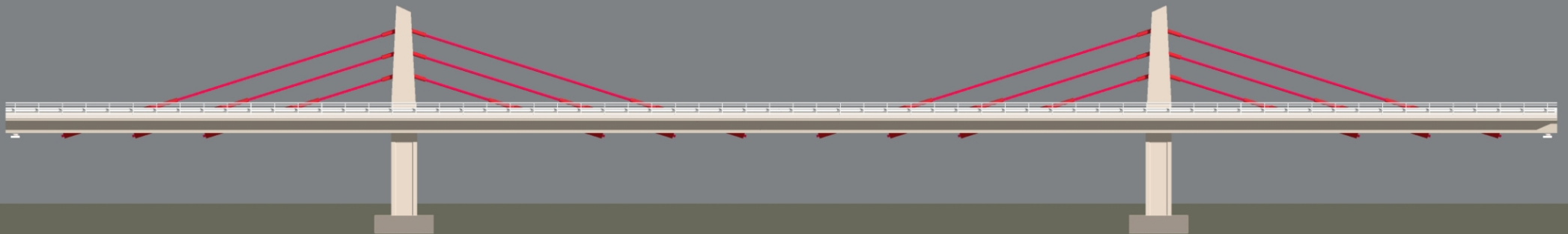


# MOST CEZ HRON

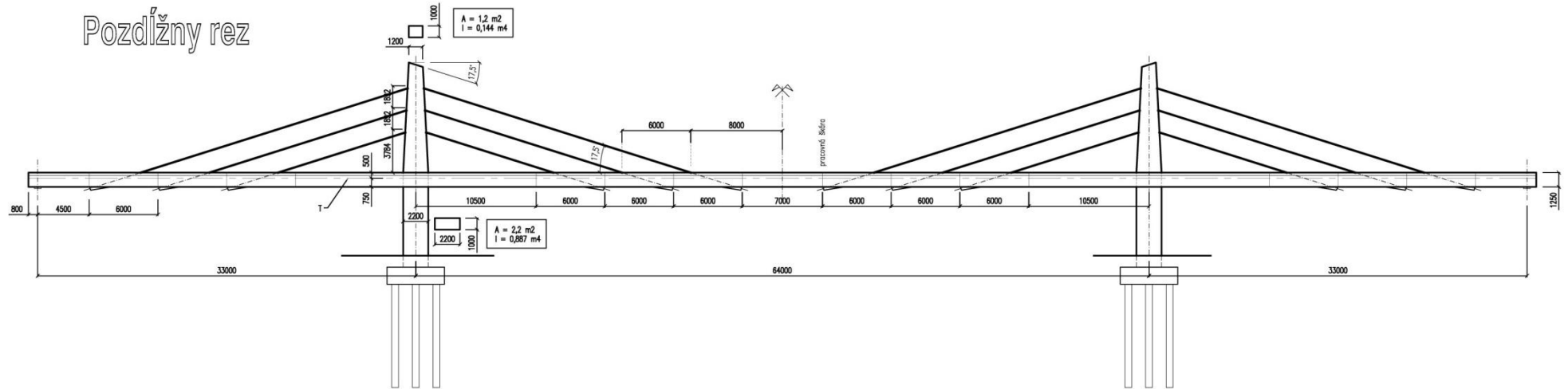
*konštrukčná a tvarová štúdia*

*extradosed bridge over river  
structural and shape analysis*



*Vladimír Budinský SSK*

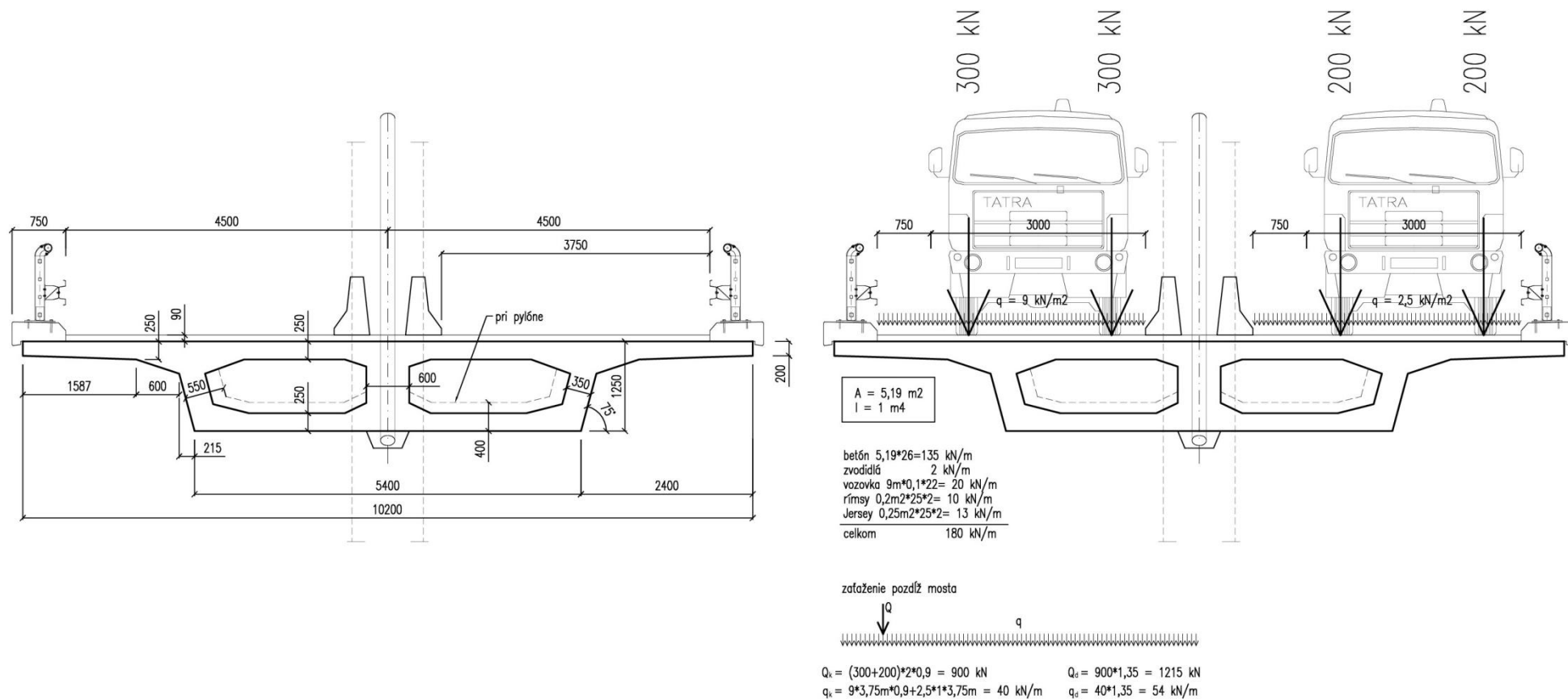
**Keywords:** extradosed bridge, computation, calculation, structural analysis, most, statický výpočet, SSK



### Parametre mosta

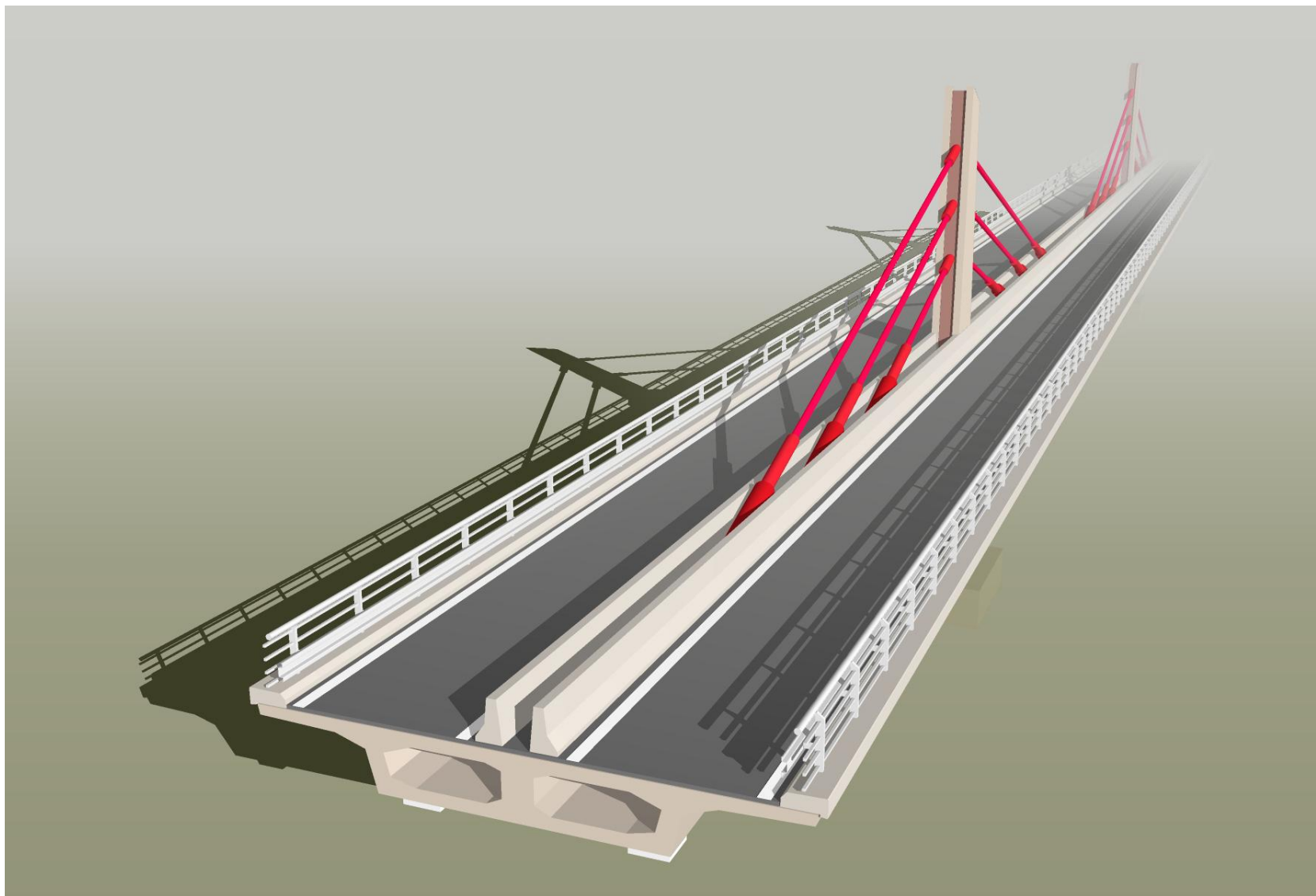
Počet polí :	3
Rozpony :	33 + 64 + 33 m
Dĺžka mosta :	131,80 m
Šírka mosta :	10,50 m
Výška pylóna nad mostovkou :	9,60 m
Jazdné pruhy :	2x 3,75 m
Druh mosta :	extradosed, cestný
Mostovka (nosná konštrukcia) :	predpätý betón C35/45, dvojkomorový prierez
Usporiadanie závesov :	harfovité
Závesy :	1 kábel sa skladá z 55 lán $A = 1,5 \text{ cm}^2$ , oceľ 1860 MPa, celkom 12 káblov
Ukončenie závesov :	horné – pevné ukotvenie bez sedla, predpínanie v mostovke
Spôsob výstavby :	letná betonáž
Spoj pylóna a mostovky :	votknutie

## Priečne rezy a zat'azenia

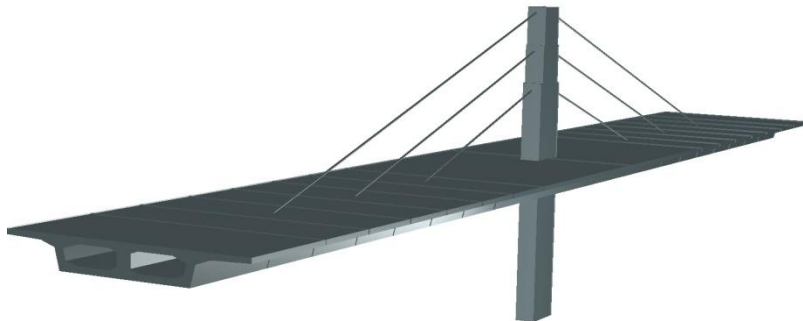


## Výpočty

Na základné prerozdelenie káblových síl bol použitý *momentový* OSS systém na spojitom nosníku (OSS – Objective Service Stage – cieľové prevádzkové štádium). Nelineárny problém sme nahradili riešením sústavy lineárnych rovníc. Riešenie neznámych koeficientov násobkov jednotkových káblových síl  $\mathbf{T}$  potom bude vo forme  $\mathbf{T} = \delta^{-1} \cdot [\mathbf{A} - \mathbf{I}]$ , kde  $\mathbf{A}$  sú momenty na spojitom nosníku  $\mathbf{A} = [m_1, m_2, \dots, m_n]^T$ ,  $\mathbf{I}$  je transponovaná matica momentov v cieľových bodoch od stáleho zat'azenia *dead load* a  $\delta$  je *vplyvová matica* momentov od jednotkových káblových síl. V cieľovom ladení sme si však aj vypomohli jednoduchým výpočtom osových síl podľa vzorca  $S_i = d_i \cdot q / \sin \beta$ , kde  $d_i$  je zat'azovacia dĺžka,  $\beta = 17,5^\circ$ , a  $q$  je stále zat'azenie na jednotku dĺžky mostovky. Výsledné predpätia káblov potom vidno na obrázku *Postup výstavby...*



### Model v programe POSTTEN



Vzhľadom na spôsob výstavby letmou betonážou na konzolách má dotvarovanie a zmršťovanie menší význam a je na hranici praktickej merateľnosti. Rozhodujúci význam pre priebeh výstavby, návrh konštrukcie a statické výpočty má dôsledná dopredná analýza postupu výstavby (forward analysis). Bol spracovaný počítačový model, zahrňujúci všetky fázy výstavby, vrátane postupného predpínania závesných káblov, ako aj súdržnej predpínacej výstuže mostovky. Únavové namáhanie závesných káblov bolo posúdené v zmysle predpisov *SETRA*, pričom  $\Delta\sigma = 43 \text{ MPa} < 50$ , potom predpísané prípustné napätie kábla nesmie presiahnuť  $0,6 \cdot \sigma_{UTS}$ , čo bolo splnené. Maximálne napätie v oceli káblov  $\sigma_{\max} = 0,44 \cdot \sigma_{fpk}$  pri MSP (SLS), čo je menšie ako hodnota 0,45, hodnota odporúčaná inými predpismi.

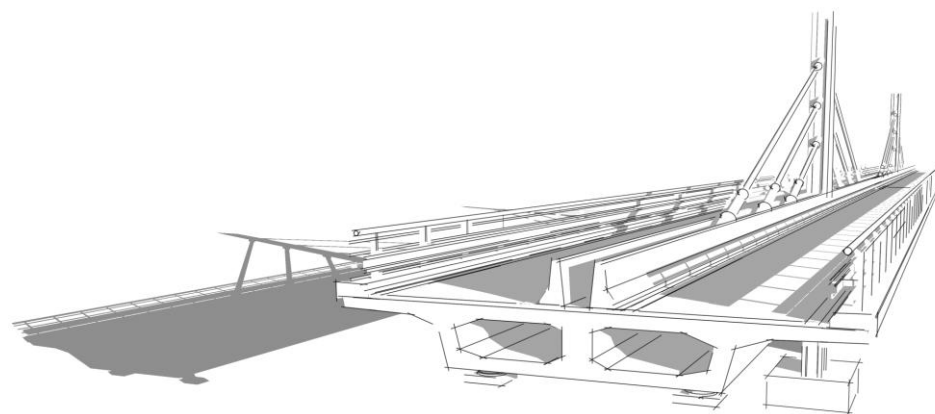
Maximálna sila v káblí pri častej kombinácii dosiahla 5558 kN, pri MSÚ to bolo 6735 kN. Pri danom rozdelení tuhostí sústavy nás prekvapil nárast záporného momentu pri pylóne v smere väčšieho rozpätia pri MSÚ, čo sme pri predvýpočtoch nevidovali. Riešením bolo pridanie horných predpínacích káblov a ešte

väčšia hrúbka spodnej príruby, v krajnom prípade aj realizácia nábehov, čomu sme sa chceli z architektonického dôvodu vyhnúť.

V prílohách sú uvedené okrem vizualizácií niektoré výsledky výpočtov a znázornený postup výstavby.

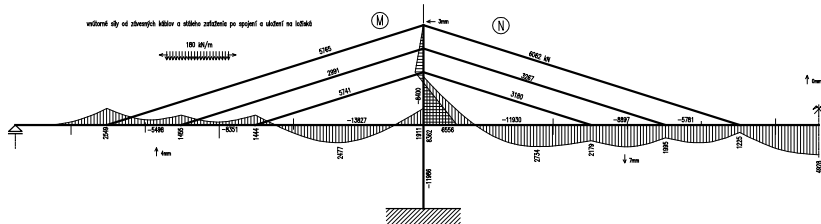
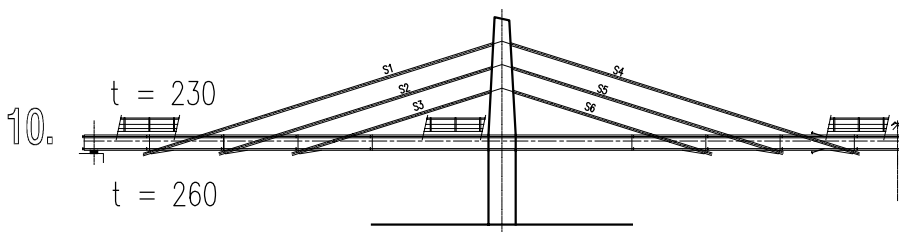
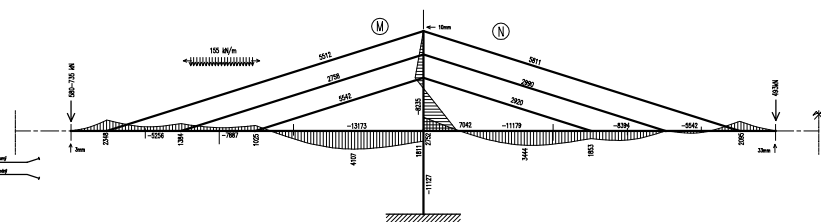
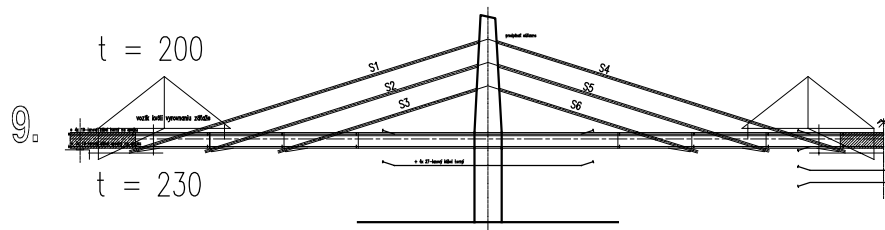
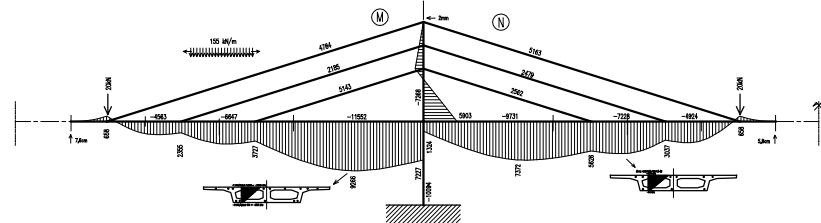
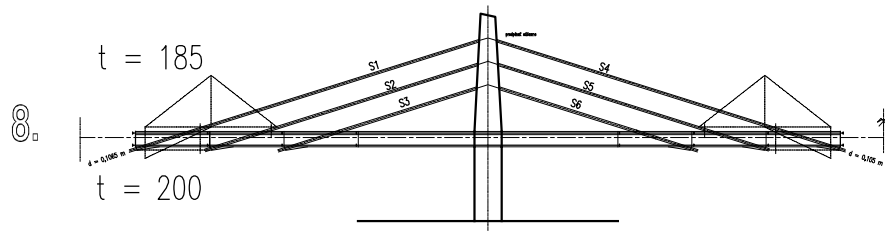
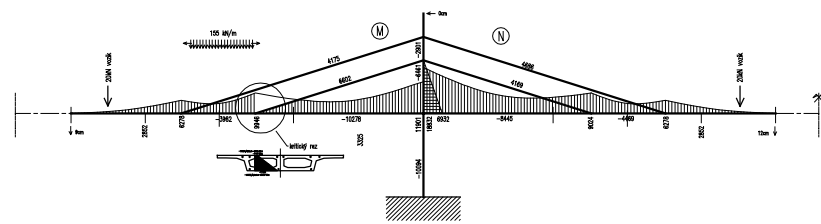
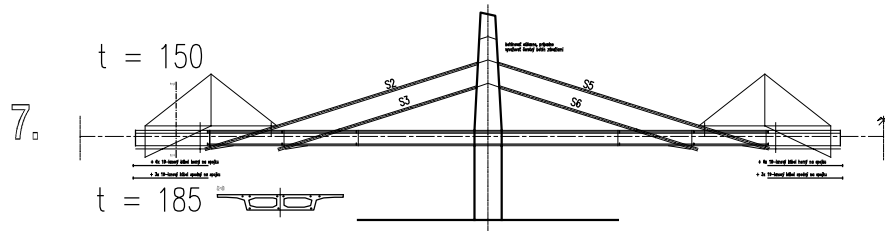
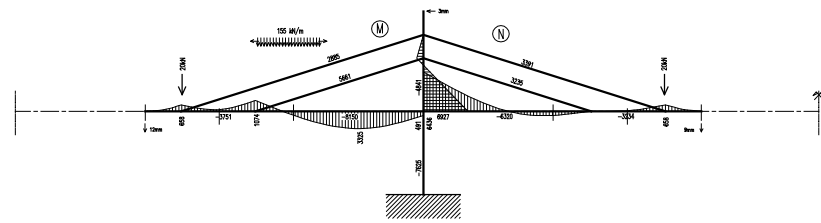
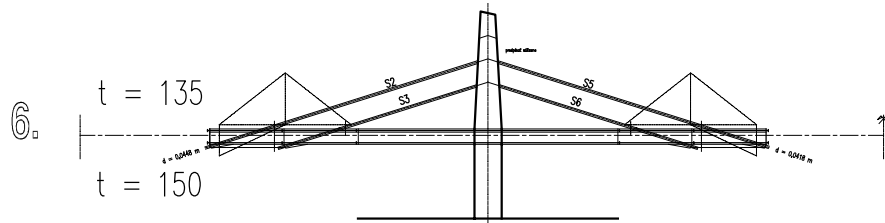
Pri zostavovaní článku boli použité nasledovné počítačové programy :

STRAP, POSTTEN, PRECON, SketchUp, AutoCad LT, Microsoft Word,  
Microsoft Excel, PDF Creator, Corel Draw

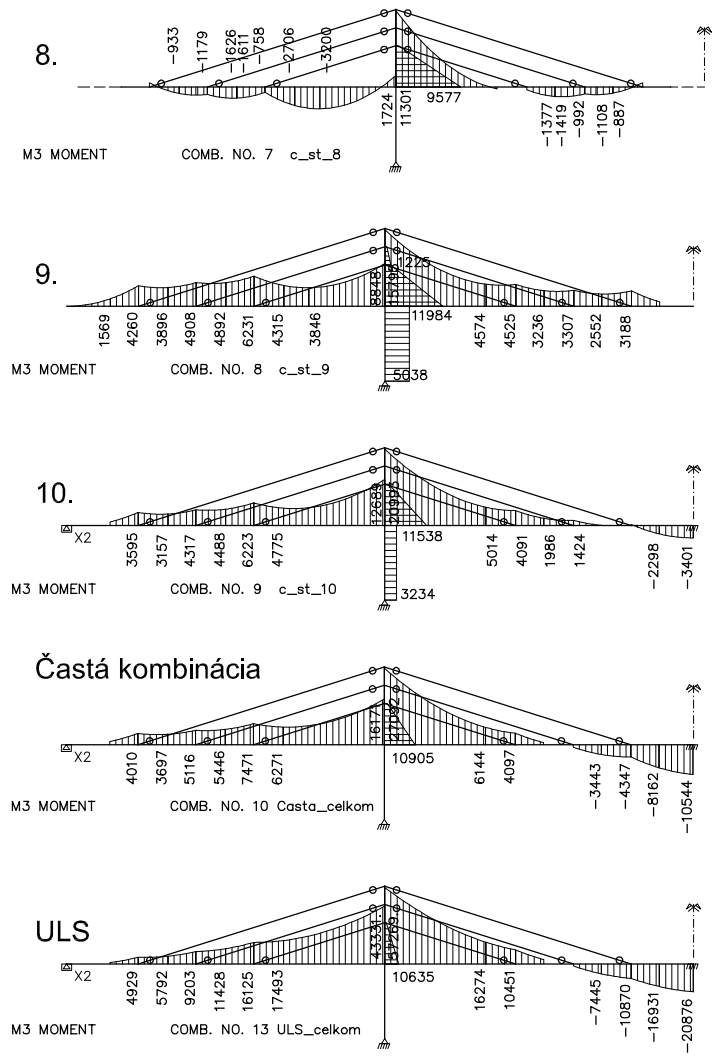
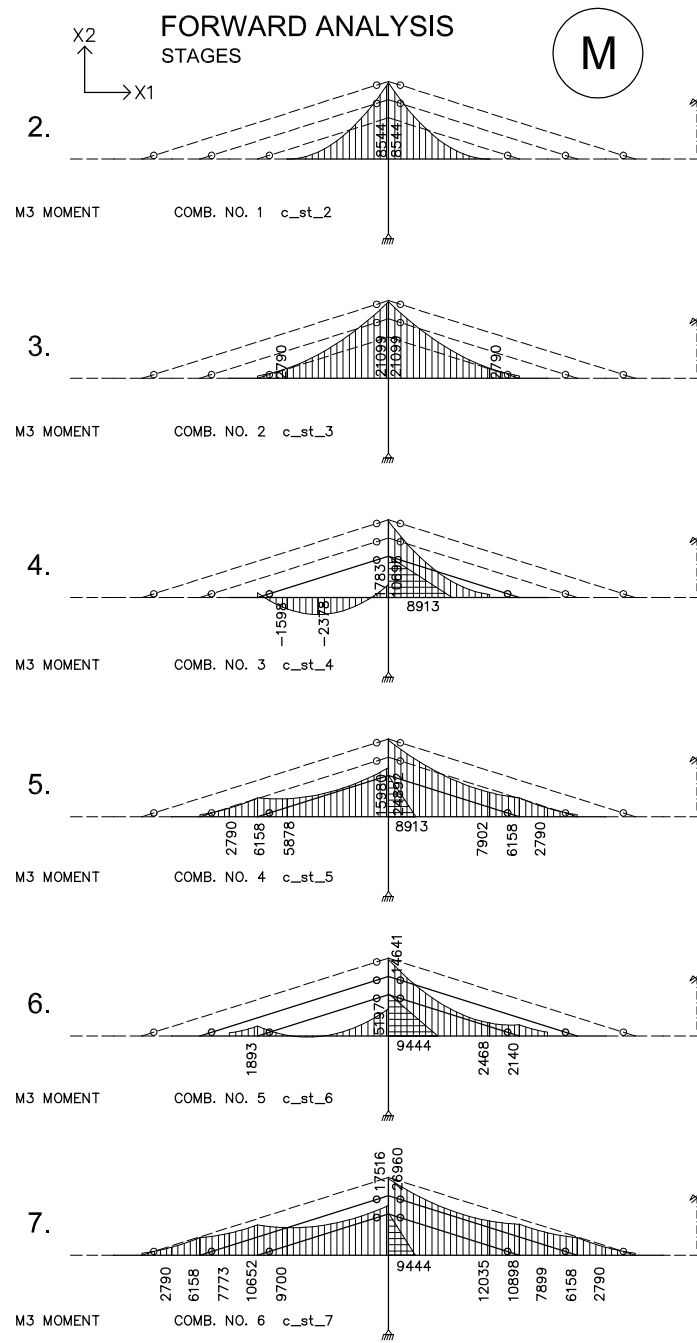




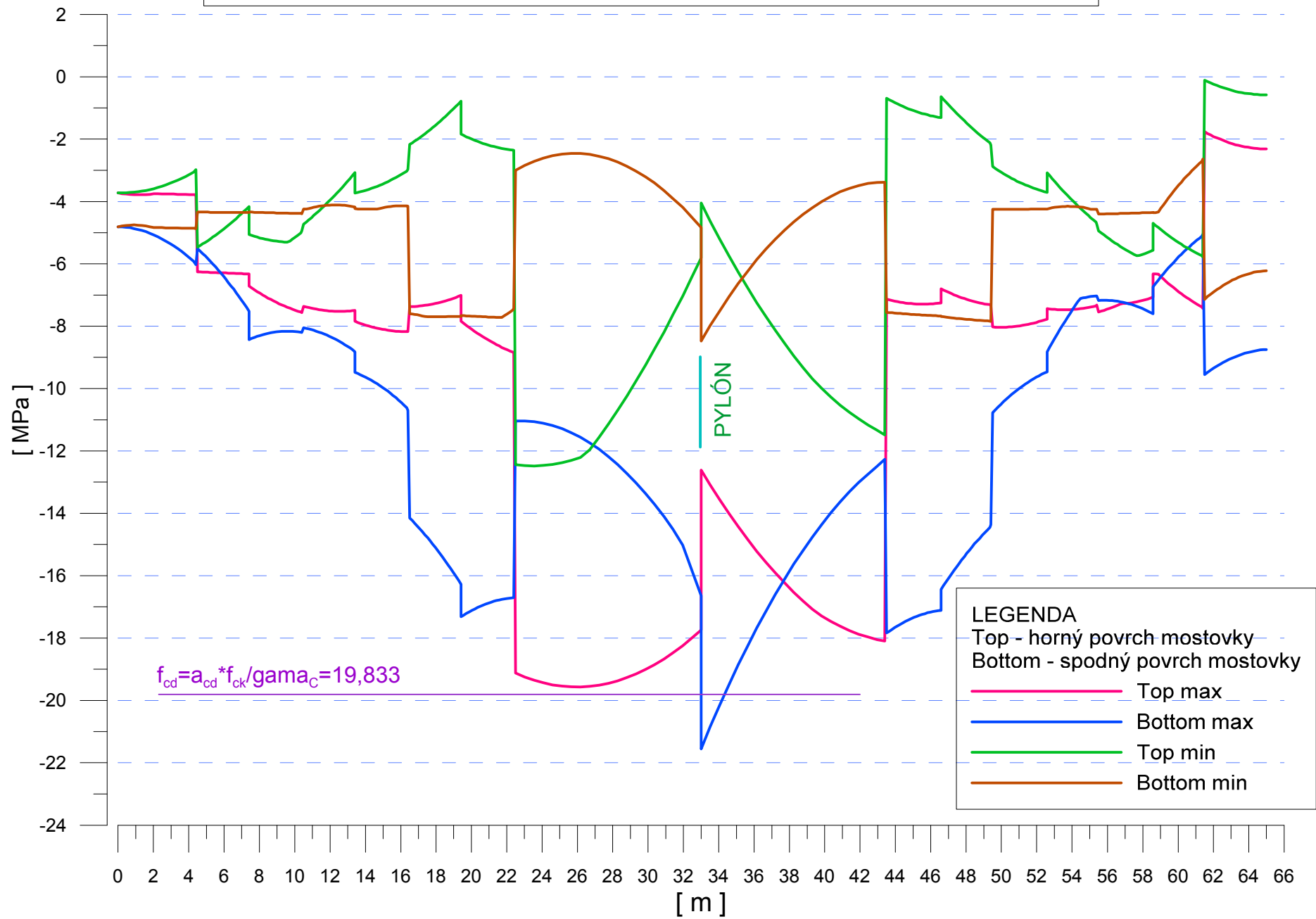








Extrémy napětí v betóne mostovky v štádiu výstavby t = 0-300 dní



POSÚDENIE PREDPÄTÉHO PRIEREZU (C) SSK 2014

VSTUPNE UDAJE

Nazov kombinacie : ČASŤÁ KOMBINÁCIA MSP (SLS) pri pylóne  
 Kombinacia (prierez, bet.vystuz, predp.vystuz) : 2 1 10

BETONOVY PRIEREZ

Cislo bodu	X (m)	Y (m)	Suradnice pravej polovice polygonu
1	0.000	0.200	
2	2.700	0.200	
3	2.914	1.000	
4	3.513	1.200	
5	5.100	1.250	
6	5.100	1.450	
7	0.000	1.450	
8	0.000	0.800	
9	0.300	0.800	
10	0.300	1.100	
11	0.600	1.200	
12	2.006	1.200	
13	2.363	1.069	
14	2.260	0.682	
15	1.938	0.600	
16	0.600	0.600	
17	0.300	0.692	
18	0.300	0.800	
19	0.000	0.800	

MATERIAL PRIEREZU

Beton C35/45 Eb=34000 MPa Rb\_tah=1466 kN/m2 Rb\_tlak=-23333 kN/m2

BETONARSKA VYSTUZ

c.	X(m)	Y(m)	(mm) priemer	(GPa) Es	(MPa) Rs_tah	(MPa) Rs_tlak	oznacenie
1	-5.000	1.370	20	200	435	-435	Ocel B500B
2	-4.000	1.370	20	200	435	-435	Ocel B500B
3	-3.000	1.370	20	200	435	-435	Ocel B500B
4	-2.000	1.370	20	200	435	-435	Ocel B500B
5	-1.000	1.370	20	200	435	-435	Ocel B500B
6	0.030	1.370	20	200	435	-435	Ocel B500B
7	1.000	1.370	20	200	435	-435	Ocel B500B
8	2.000	1.370	20	200	435	-435	Ocel B500B
9	3.000	1.370	20	200	435	-435	Ocel B500B
10	4.000	1.370	20	200	435	-435	Ocel B500B
11	5.000	1.370	20	200	435	-435	Ocel B500B
12	-4.510	1.370	20	200	435	-435	Ocel B500B
13	-4.750	1.370	20	200	435	-435	Ocel B500B
14	-4.230	1.370	20	200	435	-435	Ocel B500B
15	-3.800	1.370	20	200	435	-435	Ocel B500B
16	-3.510	1.370	20	200	435	-435	Ocel B500B
17	-3.230	1.370	20	200	435	-435	Ocel B500B
18	-2.750	1.370	20	200	435	-435	Ocel B500B
19	-2.520	1.370	20	200	435	-435	Ocel B500B
20	-2.270	1.370	20	200	435	-435	Ocel B500B
21	-1.770	1.370	20	200	435	-435	Ocel B500B

22	-1.530	1.370	20	200	435	-435	Ocel B500B
23	-1.280	1.370	20	200	435	-435	Ocel B500B
24	-0.730	1.370	20	200	435	-435	Ocel B500B
25	-0.470	1.370	20	200	435	-435	Ocel B500B
26	-0.220	1.370	20	200	435	-435	Ocel B500B
27	0.320	1.370	20	200	435	-435	Ocel B500B
.	.	.	.	.	.	.	.
58	0.590	0.270	20	200	435	-435	Ocel B500B
59	0.800	0.270	20	200	435	-435	Ocel B500B
60	1.000	0.270	20	200	435	-435	Ocel B500B
61	1.240	0.270	20	200	435	-435	Ocel B500B
62	1.430	0.270	20	200	435	-435	Ocel B500B
63	1.640	0.270	20	200	435	-435	Ocel B500B
64	1.820	0.270	20	200	435	-435	Ocel B500B
65	2.000	0.270	20	200	435	-435	Ocel B500B
66	2.170	0.270	20	200	435	-435	Ocel B500B
67	2.340	0.270	20	200	435	-435	Ocel B500B
68	2.580	0.270	20	200	435	-435	Ocel B500B

PREDPINACIA VYSTUZ

c.	X(m)	Y(m)	Ap(cm2)	(mm) kan.	lambda1,2	(GPa) Ep	(MPa) Rp_in	(MPa) Rpd	oznacenie
1	-4.360	1.330	28.500	100	0.900	0.650	195 -1430	1390	LS 15,5/1800
2	4.320	1.330	28.500	100	0.900	0.650	195 -1430	1390	LS 15,5/1800
3	-2.650	1.330	28.500	100	0.900	0.650	195 -1430	1390	LS 15,5/1800
4	-0.340	1.330	28.500	100	0.900	0.650	195 -1430	1390	LS 15,5/1800
5	0.180	1.330	28.500	100	0.900	0.650	195 -1430	1390	LS 15,5/1800
6	2.640	1.330	28.500	100	0.900	0.650	195 -1430	1390	LS 15,5/1800
7	3.390	1.330	28.500	100	0.900	0.650	195 -1430	1390	LS 15,5/1800
8	-3.360	1.330	28.500	100	0.900	0.650	195 -1430	1390	LS 15,5/1800
9	-2.000	0.330	28.500	100	0.900	0.650	195 -1430	1390	LS 15,5/1800
10	2.000	0.330	28.500	100	0.900	0.650	195 -1430	1390	LS 15,5/1800
11	-1.400	1.330	28.500	100	0.900	0.650	195 -1430	1390	LS 15,5/1800
12	1.400	1.330	28.500	100	0.900	0.650	195 -1430	1390	LS 15,5/1800
13	-2.500	0.330	28.500	100	0.900	0.650	195 -1430	1390	LS 15,5/1800
14	2.470	0.330	28.500	100	0.900	0.650	195 -1430	1390	LS 15,5/1800
15	-0.070	0.330	28.500	100	0.900	0.650	195 -1430	1390	LS 15,5/1800
16	-2.000	1.330	40.500	120	0.900	0.700	195 -1430	1390	LS 15,5/1800
17	2.000	1.330	40.500	120	0.900	0.700	195 -1430	1390	LS 15,5/1800
18	-0.800	1.330	40.500	120	0.900	0.700	195 -1430	1390	LS 15,5/1800
19	0.830	1.330	40.500	120	0.900	0.700	195 -1430	1390	LS 15,5/1800

SUCINITELE

Sucinitel spolahlivosti predpätia v case t1 (sup): 1.100  
 Sucinitel spolahlivosti predpätia v case t2 (inf): 0.900  
 Konecna hodnota zmrastovania : 0.00030  
 Konecna hodnota dotvarovania : 4.0  
 Medzne pomerne pretvorenie betonu : 0.0035  
 Medzne pomerne pretvorenie vystuze : 0.020  
 Vypocet zakladneho napätia : ano

N A P Ä T I A [kN/m2] Kombinacia (prierez, betonarska vystuz, predpinacia vystuz, zatazenie) : 2 1 10 17 ČASTÁ KOMB. pri pylóne  
Grafy zlava znamenajú : Stadium predpinania t1, Dlhodobé zatazenie t2, Polovicne nahod. zatazenie t2, Plne nahodile zatazenie t2

ZATAZENIE F\_komplet\_stlp

Mgd = -3000.00 kNm

Mg = -10855.00 kNm

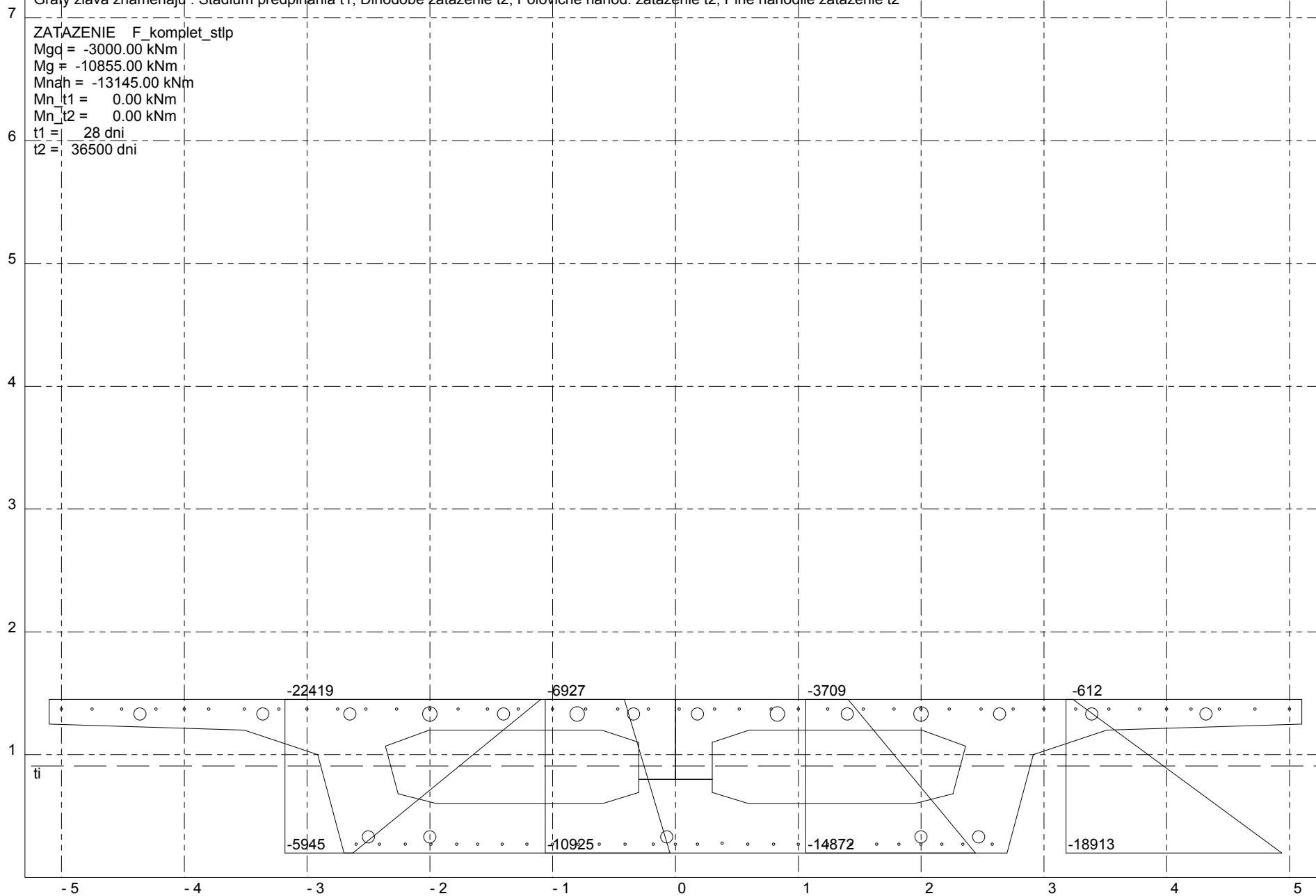
Mnah = -13145.00 kNm

Mn\_t1 = 0.00 kNm

Mn\_t2 = 0.00 kNm

t1 = 28 dni

t2 = 36500 dni



### KONTROLA POLOHY PREDPINACEJ SILY

Kombinacia (prierez, betonarska vystuz, predpinacia vystuz, zatazenie) : 2 1 10 17 ČASTÁ KOMB. pri pylóne

ZATAZENIE F\_komplet\_stlp

Mgd = -3000.00 kNm

Mg = -10855.00 kNm

Mnah = -13145.00 kNm

Mn\_t1 = 0.00 kNm

Mn\_t2 = 0.00 kNm

t1 = 28 dni

t2 = 36500 dni

Nt2 = -54939 kN

7

6

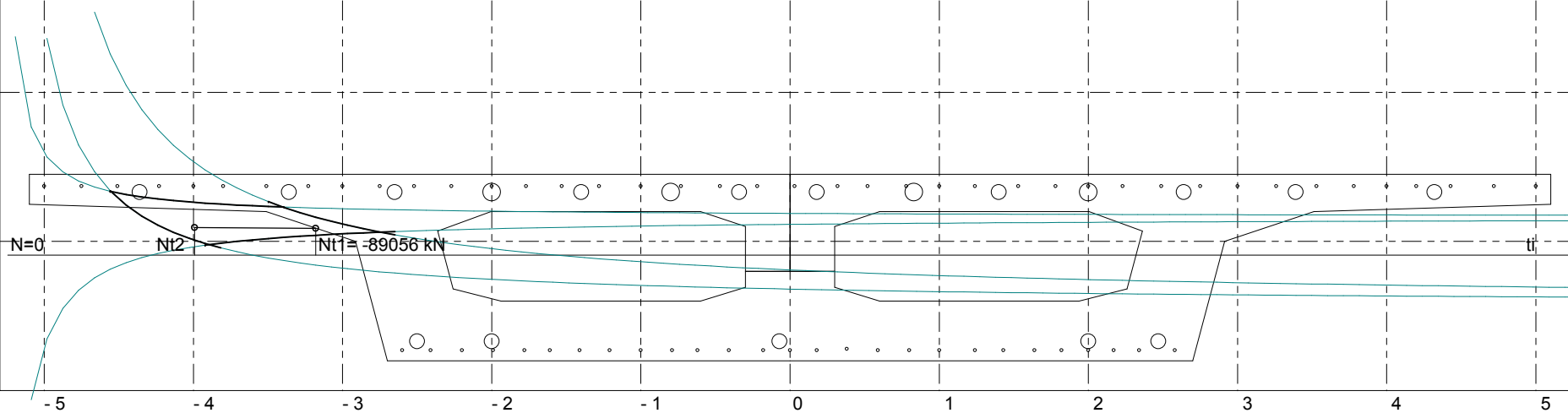
5

4

3

2

1



### MEDZA PORUŠENIA PRIEREZU - Interakčný diagram

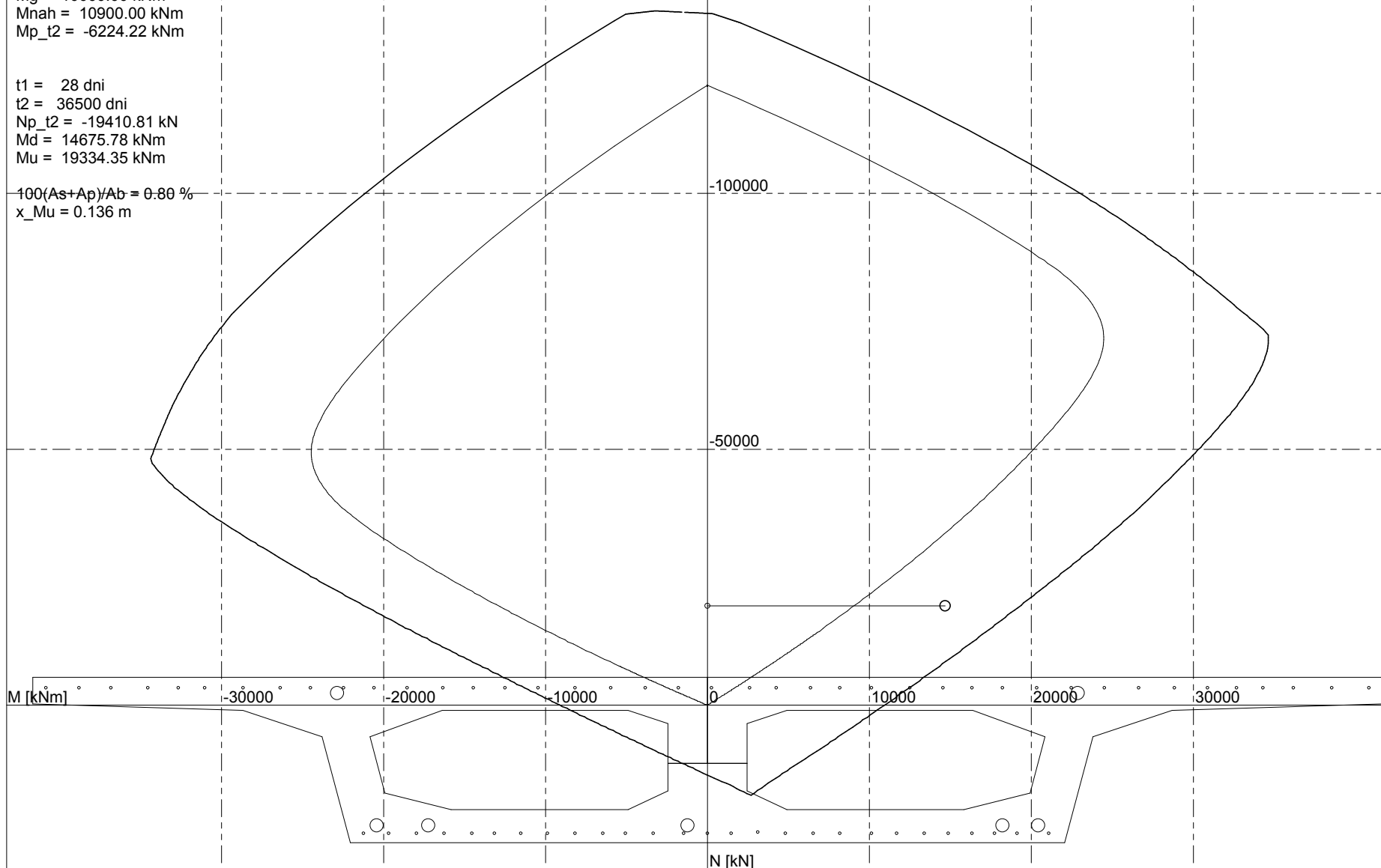
Kombinácia (prierez, betonárska vystuž, predpinacia vystuž, zatazenie) : 1 1 8 16 MSU\_STRED\_MOSTA

#### ZATAZENIE MSU\_stred

Mgo = 0.00 kNm  
Mg = 10000.00 kNm  
Mnah = 10900.00 kNm  
Mp\_t2 = -6224.22 kNm

t1 = 28 dni  
t2 = 36500 dni  
Np\_t2 = -19410.81 kN  
Md = 14675.78 kNm  
Mu = 19334.35 kNm

$100(A_s+A_p)/A_b = 0.80 \%$   
 $x_{Mu} = 0.136 \text{ m}$



M [kNm]

N [kN]

