

A TARTÓSZERKEZETI HATÁSOK AZ EUROCODE SZERINT

Huszár Zsolt¹ – Lovas Antal² – Szalai Kálmán³

Bevezetés

Az Eurocode (EC) szabványok hazai bevezetése kapcsán készült cikksorozat [1], [2] keretében az alábbiakban az MSZ EN 1991 Eurocode 1: „A tartószerkezeteket érő hatások” szabványcsoport előírásait foglaljuk össze⁴. A hidak terheivel a cikksorozat vonatkozó dolgozata [11] foglalkozik.

Az MSZ EN 1991 Eurocode: „A tartószerkezeteket érő hatások” szabályzat az alábbi részekből áll:

- Sűrűségek, önsúly és az épületek hasznos terhei (MSZ EN 1991-1-1)
- Tűznek kitett tartószerkezeteket érő hatások (MSZ EN 1991-1-2)
- Hóteher (MSZ EN 1991-1-3)
- Szélhatás (MSZ EN 1991-1-4)
- Hőmérsékleti hatások (MSZ EN 1991-1 -5)
- Terhek és terhelő alakváltozások a megvalósítás során (MSZ EN 1991-1 -6)
- Rendkívüli hatások (MSZ EN 1991-1 -7)
- Hidak forgalmi terhei (MSZ EN 1991-2)
- Daruk és gépi berendezések hatása (MSZ EN 1991-3)
- A silókat és tartályokat érő hatások (MSZ EN 1991-4)

Az alábbiakban részletesen összefoglaljuk a „Sűrűség, önsúly és az épületek hasznos terhei”, a „Hóteher”, továbbá a „Szélhatás” előírásait.

1. Erőtani és környezeti hatások

1.1 A tartószerkezeteket érő

Az MSZ EN 1990 Eurocode szerint [2], [3] a hatások esetei:

– az időbeni változásuk szerint, mint:

- állandó hatások (G), olyan hatás, mely egy adott referencia-időszakon belül nagy valószínűséggel mindvégig működik és nagyságának időbeni változása elhanyagolható, vagy ez a változás mindvégig egyirányú (monoton) egészen addig, amíg a hatás el nem ér egy bizonyos határértéket; például a tartószerkezetek, rögzített berendezések és útburkolatok önsúlya, feszítés;
- esetleges hatások (Q), olyan hatás, mely nagyságának időbeni változása nem hanyagolható el és nem is monoton; például a hasznos teher, a szélteher vagy a hóteher;
- rendkívüli hatások (A), rövid ideig működő, de jelentős nagyságú hatás, mely a tervezési élettartam során egy adott tartószerkezeten várhatóan nem lép fel; például robbanás vagy járműütközés.

¹ Dr. Huszár Zsolt tudományos munkatárs, MTA Mérnöki Szerkezetek Kutatócsoport

² Dr. Lovas Antal PhD, egyetemi docens

³ Dr. Szalai Kálmán MTA Doktor, Professor Emeritus

⁴ A hazai fogalmi rendszerben eddig használatos „terhelőerők és hatások” megnevezésnek az EC előírásokban a „hatások” megfogalmazás felel meg. [11].

Megjegyzés: Bizonyos hatások, például a szeizmikus hatás és a hőteher, a tartószerkezet tervezett helyétől függően rendkívüli és/vagy esetleges teherként, a víz által előidézett hatások a víznyomás nagyságának időbeni változásától függően állandó és/vagy esetleges teherként is figyelembe vehetők.

– származásuk szerint:

- közvetlen hatásokat: tartószerkezetre ható erők, terhek,
- közvetett hatásokat: kényszer-alakváltozások, vagy kényszer-gyorsulások, melyeket pl. a hőmérséklet-változás, nedvességtartalom-változás, egyenlőtlen támaszmozgás, vagy földrengés okoz. A közvetett hatások vagy állandó hatások (például támaszmozdulás), vagy változó hatások (például a hőmérsékleti hatások), és ennek megfelelően kezelendők.

– térbeli változásuk szerint:

- rögzített hatások, például önsúly;
- nem rögzített hatások, például helyzetét változtató hasznos teher, szélteher vagy hőteher.

– jellegük, és/vagy a szerkezeti válasz szerint:

- statikus hatások, amelyek a szerkezetben vagy szerkezeti elemekben nem okoznak jelentős gyorsulásokat;
- dinamikus hatások, amelyek a szerkezetben vagy szerkezeti elemekben jelentős gyorsulásokat okoznak, megjegyezve, hogy a hatások dinamikus következményei sok esetben kvázi-statisztikus hatásokból számíthatók.

1.2 A hatások reprezentatív és karakterisztikus értékei

A hatásokat modellekkel lehet leírni, ebben a hatás nagyságát a legáltalánosabb esetben egy skalár jellemzi, amely többféle reprezentatív értéket vehet fel.

Valamely hatás reprezentatív értéke általában az F_k karakterisztikus érték, melyet a várható érték, felső vagy alsó érték, illetve névleges érték formájában kell megadni.

Valamely állandó hatás karakterisztikus értékét a következők szerint kell meghatározni:

- ha a G változása csekély, akkor elegendő egyetlen G_k értéket használni;
- ha a G változása nem csekély, két értéket kell használni, egy $G_{k,sup}$ felső értéket és egy $G_{k,inf}$ alsó értéket.

A legtöbb esetben feltételezhető, hogy a G változékonysága csekély, ha a tervezési élettartam során a G nem változik jelentősen, és relatív szórása legfeljebb 0,1.

Ha a tartószerkezet nagyon érzékeny a G változékonyságára (például a feszített betonszerkezetek egyes típusai), két értéket kell használni akkor is, ha a relatív szórás kicsi.

A legtöbb esetben a következőket lehet feltételezni:

- G_k a közepes érték;
- $G_{k,inf}$ a (0,05) kvantilise, $G_{k,sup}$ pedig a (0,95) kvantilise G -nek, mint valószínűségi változónak. Feltételezhető, hogy G normális eloszlást követ.

A tartószerkezet önsúlya a legtöbb esetben egyetlen karakterisztikus értékkel jellemezhető, mely a névleges geometriai méretekből és az átlagos térfogatsúlyokból számítható.

Esetleges hatások esetén a Q_k karakterisztikus érték a következők közül valamelyiknek felel meg:

- a felső értéknek, melyet a hatás nagysága a referencia-időszak alatt előírányzott valószínűséggel nem halad meg, vagy pedig az alsó értéknek, melynél a hatás nagysága a referencia-időszak alatt előírányzott valószínűséggel nem kisebb;

- a névleges értéknek, amely abban az esetben írható elő, ha nem ismert a hatás eloszlásfüggvénye.

A meteorológiai hatások karakterisztikus értéke az egy éves referencia-időszak alapulvételével az időben változó részre megadott 0,02 meghaladási valószínűségi érték, ami úgy értelmezhető, mint az 50 évre vonatkozó éves maximumok 50%-os valószínűségi értéke.

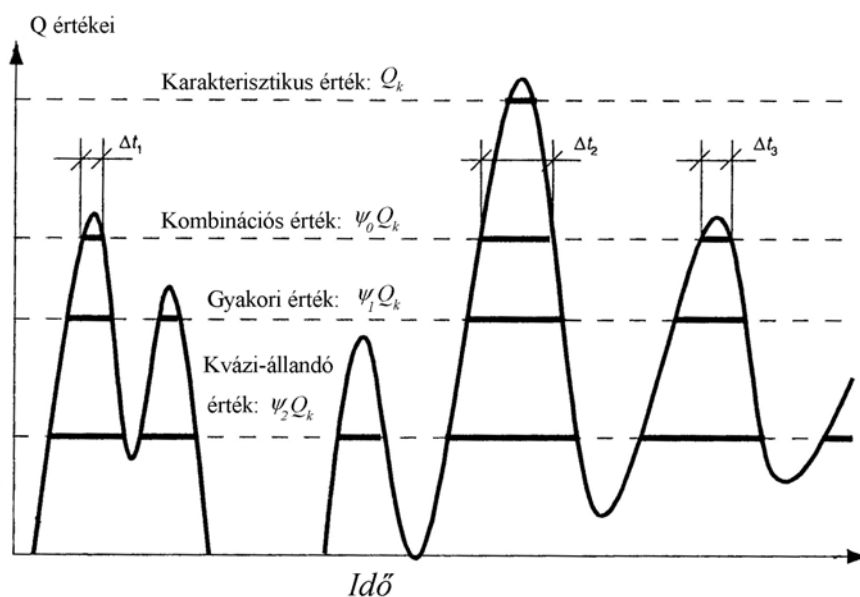
Több összetevőből álló hatások esetén a hatás karakterisztikus értékének szerepét értékcsoportok töltik be, melyek közül a számítás során egyszerre egyet kell figyelembe venni.

1.3 Az esetleges hatások reprezentatív értékei

Az esetleges hatások leggyakoribb reprezentatív értékei a $\psi_i(\psi_0 > \psi_1 > \psi_2)$ kombinációs tényezők felhasználásával meghatározható:

- *kombinációs érték*, melyet általában a $\psi_0 Q_k$ szorzattal számítunk, és amelyet a teherbírasi határállapotok, és az irreverzibilis használhatósági határállapotok igazolásához kell alkalmazni. A kombinációs érték figyelembe veszi annak a csökkent valószínűségét, hogy több független hatás egyszerre legkedvezőtlenebb értékével lép fel.
- *gyakori érték*, melyet általában a $\psi_1 Q_k$ szorzattal számítunk, és amelyet (rendkívüli hatásokat is magában foglaló) teherbírasi határállapotok, és a reverzibilis használhatósági határállapotok igazolásához kell alkalmazni. Például épületek esetén a gyakori érték az az érték, melyet a hatás a referencia-időszak 0,01 részében halad meg.
- *kvázi-állandó érték*, amelyet általában a $\psi_2 Q_k$ szorzattal számítunk, és amelyet (rendkívüli hatásokat is magában foglaló) teherbírasi határállapotok, és a reverzibilis használhatósági határállapotok igazolásához kell alkalmazni. Az időtől függő hatások számításakor szintén a kvázi-állandó értékeket kell használni. Például épületek fődémterhei esetén a kvázi-állandó érték rendszerint az az érték, melyet hatás a referencia-időszak 0,5 részében halad meg.

A Ψ_i –tényezők EC szerint ajánlott értékeit az épületekre a [2] és hidakra vonatkozóan, pedig a [12] tanulmány közli.



1. ábra: Az esetleges hatások reprezentatív értékei

1.4 A hatás tervezési értéke

Az 1.2 és 1.3 szerinti a reprezentatív és a karakterisztikus érték a hatások tervezési értékének és a hatások kombinációinak meghatározásához használatosak.

Egy-egy hatás F_d tervezési értékét kifejező általános képlet:

$$F_d = \gamma_f F_{rep} \quad (1)$$

ahol F_{rep} - a hatás reprezentatív értéke

$$F_{rep} = \Psi F_k \quad (2)$$

módon meghatározva, továbbá:

F_k - a hatás karakterisztikus értéke,

γ_f - a vizsgált hatásra vonatkozó parciális tényező, amely figyelembe veszi:

- a hatások kedvezőtlen eltéréseinek lehetőségét,
- a hatások pontatlan modellezésének lehetőségét,
- a hatáskövetkezmények számításának bizonytalanságait,

Ψ - a kombinációs tényező, melynek értéke: Ψ_0 , Ψ_1 , vagy Ψ_2 .

Megjegyzés: a tartószerkezeteket érő hatások csoportosításával [2] és [12] dolgozat foglalkozik

2. Sűrűség, önsúly és az épületek hasznos terhei

2.1 Az építőanyagok és a tárolt anyagok testsűrűsége

Az MSZ EN 1991 Eurocode:1-1 „A tartószerkezeteket érő hatások” szabályzat az épületek és építőmérnöki szerkezetek tartószerkezeti tervezése során figyelembe veendő hatások közül először is az építőanyagok és tárolt anyagok testsűrűségét foglalja táblázatokba. A betonra vonatkozó (MSZ EN 206-1 szerinti) testsűrűségi értékeket az 1. táblázatban mutatjuk be.

1. táblázat: Betonra vonatkozó térfogatsúlyok

Beton	Testsűrűsége γ [kg/m ³]
könnyűbeton	
D1,0 testsűrűségi osztály	≥ 800 és ≤ 1000
D1,2 sűrűségi osztály	>1000 és ≤ 1200
D1,4 sűrűségi osztály	>1200 és ≤ 1400
D1,6 sűrűségi osztály	>1400 és ≤ 1600
D1,8 sűrűségi osztály	>1600 és ≤ 1800
D2,0 sűrűségi osztály	>1800 és ≤ 2000
normálbeton*	2000 és 2600
nehézbeton	≥ 2800
vasbeton és feszített beton	adott sűrűségi oszt +100
friss beton	adott sűrűségi oszt +100

*a helyi anyagoktól függően a testsűrűsége az adott tartományban változhat

A további táblázatok tartalma: Építőanyagok – habarcsok, falazatok, faanyagok, fémek, egyéb anyagok; hidak anyagai, tárolt anyagok – építőanyagok és építési anyagok; tárolt

termékek – mezőgazdasági anyagok, élelmiszerek, folyadékok, szilárd tüzelőanyagok, ipari és általános anyagok.

A Magyar Nemzeti Melléklet tartalmazza a járatos hazai falazati típusok testsűrűségi értékeit.

2.2 Önsúly

Az építmények önsúlya magában foglalja:

- a tartószerkezeti elemek, úgymint elsődleges tartószerkezet és az alátámasztó szerkezetek, hidak esetén pl. hossztartók, szerkezeti lemezek, ferdekábelek, stb.;
- a nem tartószerkezeti elemek, pl. tetőszerkezet fedése, burkolatok és felületképzések, válaszfalak és bélésfalazatok, karfák, biztonsági korlátok, mellvédek és szegélykövek, falburkolatok, álmennyezetek, hőszigetelések, hídtartozékok;
- rögzített gépészeti berendezések, pl. liftek és mozgólépcsők berendezései, fűtő, szellőztető, légkondicionáló és elektromos berendezések, csövek (a tartalmuk nélkül), fő- és elosztókábelek;
- a föld- és az egyéb feltöltések súlyát is.

Az építmények önsúlyát a legtöbb esetben egyetlen karakterisztikus értékkel kell megadni, amit a névleges méretek és a sűrűségek karakterisztikus értékei alapján kell meghatározni.

A mozgatható válaszfalakkól származó terheket esetleges teherként kell kezelni.

2.3 Az épületek hasznos terhei

Az épületek hasznos terhei a használatból származnak, a használati körülmények az alábbiak:

- szokásos emberi használat;
- bútorok és egyéb mozgatható tárgyak (pl. mozgatható válaszfalak, tárolt anyagok, tartályok tartalma, stb.);
- járművek;
- ritkán fellépő körülmények, mint pl. átrendezés vagy felújítás során emberek, vagy bútorzat koncentrált elhelyezkedése, tárgyak mozgatása vagy felhalmozása.

Az alábbiakban leírt hasznos teher modellje egyenletesen megoszló teher, vonal mentén megoszló teher, koncentrált teher, vagy ezek kombinációja.

A hasznos terhet a tartószerkezet tervezése során nem rögzített hatásként kell figyelembe venni, és a hatásfelület azon részén kell működőnek feltételezni, mely a vizsgált igénybevétel szempontjából a legkedvezőtlenebb.

A Magyar Nemzeti Melléklet tartalmazza a nemzetileg meghatározott paramétereket.

2.3.1 Az EC1 szerinti szerkezeti kategóriák

A lakó-, a szociális, a kereskedelmi és az irodaépületek földem- és tetőterületeit részekre kell osztani és a használat jellege szerint osztályba kell sorolni. Az osztályozástól függetlenül a dinamikus hatásokat is figyelembe kell venni, ha azok jelentősek.

2/a. táblázat: Födémek, erkélyek és lépcsők hasznos terhei épületek esetén

Osztályba sorolás	Tipikus használat	Példák
A	Háztartási és tartózkodási célra használt területek	lakóházak és lakások helyiségei; kórházak szobái és kórtermei; szállodák és szállók szobái; konyhák és mellékhelyiségek
B	Irodaterületek	
C	Emberek gyülekezésére alkalmas területek (az A, B, és D osztályban felsorolt területek kivételével)	C1: Asztalokkal ellátott födémterületek, stb. pl.: iskolák, kávéházak, vendéglők, éttermek, olvasó-termek, porták födémterületei
		C2: Rögzített ülőhelyekkel ellátott födémterületek pl.: templomok, színházak, mozik, konferenciatermek, előadótermek, gyűléstermek, várótermek, vasúti várótermek födémterületei
		C3: Emberek mozgását akadályozó tárgyak nélküli födémterületek pl.: múzeumok, kiállítótermek, stb. födémterületei; köz-épületek, irodaépületek, szállodák, kórházak és vasút-állomások előkertjeinek közlekedési célú födémterületei
		C4: Testmozgásra használt födémterületek pl.: tánctermekek, tornatermek, színpadok
		C5: Jelentős tömeg összegyülekezésére szolgáló födémterületek pl.: nyilvános eseményeket befogadó épületek, mint pl. hangversenytermek, sportcsarnokok, beleértve azok lelátóit, teraszait és közlekedési célú födémterületeit, vasúti peronok
D	Üzletek, bevásárlóközpontok	D1: Általános kiskereskedelmi üzletek födémterületei
		D2: Bevásárlóközpontok födémterületei

2/b táblázat: Tárolási és ipari célú födémterület-használati osztályok, épületek járműforgalmi és parkolási célú födémterületei

Osztályba sorolás	Tipikus használat	Példák
E	E1	Olyan födémterületek, ahol áruk felhalmozódása várható, beleértve ezek megközelítési útjait is
	E2	Ipari használat

F	Járműforgalmi és parkolási célra használt födémterületek könnyű járművek (≤ 30 kN összsúly, és a vezetőülésein kívül ≤ 8 ülés) számára	garázsok; parkolók, parkolóházak
G	Járműforgalmi és parkolási célra használt födémterületek közepesen nehéz járművek (két tengelyen > 30 kN, ≤ 160 kN összsúly) számára	megközelítési utak; szállítási útvonalak, tűzoltófelszerelések megközelítési útjai (≤ 160 kN összsúlyú járművek)

Az F osztályúra tervezett födémterületek megközelítését a tartószerkezetbe épített eszközökkel fizikailag korlátozni kell. Az F és G osztályúra tervezett födémterületeket megfelelő figyelmeztető jelzésekkel kell ellátni.

2/c. táblázat: A tetők osztályozása

Osztályba sorolás	Tipikus használat
H	A szokásos fenntartási és javítási munkáktól eltekintve nem járható tetők
I	Az A-D födémterület-osztályoknak megfelelő célra igénybe vett tetők
K	Különleges célokra, mint pl. helikopter-leszállóhelyként használt tetők

A helikopter-leszállóhelyként működő és tetőkkel és targoncák közlekedésére tervezett födémekkel kapcsolatos részletre ez az ismertetés nem terjed ki. A vonatkozó részletek megtalálhatók a MSZ EN 1991-1-1 szabványban.

2.3.2. A födémterületek hasznos terhei

A hasznos terhek számításba veendő értékeit 60-110 évvel ezelőtt csak konvenciók, vagy durva becslések alapján állapították meg. A konvenciók az idők során mindig úgy módosultak, hogy a számításba veendő értékek folyamatosan csökkentek ld. Bölskei [8]:

3. táblázat: Magyar előírások szerinti hasznos terhek [kp/m^2]

A helyiség rendeltetése	Az előírás kiadási éve			
	1984	1927	1936	1953
Lakóhelyiség	300	250	200	150
Iskola	400	300	200	300
Kórház	-	300	200	200
Irodaház	400	300	200	200

A 2. és 3. táblázatokban szerepelnek az EC (EN 1991-1-1) eredeti ajánlásai és a Nemzeti Mellékletben (MSZ EN 1991-1-1 NM) előírt értékek. Ahol a táblázatokban az EC (EN 1991-1-1) a terhekre egy tartományt ad meg, ott a nemzeti mellékletek számára ajánlott érték aláhúzva szerepel. Mint megfigyelhető a Magyar Nemzeti Melléklet az ajánlásokat általában elfogadja.

Az „A”, „B”, „C”, „D” épület-osztályok esetében használható esetleges jellegűnek tekintendő födém-terhek karakterisztikus értékeit (az eddigi hazai szóhasználat szerint: a terhek alapértékeit) 4. táblázatban adjuk meg. A táblázatban adott Q_k koncentrált terhet jelent, amit 50 mm oldalhosszúságú négyzet felületen egyedül (q_k -tól függetlenül) működőnek kell venni, a szerkezet bármely pontján.

A két teher nem egyidejű alkalmazása esetén ajánlott értékek aláhúzva jelennek meg. A q_k -t az általános hatásokból származó igénybevételek meghatározásához, a Q_k -t a helyi hatások vizsgálatához kell alkalmazni.

4. táblázat: Födémek, erkélyek és lépcsők hasznos terhei épületek esetén

Osztályba sorolás	q_k [kN/m ²]		Q_k [kN]	
	EN 1991-1-1 ajánlás	MSZ EN 1991-1-1 NM	EN 1991-1-1 ajánlás	MSZ EN 1991-1-1 NM
A osztály				
- Födémek	1,5- <u>2,0</u>	2.0	<u>2,0</u> -3,0	2.0
- Lépcsők	<u>2,0</u> -4,0	2.0	<u>2,0</u> -4,0	2.0
- Erkélyek	<u>2,5</u> - 4,0	2.5	<u>2,0</u> -3,0	2.0
B osztály	2,0- <u>3,0</u>	3.0	1,5- <u>4,5</u>	4.5
C osztály				
- C1	2,0- <u>3,0</u>	3.0	3,0- <u>4,0</u>	4.0
- C2	3,0- <u>4,0</u>	4.0	2,5-7,0 (<u>4,0</u>)	4.0
- C3	3,0- <u>5,0</u>	5.0	<u>4,0</u> -7,0	4.0
- C4	4,5- <u>5,0</u>	5.0	3,5- <u>7,0</u>	7.0
- C5	<u>5,0</u> -7,5	5.0	3,5- <u>4,5</u>	4.5
D osztály				
- D1	<u>4,0</u> -5,0	4.0	3,5-7,0 (<u>4,0</u>)	4.0
- D2	4,0- <u>5,0</u>	5.0	3,5- <u>7,0</u>	7.0

A nagyobb összefüggő födém-terület esetében, ha azt egyetlen használó veszi igénybe, akkor a táblázati q_k egyenletesen megoszló terhet az A-tól E-ig terjedő épület-osztályokban csökkenteni lehet

$$\alpha_A = 5/7 * \psi_0 + A_0/A \quad (3/a)$$

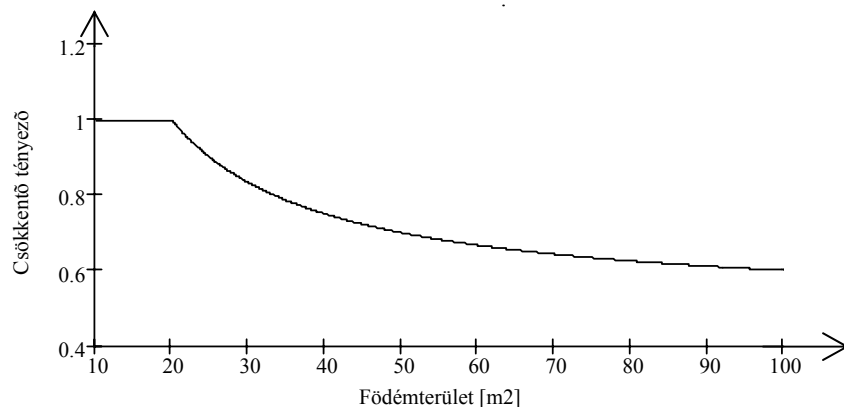
szorzótényező (2. ábra) alkalmazásával, ahol

ψ_0 – az EN 1990 A1. mellékletének A1.1. táblázata szerinti kombinációs tényező.

Az A-D kategóriában $\psi_0 = 0.7$. Az E kategóriában (5/a táblázat) $\psi_0 = 1$.

$A_0 = 10,0 \text{ m}^2$

A -- a terhelt födémterület

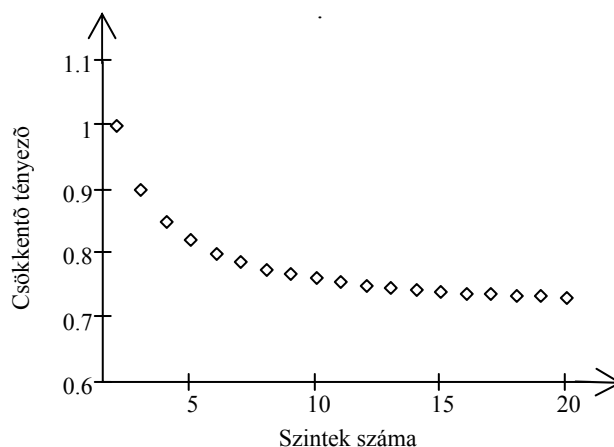


2. ábra: Az α_A csökkentő tényező a födémterület függvényében ($\psi_0 = 0.7$).

A függőleges tartórészek esetében, ahol több födémről származó hasznos teher mértékadó, akkor a terhek

$$\alpha_n = \frac{2 + (n - 2)\Psi_0}{n} \quad (3/b)$$

csökkentő tényezővel (3. ábra) szorozhatók.



3. ábra: Az α_n csökkentő tényező a szintszám függvényében

Az „E”, „F”, „G” épület-osztályok esetében használható födém-terhek karakterisztikus értékeit 5/a táblázat tartalmazza. Ebben megadjuk az EC (EN 1991-1-1) eredeti ajánlásait, valamint a Nemzeti Mellékletben (MSZ EN 1991-1-1 NM) szereplő értékeket. A járművel járható födécek F osztályában a jármű összsúly ≤ 30 kN, míg a G osztályban 30 kN $<$ jármű összsúly ≤ 160 kN.

5/a táblázat: Tárolási célú födémterületek hasznos terhei

Osztályba sorolás	q_k [kN/m ²]		Q_k [kN]	
	EN 1991-1-1 ajánlás	MSZ EN 1991-1-1 NM	EN 1991-1-1 ajánlás	MSZ EN 1991-1-1 NM

E1	7,5	7.5	7,0	
F	1,5- <u>2,5</u>	2.5	10- <u>20</u>	20
G	5,0	5.0	40- <u>90</u>	90

Olyan födémterületeken, melyek tárolási célokat szolgálnak, a függőleges terhek karakterisztikus értékét a sűrűség és a rakodási magasság felső tervezési értékének figyelembevételével kell felvenni. Ha a tárolt anyag a falakat, stb. vízszintes erővel terheli, akkor a vízszintes erőt az MSZ EN 1991-4 alapján kell meghatározni.

Iratok és könyvek tárolására szolgáló födémterületek terheit a terhelt terület nagysága, a könyvrekeszek magassága és a megfelelő sűrűségértékek figyelembevételével kell meghatározni.

Különböző ipari célú födémterületek terheit az előírányzott használat jellege és a telepítendő berendezések figyelembevételével kell meghatározni. Ahol gépi berendezéseket, mint pl. darukat, mozgó gépeket, stb. telepítenek, ott ezek tartószerkezetre gyakorolt hatását az EN 1991-3 szerint kell meghatározni.

A nem járható – H födémterület-osztályba tartozó – tetők hasznos terheinek legkisebb Q_k és q_k karakterisztikus értékeit az 5/b. táblázat tartalmazza.

5/b táblázat: H födémterület-használati osztályba tartozó tetők hasznos terhei

Osztályba sorolás	q_k [kN/m ²]		Q_k [kN]	
	EN 1991-1-1 ajánlás	MSZ EN 1991-1-1 NM	EN 1991-1-1 ajánlás	MSZ EN 1991-1-1 NM
H	0.4	1.0	0.4	1.0

A 5/b. táblázatban megadott minimális értékek nem veszik figyelembe a fenntartási munkák során fellépő, ellenőrizetlen építőanyag-felhalmozódás lehetőségét.

Külön vizsgálatokat kell végezni tetők esetén az egymástól függetlenül működőnek feltételezett Q_k koncentrált teher és a q_k egyenletesen megoszló teher figyelembevételével.

A külön héjalás nélküli tetőszerkezeteket úgy kell megtervezni, hogy egy 50 mm oldalhosszúságú, négyzet alakú területen működő 1,5 kN nagyságú terhet képesek legyenek elviselni. Az alakzatban, vagy szakaszosan fektetett héjalást hordó tető tartószerkezetei elemeit úgy kell megtervezni a Q_k koncentrált teherre, hogy az a teherelosztó elemek figyelembevételével meghatározott hatékony területen működik.

2.3.3 Korlátok, mellvédek és válaszfalak vízszintes terhei

A válaszfalak vízszintes terhét és a nem magasabb, mint 1,20 m magasán működő, ember okozta vízszintes korlát-terhet az alábbi, 6. táblázatban adjuk meg a hozzátartozó födém-osztály függvényében. Nyilvános események színhelyéül szolgáló stadionokat, gyülekező helyeket stb. C5 osztályúnak kell tekinteni.

6. táblázat: Elválasztó falak és mellvédek vízszintes terhei

Osztályba sorolás	q_k [kN/m]
-------------------	--------------

	EN 1991-1-1 ajánlás	MSZ EN 1991- 1-1 NM
A	0,2-1,0 (<u>0,5</u>)	0.5
B és C1	0,2-1,0 (<u>0,5</u>)	0.5
C2-C4 és D	0,8- <u>1,0</u>	1.0
C5	<u>3,0</u> -5,0	3.0
E	0,8- <u>2,0</u>	2.0

Nyilvános események során túlsúfoltta válható területeken, pl. sportstadionok, lelátók, színházak, gyűléstermek vagy előadótermek, a vonal menti terhet a C5 födémterület-osztálynak megfelelően kell felvenni.

3. Épületek szélterhe

3.1 A szélnyomás tervezési értéke

Az alábbi ismertetés legfeljebb 100 m magasságú, zárt épületek szélterhének felvételével és meghatározásának módjával foglalkozik. Az EC-1 szerint az ilyen magasságú épületek dinamikai hatásokra nem érzékenyek, így ezen ismertetés nem tárgyalja a szél dinamikus hatásait; ezen kívül nem foglalkozik a szélsúrlódás kérdéseivel sem.

Az EC-1 szerint a szél hatásai a felületre merőleges szélnyomás, vagy szélerők formájában modellezhetők. A továbbiakban csak a felületi szélnyomásokat tartalmazó modell kerül ismertetésre.

Az épületekre ható szélnyomás két összetevője az épület külső felületeire működő ún. külső nyomás és a belső felületekre működő ún. belső nyomás. Mivel egy zárt épületben a belső nyomás az épület egészének erőtan vizsgálatakor önmagában egyensúlyi erőrendszert képez, így a továbbiakban csak a külső nyomások tárgyalására kerül sor.

Egy épület adott külső felületére működő szélnyomás tervezési értéke:

$$w_d = \gamma_w w_e \quad (4)$$

ahol:

- w_e az épület külső felületén működő szélnyomás karakterisztikus értéke,
- γ_w a szélhatás parciális tényezője, $\gamma_w=1,5$.

Megjegyezzük, hogy a szélterhet illetően is fölmerülhet rendkívüli tervezési helyzet. Ilyen eset, ha valamely zártnak tekinthető épület ablakai, ajtói viharban nyitva maradnak. Ekkor azok a homlokzat olyan szerkezeti elemek szokásos körülmények között csak egyoldali szélterhnek vannak kitéve, egyszerre kapnak egyik oldalukon szélnyomást, míg a mási oldalukon szélszívást. Az épületen belüli szerkezeti elemek, pl. nyitott ablakkal szemben lévő válaszfal, mely szokásos körülmények között nem lenne kitéve szélhatásnak ilyen esetben egyoldali szélnyomást, vagy szélszívást kap.

3.2 Az épület külső felületein működő szélnyomás a terepadottságokkal összefüggésben

Az EC a szélnyomás karakterisztikus értékét 0.02 valószínűségű túllépésben határozza meg. Ezen szélhatás ismétlődésére 50 évenként kell számítani.

A szélnyomás a szélsébségből valamilyen z magasságban a alábbi összefüggéssel számítható:

$$q_p = q_b c_e(z) \quad (5)$$

ahol:

q_b az átlagos torlónyomás, ami egyben a szélteher karakterisztikus értékét jelenti és a következőképpen számítható:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2 \quad (6)$$

melyben:

ρ a levegő tengerszint feletti magasságtól, hőmérséklettől és légköri nyomástól függő sűrűsége, általános esetben értéke $1,25 \text{ kg/m}^3$ -nek tetelezhető fel;

v_b a szélsősebesség referenciaértéke, mely az EN 1991-2-4 4.2 fejezetében meghatározott körülményekre vonatkozik. Magyarország területén ennek értékét – ha részletesebb vizsgálat nem készül – 20 m/s -ra kell felvenni.

A fenti értékeket behelyettesítve, Magyarország területén $q_b = 0,25 \text{ kN/m}^2$ veendő számításba.

z referencia magasság (értéke az épület geometriai alakjától függ, tárgyalására 3.3 pontban) a külső nyomás számításához a 4. ábra szerint;

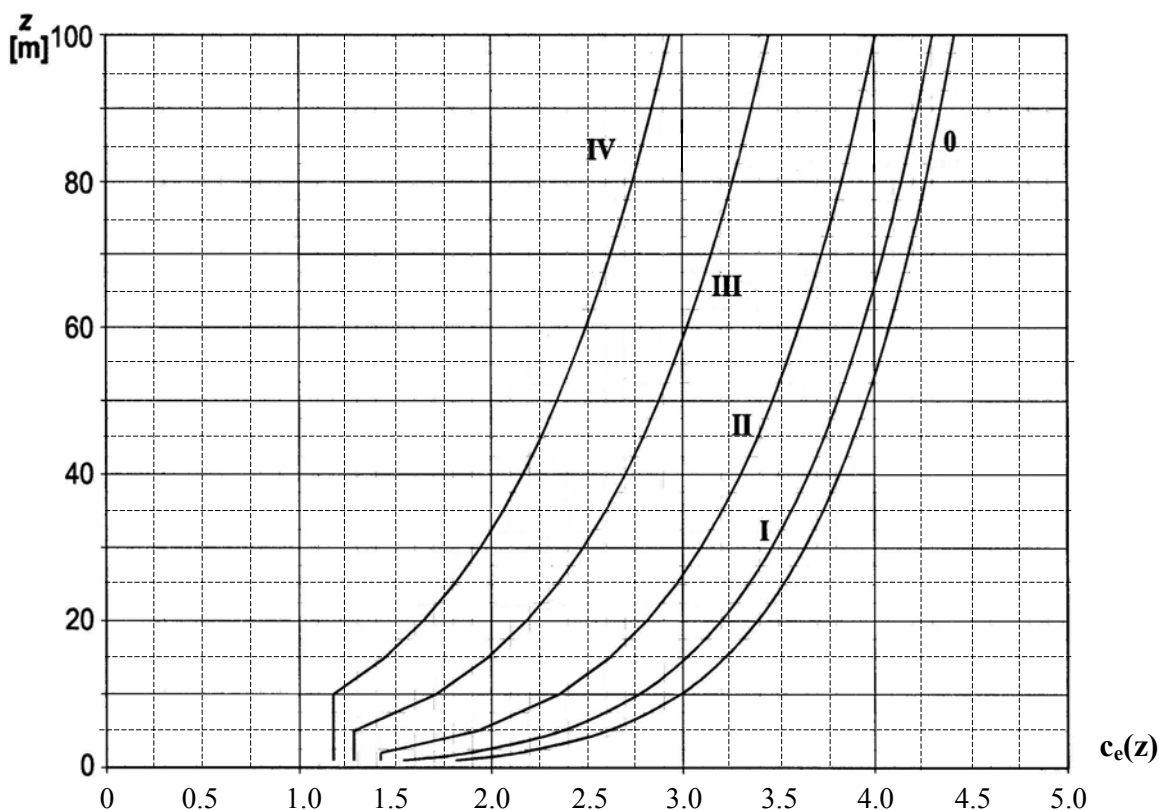
$c_e(z)$ a helyszíntényező, melynek értékét a terep tulajdonságai (beépítettségi kategóriák, terep tagoltsága) és a z terepszint feletti, ún. referenciamagasság függvényében lehet meghatározni a 7. táblázat szerinti besorolás mellett a 4. ábra alapján.

A beépítettségi kategóriákat a 7. táblázat tartalmazza:

7. táblázat: Beépítettségi kategóriák

Beépítettség kategóriák	
0.	Nyílt tenger, parti terület, kitéve a tenger felől fújó szél hatásának
I.	Tavak; szélirányban legalább 5 km hosszú tó; sima szárazföldi terület, akadályok nélkül
II.	Mezőgazdasági terület kerítésekkel, elszórtan mezőgazdasági építményekkel, házakkal vagy fákkal
III.	Külvárosi vagy ipari övezet; állandó erdők
IV.	Városi övezet, ahol a földfelület legalább 15 % -át olyan épületek fedik, amelyek átlagos magassága legalább 15 m

Hegyvidéken, ahol a szélsősebességet a terep tagoltsága jelentősen befolyásolja, egy $c_t(z)$ ún. topográfiai tényezőt is figyelembe kell venni $c_e(z)$ számításakor.



4. ábra: A $c_e(z)$ helyszíntényező értéke

A szélhatás modellezésének, valamint a v_b szélsébség számításának itt nem tárgyalt további részleteit az EN 1991-1-4 szabvány 4. fejezete tartalmazza.

3.3. Épületek külső nyomási tényezői

Az épületek külső felületeire ható szélnyomás:

$$w_e = q_p(z_e) c_p \quad (7)$$

ahol:

- z_e az a) pont szerinti referencia magasság,
- $q_p(z_e)$ referencia magasságtól függő szélnyomás,
- c_{pe} a külső nyomási tényező, értékeit épületek esetére e fejezet tartalmazza. Ennek további részleteit az EN 1991-1-4 szabvány 7. fejezetében találhatók.

Épületek, és azok egyes részein figyelembe veendő c_{pe} külső nyomási tényező azon A felület nagyságának függvényében határozható meg, amelyre a szélnyomás (szélszívás) nagyságát számítani akarjuk. Az összefüggés a következő:

$$c_{pe} = c_{pe,1} \quad \text{ha } A \leq 1 \text{ m}^2;$$

$$c_{pe} = c_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) \log_{10} A \quad \text{ha } 1 \text{ m}^2 < A < 10 \text{ m}^2;$$

$$c_{pe} = c_{pe,10} \quad \text{ha } 10 \text{ m}^2 \geq A,$$

ahol: $c_{pe,1}$ ill. $c_{pe,10}$ az $A = 1 \text{ m}^2$ ill. $A = 10 \text{ m}^2$ terhelt felülethez tartozó c_{pe} értékek, a számszerű értékeiket a következő táblázatok tartalmazzák.

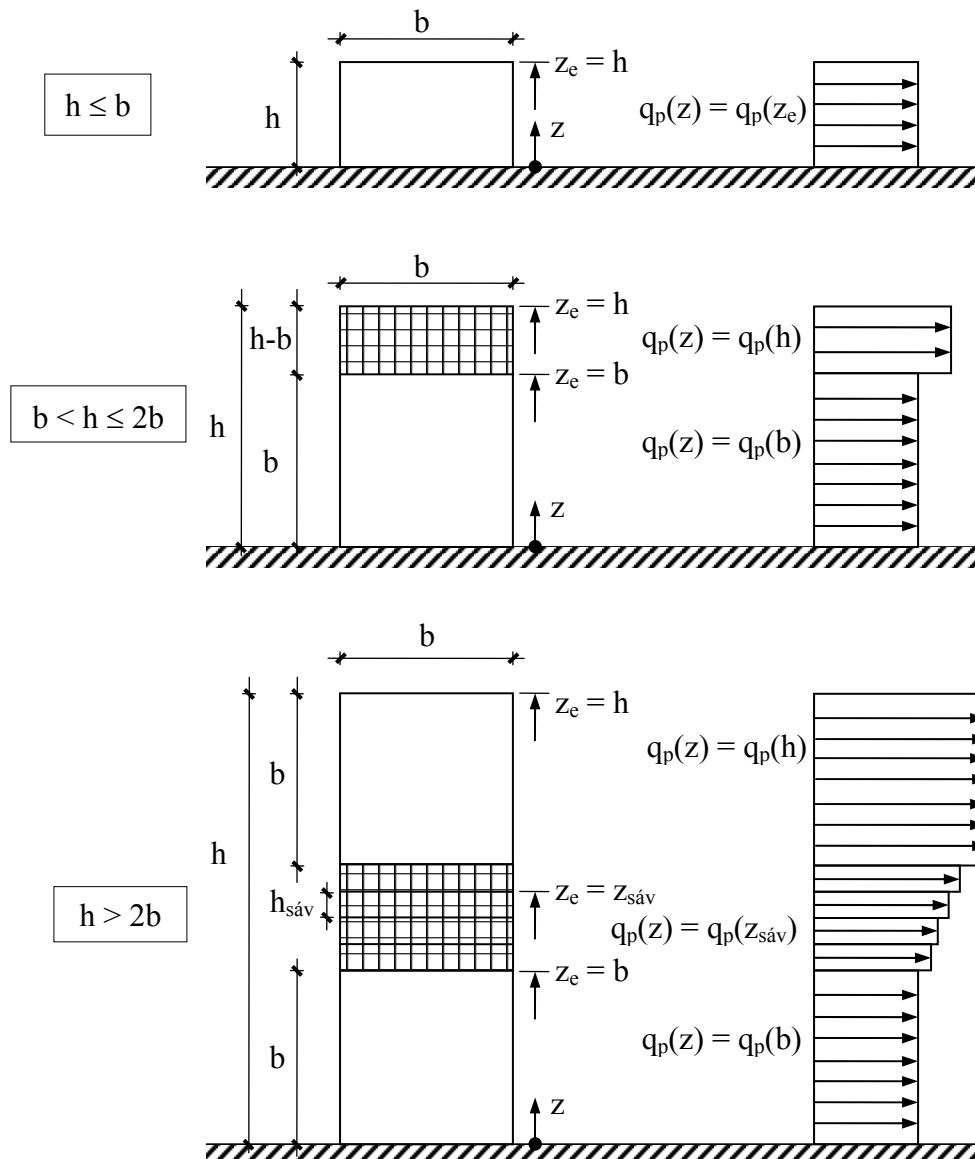
A vizsgált épület szerkezeti elemire ható összegzett szélterő az alábbi:

$$F_w = c_s c_d \sum_{\substack{\text{felület} \\ \text{elemek}}} w_e A_{ref} \quad (8)$$

ahol:

$c_s c_d$ szerkezeti tényező, mely a méret tényező (c_s) és a szélhatás dinamikussági tényezőjének (c_d) szorzata. E szorzat értéke szokványos esetekben 1. Az ettől eltérő esetekre vonatkozó szabályozást a EN 1991-1-4 szabvány 6. fejezete tartalmazza.

A_{ref} az egyes részterületek nagysága.

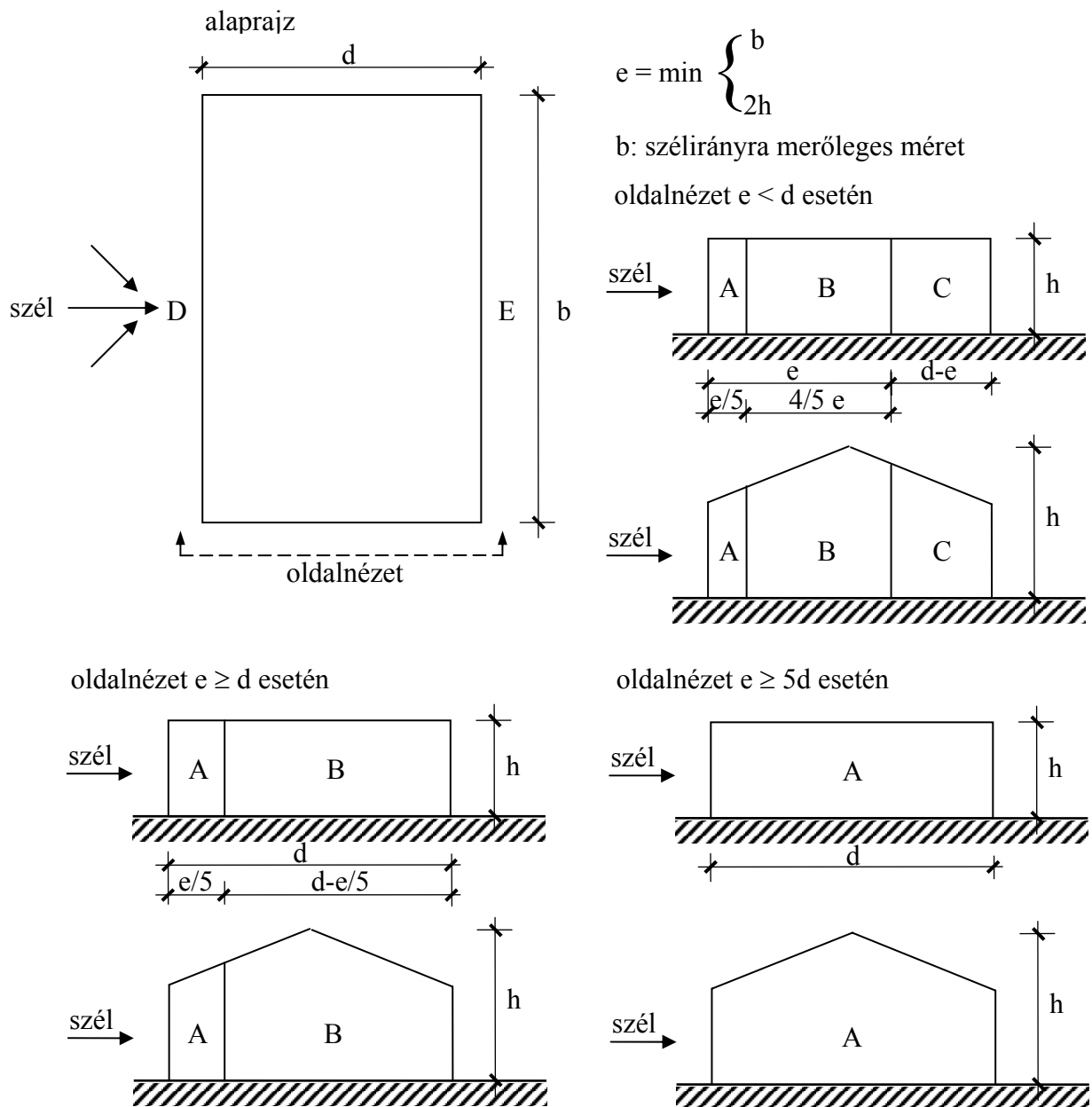


5. ábra: A z_e referenciamagasság értékei téglalap alaprajzú épületek függőleges oldalfalain.

A széltámadta oldalfal magassága mentén értelmezett különböző zónák nagyságát és az egyes zónákban figyelembe veendő z_e referenciamagasságot a 4. ábra szerint kell felvenni a széltámadta oldalfal h/b aránya alapján, ahol h a széltámadta oldalfal magassága, b pedig a szél irányára merőleges szélességi méret.

- A széltámadta oldalfalat $h \leq b$ estén egységesen kell kezelni.
- Ha $b < h \leq 2b$, akkor az oldalfalat két részre kell osztani.
- Ha $h > 2b$ akkor az oldalfalat több részre kell osztani. A felső és az alsó rész magassága a b mérettel egyezik, a kettő között sávokat veszünk fel az ábrával összhangban.

A 6. ábra alaprajzi nézetében értelmezett A, B, C, D és E zónáihoz tartozó $c_{pe,1}$ ill. $c_{pe,10}$ tényezők a 8. táblázatban találhatók. Az A, B és C zónák önmagukban egyensúlyi erőrendszert alkotnak, ezért a teljes épület merevítő rendszerének az ábrán megadott irányú szélteherre történő vizsgálatakor az ezekre ható szélteher figyelmen kívül hagyható.



6. ábra: Téglalap alaprajzú épületek zónái szélteherre a c_{pe} tényezők meghatározásához

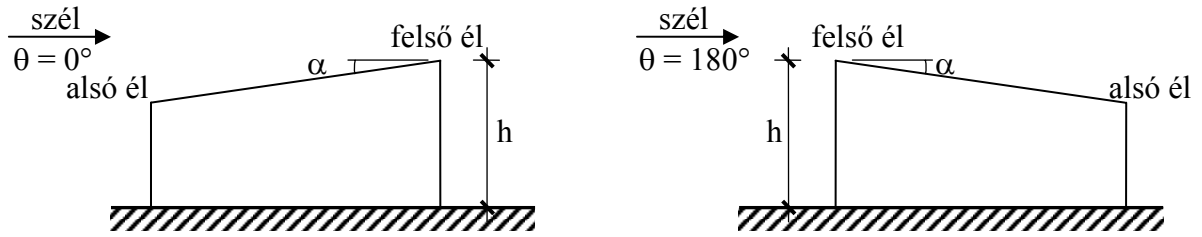
8. táblázat: Téglalap alaprajzú épületek függőleges oldalainak $c_{pe,1}$ és $c_{pe,10}$ külső nyomási tényezői

Zóna	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		0,8	1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		0,8	1,0	-0,5	
< 0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		0,7	1,0	-0,3	

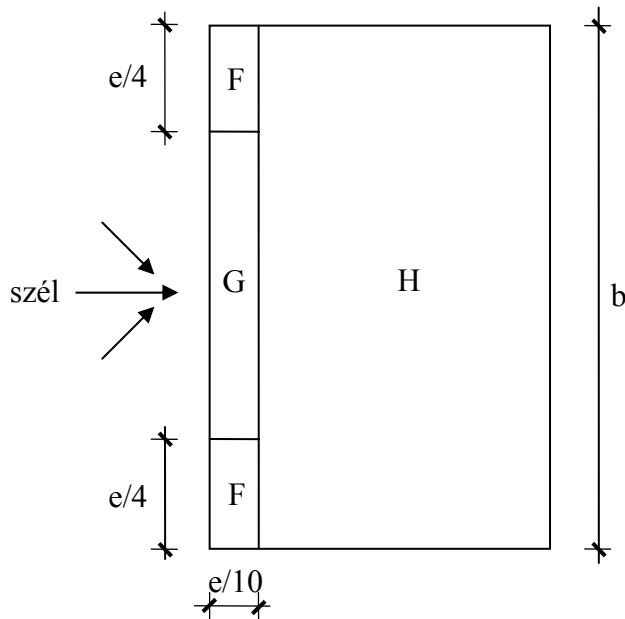
A $d/h = 1$ ill. $d/h = 10$ közé eső értékekre lineáris interpoláció alkalmazandó.

A szabályzat további részébe a lapostetők, fél-nyeregtetők és nyeregtetőkre vonatkozó alaprajzi zónáit, a szélirány értelmezését, a referenciamagasságot, és a c_{pe} külső nyomási tényezőit találjuk, közülük most a fél-nyeregtetőre vonatkozó adatokat adjuk meg.

A félnyereggtető alaprajzi zónái és a szélirány értelmezése a 8. ábrán látható. A referenciamagasságot $z_e = h$ -ra kell felvenni, ahol h értelmezését ugyancsak a 8. ábra adja meg.



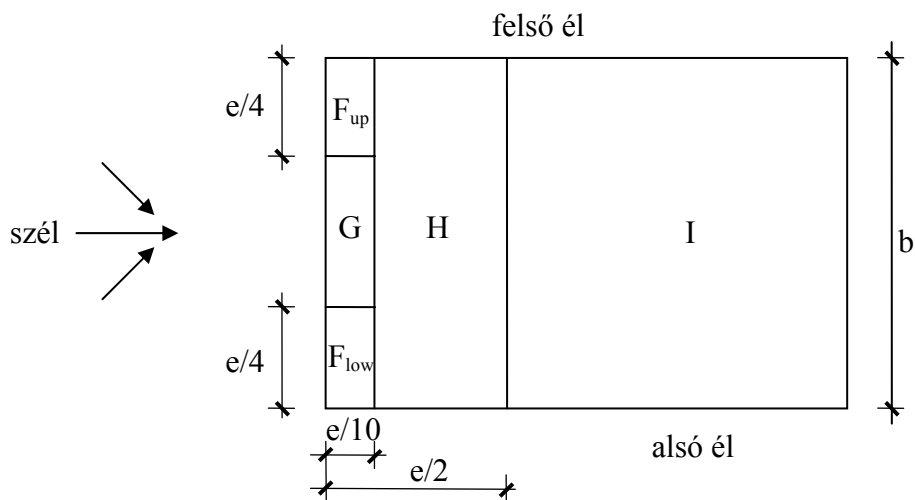
(a) általában



(b) szélirány $\theta = 0^\circ$ és $\theta = 180^\circ$

$$e = \min \begin{cases} b \\ 2h \end{cases}$$

b: szélirányra merőleges méret



8. ábra: Félnyereggtetők alaprajzi zónái szélteherre

Az egyes zónákra figyelembe veendő külső nyomási tényezők a 9. táblázatban találhatóak a tetőhajlás függvényében. Közbeső tetőhajlások esetén az azonos előjelű értékek között lineáris interpoláció alkalmazható.

9/a táblázat: Félnyereg tetők külső nyomási tényezői a tetőhajlás függvényében $\theta = 90^\circ$ szélirányhoz

Tető-hajlás α	Zónák $\theta = 90^\circ$ szélirányhoz									
	$F_{\text{felső}}$		$F_{\text{alsó}}$		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-2,1	-2,6	-2,1	-2,4	-1,8	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
15°	-2,4	-2,9	-1,6	-2,4	-1,9	-2,5	-0,8	-1,2	-0,7	-1,2
30°	-2,1	-2,6	-1,3	-2,0	-1,5	-2,0	-1,0	-1,3	-0,8	-1,2
45°	-1,5	-2,4	-1,3	-2,0	-1,4	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
60°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,7	-1,2
75°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,5	

9/b táblázat: Félnyereg tetők külső nyomási tényezői a tetőhajlás függvényében $\theta = 0^\circ$ és $\theta = 180^\circ$ szélirányhoz.

Tető-hajlás α	Zónák $\theta = 0^\circ$ szélirányhoz						Zónák $\theta = 180^\circ$ szélirányhoz					
	F		G		H		F		G		F	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
	+0,0		+0,0		+0,0							
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2
	+0,2		+0,2		+0,2							
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-1,1	-2,3	-0,8	-1,5	-0,8	
	+0,7		+0,7		+0,4							
45°	+0,0		+0,0		+0,0		-0,6	-1,3	-0,5		-0,7	
	+0,7		+0,7		+0,6							
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	

4. Épületek hőterhei

4.1 A hőteher tervezési értéke

Az alábbi ismertetés épületek gyakrabban előforduló tetőszerkezeteken figyelembe veendő hőterhek felvételével és meghatározásának módjával foglalkozik 1500 m-t meg nem haladó tengersizint feletti magasságban.

Nem tárgyalja a tető szélén túlnyúló hó, a hófogók és az egyéb akadályok hőterheinek modellezését.

A tetők hőterhének tervezési értékét a következő összefüggés adja meg:

$$s_d = \gamma_s s \quad (9)$$

ahol:

s : a vízszintessel a szöget bezáró tetők vízszintes vetületére vonatkoztatott függőleges irányú hóteher alapértéke, lásd 4.1 fejezet,

γ_s : a hóteher parciális tényezője, $\gamma_s = 1,5$.

4.2 A hóteher alapértéke

A vízszintessel a szöget bezáró tetők vízszintes vetületére vonatkoztatott függőleges irányú hóteher alapértéke – amennyiben szél hatására még nem történt átrendeződés – a következő összefüggésből kell számítani:

$$s = \mu_i C_e C_t s_k \quad (10)$$

ahol:

μ_i a hóteher alaki tényezője és ennek értékei nyeregtetők esetére a 4.3. pontban található.

A a talaj felszínének tengerszint feletti magassága [m]-ben.

C_e a szél miatti csökkentő tényező, értéke szokásos időjárási viszonyok esetén 1,0.

E tényező 1,0-nél kisebb értékeivel vehető figyelembe az erőteljes szél hóterhet csökkentő hatása.

C_t a hőmérsékleti csökkentő tényező, értéke szokásos hőszigetelésű tetők esetén 1,0.

E tényező 1,0-nél kisebb értékeivel vehető figyelembe a tetőn keresztüli intenzív hőveszteség hóterhet csökkentő hatása.

s_k a felszíni hóteher karakterisztikus értéke.

Az s_k felszíni hóteher karakterisztikus értékét Magyarország területén a következő összefüggés adja:

$$s_k = 0,25 \left(1 + \frac{A}{100} \right) \left[\frac{kN}{m^2} \right] \quad (11)$$

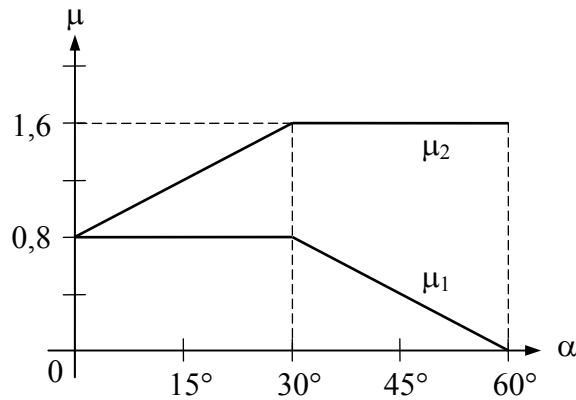
de: Magyarországon $s_k \geq 1,25 \text{ kN/m}^2$.

A hóteher alsó korlátja Magyarországon $1,25 \text{ kN/m}^2$, mely 400 m tengerszint feletti magasságnak felel meg.

4.3 A hóteher alaki tényezői

A következő ismertetés a nyeregtetők alaki tényezőit tárgyalja és nem foglalkozik a donga alakú tetők alaki tényezőivel, valamint a tetőmagasság hirtelen változása és a tetőből kiálló akadályok miatt létrejövő hófelhalmozódáshoz tartozó alaki tényezőkkel.

A nyeregtetők következőkben ismertetésre kerülő változataihoz tartozó μ_i alaki tényezők összefoglalása a 4.3.1. ábrán illetve a 4.3.1. táblázatban látható, ahol α a tetősík vízszintessel bezárt hajlásszöge:



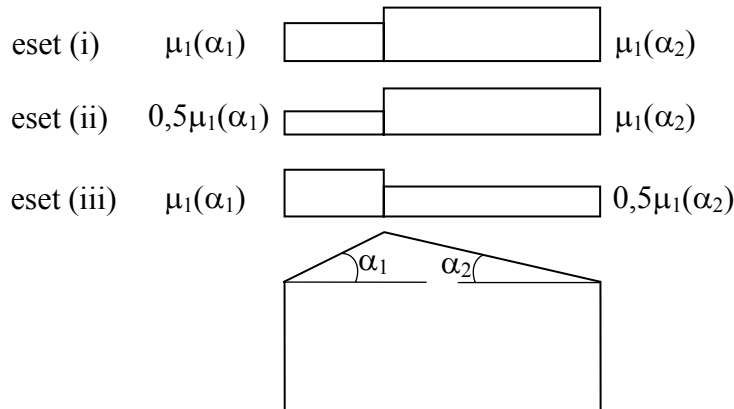
9. ábra: Nyeregtetők alaki tényezőinek összefoglalása.

10. táblázat: Nyeregtetők hóterhének alaki tényezői a tetőhajlás függvényében

A tető hajlásszöge	$0^\circ < \alpha < 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha > 60^\circ$
μ_1 alaki tényező	0,8	$0,8 (60 - \alpha) / 30$	0,0
μ_2 alaki tényező	$0,8 + 0,8 \alpha / 30$	1.6	-

A táblázatban: μ_1 alaki tényező a félnyereg- és nyeregtetőknél,
 μ_2 alaki tényező az összekapcsolódó nyeregtetőknél játszik szerepet.

A figyelembe veendő teherelrendezéseket a 10. ábra mutatja, a hozzájuk tartozó alaki tényezők számítási összefüggéseit és értékeit a 10. táblázat tartalmazza. Az (i) jelű a szélhatás nélküli, míg az (ii) és az (iii) jelű a szél hatására módosult teheresetet mutatja. Ezek közül értelemszerűen a vizsgált hatás szempontjából mértékadót kell kiválasztani.



10. ábra: Nyeregtetők hóterhének teherelrendezései.

Hasonlóan a félnyereg tetők esetéhez ha a tetőn attikafal, hófogó vagy egyéb, a hó lecsúszását akadályozó szerkezet van, akkor a hóterh μ_1 alaki tényezőjének minimális értéke 0,8.

4. Példák a födémek teherkombinációira

4.1 Teherkombináció lakóépületi közbenső födémszint esetén

Alkalmazzuk a fenti kombinációkat gyakorlati esetekhez kapcsolódóan. Az alábbi példákban szereplő állandó – ill. esetleges terhek karakterisztikus értékek.

Tekintsünk először egy lakóépület valamely közbenső födémét. Az illető szerkezeti elem kategóriába sorolása a 2.a. táblázat szerint „A”, így a födém egyenletesen megoszló terhének karakterisztikus értéke a 4. táblázat szerint: $q_k = 2 \text{ kN/m}^2$. A födém legyen 15 cm vasbeton lemez, rajta valamilyen úsztatott padlószerkezet található, alsó oldalára 1.5 cm vakolatot hordtak fel. A födém önsúlyának karakterisztikus értéke $g_k = 5.5 \text{ kN/m}^2$. Részletes erőtani vizsgálathoz a teher p_d tervezési értékét kell meghatározni. Felhasználva a parciális - és kombinációs tényezők vonatkozó értékeit (MSZ EN 1990) a födémteher p_d tervezési értékére az alábbi módon aktualizálható:

$$p_d = \max \begin{cases} \gamma_{Gj,\text{sup}} g_k + \gamma_{Q,1} \psi_{0,q} q_k = 1.35 g_k + 1.5 \cdot 0.7 q_k \\ \xi_j \gamma_{Gj,\text{sup}} g_k + \gamma_Q q_k = 0.85 \cdot 1.35 g_k + 1.5 q_k \end{cases} \quad (12/a)$$

A fenti összefüggésben foglalt két kombináció közül a nagyobb értéket adó felső lesz a mértékadó:

$$p_d = 9.525 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad (12/b)$$

4.2 Teherkombináció irodaépületi közbenső födém szintre feszített betonszerkezet esetén

A második példa egy nagy-teres irodaépület feszített belső födémje. Ekkor az önsúly és a hasznos teher mellett külpontos feszítőerő is működik. Mivel a terhek eltérő jellegűek ezért a kombinációk csak az igénybevételekkel képezhetők. A lemez valamely pontjában (és valamelyik irányban) a mértékadó axiális igénybevételek tervezési értékei (m_d fajlagos nyomtér és n_d fajlagos normálerő) az alábbi kombinációkból határozható meg:

$$(m_d; n_d) = \max \begin{cases} m(\gamma_P M_k); n(\gamma_{Gj,\text{sup}} g_k "+" \gamma_P P_k "+" \gamma_{Q,1} \psi_0 q_k) \\ m(\gamma_P M_k); n(\xi_j \gamma_{Gj,\text{sup}} g_k "+" \gamma_P P_k "+" \gamma_Q q_k) \end{cases} \quad (13)$$

A fenti kombinációban a kerek zárójel előtti m ill. n azt fejezi ki, hogy a teherkombináció különböző típusú összetevőiből meg kell határozni a fajlagos nyomtér és a fajlagos normálerőt.

Feszített szerkezeti elemet, a feszítőerő időben lejátszódó veszteségei miatt a feszítőerő ráengedésekor ($t=0$) és az élettartam végén ($t=\infty$) is ellenőrizni kell. A feszítőerő ráengedésekor még nincs hasznos teher, ezért várhatóan a negatív nyomtér lesz kritikus. Végállapotban, amikor a feszítőerő némileg csökkent és a hasznos teher jelen van, akkor a pozitív nyomtér a veszélyesebb. Ennek megfelelően a $t=0$ időpontban:

$$(m_d; n_d)_{t=0} = \max \begin{cases} m(1.1 M_{k,t=0}); n(1.35 g_k "+" 1.1 P_{k,t=0} "+" 1.5 \cdot 0.7 q_k) \\ m(1.1 M_{k,t=0}); n(0.85 \cdot 1.35 g_k "+" 1.1 P_{k,t=0} "+" 1.5 q_k) \end{cases} \quad (14)$$

és a $t=\infty$ időpontban:

$$(m_d; n_d)_{t=\infty} = \max \begin{cases} m(0.9 M_{k,t=\infty}); n(1.35 g_k "+" 0.9 P_{k,t=\infty} "+" 1.5 \cdot 0.7 q_k) \\ m(0.9 M_{k,t=\infty}); n(0.85 \cdot 1.35 g_k "+" 0.9 P_{k,t=\infty} "+" 1.5 q_k) \end{cases} \quad (15)$$

kombinációk adják a vizsgálandó igénybevétel-párok tervezési értékeit, melyeket a vizsgált keresztmetszet teherbírasi vonalával kell összevetni.

4.3 Járható lapos tetőfödém

4.3.1 Tetőfödém teher tervezési értéke a teherbírasi határállapot vizsgálatához

A következő példa egy lakóépület járható lapos tetőfödémje. A födémre – végleges állapotban – szél- és hóteher hat. A teherbírasi határállapot ellenőrzésére szolgáló kombinációban vizsgálandó, hogy hasznos -, a szél- vagy a hóteher kiemelése ad-e nagyobb értéket.

$$p_d = \max \begin{cases} \gamma_{G,\text{sup}} g_k + \gamma_Q \psi_{0,q} q_k + \gamma_Q \psi_{0,w} w_k + \gamma_Q \psi_{0,s} s_k \\ \xi \gamma_{G,\text{sup}} g_k + \gamma_Q q_k + \gamma_1 \psi_{0,w} w_k + \gamma_Q \psi_{0,s} s_k \\ \xi \gamma_{G,\text{sup}} g_k + \gamma_Q w_k + \gamma_Q \psi_{0,q} q_k + \gamma_Q \psi_{0,s} s_k \\ \xi \gamma_{G,\text{sup}} g_k + \gamma_Q s_k + \gamma_Q \psi_{0,q} q_k + \gamma_Q \psi_{0,w} w_k \end{cases} \quad (16/a)$$

A megfelelő parciális és kombinációs tényezőkkel:

$$p_d = \max \begin{cases} 1.35 g_k + 1.5 \cdot 0.7 q_k + 1.5 \cdot 0.6 w_k + 1.5 \cdot 0.6 s_k = 1.35 g_k + 1.05 q_k + 0.9 w_k + 0.9 s_k \\ 0.85 \cdot 1.35 g_k + 1.5 q_k + 1.5 \cdot 0.6 w_k + 1.5 \cdot 0.6 q_{\text{hó}} = 1.15 g_k + 1.5 q_k + 0.9 w_k + 0.9 s_k \\ 0.85 \cdot 1.35 g_k + 1.5 w_k + 1.5 \cdot 0.7 q_k + 1.5 \cdot 0.6 q_{\text{hó}} = 1.15 g_k + 1.5 w_k + 1.05 q_k + 0.9 s_k \\ 0.85 \cdot 1.35 g_k + 1.5 s_k + 1.5 \cdot 0.7 q_k + 1.5 \cdot 0.6 w_k = 1.15 g_k + 1.5 s_k + 1.05 q_k + 0.9 w_k \end{cases} \quad (16/b)$$

Megjegyezzük, hogy amennyiben az önsúly nem mutatkozna egyértelműen dominánsnak, akkor még további két esetet is meg kellene vizsgálni. Nem feledkezhetünk meg a hóteherre vonatkozó rendkívüli tervezési helyzetről sem. Az ennek megfelelő hatáskombináció:

$$p_{d,\text{rendkívüli}} = \gamma_{G,\text{sup}} g_k + C_{es1} s_k = 1.35 g_k + 2 s_k \quad (17)$$

Ebben a kombinációban a födém hasznos terhének valamint a széltehernek az egyidejűségi tényezője 0. A (3) és a (4) kombináció nem vonható össze, mivel rendkívüli tervezési helyzetben a teherbírasi oldalon az anyagszilárdságra vonatkozó parciális tényezők eltérőek, így a számított igénybevételeket más ellenállásokkal kell összehasonlítani.

4.3.2 A teher tervezési értéke a tetőfödém függőleges eltolódásának vizsgálatához

Ha a tetőfödém lehajlását szeretnénk vizsgálni, akkor az ehhez szükséges kvázi-állandó kombinációt az alábbi módon kell összeállítani.

$$g_{ser(c)} = g_k + \sum \psi_{2,i} Q_{k,i} = g_k + \psi_{2,q} q_k + \psi_{2,w} w_k + \psi_{2,s} s_k \quad (18/a)$$

A hasznos megoszló födémteher kombinációs tényezője $\psi_{2,q}=0.3$. A lehajlás számításában a meteorológiai terhek nem játszanak szerepet, azaz $\psi_{2,s} = \psi_{2,w} = 0$. Így a lehajlás számítására szolgáló teher:

$$g_{ser,c} = g_k + 0.3 q_k \quad (18/b)$$

Összefoglalás

A tartószerkezeteket érő Eurocode szerinti hatások általános áttekintése után a szerzők definiálják a hatások reprezentatív és karakterisztikus értékek, továbbá az egyedi hatásokra vonatkozóan tervezési érték fogalmát. Az épületek osztályba sorolása mellett a dolgozat ismerteti a födémek típusait és azok hasznos terheit. Ezt követően a dolgozat részletesen ismerheti a hőteher, továbbá a szélhatás fogalmát általában és példával illusztrálva, a hazai természeti adottságok mellett, azok számításba vehető értékeit.

Summary

After a global outline of the actions according to the Eurocode the authors define the representative and characteristic values of these actions and the concept of their design values. Besides classification of the buildings into load categories the paper gives an exposition of the floor-slab classes and their imposed loads. After this the paper gives a detailed review of the snow load and wind load and with the aid of some illustrating examples gives their design values in Hungarian conditions.

Irodalom

- [1] Farkas György dr.: A tartószerkezeti Eurocode-ok. Közúti és Mélyépítési Szemle 56. évfolyam 2006. május. Budapest.
- [2] Farkas Gy.- Lovas A.- Szalai K.: A tartószerkezeti tervezés alapjai Eurocode szerint. Közúti és Mélyépítési Szemle 56. évfolyam 2006. május. Budapest.
- [3] MSZ EN 1990 Eurocode: A tartószerkezeti tervezés alapjai (2003. augusztus 1.-én közzétett angol nyelvű változatának 2004. év május 1.-én megjelent magyar nyelvű változata).
- [4] Gulvanessian H.,-Calgaro J. A.,-Holicky M.: Designers' Guide to EN 1990, Eurocode: Basis of Structural design. Thomas Telford, London, 2002.
- [5] MSZ EN 1991-1-1 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások 1-1. rész: Általános hatások. Sűrűség, önsúly és az épületek hasznos terhei.
- [6] MSZ EN 1991-1-3 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások 1-3. rész: Általános hatások. Hőteher
- [7] EN 1991-1-4 Eurocode 1: Actions on Structures – General actions-Part1-4: Wind action
- [8] Szalai Kálmán: Vasbetonszerkezetek Műegyetemi Kiadó. Budapest, 1987, 1997.
- [9] Bölcskei E.,-Dulácska E.: Statikusok könyve. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1974.
- [10] Massányi T.,-Dulácska E.: Statikusok könyve. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1989.
- [11] Útügyi Műszaki Előírások ÚT 2-3.401:2004. Közúti hidak tervezése. Általános előírások. MAUT Budapest. 2004.
- [12] Kovács Tamás: Közúti hidak terhei az Eurocode szerint. Közúti és Mélyépítési Szemle 56. évfolyam 2006. ?. Budapest.