

STN EN 1991-1-5 ZAŤAŽENIE KONŠTRUKCIÍ

ČASŤ 1-5: ZAŤAŽENIA ÚČINKAMI TEPLOTY

Prednášajúci: Ing. Richard Hlinka, PhD.

Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci OP Vzdelávanie pre projekt „Podpora kvality vzdelávania a výskumu pre oblasť dopravy ako motora ekonomiky“ (ITMS: 26110230076), ktorý je spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho sociálneho fondu.

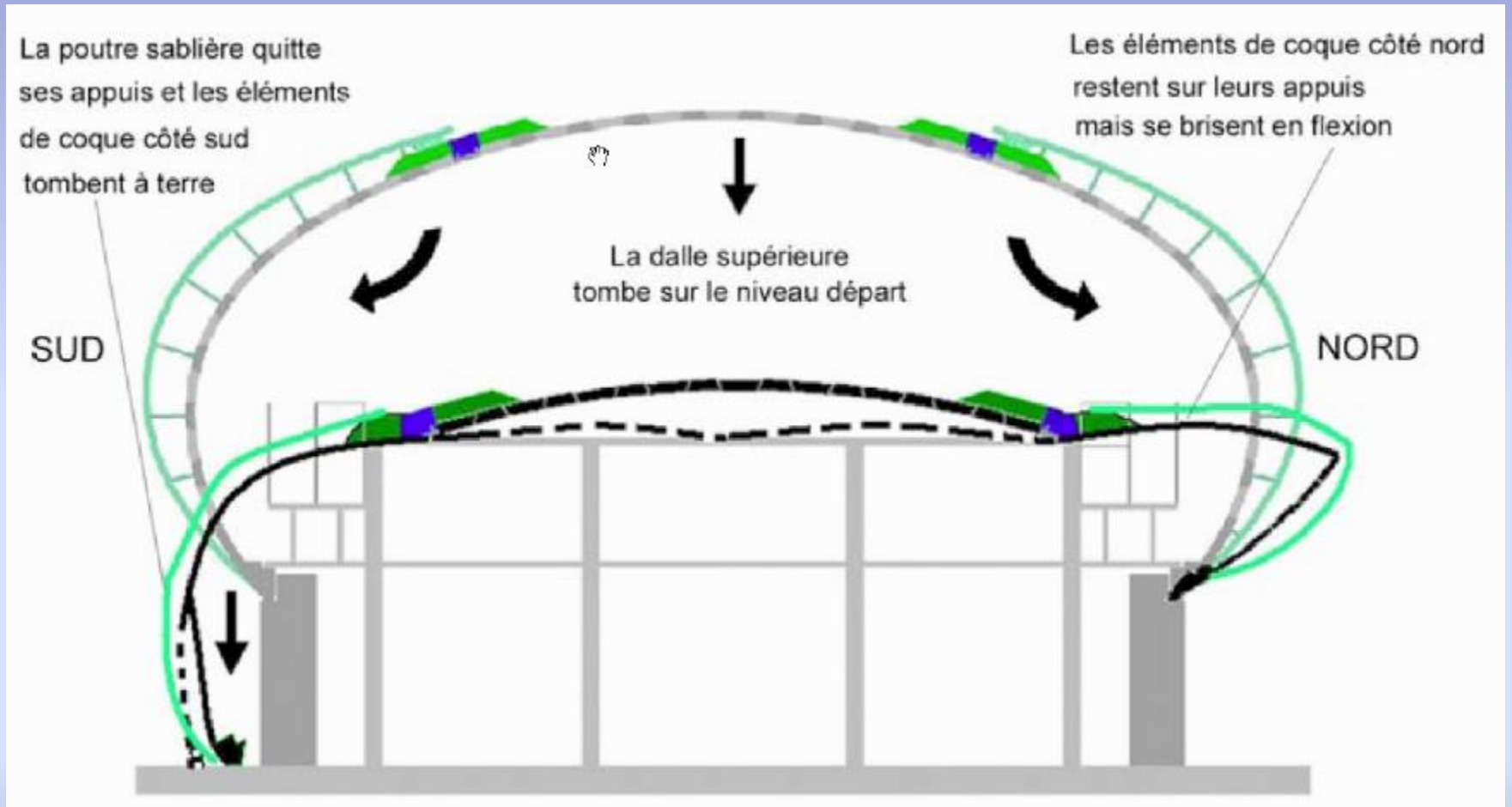


Moderné vzdelávanie pre vedomostnú spoločnosť/Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ

Kolaps terminálu E2 v Paříži



Kolaps terminálu E2 v Paříži



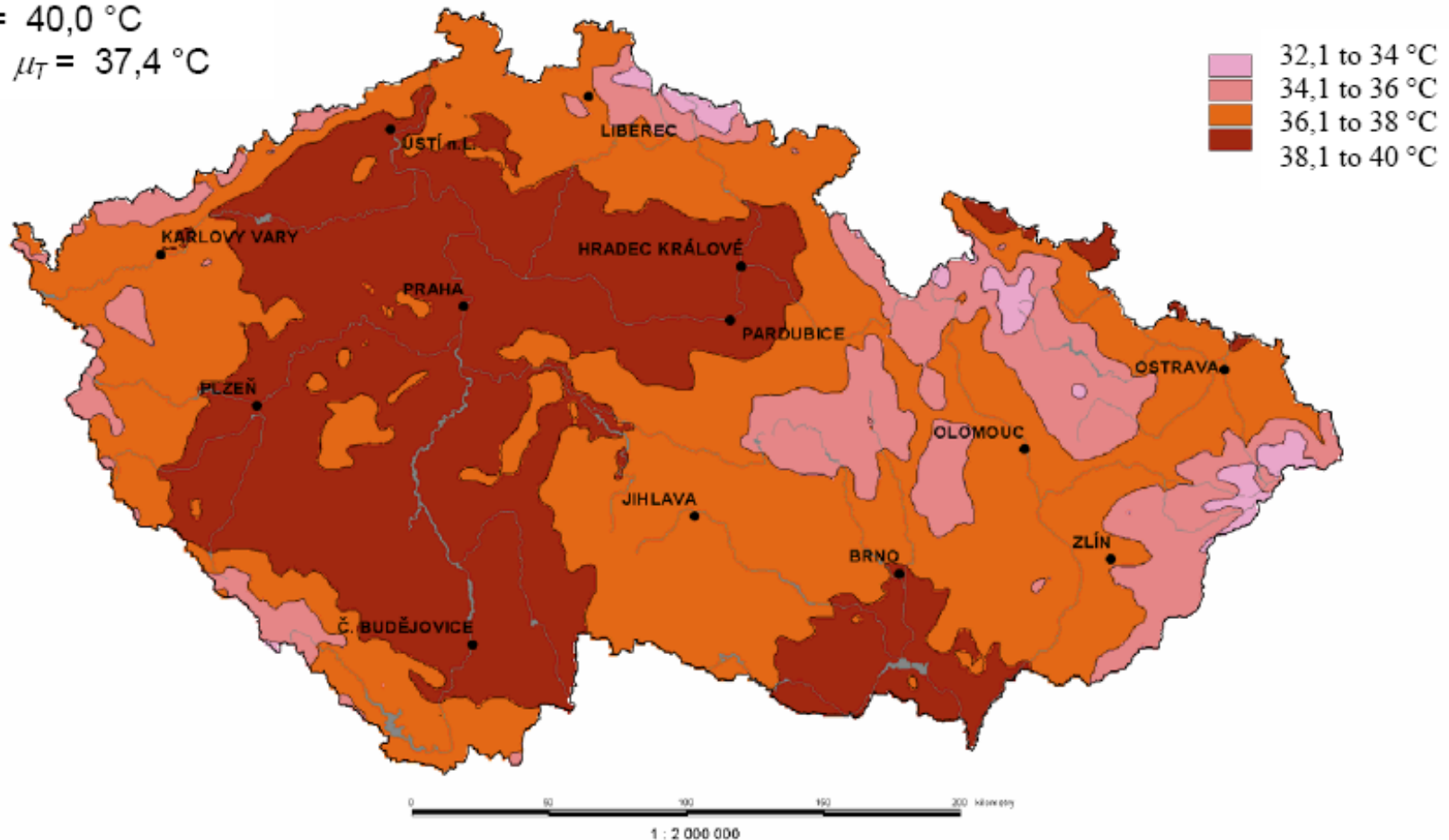
Účinky teploty počas výstavby mosta



Klasifikácia zaťažení

- premenné a nepriame zaťaženia
- charakteristické hodnoty s ročnou pravdepodobnosťou prekročenia 0,02

$T_{\min} = 32,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$
 $T_{\max} = 40,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$
mean $\mu_T = 37,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$

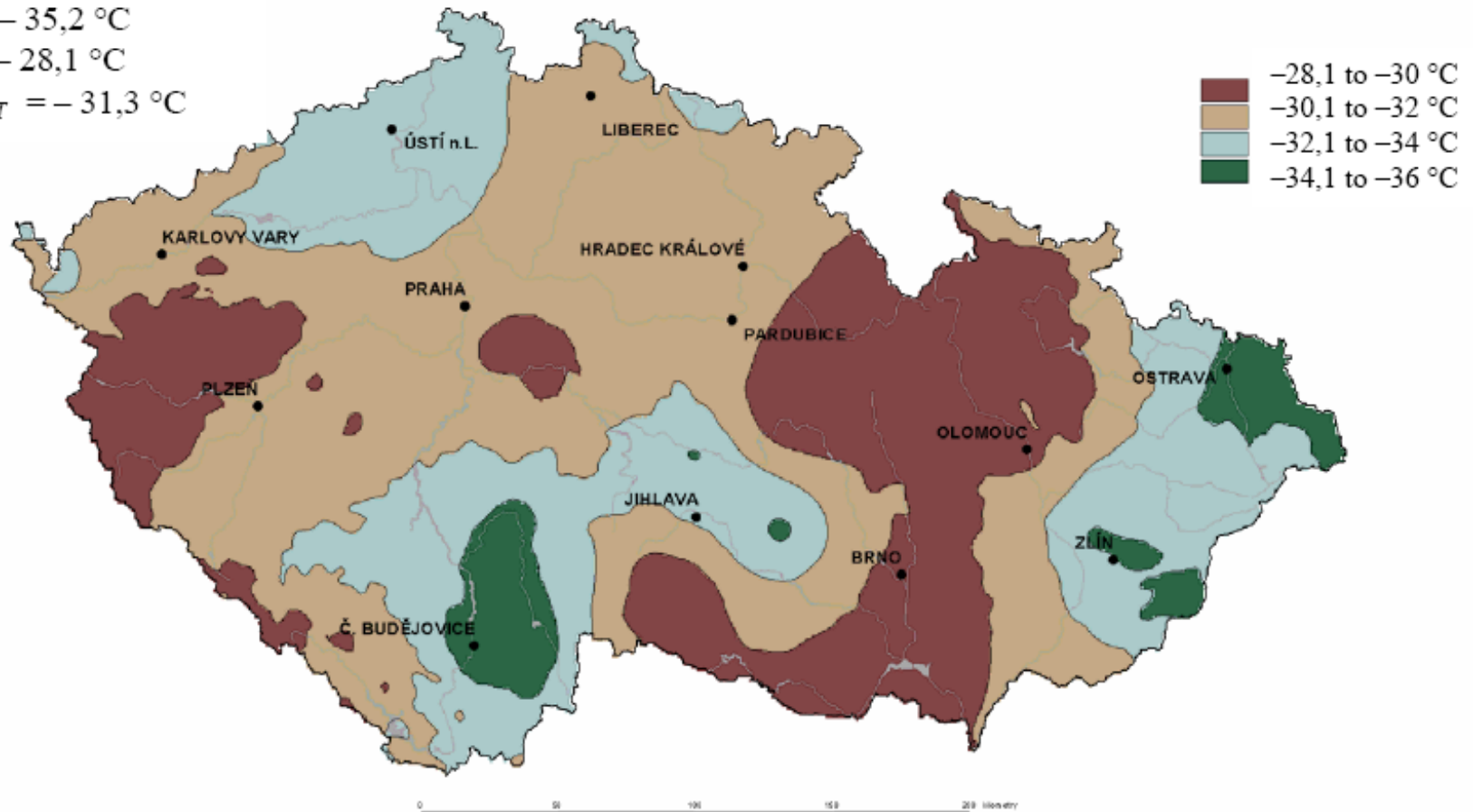


Klasifikácia zaťažení

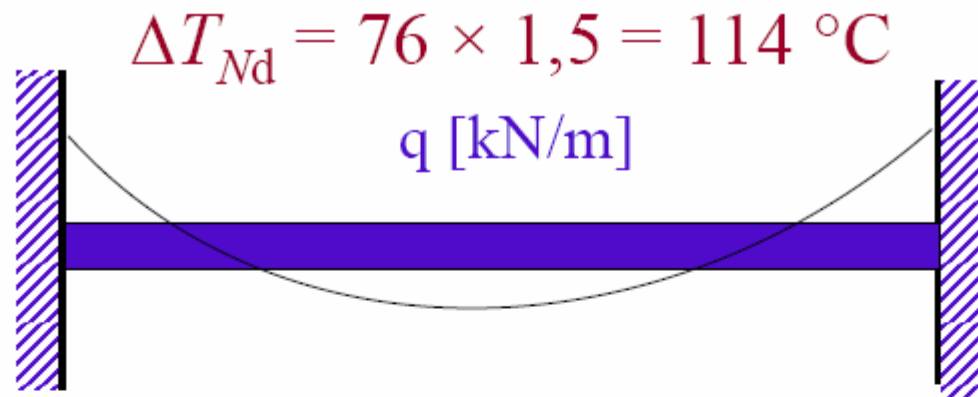
$T_{\min} = -35,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$T_{\max} = -28,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$

mean $\mu_T = -31,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$



Príklad – zmena teploty na obojstranne votknutom nosníku



Concrete: $\alpha_T = 10 \times 10^{-6} \times \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

Linear expansion for $\alpha_T = 10 \times 10^{-6} \times \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

Temperature strain $\varepsilon_T = 10 \times 10^{-6} \times 114 = 1,14 \times 10^{-3}$

Young modulus for concrete member, $E \approx 30\,000 \text{ MPa}$

Stress $\sigma_T = E \varepsilon_T = 1,14 \times 10^{-3} \times 30\,000 = 34 \text{ MPa}$

Structural steel: $\alpha_T = 12 \times 10^{-6} \times \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, $E \approx 200\,000 \text{ MPa}$

$\varepsilon_T = 12 \times 10^{-6} \times 114 = 1,37 \times 10^{-3}$

$\sigma_T = E \varepsilon_T = 1,40 \times 10^{-3} \times 200\,000 = 274 \text{ MPa}$

Návrhové situácie

- v súlade STN EN 1990
- prvky sa overujú:
 - vytvorením dilatačných škár
 - zahrnutím účinkov do návrhu

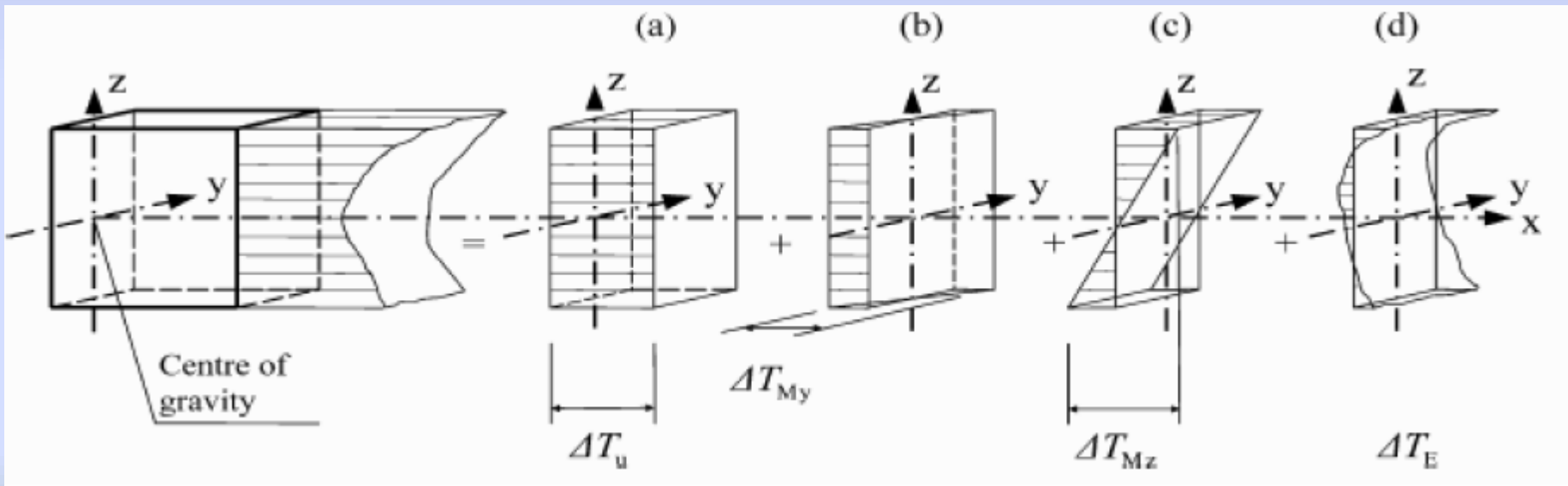
Reprezentácia zaťažení

- rozdielne teploty jednotlivých prvkov konštrukcie vplyvom:
 - zmeny teploty vzduchu v rámci dňa
 - zmeny teploty vzduchu vplyvom tieňa
 - sekundárne žiarenie
- veľkosť účinkov teploty závisí od:
 - poveternostných podmienok
 - orientácie konštrukcie
 - objemu konštrukcie alebo jej časti
 - povrchovej úpravy konštrukcie
 - pri budovách aj od režimu vykurovania a vetrania

Reprezentácia zaťaženií

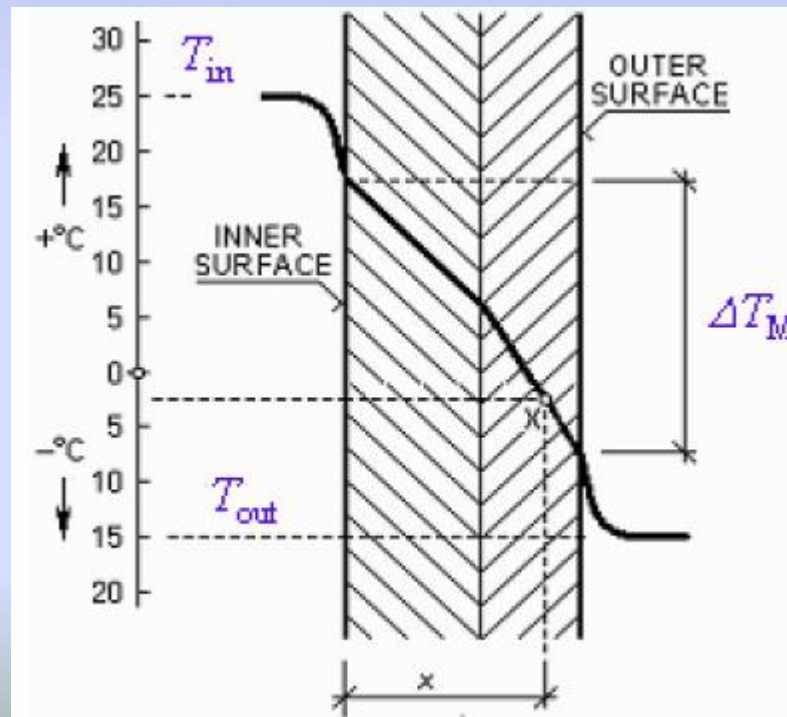
Rozdelenie teploty v konštrukčnom prvku:

- zložka rovnomernej teploty
- zložka lineárne meniaceho sa teplotného spádu okolo osi y-y
- zložka lineárne meniaceho sa teplotného spádu okolo osi z-z
- nelineárna zložka teplotného spádu



Zmeny teploty v budovách

- zaťaženia účinkami teploty na budovy sa musia uvažovať iba vtedy, keď je možnosť prekročenia medzných stavov v dôsledku pretvorení alebo napätí
- klimatické účinky sa určujú s uvážením zmien teploty počas dňa
- prevádzkové účinky (vykurovanie, technologické procesy, ...) sa určujú pre individuálny projekt
- teplotné profily pre jednovrstvé konštrukčné prvky sa stanovujú z T_{in} a T_{out}



Zmeny teploty v budovách

Tabuľka 5.1: Orientačné hodnoty teplôt vnútorného prostredia T_{in}

Ročné obdobie	Teplota T_{in}
Leto	T_1
Zima	T_2

POZNÁMKA. – Hodnoty T_1 a T_2 môžu byť určené v národnej prílohe. Ak nie sú k dispozícii iné údaje, odporúčajú sa hodnoty $T_1 = 20\text{ °C}$ a $T_2 = 25\text{ °C}$.

Tabuľka 5.2: Orientačné hodnoty teplôt T_{out} pre budovy nad úrovňou terénu

Ročné obdobie	Súčiniteľ významnosti		Teplota T_{out} v °C
Leto	Relatívna schopnosť pohlcovania v závislosti od farby povrchu	0,5 lesklý svetlý povrch	$T_{max} + T_3$
		0,7 svetlá farba povrchu	$T_{max} + T_4$
		0,9 tmavý povrch	$T_{max} + T_5$
Zima			T_{min}

POZNÁMKA. – Hodnoty maximálnej teploty vzduchu v tieni T_{max} , minimálnej teploty vzduchu v tieni T_{min} a účinkov slnečného žiarenia T_3 , T_4 a T_5 môžu byť špecifikované v národnej prílohe. Ak nie sú k dispozícii iné údaje, v krajinách nachádzajúcich sa medzi 45° a 55° severnej zemepisnej šírky sa odporúčajú pre prvky orientované na severovýchod hodnoty $T_3 = 0\text{ °C}$, $T_4 = 2\text{ °C}$ a $T_5 = 4\text{ °C}$, pre prvky orientované na juhozápad a vodorovné prvky hodnoty $T_3 = 18\text{ °C}$, $T_4 = 30\text{ °C}$ a $T_5 = 42\text{ °C}$.

Zmeny teploty v budovách

Tabuľka 5.3: Orientačné hodnoty teplôt T_{out} pre podzemné časti budov

Ročné obdobie	Hĺbka pod úrovňou terénu	Teplota T_{out} v °C
Leto	menej ako 1 m	T_6
	viac ako 1 m	T_7
Zima	menej ako 1 m	T_8
	viac ako 1 m	T_9

POZNÁMKA. – Hodnoty T_6 , T_7 , T_8 a T_9 môžu byť špecifikované v národnej prílohe. Ak nie sú k dispozícii iné údaje, v krajinách nachádzajúcich sa medzi 45° a 55° severnej zemepisnej šírky sa odporúčajú hodnoty $T_6 = 8$ °C, $T_7 = 5$ °C, $T_8 = -5$ °C a $T_9 = -3$ °C.

Zmeny teploty v mostoch

Typy nosných konštrukcií mostov:

- **oceľová nosná konštrukcia mosta:** - komorový nosník
- priehradový alebo plnostenný nosník
- **spriahnutá nosná konštrukcia mosta**
- **betónová konštrukcia mosta:** - betónová doska
- betónový nosník
- betónový komorový nosník

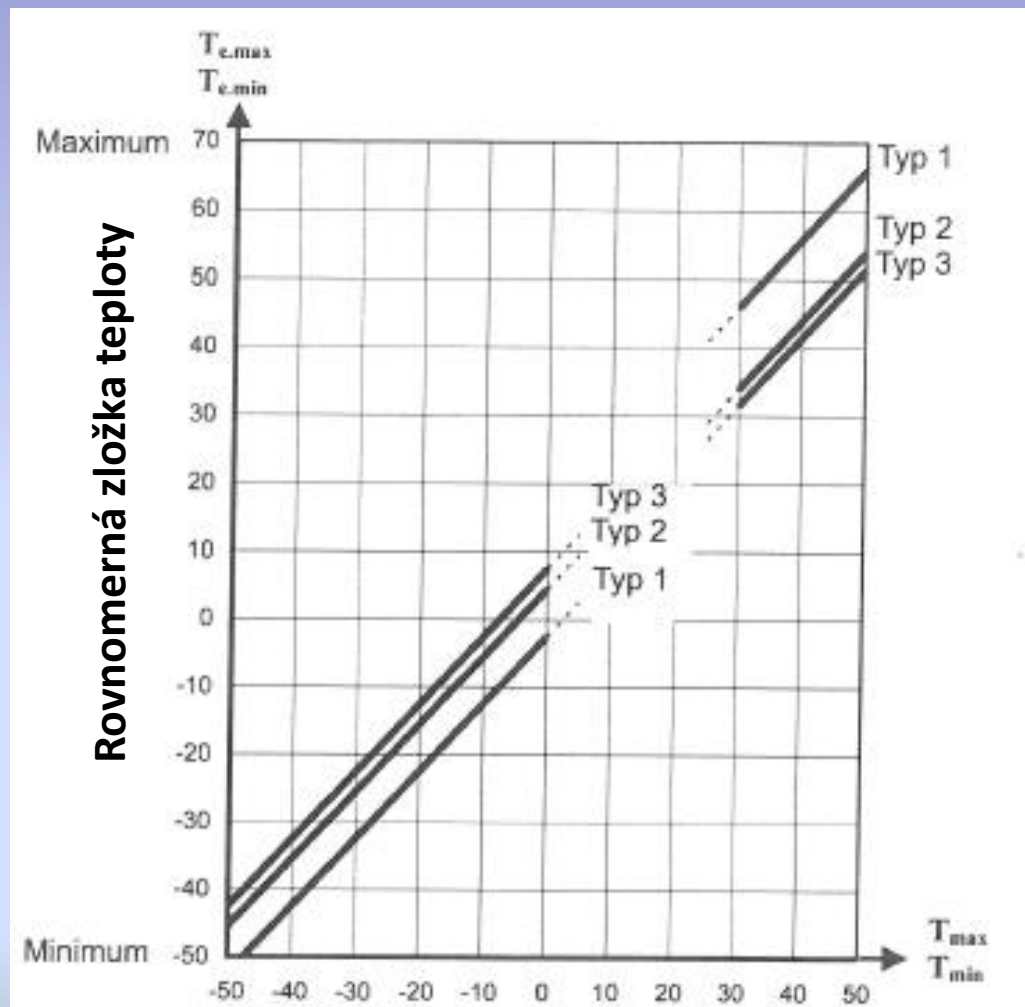
Stanovenie reprezentatívnych hodnôt:

- **zložka rovnomernej teploty**
- **zložka teplotného spádu**

Zložka rovnomernej teploty

Uvažujú sa nasledujúce účinky:


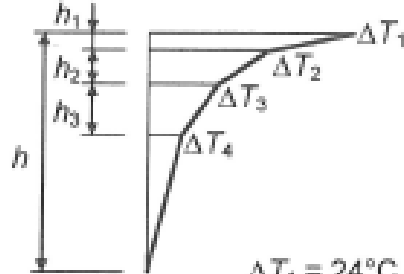
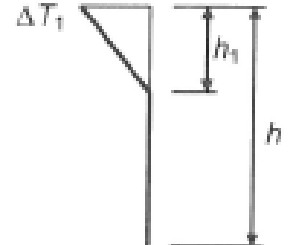

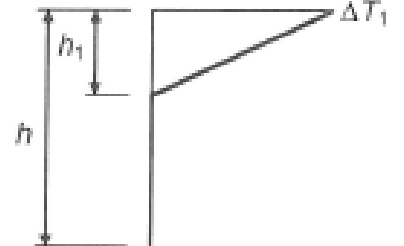
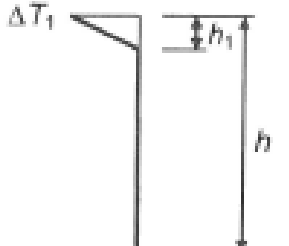
- obmedzenie predĺžení alebo skrátení, spôsobené typom konštrukcie (portálový rám, oblúk, gumové ložiská,...)
- trenie vo valčkových alebo klzných ložiskách
- nelineárne geometrické účinky (teória druhého rádu)
- interakcia medzi koľajou a mostom na železničných mostoch – dodatočné sily v ložiskách



Teplota vzduchu v tieni


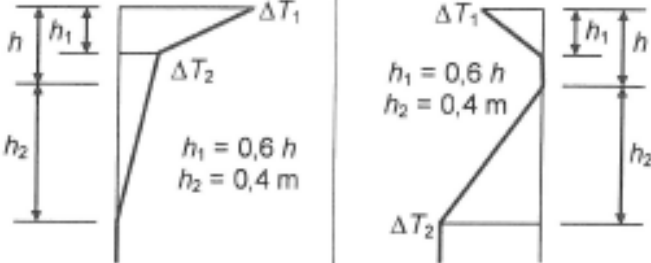
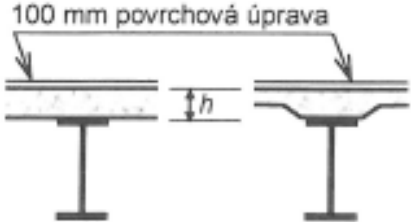

Zložka teplotného spádu

Oceľové nosné konštrukcie

Typ konštrukcie	Teplotný spád ΔT	
	a) ohrievanie	b) ochladzovanie
 <p>40 mm povrchová úprava</p> <p>1a. Oceľová nosná konštrukcia – oceľový komorový nosník</p>	 <p>$\Delta T_1 = 24^\circ\text{C}$ $\Delta T_2 = 14^\circ\text{C}$ $\Delta T_3 = 8^\circ\text{C}$ $\Delta T_4 = 4^\circ\text{C}$</p> <p>$h_1 = 0,1 \text{ m}$ $h_2 = 0,2 \text{ m}$ $h_3 = 0,3 \text{ m}$</p>	 <p>$\Delta T_1 = -6^\circ\text{C}$ $h_1 = 0,5 \text{ m}$</p>
 <p>40 mm povrchová úprava</p> <p>1b. Oceľová nosná konštrukcia – oceľový priehradový alebo plnostenný nosník</p>	 <p>$h_1 = 0,5 \text{ m}$ $\Delta T_1 = 21^\circ\text{C}$</p>	 <p>$\Delta T_1 = -5^\circ\text{C}$ $h_1 = 0,1 \text{ m}$</p>

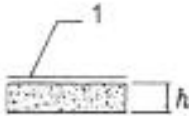
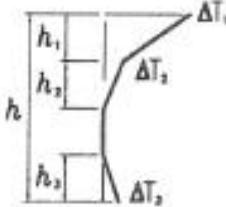
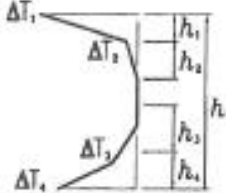
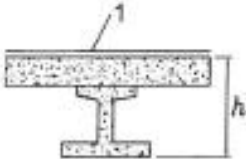
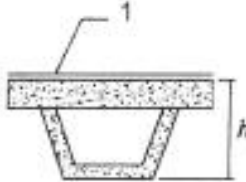
Zložka teplotného spádu

Spriahnuté nosné konštrukcie

Typ konštrukcie	Teplotný spád ΔT																			
	a) ohrievanie	b) ochladzovanie																		
 <p>100 mm povrchová úprava</p> <p>h</p>	<p>Bežný postup</p>  <p>$h_1 = 0,6 h$ $h_2 = 0,4 m$</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>h [m]</th> <th>ΔT_1 [°C]</th> <th>ΔT_2 [°C]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,2</td> <td>13</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>0,3</td> <td>16</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>	h [m]	ΔT_1 [°C]	ΔT_2 [°C]	0,2	13	4	0,3	16	4	<table border="1"> <thead> <tr> <th>h [m]</th> <th>ΔT_1 [°C]</th> <th>ΔT_2 [°C]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,2</td> <td>-3,5</td> <td>-8</td> </tr> <tr> <td>0,3</td> <td>-5,0</td> <td>-8</td> </tr> </tbody> </table>	h [m]	ΔT_1 [°C]	ΔT_2 [°C]	0,2	-3,5	-8	0,3	-5,0	-8
h [m]	ΔT_1 [°C]	ΔT_2 [°C]																		
0,2	13	4																		
0,3	16	4																		
h [m]	ΔT_1 [°C]	ΔT_2 [°C]																		
0,2	-3,5	-8																		
0,3	-5,0	-8																		
 <p>100 mm povrchová úprava</p> <p>h</p>	<p>Zjednodušený postup</p>  <p>$\Delta T_1 = 10^\circ\text{C}$</p> <p>$\Delta T_1 = -10^\circ\text{C}$</p>																			
2. Spriahnutá nosná konštrukcia	<p>POZNÁMKA. – Pre spriahnuté mosty sa môže uvedený zjednodušený postup použiť vtedy, ak poskytuje hornú medzu teplotných účinkov. Hodnoty ΔT sú pre tento postup orientačné a môžu sa použiť pokiaľ nie sú v národnej prílohe uvedené špecifické hodnoty.</p>																			

Zložka teplotného spádu

Betónové nosné konštrukcie

Typ konštrukcie	Teplotný spád ΔT																																																								
	a) ohrievanie	b) ochladzovanie																																																							
 <p>3a. Betónová doska</p>																																																									
 <p>3b. Betónový nosník</p>	<p> $h_1 = 0,3h$ ale $\leq 0,15$ m $h_2 = 0,3h$ ale $\geq 0,10$ m ale $\leq 0,25$ m $h_3 = 0,3h$ ale $\leq (0,10$ m + hrúbka povrchovej úpravy v m) (pre tenké dosky je h_3 limitované hodnotou $h - h_1 - h_2$) </p>	<p> $h_1 = h_4 = 0,20h$ ale $\leq 0,25$ m $h_1 = h_4 = 0,20h$ ale $\leq 0,25$ m </p>																																																							
 <p>3c. Betónový komorový nosník</p>	<table border="1" data-bbox="765 1036 1097 1272"> <thead> <tr> <th>h [m]</th> <th>ΔT_1 [°C]</th> <th>ΔT_2 [°C]</th> <th>ΔT_3 [°C]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$\leq 0,2$</td> <td>8,5</td> <td>3,5</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>0,4</td> <td>12,0</td> <td>3,0</td> <td>1,5</td> </tr> <tr> <td>0,6</td> <td>13,0</td> <td>3,0</td> <td>2,0</td> </tr> <tr> <td>$\geq 0,8$</td> <td>13,0</td> <td>3,0</td> <td>2,5</td> </tr> </tbody> </table>	h [m]	ΔT_1 [°C]	ΔT_2 [°C]	ΔT_3 [°C]	$\leq 0,2$	8,5	3,5	0,5	0,4	12,0	3,0	1,5	0,6	13,0	3,0	2,0	$\geq 0,8$	13,0	3,0	2,5	<table border="1" data-bbox="1166 972 1561 1296"> <thead> <tr> <th>h [m]</th> <th>ΔT_1 [°C]</th> <th>ΔT_2 [°C]</th> <th>ΔT_3 [°C]</th> <th>ΔT_4 [°C]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$\leq 0,2$</td> <td>-2,0</td> <td>-0,5</td> <td>-0,5</td> <td>-1,5</td> </tr> <tr> <td>0,4</td> <td>-4,5</td> <td>-1,4</td> <td>-1,0</td> <td>-3,5</td> </tr> <tr> <td>0,6</td> <td>-6,5</td> <td>-1,8</td> <td>-1,5</td> <td>-5,0</td> </tr> <tr> <td>0,8</td> <td>-7,6</td> <td>-1,7</td> <td>-1,5</td> <td>-6,0</td> </tr> <tr> <td>1,0</td> <td>-8,0</td> <td>-1,5</td> <td>-1,5</td> <td>-6,3</td> </tr> <tr> <td>$\geq 1,5$</td> <td>-8,4</td> <td>-0,5</td> <td>-1,0</td> <td>-6,5</td> </tr> </tbody> </table>	h [m]	ΔT_1 [°C]	ΔT_2 [°C]	ΔT_3 [°C]	ΔT_4 [°C]	$\leq 0,2$	-2,0	-0,5	-0,5	-1,5	0,4	-4,5	-1,4	-1,0	-3,5	0,6	-6,5	-1,8	-1,5	-5,0	0,8	-7,6	-1,7	-1,5	-6,0	1,0	-8,0	-1,5	-1,5	-6,3	$\geq 1,5$	-8,4	-0,5	-1,0	-6,5
h [m]	ΔT_1 [°C]	ΔT_2 [°C]	ΔT_3 [°C]																																																						
$\leq 0,2$	8,5	3,5	0,5																																																						
0,4	12,0	3,0	1,5																																																						
0,6	13,0	3,0	2,0																																																						
$\geq 0,8$	13,0	3,0	2,5																																																						
h [m]	ΔT_1 [°C]	ΔT_2 [°C]	ΔT_3 [°C]	ΔT_4 [°C]																																																					
$\leq 0,2$	-2,0	-0,5	-0,5	-1,5																																																					
0,4	-4,5	-1,4	-1,0	-3,5																																																					
0,6	-6,5	-1,8	-1,5	-5,0																																																					
0,8	-7,6	-1,7	-1,5	-6,0																																																					
1,0	-8,0	-1,5	-1,5	-6,3																																																					
$\geq 1,5$	-8,4	-0,5	-1,0	-6,5																																																					

Legenda 1 Hrúbka povrchovej úpravy 100 mm