

BME Hidak és Szerkezetek Tanszék
Magasépítési acélszerkezetek tárgy
Gyakorlati útmutató

Nyeregetetős csarnokszerkezetek terhei az EN 1991 alapján

Összeállította:

Dr. Papp Ferenc
tárgyelőadó

Budapest, 2006. szeptember 11.

Az épületek terheit az MSz EN 1991 szabvány tartalmazza. Az elkülönített keret terheit csak a teljes épület terheinek elemzése alapján lehet felvenni. Először a teljes épületre ható teherfajták számítását mutatjuk be, majd azok ismeretében meghatározzuk az elkülönített keretre ható tervezési terheket.

T.1 Az egyszerű nyeregvetős csarnokra ható terhek fajtái

Az egyszerű daruzatlan nyeregvetős csarnok épületre az alábbi szabványos teherfajták hatnak:

- a tartószerkezet önsúlya
- a tető- és a falburkolat súlya
- állandó jellegű hasznos terhek (pl. gépészeti teher)
- hóteher
- szélteher

T.1.1 A tartószerkezet önsúlya

A tartószerkezet önsúlyát súlyelemzéssel kell meghatározni (az acélsúly: $77-78,5 \text{ kN/m}^3$). Elegendő a vázlattervi geometriai méretekből meghatározott súlyterhet figyelembe venni, amit nem kell újra számolni akkor sem, ha a szerkezet keresztmetszetei a tervezés során megváltoztak. Az **önsúly terhet a programok automatikusan figyelembe veszik.**

T.1.2 A tető és a falburkolatok súlya

A burkolatok súlyát a rétegek súlyának elemzésével kell meghatározni. A trapézlemez m^2 súlyát, illetve a Z szelemen folyóméter súlyát a gyártók katalógusai tartalmazzák. A profilok önsúlyát a keresztmetszeti programmodulok által adott névleges keresztmetszeti területből is kiszámolhatjuk. Ha a vázlattervben szereplő profilok a tervezés során megváltoznak, a súlyváltozás miatt nem kell új analízist végezni.

T.1.3 Állandó jellegű hasznos teher

Az állandó jellegű hasznos teher olyan teherfajta, amelyet általában az építészmérnök és/vagy a gépészmérnök határoz meg, és a szerkezetre állandó jelleggel hat. Ilyen teher lehet az egyre gyakoribb „zöld” tető terhe (pl. adott vastagságú földréteg), vagy villamossági, illetve gépészeti berendezések terhei (pl. speciális világítási berendezések, esetleg klímaberendezések, stb.). A teher intenzitását, megoszlásnak jellegét, illetve a hatáspontját mindig egyedileg kell meghatározni.

T.1.4 A hóteher

A szerkezetek hóterheit az MSz EN 1991-1-3 szabványkötet tartalmazza. A szabvány magyarországi bevezetéséhez elkészült a nemzeti melléklet (NA), aminek értelmében a hóterhet mint rendkívüli hatást is számításba kell venni. Ennek megfelelően az EN 1990 szabvány rendkívüli teherkombinációkra vonatkozó előírásai is érvényesek rá. A hóteher értéke tartós és ideiglenes tervezési állapotokra:

$$s = \mu_i C_e C_t s_k$$

ahol

- s a tető hóterhe vízszintes vetületre vonatkoztatva [kN/m^2];
 μ_i az alaki tényező;
 C_e a szélhatás tényező;
 C_t a hőmérsékleti tényező;
 s_k a felszíni hóteher karakterisztikus értéke a vizsgált helyen [kN/m^2].

A felszíni hóteher karakterisztikus értékét Magyarország területén a következőképpen kell meghatározni (NA1.5 szerint):

$$s_k = 0,25 \left(1 + \frac{A}{100} \right) \cdot \left[\frac{kN}{m^2} \right]$$

$$s_k \geq 1,25 \frac{kN}{m^2}$$

ahol A [m] az építési terület talajfelszínének adriai tengerszint feletti magassága. A C_e tényező értéke a terepviszonyok függvényében:

- szeles terep esetén: $C_e = 0,8$
- szokásos terep esetén: $C_e = 1,0$
- védett terep esetén: $C_e = 1,2$

Szeles terep

olyan sík, akadálymentes terület, ahol valamennyi oldalon legfeljebb a terep magasabb építményei vagy a fák nyújtanak elhanyagolható mértékű védelmet;

Szokásos terep

olyan terület, ahol a terepviszonyok, a szomszédos építmények vagy a fák miatt a szél nem hordja el jelentős mennyiségben a havat az építmény tetőszerkezetéről;

Védett terep

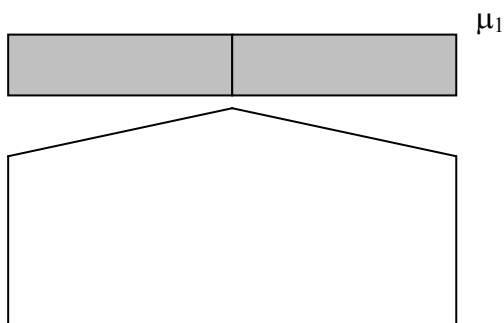
olyan terület, amelyen a vizsgált építmény sokkal alacsonyabban helyezkedik el a környező terepnél, illetőleg ahol magas fák és/vagy magasabb építmények fogják közre;

Amennyiben a hó lecsúszását a tetőről semmi sem akadályozza meg, akkor az alaki tényező nyeregtető esetén az alábbi táblázat alapján határozható meg:

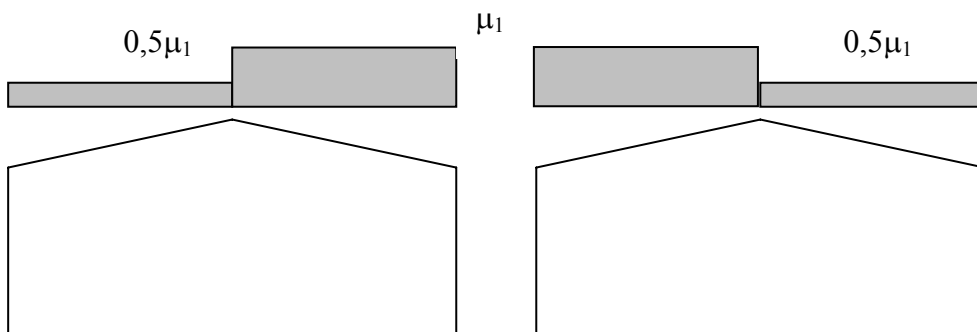
A tető hajlásszöge (α)	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$60^\circ \leq \alpha$
μ_1	0,8	$0,8(60-\alpha)/30$	0,0

A hóteher eloszlása szerint az alábbi három eset lehetséges:

- totálisan megoszló hóteher:



- féloldalas hóteher:



Ha a tetőn hófogó vagy más, a hó mozgását akadályozó elem található, illetőleg ha a tető alsó szélét fal zárja le, akkor a hóteher alaki tényezője legalább 0,8. Más esetekben (pl. csatlakozó tetőknél) **a hó felmalmozódás hatását rendkívül gondosan kell elemezni!**

A C_t hőmérsékleti tényezőt a nagy ($> 1 \text{ W/m}^2\text{K}$) hő átbecsátási tényezőjű tetők, különösen egyes üvegtetők hő vesztesége miatt bekövetkező hóolvadás figyelembevételére alkalmazzuk. Minden más esetben $C_t = 1,0$.

A hóteher függőlegesnek kell feltételezni, és a tetőfelület vízszintes vetületére kell vonatkoztatni. Ahol a hó eső hullhat, és annak következtében a hó megolvadhat és megfagyhat, ott a tető hóteherét célszerű növelni, különösen akkor, ha a hó és a jég eltorlaszolja a tető csapadékvíz-elvezető rendszerét. A hó átlagos halmazsűrűsége tájékoztató céllal a következő:

A hó típusa	A hó halmazsűrűsége [kN/m ³]
friss hó	1,0
megülepedett hó (a havazás után több órával vagy nappal)	2,0
régi hó (a havazás után több héttel vagy hónappal)	2,5 - 3,5
nedves hó	4,0

Magyarország területén a rendkívüli felszíni hóterhet az MSz EN 1991-1-3:2005 NA1.2. paragrafus szerint a jelen helyzetben **rendkívüli hatásnak is kell tekinteni, azonban a tervezési feladat kapcsán ezt az esetet nem vizsgáljuk**. A következőkben csak tájékoztatásul írjuk le a rendkívüli hóteher meghatározását.

A rendkívüli felszíni hóteher az a teher, amelyet a rendkívül kis valószínűséggel előforduló hóesés következtében a felületen kialakuló hóréteg okoz). A rendkívüli felszíni hóteher képlete:

$$s = \mu_i C_e C_t S_{Ad}$$

ahol $s_{Ad} = C_{esl} s_k$ a rendkívüli felszíni hóteher tervezési értéke az adott helyen [kN/m²] mértékegységben, és ahol C_{esl} a rendkívüli hóterhek tényezője (a magyar nemzeti melléklet szerint 2,0). A terhek és hatások kombinációja rendkívüli tervezési állapotokban az MSz EN 1990-2005, 6.4.3.3. pontja (6.11.b képlete) alapján:

$$\sum G_{k,j} + P + A_d + (\psi_{1,l} \text{ vagy } \psi_{2,l}) \cdot Q_{k,l} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

ahol

$G_{k,j}$ az állandó teher;

P a feszítésből származó teher (jelen esetben zérus);

A_d a rendkívüli teher;

$(\psi_{1,l} \text{ vagy } \psi_{2,l})$ a Ψ tényezők közül (a szabvány szerint) a rendkívüli tervezési állapot jellegétől függően kell kiválasztani a tervező mérlegelése alapján; jelen feladatban a Ψ_2 alkalmazzuk;

$Q_{k,l}$ a kiemelt esetleges teher;

$Q_{k,i}$ a többi esetleges teher.

Összehasonlítás képpen a terhek és hatások kombinációja tartós és ideiglenes tervezési állapotokban az MSz EN 1990-2005, 6.4.3.2. pontja (6.10. képlete) alapján (alapkombinációk):

$$\sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q,l} \cdot Q_{k,l} + \sum \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

ahol

- γ_G az állandó teher parciális tényezője (acélszerkezet esetén: **1,35**);
 γ_p a fesztésből származó teher parciális tényezője;
 $\gamma_{Q,i}$ az i -edik esetleges teher parciális tényezője (szél és hóteher esetén: **1,5**);
 $\Psi_{0,i}$ a kombinációs tényező (szélteher esetén: **0,5**).

Épületek hóterhének számításánál Magyarországon az alábbi Ψ tényezőket kell figyelembe venni (NA1.6. szakasza):

- Ψ_0 az esetleges hatás kombinációs értékét megadó tényező (**0,5**)
 Ψ_1 az esetleges hatás gyakori értékét megadó tényező (**0,2**)
 Ψ_2 az esetleges hatás kvázi állandó értékét megadó tényező (**0,0**)

T.1.5 A szélteher

A szélteher a szerkezet, illetve a szerkezeti elem felületére merőlegesen ható nyomó, illetve szívó hatás. A hatás a felület **külső** és **belső** felületén is jelentkezhet. A normálirányú hatás mellett létrejöhet az érintőleges súrlódó hatás is. A szélhatást egyszerűsített teherelrendezéssel vesszük figyelembe, amely egyenértékű a turbulens szél szélsőséges hatásával. A szélteher esetleges tehernek számít. A szélhatásból származó teher karakterisztikus értékét az MSz EN 1993-1-4 szabványkötet szerint a szélesebbég alapértékéből kell meghatározni. A szél hatása egy adott épületen általánosságban az alábbi paramétereiktől függ:

- az épület mérete;
- az épület alakja;
- az épület dinamikai tulajdonsága.

A **külső** illetve a **belső** felületre ható szélnyomást az alábbi képletekkel kell kiszámítani:

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$$

$$w_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi}$$

ahol

$q_p(z)$ - a szélső értékű sebességhez tartozó nyomás;

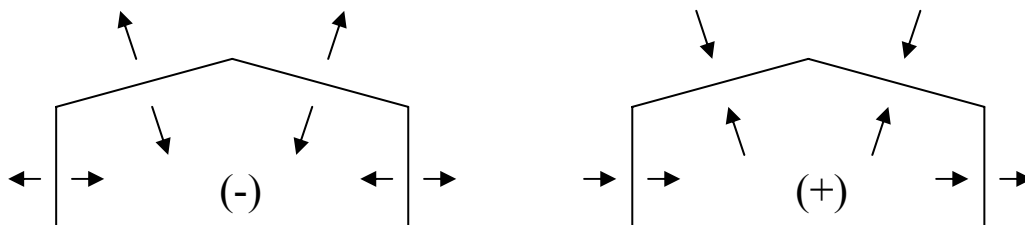
z_e - a külső referencia magasság;

z_i - a belső referencia magasság;

c_{pe} - a külső nyomási tényező;

c_{pi} - a belső nyomási tényező.

Az alábbi ábrák szerint a pozitív előjelű szélnyomás a felület irányába hat, a negatív attól elfele (szélszívás):



A szélnyomások kifejezéseiben szereplő paraméterek számítását az alábbiakban foglaljuk össze. A **referencia magasságok** felvételénél a következő szabályokat kell alkalmazni:

- amennyiben az épület magassága (h) nem nagyobb, mint a szél támadta felület oldalhossza (b):

$\frac{h}{b} \leq 1$ esetén teljes magasságban $z_e = h$ és $z_i = z_e$;

- amennyiben az épület magassága (h) nagyobb, mint a szél támadta felület oldalhossza (b), de kisebb, mint annak kétszerese:

$1 < \frac{h}{b} < 2$ esetén b magasságig $z_e = b$ és $z_i = z_e$; a $(b-h)$ sávban $z_e = h$ és $z_i = z_e$

Ebben az esetben viszont az 1-3. számú mellékletek helyett más táblázatokat kell használni! **A feladat kapcsán csak az első esettel foglalkozunk.**

T.1.5.1 A szélső értékű sebességhez tartozó szélnyomás

A szélső értékű szélesebességhez tartozó nyomás számítása az alábbiak szerint történik:

$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b$$

ahol

$c_e(z)$ - a **helyszíntényező**;

q_b - az **alap értékű szélesebességhez tartozó nyomás**.

A kifejezésben szereplő paraméterek számítását a következőkben írjuk le.

T.1.5.1.1 Az alap értékű szélesebességhez tartozó nyomás

A szélesebesség alapértékéből keletkező nyomást az alábbiak szerint kell meghatározni:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho \cdot v_m^2(z)$$

ahol a levegő sűrűsége:

$$\rho = 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

és a szélesebesség átlagos értéke

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b$$

ahol

v_b az alap értékű szélesebesség;

$c_r(z)$ az érdességi tényező;

$c_0(z)$ a hegyrajzi tényező.

A hazai szabályozás szerint az alap értékű szélesebbég az ország egész területén $v_b = 20 \frac{m}{s}$.
 Amennyiben az építési terület sík vidéken fekszik (a lejtés nem nagyobb, mint 5%), a hegyrajzi (topográfiai) tényező $c_0(z) = 1,0$ lehet.

Az érdességi tényező a referencia magasság függvényében a következő:

- ha $z < z_{min}$ akkor $c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z_{min}}{z_0}\right)$

- ha $z \geq z_{min}$ akkor $c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$

ahol a tereptényező:

$$k_r = 0,19 \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07}$$

és ahol $z_{0,II} = 0,05[m]$, lásd az alábbi helyszínekategória táblázatban a II. kategóriát.

A fenti kifejezésekben a z_0 az érdességi hossz és z_{min} a minimális magasság, melyek a helyszínekategória függvényében az alábbi táblázat szerint megadott konstansok:

helyszínekategória		z_0 (m)	z_{min} (m)
I	tavak és sík vidékek elhanyagolható növényzettel	0,01	1
II	kevés növényzet, elszórtan fák és épületek	0,05	2
III	összefüggő növényzettel takart vidék (faluk, előváros, erdőség)	0,3	5
IV	a terület min. 15%-a fedett épületekkel, amelyek átlagos magassága több, mint 15 m	1,0	10

T.1.5.1.2 A helyszíntényező

A helyszíntényező azt mutatja meg, hogy a szélesebbég szélső értékéhez tartozó nyomás (q_p) hányszorosa az alap szélesebbéghez tartozó nyomásnak (q_b). A tényező a következő képlettel számítható:

$$c_e(z) = 1 + 7 \cdot I_v(z)$$

ahol a turbulencia intenzitása:

- ha $z < z_{min}$ akkor $I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z_{min}}{z_0}\right)}$

- ha $z \geq z_{min}$ akkor $I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}$

A turbulencia tényező más előírás hiányában $k_I = 1,0$.

T.1.5.2 A külső nyomási tényező

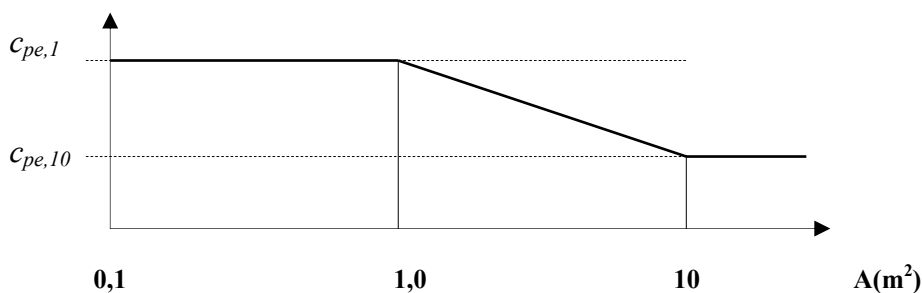
A külső nyomási tényező a referencia magasság függvénye, és függ a referencia területtől is. Az utóbbi vonatkozásában a szabvány két értéket határoz meg a külső nyomási tényezőre:

$c_{pe,1}$ - az 1 m^2 referencia területhez tartozó érték (a szélhatásnak közvetlenül kitett szerkezeti elemek tervezéséhez használjuk, pl. a tető héjszerkezete esetén);

$c_{pe,10}$ - a 10 m^2 referencia területhez tartozó érték (pl. a főtartó keret tervezésénél).

A két érték közötti $A\text{ m}^2$ referencia területre logaritmus alapú interpolációt kell alkalmazni:

$$c_{pe,A} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \cdot \lg_{10} A$$



A külső nyomási tényezőt a szabvány táblázatok formájában adja meg. Az alábbiakban az egyszerű szimmetrikus nyeregvetős csarnoképületre vonatkozó táblázatokat ismertetjük:

- [szélhatás a függőleges helyzetű falakon](#) (1. sz. melléklet)
- [\$\theta=0^\circ\$ keresztirányú szélhatás a tető felületén](#) (2. sz. melléklet)
- [\$\theta=90^\circ\$ hosszirányú szélhatás a tető felületén](#) (3. sz. melléklet)

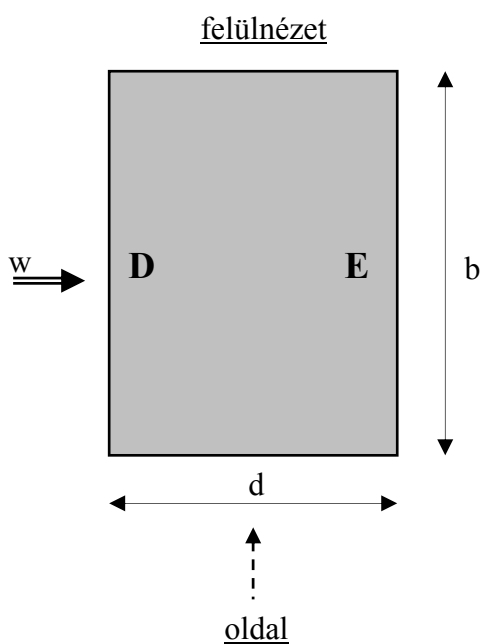
Elsősorban a keresztirányú szélteher tetőre vonatkozó nyomási tényező táblázatában találunk olyan esetet, amikor egy sorban két (egy + és egy -) érték szerepel. Fontos szabály, hogy egy összefüggő tetősíkon (jelen esetben a fél tetőn) a sorokat vegyesen nem lehet alkalmazni. Nézzünk egy példát a táblázat értelmezésére. Az 5° -os tetőhajlás esetén a táblázat megfelelő sora négy kombinációt határoz meg:

α	zónák									
	F		G		H		I		J	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5/1	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6	-0,6	+0,2	+0,2
5/2	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6
5/3	0	0	0	0	0	0	-0,6	-0,6	+0,2	+0,2
5/4	0	0	0	0	0	0	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6

A táblázat mechanikus alkalmazása a kombinációk nagy száma miatt csak a gépi (automatikus) kombinálás esetén lehetséges. Egyszerű csarnokok esetében a mérnöki megfontoláson alapuló teherfelvételnél például a fenti táblázatból nagy valószínűséggel csak az 5/2 jelű - a szélszívásra mértékadó - esettel célszerű foglalkoznunk. Természetesen különleges esetekben (például egy igen könnyű szerkezet esetén) az 5/4 jelű aszimmetrikus szélteher is lehet mértékadó.

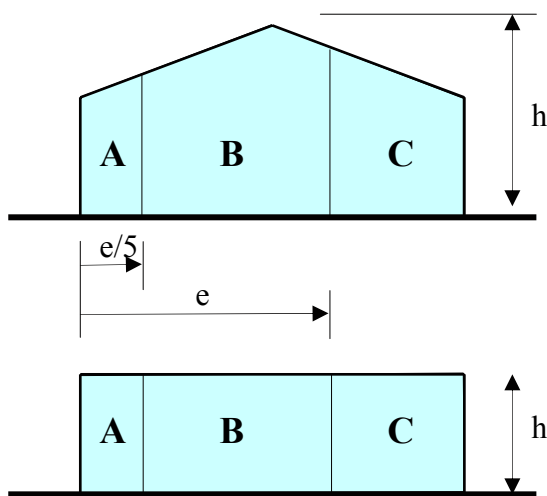
1. sz. melléklet: Külső nyomási tényező a függőleges helyzetű falakon (csak $h < b$ esetén érvényes)

h/d	zónák									
	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		0,8	1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		0,7	1,0	-0,3	

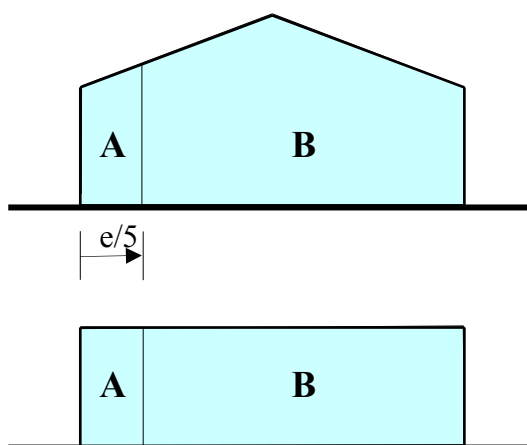


$$e = \min(b; 2h)$$

Oldal zónák $e \leq d$ esetén:



Oldal zónák $e > d$ esetén:



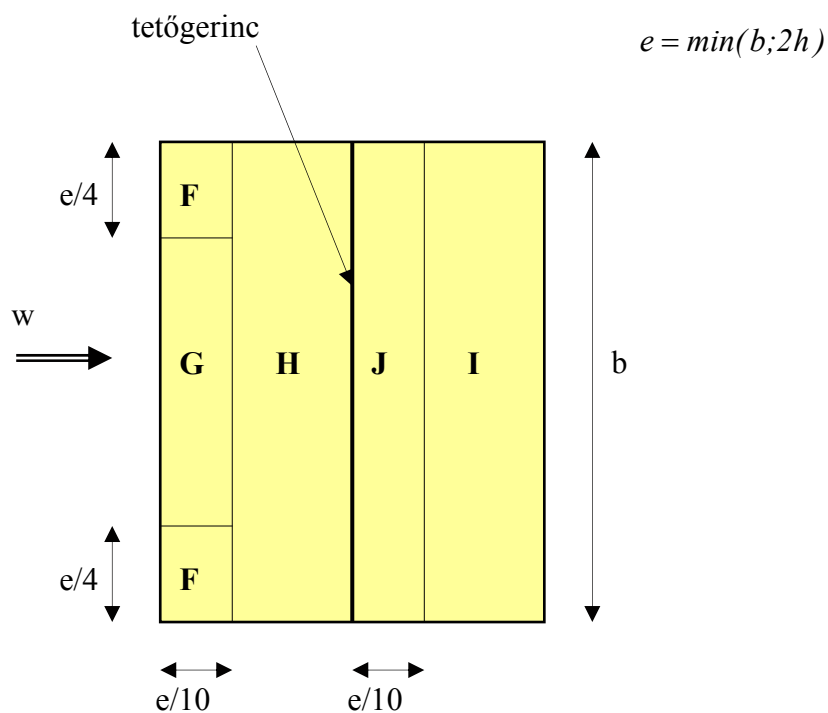
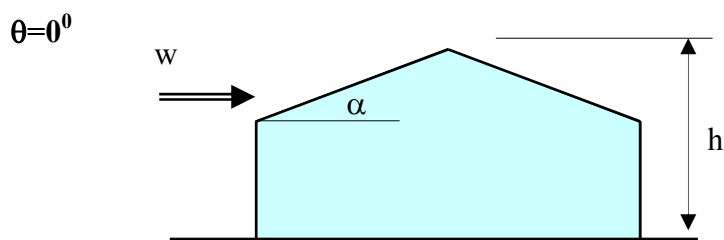
Megjegyzés: Egy téglalap alapú nyeregtetős csarnokszerkezet esetén a b mindig az épület azon oldalának hossza, amelyet a szél támad, és d a rá merőleges oldal hossza. A szél támadhatja a csarnok hosszanti oldalát (keresztirányú szél; $\theta=0^\circ$) és az oromfali oldalát (hosszirányú szél; $\theta=90^\circ$).

2. sz. melléklet: Külső nyomási tényező a tető felületén a $\theta=0^0$ keresztirányú szélhatásból (csak $h < b$ esetén érvényes)

α	zónák									
	F		G		H		I		J	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
0*	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2
							-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
5	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6	-0,6	+0,2	+0,2
	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0			-0,6	-0,6
10**	-1,3	-2,25	-1,0	-1,75	-0,45	-0,75	-0,5	-0,5	-0,4	-0,65
	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1			+0,1	+0,1
15	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-1,0	-1,5
	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0

* az éles párkánnyal rendelkező (parapet vagy lekerekítés nélküli) lapos tető esete ($\alpha=5^0$ -ig)

** lineáris interpoláció az $\alpha=5^0$ és az $\alpha=15^0$ tetőhajláshoz adott értékek között



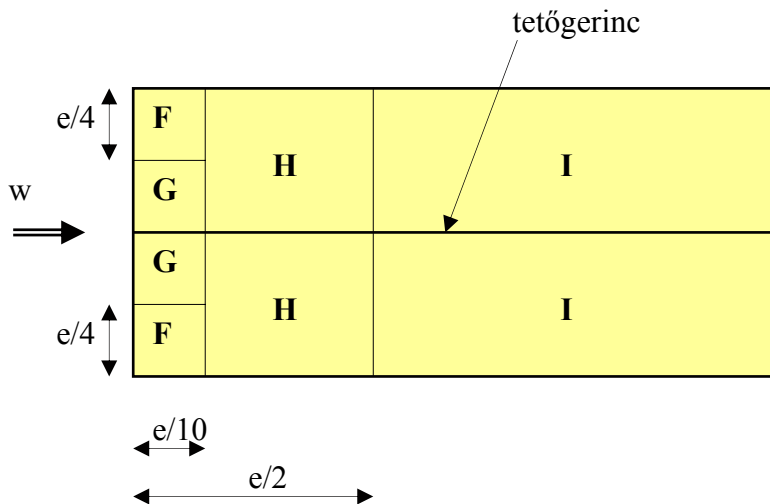
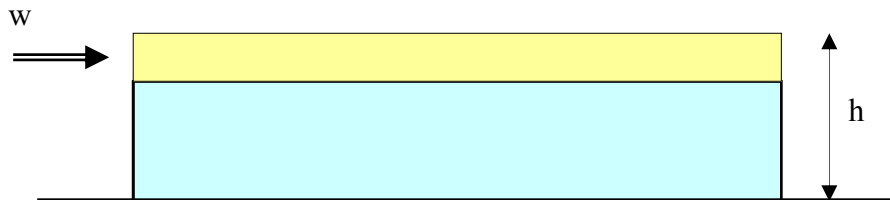
3. sz. melléklet: Külső nyomási tényező a tető felületén a $\theta=90^\circ$ hosszirányú szélhatásból (csak $h < b$ esetén érvényes)

α	F		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
0*	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	+0,2
							-0,2	-0,2
5	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-0,6
10**	-1,45	-2,1	-1,3	-2,0	-0,65	-1,2	-0,55	-0,55
15	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	-0,5

* az éles párkánnyal rendelkező (parapet vagy lekerekítés nélküli) lapos tető esete

** lineáris interpoláció az $\alpha=5^\circ$ és az $\alpha=15^\circ$ tetőhajláshoz adott értékek között

$\theta=90^\circ$



T.1.5.3 A belső nyomási tényező

A belső nyomás a külső nyomással egy időben hathat. A c_{pi} belső nyomási tényező az épületen található nyílások (elsősorban ablakok és ajtók, illetve kapuk) méretétől és eloszlásától függ. Az alább ismertetett szabályok nem vonatkoznak arra az esetre, amikor legalább két felületen (oldalfal és/vagy tetősík) a nyílások aránya egyenként meghaladja a 30%-ot.

Amennyiben domináns felülete van az épületnek (domináns egy felület, ha a rajta található nyílások összes felülete meghaladja a többi felületen található nyílások összes felületének kétszeresét; pl. ilyen eset a hangár bejárati oldala), akkor rendkívüli tervezési körülményként kell kezelni az esetet, amikor a belső szélnyomást az alábbi kifejezések adják meg:

- a domináns felületen található nyílások összes felülete meghaladja a többi felületen található nyílások összes felületének kétszeresét:

$$c_{pi} = 0,75 \cdot c_{pe}$$

- a domináns felületen található nyílások összes felülete meghaladja a többi felületen található nyílások összes felületének háromszorosát:

$$c_{pi} = 0,90 \cdot c_{pe}$$

Amennyiben a c_{pe} külső nyomási tényező változik a felületen, akkor az átlagértékkel lehet számolni.

Amennyiben az építmény nem tartalmaz domináns felületet, és a nyílások eloszlása egyenletes, akkor a belső nyomási tényező számítása az alábbiak szerint történik:

- $h/d \leq 0,25$ esetén:

- ha $\mu \leq 0,33$	akkor $c_{pi} = 0,35$
- ha $\mu > 0,9$	akkor $c_{pi} = -0,3$
- ha $0,33 < \mu \leq 0,9$	akkor $c_{pi} = 0,726 - 1,14\mu$

- $h/d \geq 1,0$ esetén:

- ha $\mu \leq 0,33$	akkor $c_{pi} = 0,35$
- ha $\mu > 0,95$	akkor $c_{pi} = -0,5$
- ha $0,33 < \mu \leq 0,95$	akkor $c_{pi} = 0,802 - 1,37\mu$

A kifejezésekben található μ nyíláshányadot az alábbi képlettel kell kiszámítani,

$$\mu = \frac{\sum A_{negatív}}{\sum A}$$

ahol $\sum A_{negatív}$ azon nyílások felületének összege, amelyek negatív vagy zérus c_{pe} értékkel rendelkező felületen találhatók, $\sum A$ az összes nyílás felülete.

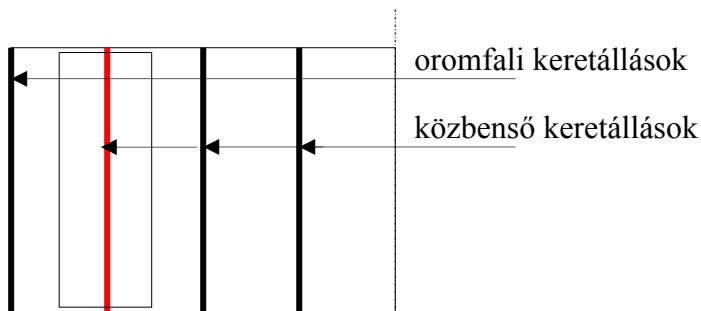
A **referencia magasságok** felvételénél a következő szabályokat kell alkalmazni:

- amennyiben az épület magassága (h) nem nagyobb, mint a szél támadta felület oldalhossza (b):
 $\frac{h}{b} \leq 1$ esetén: teljes magasságban $z_e = h$ és $z_i = z_e$;
- amennyiben az épület magassága (h) nagyobb, mint a szél támadta felület oldalhossza (b), de kisebb, mint annak kétszerese:
 $1 < \frac{h}{b} < 2$ esetén: b magasságig $z_e = b$ és $z_i = z_e$; a $(b-h)$ sávban $z_e = h$ és $z_i = z_e$

T.1.5.4 A tervezési szélteher gyakorlati felvétele

T.1.5.4.1 A szélteher esetei

A tetőre vonatkozó külső nyomási tényező helyfüggősége miatt a csarnokon belüli egyes keretekre különböző nagyságú szélteher hathat. Általában a biztonságos, illetve a gazdaságos tervezés javára döntünk, ha minden keretet az oromfaltól számított második keretálláshoz tartozó tervezési szélteherre méretezünk:



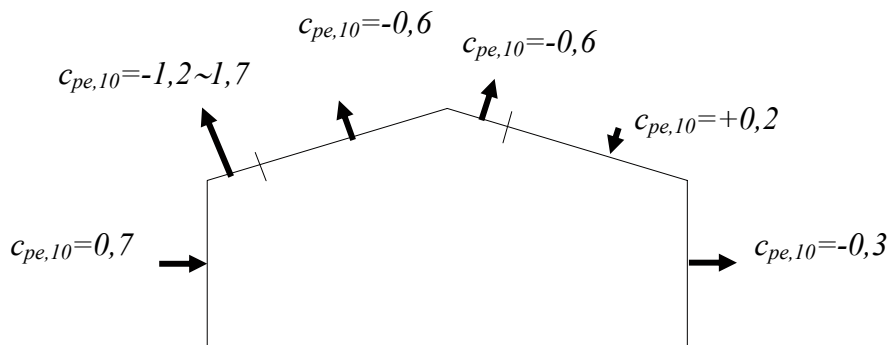
A méretezésre kijelölt keretállásra az alábbi főbb szélteher eseteket kell figyelembe venni (az ábrák példaképpen a $h/d < 0,25$, $\alpha = 5^\circ$ és $A > 10m^2$ esethez tartoznak):

- keresztirányú ($\theta=0^\circ$) szélhatásból külső szélnyomás (4. sz. melléklet)
- keresztirányú ($\theta=0^\circ$) szélhatásból külső + belső szélnyomás (5. sz. melléklet)
- hosszirányú ($\theta=90^\circ$) szélhatásból külső szélnyomás (6. sz. melléklet)
- hosszirányú ($\theta=90^\circ$) szélhatásból külső + belső szélnyomás (7. sz. melléklet)

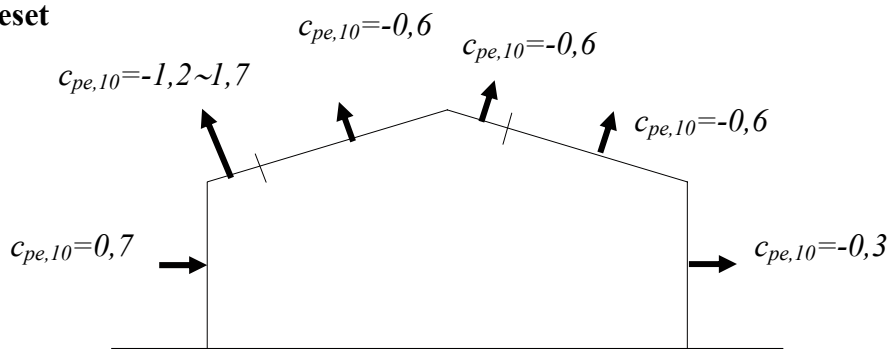
A fenti fő eseteken belül további esetek is lehetségesek. Például a fenti alapadatok esetén a szélteher 10 különböző teheresetet jelent, amennyiben a szimmetriát is kihasználjuk (azaz a két fő szélirányon belül csak egy-egy irányt veszünk számításba).

4. sz. melléklet: keresztirányú ($\theta=0^\circ$) szélhatásból külső szélnyomás példaképpen a $h/d < 0,25$; $\alpha=5^\circ$ és $A > 10\text{m}^2$ eteben

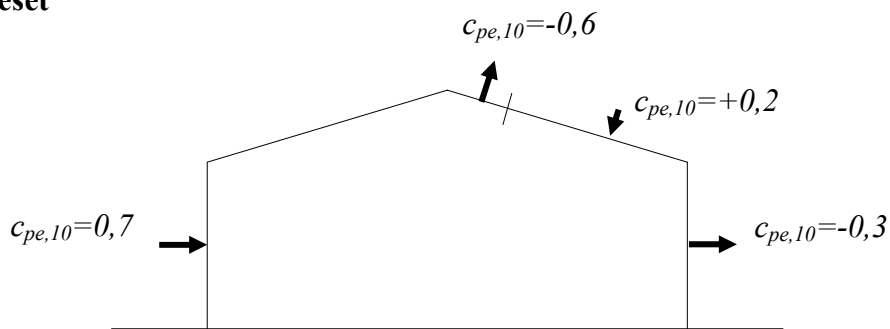
1. eset



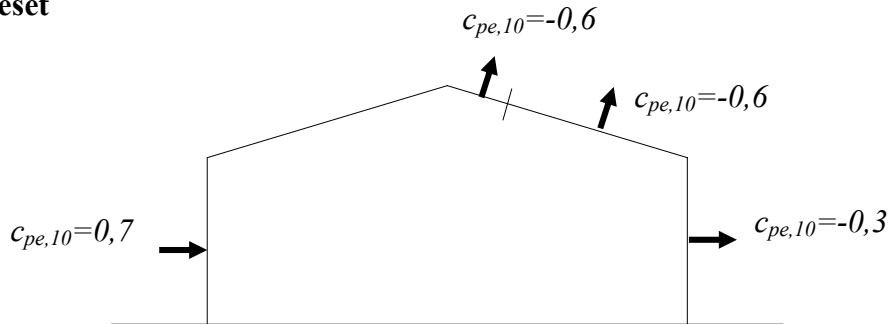
2. eset



3. eset

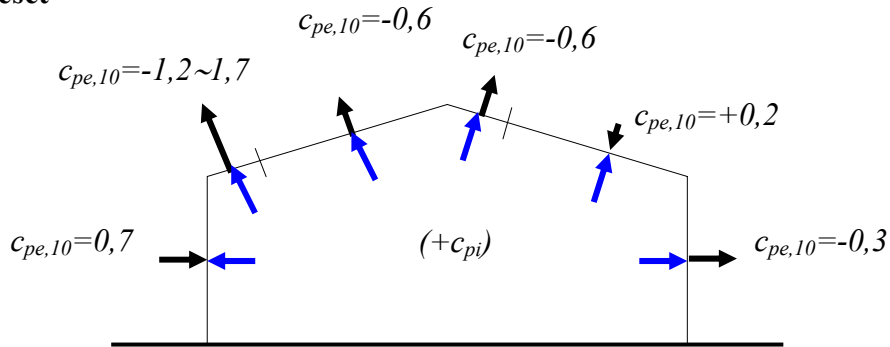


4. eset

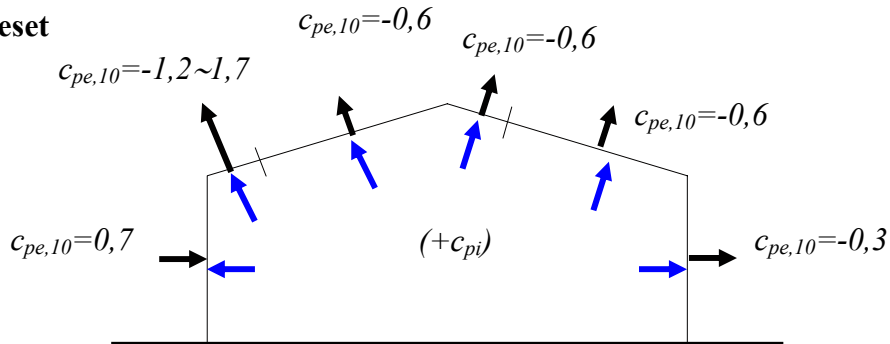


5. sz. melléklet: keresztirányú ($\theta=0^0$) szélhatásból külső+belső szélnyomás példaképpen a $h/d<0,25$; $\alpha=5^0$ és $A>10m^2$ esetben

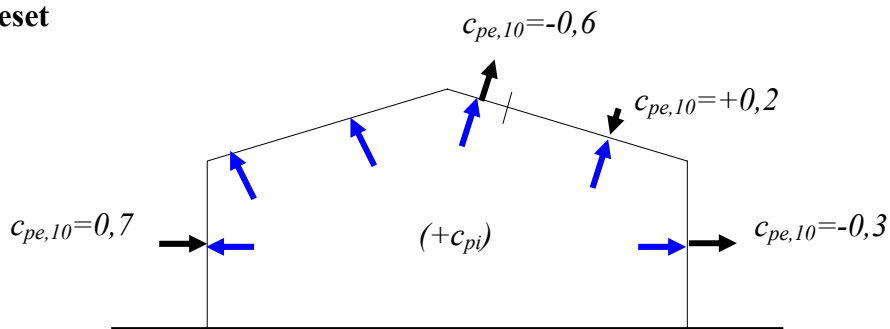
1. eset



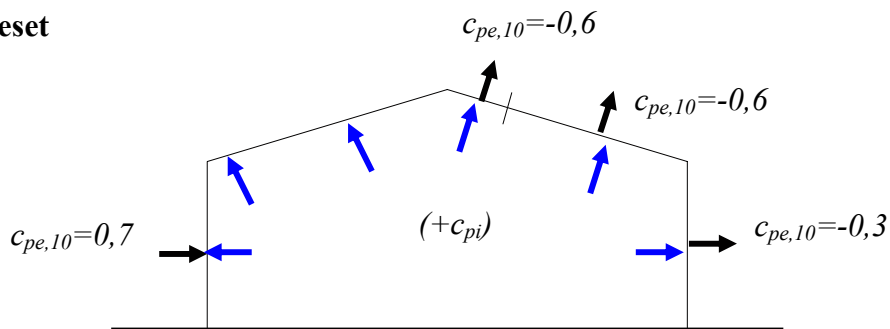
2. eset



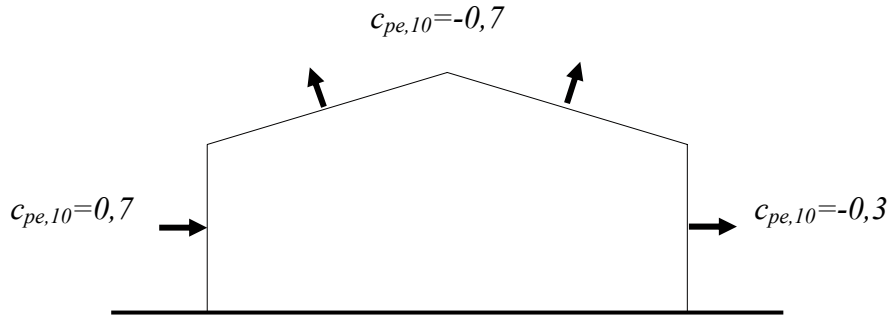
3. eset



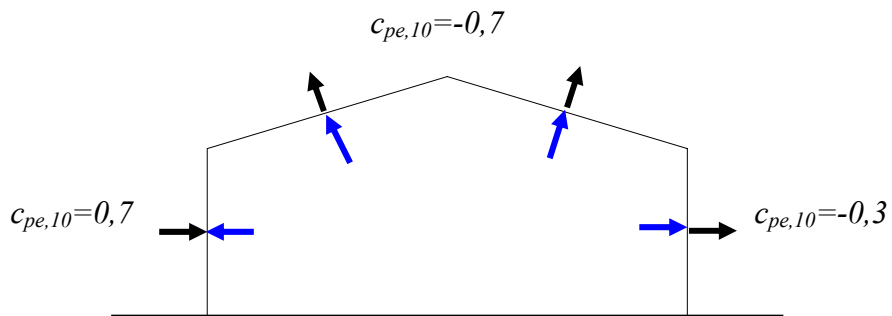
4. eset



6. sz. melléklet: hosszirányú ($\theta=90^\circ$) szélhatásból külső szélnyomás példaképpen a $h/d<0,25$; $\alpha=5^\circ$ és $A>10\text{m}^2$ esetben



7. sz. melléklet: hosszirányú ($\theta=90^\circ$) szélhatásból külső+belső szélnyomás példaképpen a $h/d<0,25$; $\alpha=5^\circ$ és $A>10\text{m}^2$ esetben



A keretszerkezetre vagy annak szerkezeti elemére ható szélró a felületre ható szélnyomás ismeretében az alábbi összefüggések alapján számítható:

$$\begin{aligned} - \text{külső szélró:} & \quad F_{w,e} = c_s c_d \sum_{\text{felület}} w_e \cdot A_{ref} \\ - \text{belső szélró:} & \quad F_{w,i} = \sum_{\text{felület}} w_i \cdot A_{ref} \\ - \text{súrlódási szélró:} & \quad F_{fr} = c_{fr} \cdot q_p(z_e) \cdot A_{fr} \end{aligned}$$

ahol A_{ref} a felület referencia értéke, A_{fr} a széliránnyal párhuzamos külső felület (csarnokot érő hosszirányú szélhatás esetén a $2b$ és a $4h$ közül a kisebbik, ahol b a csarnok szélessége, h a tetőtárcs magassága). A $c_s c_d$ szerkezeti tényező a **15 m-nél** alacsonyabb épületek esetén **1,0**. A c_{fr} súrlódási tényező a felületi kiképzéstől függően $0,1-0,4$ között vehető fel. A feladat kapcsán a $0,3$ érték felvételét javasoljuk. A teher értelemszerűen a **szerkezeti elem tengelye mentén megoszló teherként** is felvehető. A feladat kapcsán az egyszerűség érdekében az utóbbit javasoljuk.

T.2 A terhek gépi modellezése

T.2.1 A tervezési teherkombinációk

A terhek és hatások kombinációja tartós és ideiglenes tervezési állapotokban (alapkombinációk) az MSz EN 1990-2005, 6.4.3.2. pontja (6.10. képlete) alapján az alábbi formulával írható le:

$$\sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

ahol

- γ_G az állandó teher parciális tényezője (acélszerkezet esetén: **1,35**)
- γ_p a feszítésből származó teher parciális tényezője
- $\gamma_{Q,i}$ az i -edik esetleges teher parciális tényezője (szél és hóteher esetén: **1,5**)
- $\psi_{0,i}$ a kombinációs tényező (hó és szélteher esetén: **0,5**)

A kombinációk száma függ az egyes teherfajtákon belül figyelembe veendő teheresetek számától. A tervezési gyakorlatban a kombinációk felvételére két módszert alkalmazunk:

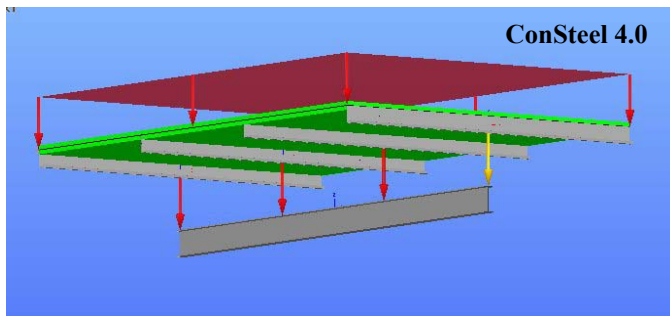
- teherkombinációk automatikus összeállítása;
- teherkombinációk összeállítása mérnöki megfontolások alapján.

Az első módszer tipikusan csak számítógép alkalmazásával lehetséges, mivel egy egyszerű szimmetrikus nyeregvetős keret esetén a kombinációk száma meghaladhatja a százat is. A módszer gépi megvalósítása egyszerű, de hátránya egyrészt, hogy a másodrendű számítás esetén annyiszor kell megoldani a feladatot, ahány kombináció van (ugyanis nem érvényes a szuperpozíció elve), másrészt a sok adat miatt az eredmények áttekintése nehéz feladatot

jelent a mérnök számára. A második módszert a vezető tervezők többsége előnyben részesíti, mivel egyszerű megfontolások után – a nem mértékadó kombinációk megérzésen alapuló kizárásával - jelentősen csökkenthető a kombinációk száma, és a feladat áttekinthetővé válik.

T.2.2 A terhek felvétele a számítógépen

A keret szerkezeti modelljén a szabványos terheket pontban koncentrált erőkként, vagy vonal menti megoszló erőkként lehet felvenni. Szelemenés, illetve falváz gerendás héjszerkezet esetében a felületen ható hatásokból származó terhek (héjszerkezet súlya, hőteher, szélteher) a keret szerkezeti elemein (oszlop, gerenda) a valóságban pontban ható koncentrált erőkként jelennek meg:



Viszonylag sűrű szelemenezés esetén megengedhető közelítés, hogy a terheket az elem mentén **megoszló teherrel** modellezzük:

