Kombinace byly vygenerovány pomocí FIN3D v souladu s Eurokódem 1 (ČSN EN 1991-1-1).

U modelu byl proveden výpočet lineární stability a vlastních tvarů, kde byla provedena optimalizace pro splnění podmínek. Lineární stabilita pro daný zatěžovací stav musí být vyšší než 4.

3.4.3.1 Zatížení

Zatížení je stanoveno dle ČSN EN 1991 1-4. Zatěžovací šířka pro vaznice je 1500 mm. Zatěžovací šířka pro sloup je 6000 mm.

Stálé zatížení

Tab. /13/. - Stálé zatížení

Zatížení	Hodnota [kN/m ²]
Zatížení od střešní skladby (izolační panely + hydroizolační fólie)	0,375
Zatížení od technologie (osvětlení, VZT)	0,10

Užitné zatížení - údržba

Užitné zatížení je stanoveno dle ČSN EN 1991 1-1, dle tabulky 6.10.

Tab. /14/. - Užitné zatížení

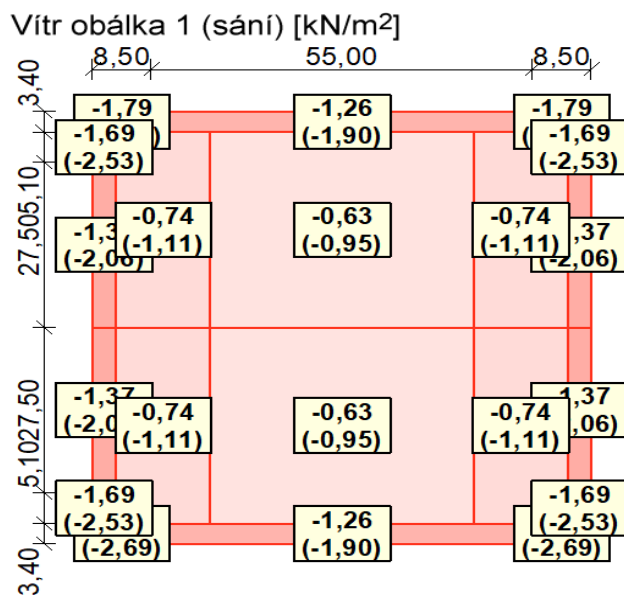
Zatížení	Hodnota [kN/m ²]
Užitné zatížení - nepochozí střechy – kategorie H	0,75

Zatížení od větru - sání

Zatížení větrem bylo stanoveno programem Zatížení. Větrová oblast byla uvažována jako II.. Oblast je stanovena dle ČSN EN 1991-1-4.

Tab. /15/. - Zatížení od větru - sání

Zatížení	Hodnota [kN/m ²]
Sání větru - plocha	-0,74
Sání větru - okraj	-1,37
Sání větru - roh	-1,79



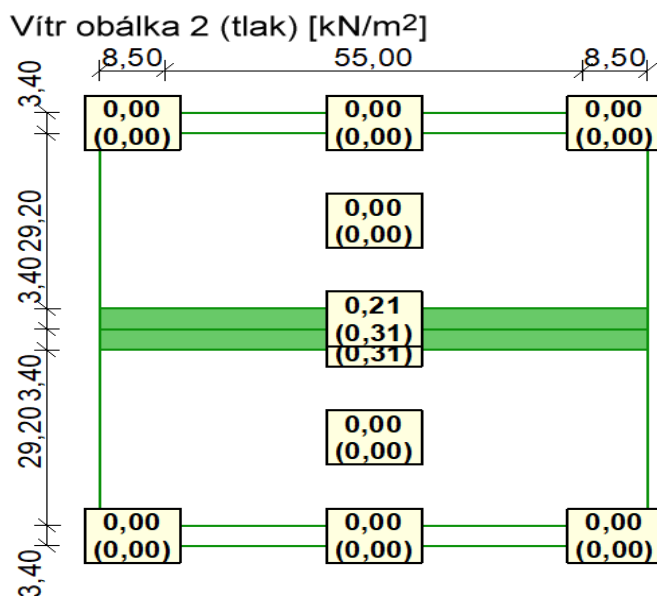
obr. /50/ Výpočet sání větru, zdroj: autor

Zatížení od větru - tlak

Zatížení větrem bylo stanoveno programem Zatížení. Větrová oblast byla uvažována jako II.. Oblast je stanovena dle ČSN EN 1991-1-4.

Tab. /16/. - Zatížení od větru - tlak

Zatížení	Hodnota [kN/m ²]
Sání větru - hřeben	0,21



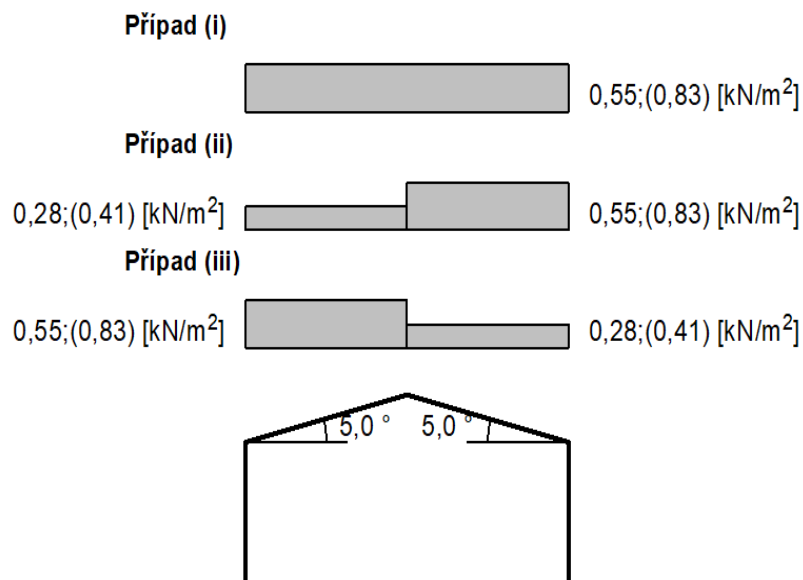
obr. /51/ Výpočet tlaku větru, zdroj: autor

Zatížení sněhem

Zatížení sněhem bylo stanoveno programem Zatížení. Sněhová oblast byla uvažována jako I.. Oblast je stanovena dle ČSN EN 1991-1-3.

Tab. /17/. - Zatížení sněhem

Zatížení	Hodnota [kN/m ²]
Sníh 100%	0,55
Sníh 50%	0,28



obr. /52/ Výpočet zatížení od sněhu, zdroj: autor

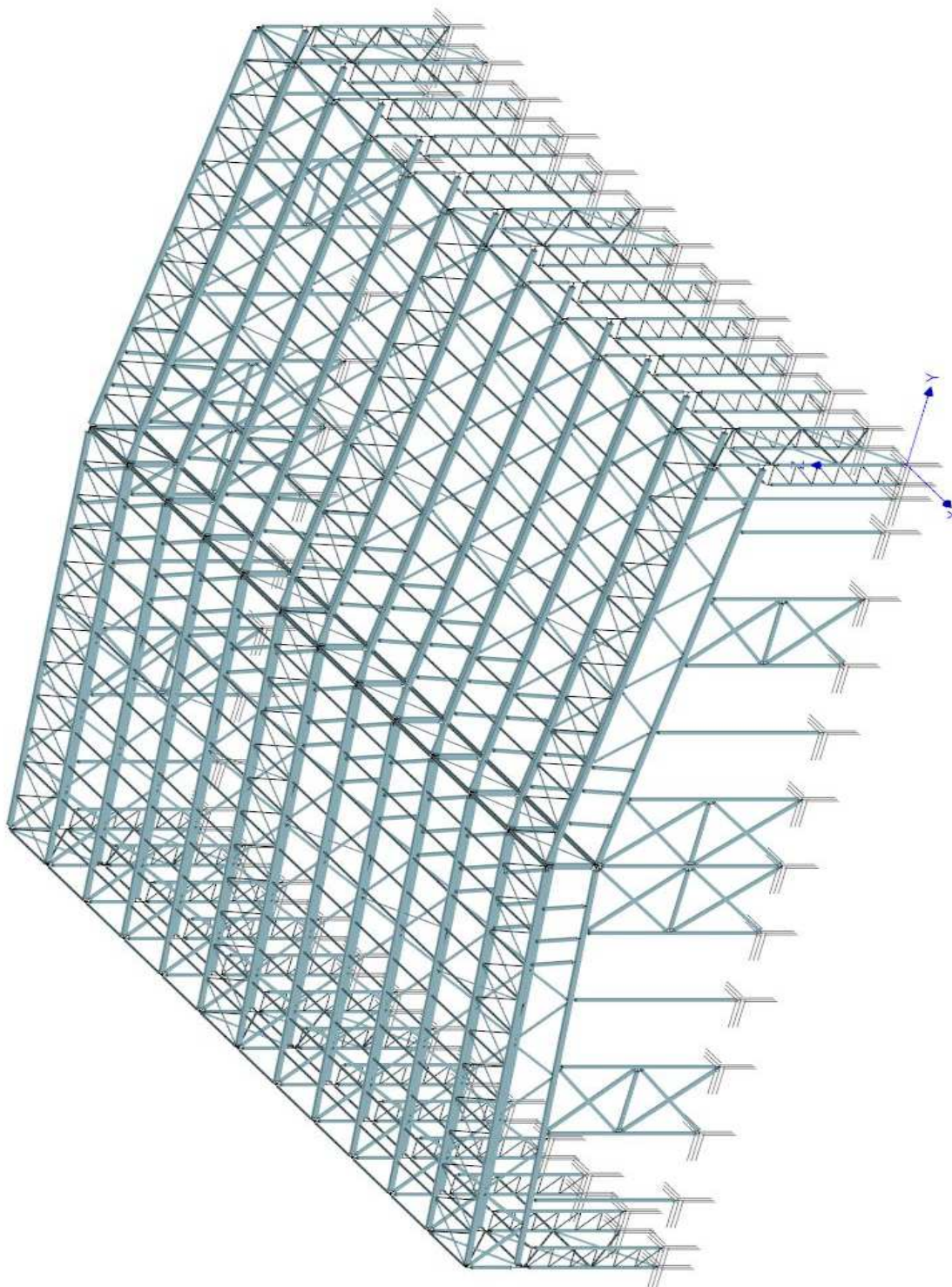
3.4.3.2 Zatěžovací stavy a kombinace

Zatížení je stanoveno dle ČSN EN 1991 1-4. Zatěžovací šířka pro vaznice je 3000 mm. U okapové hrany je zatěžovací šířka redukována na 1500 mm.

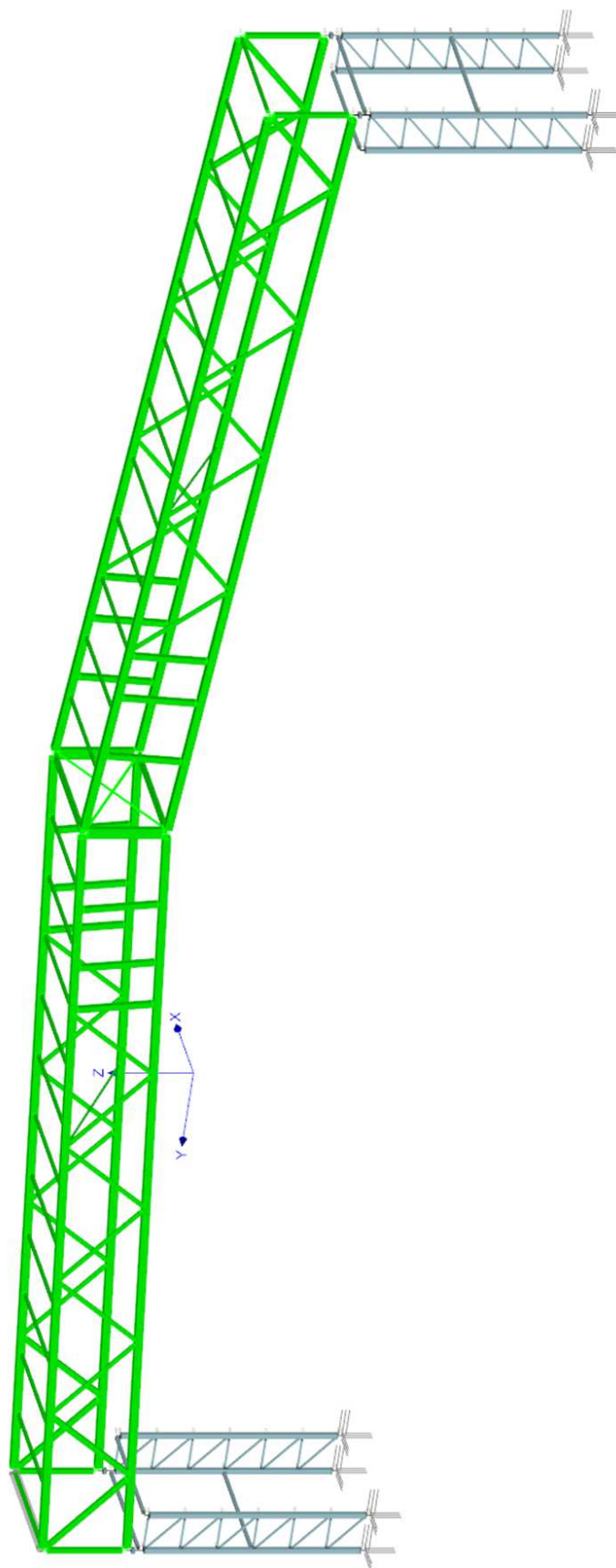
Tab. /18/. - Zatěžovací stavy

Označení	Zatěžovací stavy
G1	Vlastní tíha – generováno výpočetním programem
G2	Stálé
Q3	Užitné
S4	Sníh - 100/100
S5	Sníh - 100/50
W6	Vítr – sání/sání
W7	Vítr – sání/tlak
W8	Vítr – sání/tlak
W9	Vítr – tlak/tlak
W10	Vítr – tlak/nic
W11	Vítr na stěny

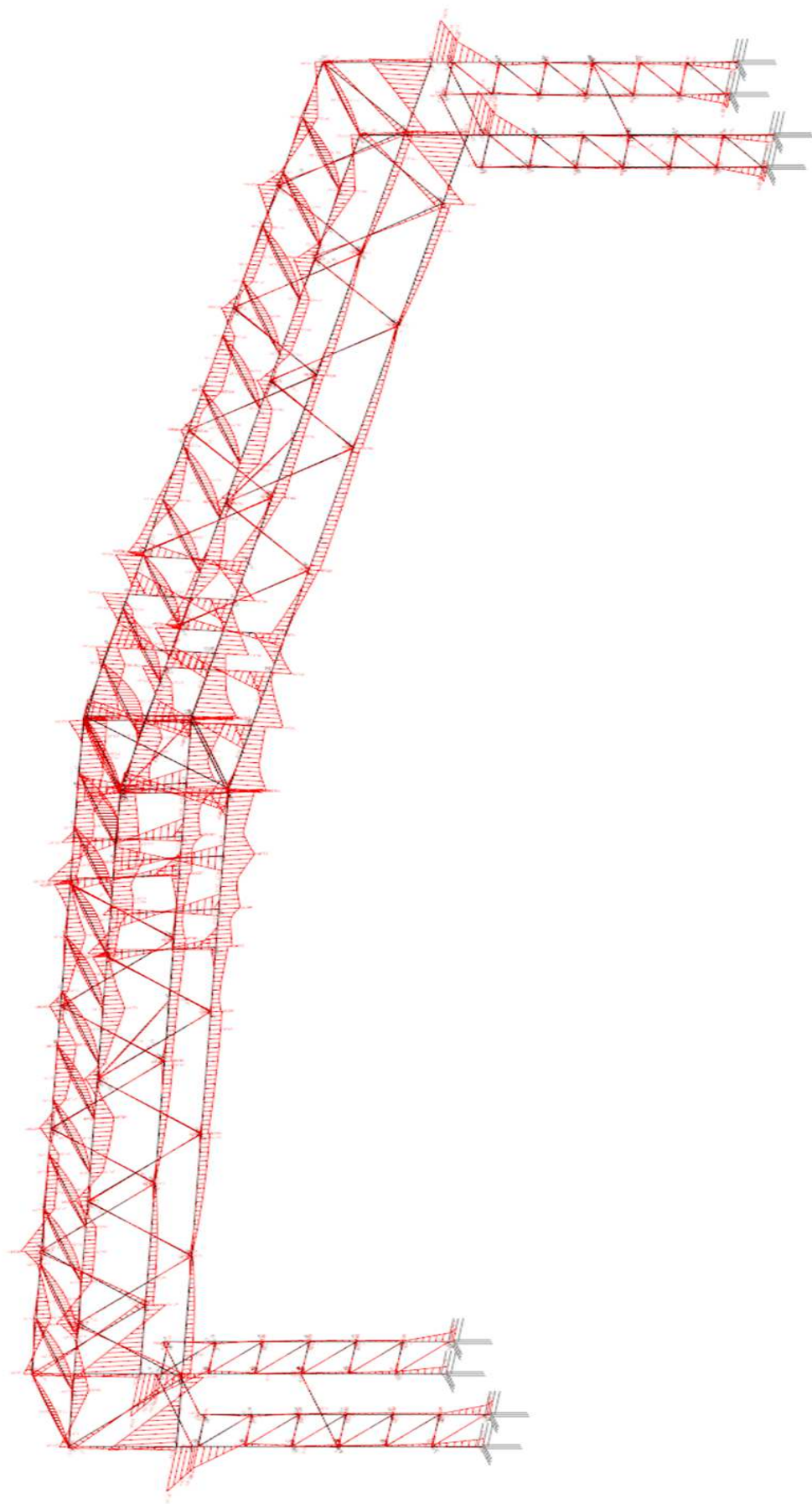
Kombinace byly vygenerovány pomocí generátoru v programu FIN3D. Nejprve byly sloučeny zatěžovací stavy G1+G2. Vyloučeny byly kombinace S4+S5 a následně byly vyloučeny W6+W7+W8+W9+W10. Software FIN3D generuje kombinace dle ČSN EN 1990.



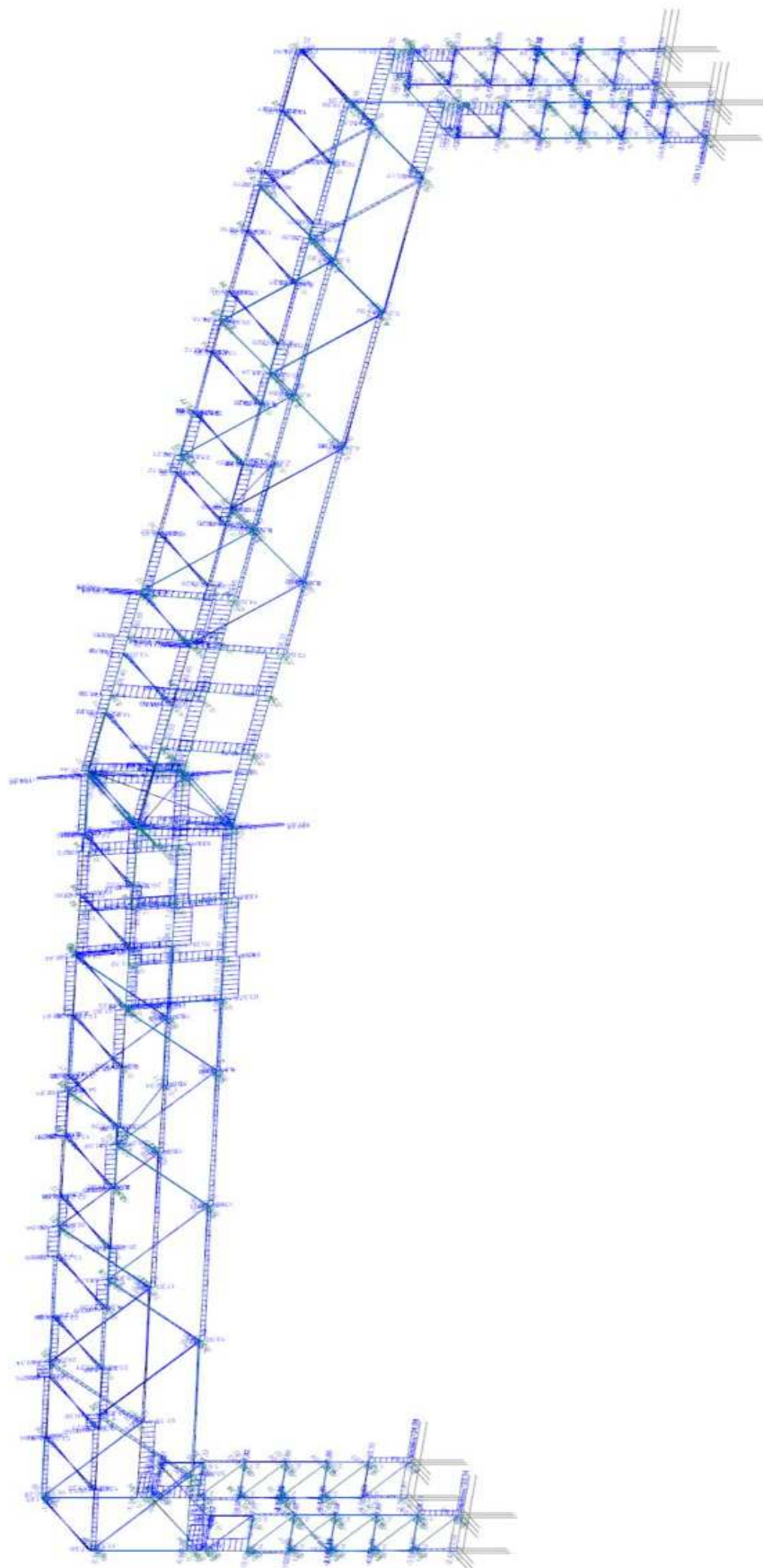
obr. /53/ 3D model v programu FIN3D, zdroj: autor



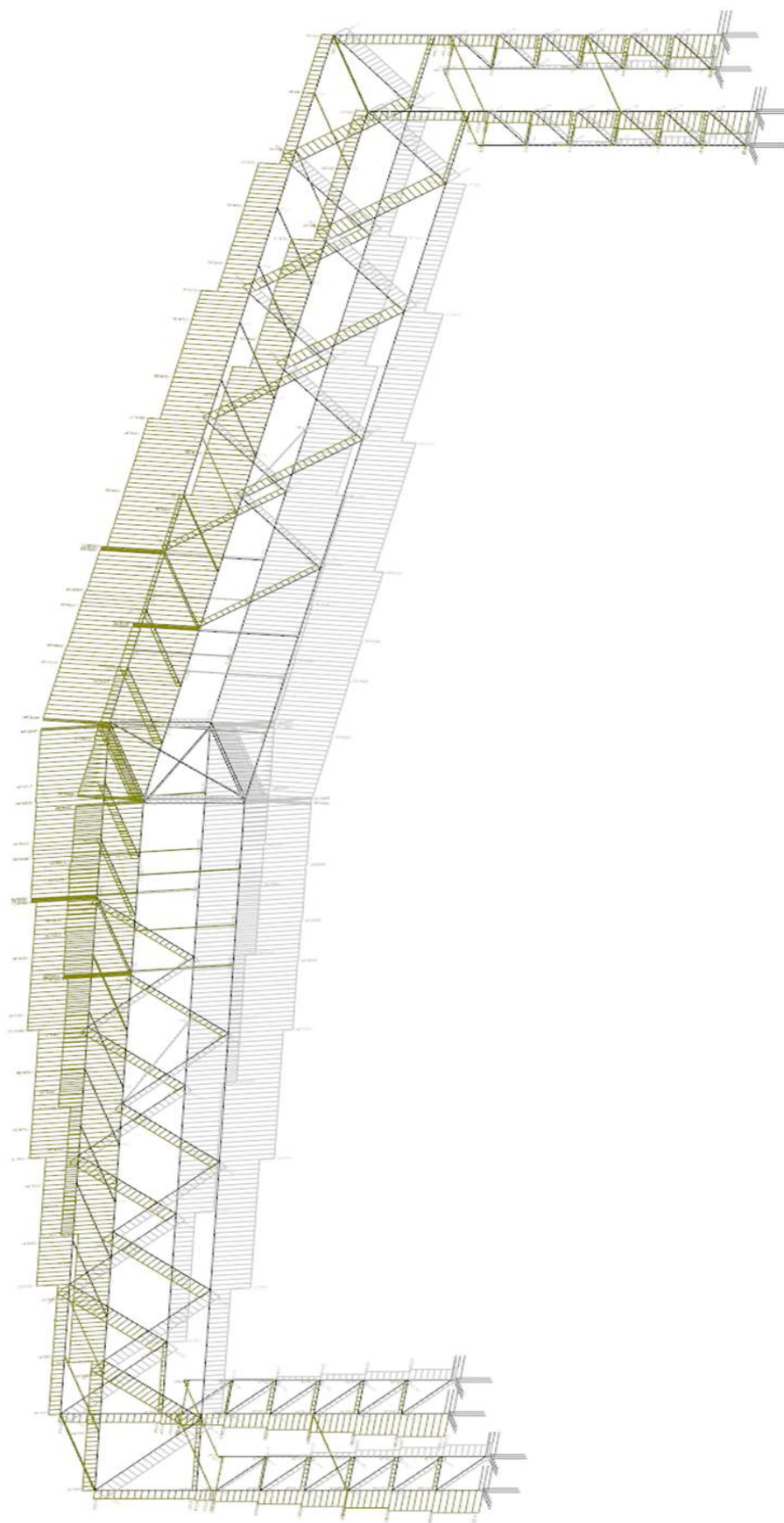
obr. /54/ Výsek 3D konstrukce, zdroj: autor



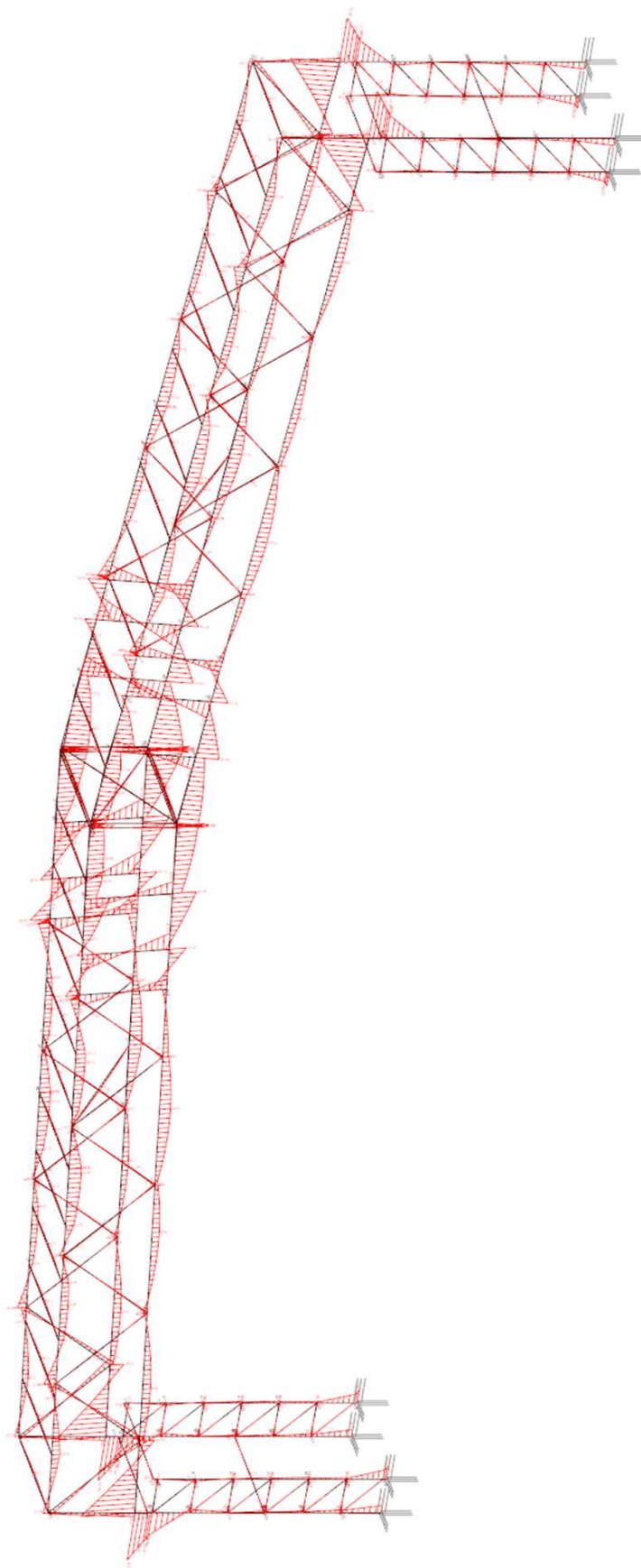
obr. /55/ Obálka kombinací II. řádu MSÚ - moment, zdroj: autor



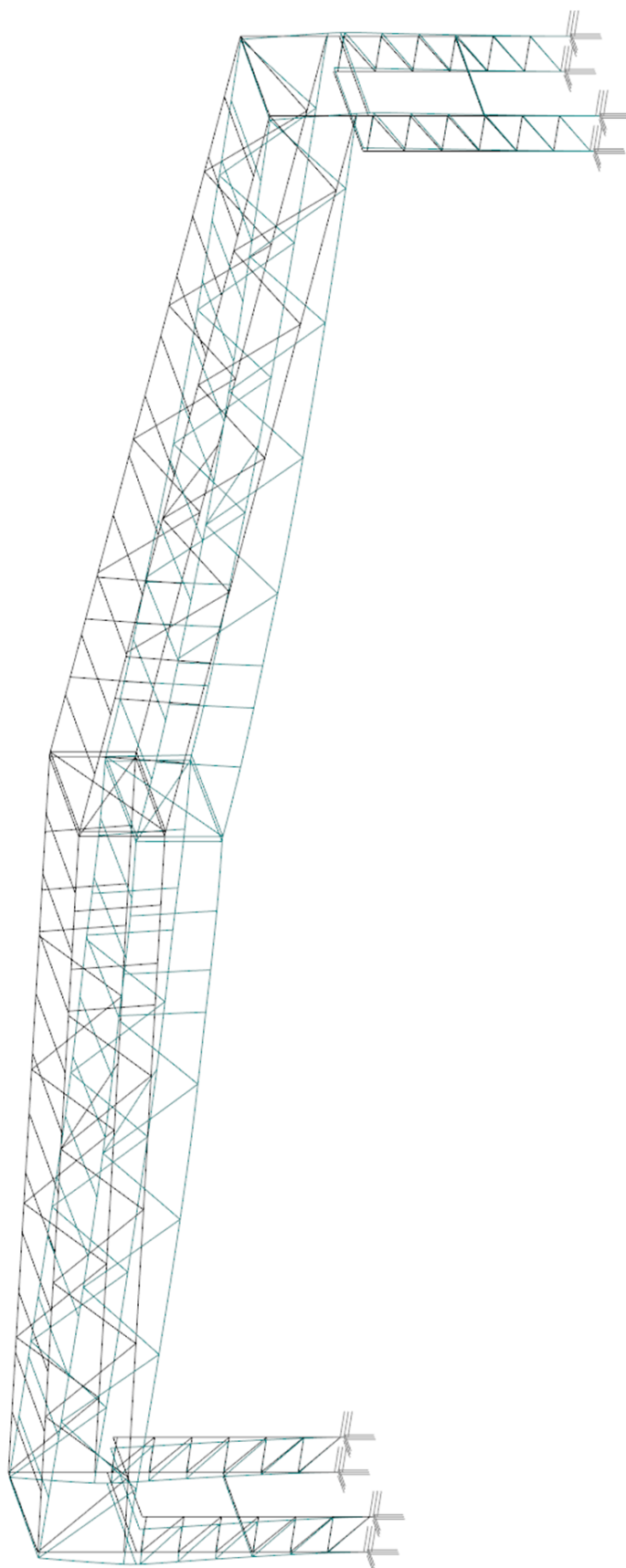
obr. /56/ Obálka kombinací II. řádu MSÚ – posouvací síla, zdroj: autor



obr. /57/ Obálka kombinací II. řádu MSÚ – posouvací síla, zdroj: autor



obr. /58/ Obálka zatěžovacích stavů MSÚ – moment, zdroj: autor



obr. /59/ Vlastní tvar č. 2, zdroj: autor

Výše (obr. /53/ až obr. /59/) jsou uvedeny grafické výstupy z programu FIN3D.

- 1) Celkový pohled na 3D model konstrukce varianty C o osových rozměrech 72x72m
- 2) Výsek hodnocené konstrukce varianty C , na které jsou následně zobrazeny průběhy vnitřních sil. Zeleně je vyznačena střešní konstrukce. Modře jsou vyznačeny sloupy.
- 3) Tvarový průběh vnitřní sil ohybového momentu varianty C v obálce kombinací II. řádu MSÚ
- 4) Tvarový průběh vnitřní sil posouvacích sil varianty C v obálce kombinací II. řádu MSÚ
- 5) Tvarový průběh vnitřní sil normálových sil varianty C v obálce kombinací II. řádu MSÚ
- 6) Tvarový průběh obálky zatěžovacích stavů varianty C MSÚ ohybového momentu
- 7) Tvarový průběh jednoho z vlastních tvarů varianty C (konkrétně č. 2)

3.4.4 Hodnocení

Veškeré statické požadavky, které jsou kladeny na konstrukci byly splněny. Konstrukce vyhovují i v nejnepříznivějších kombinacích tlaku a ohybu. Konstrukce je dostatečně stabilní.

Seznam výkresových příloh

- 01– Schéma půdorysu haly – varianta A
- 02 – Schéma půdorysu haly – varianty B
- 03 – Schéma půdorysu haly – varianty C
- 04 – Schéma řezu haly – varianta A
- 05 – Schéma řezu haly – varianta B
- 06 – Schéma řezu haly – varianta C
- 07 – Schéma základů – varianta A
- 08 – Schéma základů – varianta B
- 09 – Schéma základů – varianta C
- 10 – Základová patka – varianta A
- 11 – Základová patka – varianta B
- 12 – Základová patka – varianta C
- 13 – Plán organizace výstavby – varianta A
- 14 – Plán organizace výstavby – varianta B
- 15 – Plán organizace výstavby – varianta C
- 16 – Axonometrie
- 17 – Axonometrie
- 18 - Axonometrie

4. Porovnání

4.1 Zemní práce

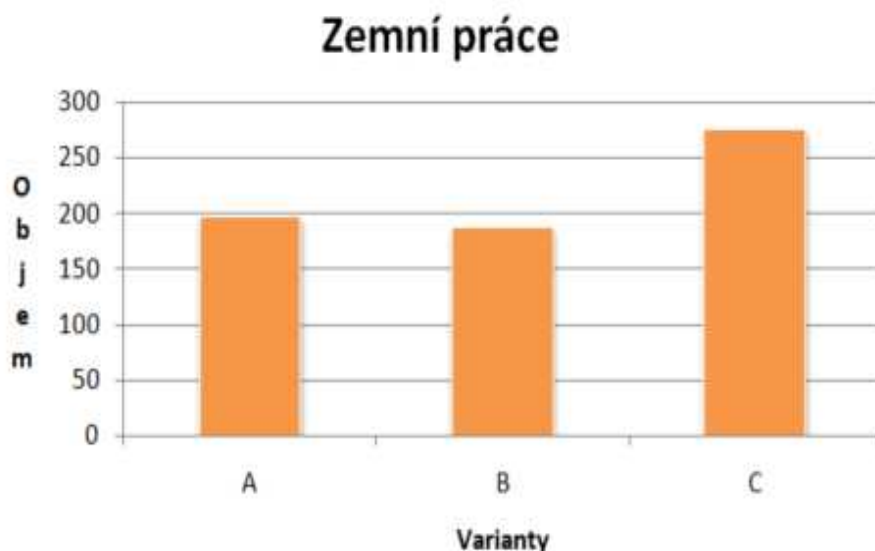
Úpravu pozemku a hrubé terénní práce včetně kácení stromů a odstranění křovin, tudíž příprava pozemku k stavbě, je možné při porovnání zanedbat, protože příprava pozemku je totožná nezávisle na variantách vrchní stavby.

Skrývka ornice lze v porovnání také zanedbat, protože není ovlivněna budoucí vrchní stavbou a lze konstatovat, že se neliší dle variant.

Výkopové práce by byly prováděny strojně a jejich rozsah se odvíjí především od způsobu a rozsahu základových konstrukcí. V zemních pracích byly započítány jak jámy pro základové patky, tak i rýhy pro umístění základových prahů. Výkopové práce lze zesumarizovat v následující tabulce.

Tab. /19/. - Zemní práce

Zemní práce								
Objem základových konstrukcí								
Varianta A			Varianta B			Varianta C		
Objem	196,23	m ³	Objem	186,30	m ³	Objem	274,87	m ³
Procent.	100	%	Procent.	94,94	%	Procent.	140,07	%



obr. /60/ Zemní práce, zdroj: autor

4.2 Základy

Základové konstrukce jsou závislé od primární nosné konstrukce haly, která si svým statickým schématem určuje nároky na základ.

U varianty A je zatížení z ocelové haly rozneseno do podloží na vícero bodech (základových patkách), tudíž je možné navrhovat úspornější základové konstrukce. Návrh základové konstrukce byl proveden jako jednostupňová patka o rozměrech 1700 x 1300 x 800 mm. Detailnější specifikace základové konstrukce varianty A je ve výkresové části, přiložené k této diplomové práci.

Cenové srovnání základových konstrukcí bylo provedeno dle položkových rozpočtů v databáze URS. Tyto ceny obsahují provedení betonáže základů včetně zemních prací.

Tab. /20/. - Základové konstrukce varianta A

Varianta A – 2 vnitřní sloupy					
BĚŽNÁ PATKA			ČELNÍ PATKA		
rozměry	1,7	m	rozměry	1,7	m
	1,3	m		1,3	m
	0,8	m		0,8	m
objem	1,77	m ³	objem	1,77	m ³
počet ks	52	ks	počet ks	18	ks
celkem	91,936	m ³	celkem	31,824	m ³
Celkový objem betonáže				123,76	m ³
Cena betonáže zákl. kce včetně základových prahů				1 353 000	kč

Varianta B je v pohledu základových konstrukcí kompromisem. Základová patka je navržena jako dvoustupňová o rozměrech 1700 x 1300 x 800 mm (1000 x 1000 x 400 mm). V celkovém měřítku je objem betonáže takřka stejný jako u varianty A. Detailnější specifikace základové konstrukce varianty B je ve výkresové části, přiložené k této diplomové práci.

Tab. /21/. - Základové konstrukce varianta B

Varianta B – 1 vnitřní sloupy					
BĚŽNÁ PATKA			ČELNÍ PATKA		
rozměry	1,7 (1)	m	rozměry	1,7	m
	1,3 (1)	m		1,3	m
	0,8 (0,4)	m		0,8	m
objem	2,17	m ³	objem	1,77	m ³
počet ks	39	ks	počet ks	16	ks
celkem	84,63	m ³	celkem	28,32	m ³
Celkový objem betonáže				112,95	m ³
Cena betonáže zákl. kce				1 282 561	kč

U varianty C je naopak zatížení kumulované z důvodu výrazného rozponu haly. V návrhu bylo použito dvoustupňových patek o 3200 x 2400 x 800 (2500 x 1000 x 400 mm). Objem betonáže dosahuje vyšších hodnot než u předešlých dvou variant.

Tab. /22/. - Základové konstrukce varianta C

Varianta C – žádný vnitřní sloup					
BĚŽNÁ PATKA			ČELNÍ PATKA		
rozměry	3,2 (2,5)	m	rozměry	1,0	m
	2,4 (1,0)	m		1,0	m
	0,8 (0,4)	m		0,9	m
objem	7,14	m ³	objem	0,9	m ³
počet ks	26	ks	počet ks	22	ks
celkem	185,64	m ³	celkem	9,9	m ³
Celkový objem betonáže				205,18	m ³
Cena betonáže zákl. kce				1 773 693	kč

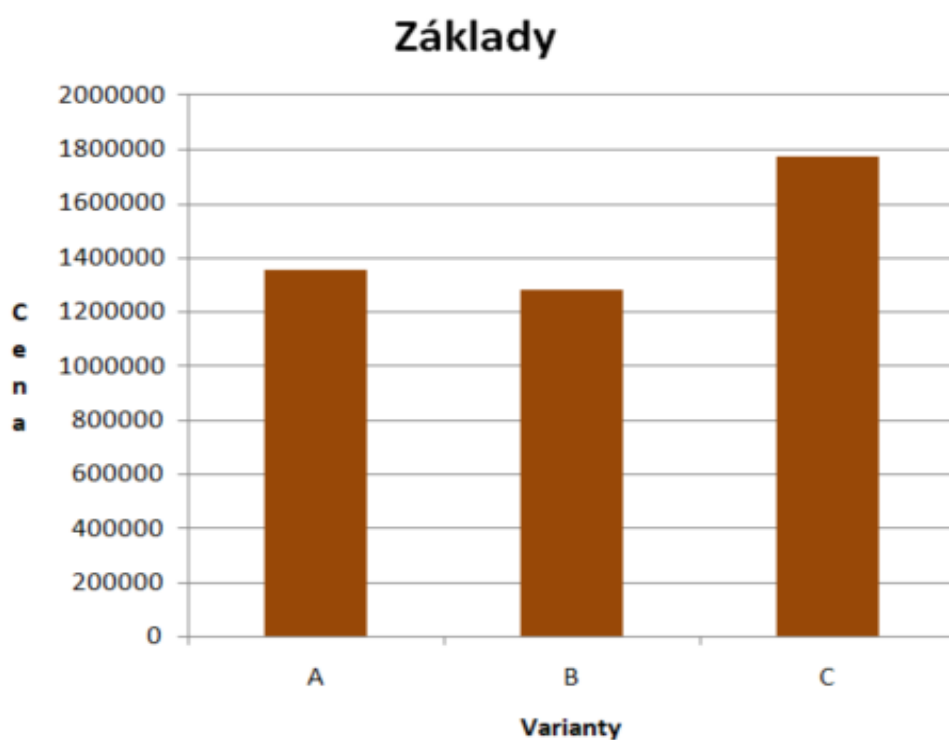
Při samotném provádění základových konstrukcí lze konstatovat, že při variantě A je nutné zajistit betonáž základových patek na mnoho místech, řešení haly vyžaduje celkem 70 kusů základových patek.

U varianty C je výrazně nižší počet základových konstrukcí, celkem 48 kusů základových patek, což je ovšem vykompenzováno rozměrnějšími základovými konstrukcemi.

Z hlediska realizace stavby bude při variantě C lépe kontrolovaná jakost výroby. V ceně základových konstrukcí jsou zahrnuty zemní práce, základové patky a základové prahy.

Tab. /23/. - Shrnutí základových konstrukcí

Základové konstrukce			
Systém	Varianta A	Varianta B	Varianta C
Objem [m ³]	123,76	112,95	205,18
Cena [Kč]	1 353 000	1 282 561	1 773 693
Procentuálně [%]	100	91,27	165,79



obr. /61/ Cenové srovnání základových konstrukcí, zdroj: autor

4.3 Ocelová nosná konstrukce

4.3.1 Hmotnost

Montáž a cena ocelových nosných konstrukcí se oceňuje dle hmotnosti materiálu. Hmotnost konstrukcí je určena z výpočtového programu FIN3D. Cena materiálu včetně montáže je uvažována 75 Kč/kg.

Tab. /24/. - Ocelová konstrukce - Varianta A

Váha konstrukce	409 020,05	kg
Zastavěná plocha	5227,29	m ²
Měrná hmotnost	78,24	kg/m ²
Jednotná cena	75	Kč/kg
Cena nosné konstrukce	30 676 504	Kč

Tab. /25/. - Ocelová konstrukce - Varianta B

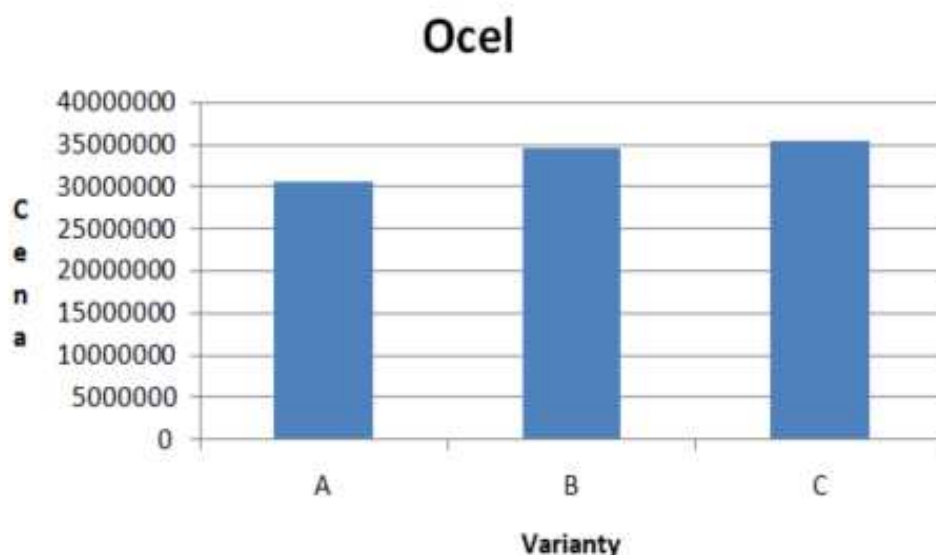
Váha konstrukce	462100,99	kg
Zastavěná plocha	5215,73	m ²
Měrná hmotnost	86,13	kg/m ²
Jednotná cena	75	Kč/kg
Cena nosné konstrukce	34 657 500	Kč

Tab. /26/. - Ocelová konstrukce - Varianta C

Váha konstrukce	471 965	kg
Zastavěná plocha	5200,42	m ²
Měrná hmotnost	88,29	kg/m ²
Jednotná cena	75	Kč/kg
Cena nosné konstrukce	35 397 375	Kč

Tab. /27/. - Shrnutí hmotnosti ocelové nosné konstrukce

Hmotnost nosné konstrukce			
System	Varianta A	Varianta B	Varianta C
Hmotnost [kg]	409 020,05	462100,99	471 965
Cena [Kč]	30 676 504	34 657 500	35 397 375
Procentuálně [%]	100	111,10	113,51



obr. /62/ Srovnání ocelové konstrukce, zdroj: autor

Hmotnost ocelové nosné konstrukce je nejnižší u varianty A. Nejvyšší je naopak u varianty C, to je způsobeno požadavkami, které jsou kladeny na velký rozpon 72 m. U předchozích dvou variant jsou rozpory výrazně nižší a to odpovídá i nárokům, které se poté odráží v samotné hmotnosti.

4.3.2 Nátěr

U ocelových konstrukcí se používá ochranných nátěrů, například pro zajištění dostatečné požární odolnosti konstrukce, která je závislá na účelu objektu. V diplomové práci požární odolnost konstrukce není určena. Požární odolnost u ocelových konstrukcí lze dosáhnout i vhodným návrhem bez použití dodatečných nátěrů. Požární odolnost lze dosáhnout zvýšením statické rezervy. Porovnávána bude pouze nátěrová plocha konstrukce, která v případě použití nátěrů bude sloužit jako výměra pro potřebu nátěru.

Nátěrová plocha bude posuzována s jednotkovou cenou na základě databáze URS. Jednotková cena obsahuje očištění konstrukce, omytí konstrukce, podkladní nátěr a zhotovení protipožárního nátěru včetně ceny nátěru.

Tab. /28/. - Nátěrová plocha – Varianta A

Varianta A		
Nátěrová plocha	6755,137	m ²
Jednotková cena nátěru a montáže	360	Kč/m ²
Cena provedení nátěru	2 431 849,32	Kč

Tab. /29/. - Nátěrová plocha – Varianta B

Varianta B		
Nátěrová plocha	6894,53	m ²
Jednotková cena nátěru a montáže	435	Kč/m ²
Cena provedení nátěru	2 482 030,8	Kč

Tab. /30/. - Nátěrová plocha – Varianta C

Varianta C		
Nátěrová plocha	6971,321	m ²
Jednotková cena nátěru a montáže	435	Kč/m ²
Cena provedení nátěru	2 509 675,56	Kč

Tab. /31/. - Shrnutí nátěrových ploch

Nátěrové plochy			
Systém	Varianta A	Varianta B	Varianta C
Plocha [m ²]	6755,14	6894,53	6971,32
Cena [Kč]	2 431 849,32	2 482 030,8	2 509 675,56
Procentuálně [%]	100	102,06	103,20

Z jednotlivých výpočtů nátěrové plochy vyplývá, že ačkoliv jsou konstrukce oproti sobě různé. Jejich nátěrové plochy jsou velmi podobné. Lze konstatovat, že v tomto případě výběr konstrukčního systému neovlivní cenu a montáž protipožárního nátěru, pokud bude muset být aplikován za účelem dosažení vyšší požární odolnosti.

4.4 Podlaha

Průmyslová podlaha v hale není závislá na provedení vrchní stavby. Rozdíl v provádění podlahy bude v poloze dilatačních spár a u řešení dilatací v blízkosti vnitřních sloupů. Tento rozdíl je ovšem marginální a nebude s ním dále uvažováno. Cena provádění průmyslové podlahy je orientační a slouží pouze pro vyčíslení rozdílu v celkovém měřítku stavby.

Tab. /32/. - Podlaha

Podlaha		
Plocha	5184	m ²
Jednotková cena	800	Kč/m ²
Celková cena	4 147 200	Kč

4.5 Opláštění stěn

Ačkoliv bude opláštění stěn provedeno stejným způsobem bude se u jednotlivých variant lišit. Vstupním parametrem byla světlá výška objektu, která musela být min. 9500 mm. Jednotlivé varianty ovšem mají různé konstrukční výšky, která zahrnují i výšku střešní konstrukce, ta je hlavně v případě varianty B a varianty C vyšší než u varianty A. Opláštění bude montováno na pomocnou konstrukci z paždíků.

Jednotková cena je stanovena z databáze URS. V ceně je obsaženo montáž opláštění, fasádní C profil a panel sendvičový s izolací z minerálních vláken.

Tab. /33/. - Opláštění stěn – Varianta A

Varianta A		
Plocha pro opláštění stěn	3218,24	m ²
Jednotková cena panelů a montáže	2283	Kč/m ²
Cena provedení opláštění stěn	7 347 242	Kč

Tab. /34/. - Opláštění stěn – Varianta B

Varianta B		
Plocha pro opláštění stěn	4166,75	m ²
Jednotková cena panelů a montáže	2283	Kč/m ²
Cena provedení opláštění stěn	9 512 690	Kč

Tab. /35/. - Opláštění stěn – Varianta C

Varianta C		
Plocha pro opláštění stěn	4212,42	m ²
Jednotková cena panelů a montáže	2283	Kč/m ²
Cena provedení opláštění stěn	9 616 955	Kč

Tab. /36/. - Shrnutí opláštění stěn

Opláštění stěn			
System	Varianta A	Varianta B	Varianta C
Plocha [m ²]	3218,24	4166,75	4212,42
Cena [Kč]	7 347 242	9 512 690	9 616 955
Procentuálně [%]	100	129,47	130,89



obr. /63/ Srovnání cenových nákladů na opláštění stěn, zdroj: autor

Náklady na provedení opláštění stěn jsou nejnižší u varianty A a to především díky nejmenší konstrukční výšce (příčle řešena válcovaným profilem). U dvou dalších variant jsou náklady povýšeny kvůli střešní konstrukci, která je řešena příhradovými vazníky a tudíž je zvýšena i plocha pro fasádu. Tento rozdíl tvoří přibližně 30%.

4.6 Střecha

Střecha je řešena pomocí sendvičových panelů umístěných na střešních vaznicích, střešní panely budou doplněny hydroizolační fólií. U varianty první je střecha řešena pomocí tří sedlových střech vedle sebe. U navázání vzniká úžlabí, které je nutné odvodňovat pomocí vnitřních vtoků a následné dešťové kanalizace. U variant B a C je střešní rovina řešena jako sedlová střecha. Tyto dvě varianty se neliší provedením.

Tab. /37/. - Opláštění střechy – Varianta A

Varianta A		
Plocha pro opláštění střechy	6755,14	m ²
Jednotková cena panelů a montáže	2283	Kč/m ²
Cena provedení opláštění stěn	10 125 026	Kč

Tab. /38/. - Opláštění střechy – Varianta B

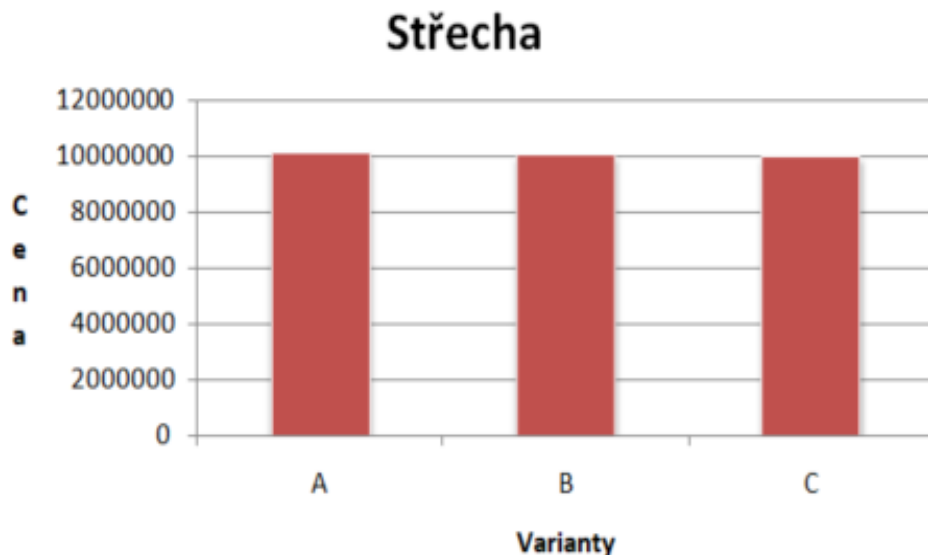
Varianta B		
Plocha pro opláštění střechy	6894,53	m ²
Jednotková cena panelů a montáže	2283	Kč/m ²
Cena provedení opláštění stěn	10 004 448	Kč

Tab. /39/. - Opláštění střechy – Varianta C

Varianta C		
Plocha pro opláštění střechy	6971,32	m ²
Jednotková cena panelů a montáže	2283	Kč/m ²
Cena provedení opláštění stěn	9 961 915	Kč

Tab. /40/. - Shrnutí opláštění střechy

Opláštění stěn			
Systém	Varianta A	Varianta B	Varianta C
Plocha [m ²]	6755,14	6894,53	6971,32
Cena [Kč]	10 125 026	10 004 448	9 961 915
Procentuálně [%]	100	98,80	98,39



obr. /64/ Srovnání ocelové konstrukce, zdroj: autor

Náklady na provedení opláštění střechy jsou takřka totožné. Plochy střešních rovin vycházejí s rozdílem 2%. Rozdíl mezi variantou A a variantami B a C je způsob odvodňování. U varianty A je nutné provést odvodnění vnitřními vtoky, u variant B a C můžeme instalovat zaatikové žlaby a odvodňovat vnitřně či provést okapové dešťové žlaby a svody a odvodňovat střechu vnějším objektem. To lze považovat za výhodu v řešení tvaru střechy.

4.7 Plán organizace výstavby

Výstavba jednotlivých variant se bude lišit v závislosti na montáži střešní konstrukce. U varianty A lze předpokládat delší montáž v závislosti na vícero střešních příčlích, které budou muset být stabilizovány vysokozdvížnou technikou a montovány z montážní plošiny.

U varianty C je nutno brát v potaz dopravu, nosník dlouhý 72 m bude muset být převez v několika částech a poté bude smontován na staveništi. Usazení bude zajištěno pomocí dvou mobilních jeřábů a montáž bude provedena z montážní plošiny. Případně lze montáž provádět pomocí dočasných podepírání příčle betonovými skružemi v místě hřebene, tato varianta je levnější z pohledu využití pouze jednoho mobilního jeřábu, ovšem je nutné zajišťovat přesun dočasných podpor v podobě betonových skruží.

Délka montáže ovlivňuje fixní náklady na zařízení staveniště, které se poté mohou projevit do celkové ceny. Je proto nutné uvažovat i s tímto faktorem.

4.8 Využitelnost prostoru

Významným parametrem pro zvolení konstrukčního systému je využitelnost prostoru ocelové haly. Využitelnost se odvíjí od účelu stavby. Ovšem stává se často, že stavby během svojí životnosti mění svůj účel, či případně dojde k prodloužení životnosti pomocí sanačních prací a může dojít ke změně účelu.

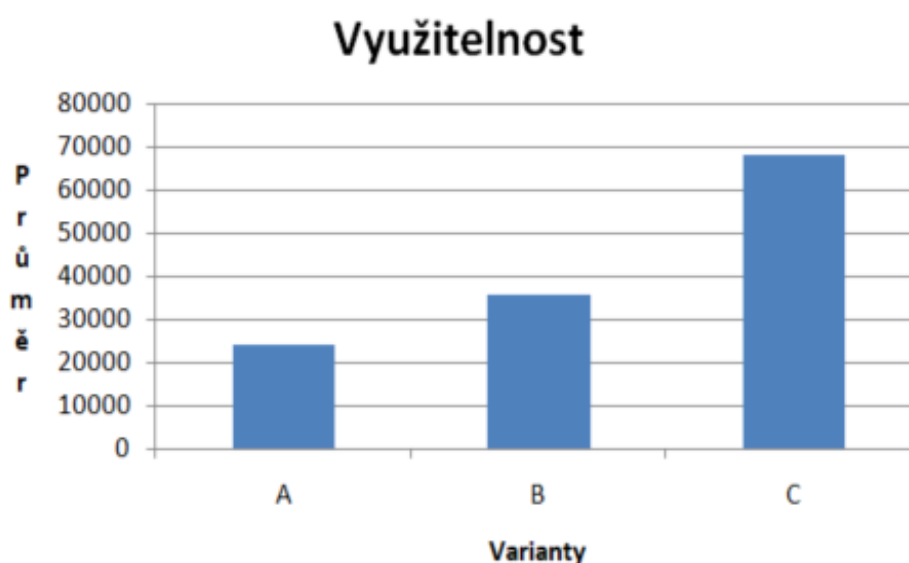
U předmětných hal není účel stanoven, haly mohou sloužit jako skladovací, výrobní či více účelům najednou. Při výrobní hale je nutné specifikovat danou výrobu a její prostorové nároky. Může se stát, že návrh haly nebude kompatibilní s prostorovými nároky výrobní linky.

Porovnání bude provedeno na základě kružnic o maximálním průměru, které bude vyznačeno v půdoryse. Kružnicí je vyznačen prostor, který může být využit bez překážek.

U varianty A je stanoven průměr kružnice 24350 mm. Prostor se nachází v prostřední lodi. U varianty B je stanoven průměr kružnice 35800 mm. U varianty C je stanoven průměr kružnice 68000 mm.

Tab. /41/. - Shrnutí využitelnosti prostoru

Využitelnost prostoru			
System	Varianta A	Varianta B	Varianta C
Průměr [mm]	24350	35800	68000
Procentuálně [%]	100	147,02	297,26



obr. /65/ Srovnání využitelnosti prostoru, zdroj: autor

Je patrné, že největší využitelnost vnitřního prostoru má varianta C, která neobsahuje žádný vnitřní sloup a to o téměř 200% oproti variantě A. Tento fakt může být výhodný při případné změně organizace výroby či změně účelu stavby. Tento fakt může mít i vliv na celkovou hodnotu nemovitosti při případném dalším prodeji.

4.9 Celkové porovnání

Celkové srovnání je založeno na dílčích parametrech, které byly hodnoceny. Pro porovnání slouží tabulka níže.

Tab. /42/. - Celkové srovnání

Celkové srovnání na základě dílčích hodnot			
Systém	Varianta A	Varianta B	Varianta C
Základy [Kč]	1 353 000	1 282 561	1 773 693
Nosná konstrukce [Kč]	30 676 504	34 657 500	35 397 375
Stěny [Kč]	7 347 242	9 512 690	9 616 955
Střecha [Kč]	10 125 026	10 004 448	9 961 915
Podlaha [Kč]	4 147 200	4 147 200	4 147 200
Celková cena [Kč]	53 648 972	59 604 399	60 897 138
Procentualně [%]	100	111,10	113,51

Z tabulky je patrné, že varianta A vychází nejlépe z finančního hlediska z porovnávaných variant. Levnější je přibližně o 13%, což v celkové ceně stavby tvoří přibližně 7 milionů Kč.

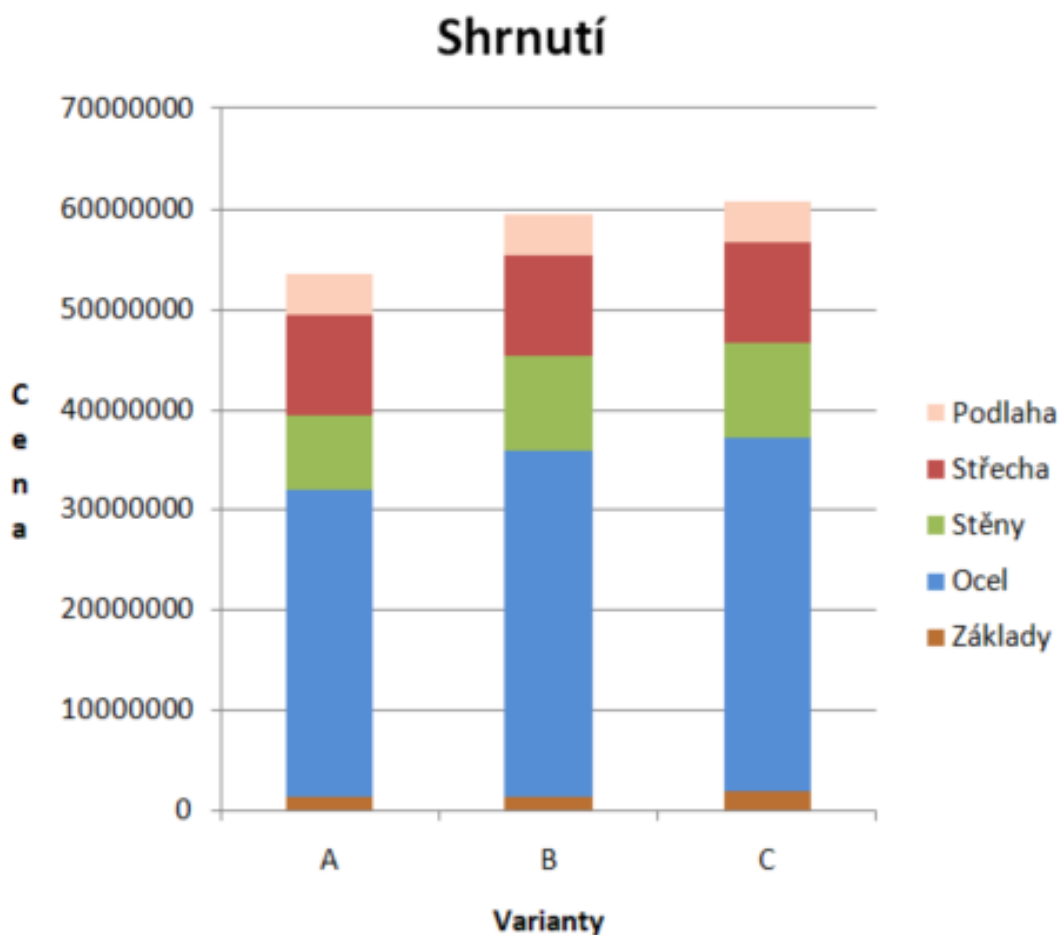
Finanční hledisko ovšem není jediný parametr, který lze posuzovat. Lze také přihlížet k volnému prostoru v halové stavbě a jeho následné využití. Využití prostoru může být zásadní pro účel a provoz stavby. Investor například může postavit levnější variantu haly s vnitřními sloupy, ovšem bude muset finanční prostředky vynaložit na přizpůsobení výroby či provozu v interiéru objektu.

Jak již bylo řečeno, je nutné se dívat na celkovou životnost stavby. Při změně účelu může mít výběr mezi variantami výrazné dopady a dělený prostor, byť jen sloupy může být nevhodný pro nový účel stavby či rozdílný provoz.

Z podmínek, které byly stanoveny, nelze říci která varianta je nejvýhodnější, protože bychom si museli určit jako váhu má finanční investice vůči využitelnosti

prostoru. V provozech, které nejsou výrazně prostorově náročné a halový objekt je zbudován za jedním účelem při celé životnosti stavby, bude nejvhodnější varianta A, která je finanční nejvýhodnější. Ovšem v provozech, kde je nutná variabilita a je zde kladen důraz na využití velkých ploch, bude uvolněná dispozice i přes nárůst počáteční investice nejvhodnějším řešením. Tento případ může být relevantní například pro developerské společnosti či případně stavby pro komerční účely, kde může volná dispozice být jedním z hlavních požadavků pro pronajímatele prostorů.

Mezi variantami B a C je již menší rozdíl. Dle cenového porovnání je to přibližně o 2,5%. Právě varianta B může být vhodným řešením pro některé zamýšlené provozy, je zde proveden kompromis mezi děleným prostorem varianty A a zvýšenou finanční náročností varianty C.



obr. /66/ Celkové srovnání, zdroj: autor

Na obrázku jsou znázorněny předmětné varianty, které jsou vyjádřeny pomocí jednotlivých sloupců grafu. Dílčí náklady poté tvoří jednotlivý sloupec a poté je patrný cenový rozdíl dle svislé osy grafu.

5. Závěr

V diplomové práci byly porovnány tři varianty konstrukčních systémů na předpokládané ploše objektu 72 x 72 m se světlou výškou 9,5 m.

Z posouzení je zjevné, že délka rozponu ovlivňuje nároky na nosné konstrukce a tudíž varianta A vychází sice z hlediska dílčích faktorů finančně nejvýhodnější a to přibližně o 13%, ovšem je nutno dbát na zamýšlený provoz v hale a jeho následný vývoj. Při reorganizaci výroby, či změně účelu haly může být stávající dispozice s čtnými sloupy nevhodná.

Varianta C je z finančního pohledu nejvíce náročná, ovšem vstupní investice může mít vliv na její využitelnost v budoucích letech, či v případě potřeby výrazné využitelnosti prostoru (například letecké hangáry potřebují běžně volný prostor až 60 m)

Z hlediska komplexního posouzení je nutné opomenout, že zastřešit prostor s rozponem o 72 m je technicky náročné, to reprezentuje varianta C. Zvolením vhodné konstrukce může být finanční nárůst z hlediska celkového měřítka stavby zanedbatelný a velice výhodný oproti 3 x 24 m, což představuje varianta A.

Z hlediska určení nejvhodnějšího řešení je nejdůležitější znát účel a provoz halové stavby. Provoz stavby je poté nutné koordinovat s nosným systémem stavby. Na základě těchto proměnných lze spolehlivě určit nejvýhodnější řešení pro daný provoz. Je možné že vstupní finanční investice u varianty C budou poté ušetřeny například u optimalizace výrobní linky, která má vysoké prostorové nároky.

Obecně lze říci, že je nutné provést vždy úvodní rozvahu, která upřednostní či naopak vyloučí možné varianty.

Seznam použitých zdrojů a literatury

- [1] STUDNIČKA, Jiří, Milan HOLICKÝ a Jana MARKOVÁ. Ocelové konstrukce 2. 2. vydání. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2015. ISBN 9788001058152.
- [2] YOUNG, Tubular structures XIII: proceedings of the 13th International Symposium on Tubular Structures, Hong Kong, China, 15-17 December 2010 2010)
- [3] Městská sportovní hala v Plzni, Lepené dřevěné konstrukce Tesko. Dřevěné konstrukce - České dřevařské závody Praha, a.s. (Závod TESKO) [online]. Copyright © 2008 Lepené dřevěné konstrukce Tesko, [cit. 22.12.2020]. Dostupné z: <http://www.konstrukce-tesko.cz/reference/sporto%20vni-haly/mestska-sportovni-hala-v-plzni>
- [4] Betonové vazníky - výroba, prodej - Prefa Hubenov s. r. o. . Septiky, jímky, silážní jámy - výroba, prodej - Prefa Hubenov s. r. o. [online]. Dostupné z: <https://www.prefahubenov.cz/betonove-vazniky/>
- [5] Stěnové izolační panely - Zateplení fasád, obklady fasád | Izolační panely | Kingspan | Česká republika. [online]. Copyright © Kingspan Group [cit. 22.12.2020]. Dostupné z: <https://www.kingspan.com/cz/cs-cz/produkty/izolacni-sendvicove-panely/stenove-izolacni-panely>
- [6] Střešní izolační panely - Zateplení střech | Kingspan | Česká republika. [online]. Copyright © Kingspan Group [cit. 22.12.2020]. Dostupné z: <https://www.kingspan.com/cz/cs-cz/produkty/izolacni-sendvicove-panely/stresni-izolacni-panely>
- [7] Knihovna Atelier Dek [online]. Dostupné z: https://dokumenty.atelier-dek.cz/drf-dek-13-a_dek-strecha-st-1010a-dekroof-13-a.pdf
- [8] Průmyslové podlahy – BVG [cit. 22.12.2020]. Dostupné z: <http://www.bvgroup.cz/vlastni-vyrobky-dilatacni-spary.php>
- [9] Lité podlahy - MIKŠÍK [cit. 22.12.2020]. Dostupné z: <https://www.miksik-podlahy.cz/reference/betonaz-dratkobetonove-podlahy-hrachovec-8.html#prettyPhoto>

- [10] VYZTUŽOVÁNÍ PORUCHOVÝCH OBLASTÍ ŽELEZOBETONOVÉ KONSTRUKCE: ŽELEZOBETONOVÝ PREFABRIKOVANÝ SLOUP NÁVRH ZÁKLADOVÉ KALICHOVÉ PATKY - PDF Stažení zdarma. [online]. Copyright © DocPlayer.cz [cit. 22.12.2020]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/104626097-Vyztuzovani-poruchovych-oblastizelezobetonove-konstrukce-zelezobetonovyprefabrikovany-sloup-navrh-zakladovekalichove-patky.html>
- [11] Základové prahy prosté a sendvičové » Rieder Beton Jihlava. *Novinky » Rieder Beton Jihlava* [online]. Copyright © 2004 [cit. 22.12.2020]. Dostupné z: <http://www.rieder.cz/produkty/prefabrikovane-haly/zakladove-prahy-proste-a-sendvicove.php>
- [12] Prefabrikované haly » Rieder Beton Jihlava. *Novinky » Rieder Beton Jihlava* [online]. Copyright © 2004 [cit. 22.12.2020]. Dostupné z: <http://www.rieder.cz/fotogalerie/prefabrikovane-haly/automotive-lighting.php>
- [13] Stavba - TZB-info. *Stavba - TZB-info* [online]. Copyright © Copyright [cit. 22.12.2020]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/>
- [14] Vestavky do hal [online]. Copyright © [cit. 22.12.2020]. Dostupné z: <https://www.liko-haly.cz/cs/vestavky-do-hal>
- [15] HISTORIE LET OCELOVÝCH KONSTRUKCI - NEJDŘÍVE LITINA POZDĚJI OCEL VE DRUHÉ POLOVINĚ 20.STOLETI PŘIBYLY LEHKÉ HLINÍKOVÉ SLITINY [online]. Copyright © 2020 ADOC.PUB. All rights reserved. [cit. 22.12.2020]. Dostupné z: <https://adoc.pub/historie-let-ocelovych-konstrukci-nejdive-litina-pozdji-ocel.html>
- [16] COMBINED LATTICE AND VIERENDEEL GIRDER IN LONG-SPAN STEEL FRAME - PDF Free Download. *Enjoy free comfortable tools to publish, exchange, and share any kind of documents online!* [online]. Copyright © DocPlayer.net [cit. 22.12.2020]. Dostupné z: <https://docplayer.net/38272034-Combined-lattice-and-vierendeel-girder-in-long-span-steel-frame.html>
- [17] Structural Hollow Sections & MSH . Your Challenges Our Solutions [online]. Dostupné z: <https://solutions.vallourec.com/en/Industry/Structural>
- [18] PREON® box. Your Challenges Our Solutions [online]. Dostupné z: <https://solutions.vallourec.com/Industry/Preon-box>

Seznam použitého softwaru

LibreOffice Writer

LibreOffice Calc

AutoCAD 2019

FINE (FIN 3D, Zatížení, Ocel)

GEO 5 (Patka)

KROS 4

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD
KATEDRA MECHANIKY

Přílohy diplomové práce

Bc. Pavel Jakeš

Plzeň 2020

Přílohy jsou dostupné pouze v tištěné verzi.

PŘÍLOHA č. 1

Výstup z FIN3D. Jedná se o protokol s vyznačenými vypočtenými hodnotami z FIN3D u předmětných variant.

PŘÍLOHA č. 2

Výkresová část. Jedná se o výkresové přílohy, které specifikují předmětné varianty.

- 01– Schéma půdorysu haly – varianta A
- 02 – Schéma půdorysu haly – varianty B
- 03 – Schéma půdorysu haly – varianty C
- 04 – Schéma řezu haly – varianta A
- 05 – Schéma řezu haly – varianta B
- 06 – Schéma řezu haly – varianta C
- 07 – Schéma základů – varianta A
- 08 – Schéma základů – varianta B
- 09 – Schéma základů – varianta C
- 10 – Základová patka – varianta A
- 11 – Základová patka – varianta B
- 12 – Základová patka – varianta C
- 13 – Plán organizace výstavby – varianta A
- 14 – Plán organizace výstavby – varianta B
- 15 – Plán organizace výstavby – varianta C
- 16 – Axonometrie
- 17 – Axonometrie
- 18 - Axonometrie

PŘÍLOHA č. 3

Dílčí rozpočty z KROS4, pro určení jednotkových či dílčích cen pro účely finančního srovnání.