

1. Fejezet

Terhek felvétele az Eurocode szerint (szemelvények)

Összeállította:
Varga Géza egy. adjunktus

1. Önsúlyterhek karakterisztikus értéke (ENV 1991-2-1)

<u>TEHERFAJTA</u>	<u>ÉRTÉK</u> (kN/m ³)
Acél	77
Normálbeton	24
Cementhabarcs	19-23
Gipsz- vagy mészhabarcs	12-18
Alumínium	27
Fa	3-9
Homok	14-19
Polietilén, polisztirol	6,4
PVC	5,9
Sőr	10,3

2. Tetőteher (ENV 1991-2-1)

A tetőket 3 kategóriába soroljuk.

- 1 H kategória esetén a tetőt csak fenntartási, javítási vagy tisztítási (takarítási) célból tekintjük járhatónak. „Fenntartás és javítás” alatt itt csak kisebb munkákat szabad érteni (pl. festés), nagyobb javítási munkákat szerelési teherként kell kezelni.
- 1 I kategória esetén a tető mindennapos használatra járható, és a födémekre adott terheket (lásd 3. szakasz) kell alkalmazni.
- 1 K kategória esetén a tetőt különleges terhek terhelik, melyeket külön kell specifikálni (pl. helikopter-leszállóhely).

Födémek és tetők esetén a szabvány egy q_k megoszló és egy Q_k koncentrált terhet ad meg. A megoszló erő a vizsgált területen egyenletesen hat, a koncentrált teher egy 5 cm oldalhosszúságú négyzeten oszlik meg. Tető esetén két külön vizsgálatot kell végezni, csak a megoszló, illetve csak a koncentrált terhet feltételezve. A q_k megoszló teher mértékadó a globális vizsgálatokra, míg a Q_k koncentrált teher lokális vizsgálatok esetén lehet lényeges.

A megoszló erőkhöz tartozik egy α_A és egy α_N csökkentő tényező. Ezek a tényezők azt veszik figyelembe, hogy egy födémén nem egyszerre várható a maximális teherérték bekövetkezése (α_A), illetve egy oszlopot terhelő födémeken a maximális teherérték nem egyszerre működik (α_N). Ezek tehát rokon fogalmak a ψ tényezőkkel, illetve az MSZ szerinti α egyidejűségi tényezőkkel.

H kategória esetén mindkét csökkentő tényező értéke 1,0.

A megoszló teher intenzitása a tetőhajlástól függ:

- ha a tetőhajlás < 20 fok: $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$;
- ha a tetőhajlás > 40 fok: $q_k = 0,00 \text{ kN/m}^2$;
- közte lineáris interpoláció.

A Q_k koncentrált teher értéke tetőhajlástól függetlenül $Q_k = 1,5 \text{ kN}$.

Menekülési útvonalon $q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$ -t kell feltételezni.

A házi feladatban feltételezzünk H kategóriájú tetőt menekülési útvonal nélkül, 20 foknál kisebb hajlással. H kategória esetén a tetőteherre vonatkozó ψ_0 kombinációs tényező értéke zérus, ami azt jelenti, hogy nem kell együttesen feltételezni más esetleges terhekkel (például a hó- vagy szélteherrel).

3. Födémteher (ENV 1991-2-1)

A födémeket a következő kategóriákba soroljuk:

- A lakott helyiségek födémje
 - A1 általában
 - A2 lépcső
 - A3 erkély
- B hivatali helyiségek födémje
- C ahol emberek együtt tartózkodnak, de a többibe nem tartozik
 - C1 ahol asztalok vannak (pl. tanterem, olvasó, vendéglő)
 - C2 ahol rögzített székek vannak (pl. templom, mozi, színház)
 - C3 ahol szabadon lehet mozogni (pl. múzeum, folyosó)
 - C4 ahol fizikai tevékenység folyhat (pl. tánc, sport, színelőadás)
 - C5 ahol zsúfoltság várható (pl. koncert, sportpálya nézőtere)
- D bevásárlóterület
 - D1 általában
 - D2 áruházban
- E tárolóterek (az adott terhek minimális értékek)
- F ahol jármű járhat, de csak 30 kN-nál kisebb súlyú
- G ahol jármű járhat, de csak 160 kN-nál kisebb súlyú (de 30 kN-nál nagyobb)

Az itt megadott koncentrált és megoszló terhek használatában az a különbség, hogy a koncentrált terheket *helyi vizsgálatokra*, a megoszlókat *globális vizsgálatokra* alkalmazzuk.

Az F és G kategóriákkal tovább nem foglalkozunk.

A megadott teherértékek (kN/m²):

<u>KATEGÓRIA</u>	q_k	Q_k
A1	2,0	2,0
A2	3,0	2,0
A3	4,0	2,0
B	3,0	2,0
C1	3,0	4,0
C2	4,0	4,0
C3	5,0	4,0
C4	5,0	7,0
C5	5,0	4,0
D1	5,0	4,0
D2	5,0	7,0
E	6,0	7,0

A csökkentő tényezők:

$$\alpha_A = \frac{5}{7} \cdot \psi_0 + \frac{10 \text{ m}^2}{A} \leq 1,0$$

$$\alpha_N = \frac{2 + (n - 2) \cdot \psi_0}{n}$$

ahol

- ψ_0 a kombinációs tényező, amelynek értéke A–D kategóriák esetén 0,7, E kategória esetén pedig 1,0;
A a teljes födémterület;
n a vizsgált födém feletti szintek száma.

4. Hóteher (ENV 1991-2-3)

A hóteher értékét a következő képlettel kell számítani:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

ahol

- μ_i az alaki tényező;
 C_e a szél miatti csökkentő tényező (= 1,0);
 C_t a hőmérsékleti csökkentő tényező (= 1,0);
 s_k a felszíni hóteher karakterisztikus értéke.

A szél miatti csökkentő tényezővel lehet figyelembe venni azt a kedvező hatást, hogy az erős szél lesöpri a havat, a hőmérsékleti csökkentő tényezővel pedig azt, hogy a tetőn át a belső térből „kiszivárgó” meleg olvadást indít meg a hóban. A tényezők értékei az EC1-2-3 szerint 1,0; a nemzeti hatóságok kivételes esetekben mást is előírhatnak.

Az alaki tényező értéke szimmetrikus nyeregtető esetén, ha a tetőhajlás 15 foknál kisebb, $\mu_0 = 0,8$.

A felszíni hóteher s_k karakterisztikus értékére a szabvány függelékében országonkénti adatokat találunk. A Magyarországra érvényes értékek azonban nem itt, hanem a magyar nemzeti alkalmazási dokumentum tervezetében található. Ennek alapján a felszíni hóteher karakterisztikus értékét Magyarország területére az A tengerszint feletti magasság függvényében a következőképpen kell kiszámítani:

$$s_k = 0,25 \cdot \left(1 + \frac{A}{100}\right) \leq s_{k0},$$

ahol A -t méterben kell beírni, és s_k kN/m²-ben adódik.

Az s_{k0} paraméter értéke:

- a Dunántúlon $s_{k0} = 1,25$ kN/m²;
- Magyarország más területein $s_{k0} = 1,0$ kN/m².

Szimmetrikus nyeregtető esetén, ha a tetőhajlás 15 foknál kisebb, a hóterhet a következő 3 tehereset közül a legkedvezőtlenebb eredményt szolgáltatóval kell figyelembe venni:

- (a) totális teher $\mu = \mu_0$ alaki tényezővel;
- (b) féloldalas terhelés $\mu = 1/2 \mu_0$ alaki tényezővel az egyik oldalon;
- (c) ugyanaz a féloldalas teher a másik oldalon.

Végezetül felhívjuk a figyelmet, hogy csakúgy, mint az MSZ-ben, a fenti teherintenzitás-értékek a tető vízszintes vetületére vonatkoznak.

5. Szélteher (ENV 1991-2-4)

A szélteherre vonatkozó előírások az EC1-ben meglehetősen bonyolultak és szövevényesek, különösen az MSZ elég egyszerű előírásaihoz képest. Az alábbiakban megpróbáljuk a lehető legrövidebben az alapvető információkat összefoglalni.

A széltehernek alapvetően van egy kvázistatikus komponense, melyet „háttérkomponensnek” hívunk, és egy, a dinamikai hatásokért felelős ún. rezonánskomponense. Mi itt most csak a háttérkomponenssel foglalkozunk azzal a megjegyzéssel, hogy az esetek nagy többségében ez elegendő is. A háttérkomponenszt a szabvány - az MSZ-hez hasonlóan - nyomásértékek segítségével adja meg, melyek így természetesen mindig az adott határoló felületre merőlegesen értendők (ellentétben a hóteherrel, mely vízszintes vetületre vonatkozott!). Ez a nyomás ha pozitív előjelű, akkor a felületet ténylegesen nyomja, de lehet negatív előjelű is, ekkor szívást jelent. A nyomás általános esetben hathat a határoló felületre kívülről, ekkor külső nyomásnak, vagy belülről, ekkor belső nyomásnak nevezzük.

A nyomást külső nyomás esetén a

$$w = q_{\text{ref}} \cdot c_e(z_e) \cdot c_{pe}$$

illetve belső nyomás esetén a

$$w = q_{\text{ref}} \cdot c_e(z_i) \cdot c_{pi}$$

képletből lehet meghatározni. Itt

q_{ref} az adott területre jellemző felszíni szélnyomási érték;

c_e a helyszíntényező, melyet a z_e és z_i külső ill. belső referenciamagasságban kell számítani;

c_{pe} a külső nyomási tényező (ld. az MSZ szerinti alakú tényezőt);

c_{pi} a belső nyomási tényező.

Az „e” index az angol *external* = „külső”, az „i” az angol *internal* = „belső” szóra, a „p” a nyomás szokásos jelölésére utal, a c_e tényezőben az „e” viszont az angol *exposure coefficient* = „helyszíntényező” rövidítése.

Nézzük át sorra, hogyan kell az egyes mennyiségeket kiszámítani!

5.1. Felszíni szélnyomás értéke (q_{ref})

Ezt a következő képlet adja:

$$q_{\text{ref}} = \frac{\rho}{2} \cdot v_{\text{ref}}^2 \quad (\text{dimenziók!!!})$$

Itt

ρ a levegő sűrűsége ($\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$);

v_{ref} a területre jellemző felszíni szélesség, amelyet a következőképpen számítunk:

$$v_{\text{ref}} = C_{\text{DIR}} \cdot C_{\text{TEM}} \cdot C_{\text{ALT}} \cdot v_{\text{ref},0}$$

ahol C_{DIR} a széliránytényező (= 1,0 általában);

C_{TEM} a szezonális tényező (= 1,0 általában);

C_{ALT} magassági tényező, mely a tengerszint feletti magasságot veszi figyelembe;

$v_{\text{ref},0}$ a tengerszinten érvényes szélesség.

Ez utóbbi két adatot a szabvány országoként térképek segítségével adja meg. A Magyarországra érvényes adat a vonatkozó nemzeti alkalmazási dokumentum tervezetében található. Ennek alapján Magyarország teljes területén $v_{\text{ref}} = 20 \text{ m/sec}$ referenciaszélességet kell felvenni.

5.2. Helyszíntényező (c_e)

A helyszíntényező a referenciamagasság (z_e ill. z_i) függvényében van adva, melynek felvételéről az 5.3. pont szól.

A következő összefüggést használjuk:

$$c_e(z) = c_r^2 \cdot c_t^2 + 7 \cdot k_T \cdot c_r \cdot c_t$$

ahol k_T a terepfaktor;

$c_r(z)$ az érdességi tényező;

$c_t(z)$ a topográfiai tényező.

Ezeket a tényezőket négy beépítettségi kategóriára adja meg a szabvány. Ezek a következők:

- I. Tengerszemély, nagy területű nyitott síkság akadályok nélkül
- II. Mezőgazdasági beépítés, elszórtan épületek, fák
- III. Külváros, ipari övezet, erdő
- IV. Város, ahol legalább 15 %-os a beépítettség, és az átlagos épületmagasság legalább 15 m.

A továbbiakban e pontban adott összefüggések III. beépítettségi kategóriát feltételeznek. (Ez a házi feladatban is feltételezhető.)

A **terepfaktor** $k_T = 0,22$.

A **topográfiai tényező** 5 %-nál kisebb terepesés esetén $c_t = 1,0$.

Az **érdességi tényező**

$$c_r = 0,22 \cdot \ln\left(\frac{8}{0,3}\right) = 0,722, \text{ ha } z < 8 \text{ m};$$

$$c_r = 0,22 \cdot \ln\left(\frac{z}{0,3}\right) \text{ ha } 8 \text{ m} < z < 200 \text{ m (z méterben írandó be).}$$

5.3. A külső és belső nyomási tényező c_{pe} , ill. c_{pi}

A külső és belső nyomási tényezőre, referenciamagasságokra és teheresetekre vonatkozó előírások még a fentieknél is komplikáltabbak, így csak a tervezési feladat szempontjából fontos előírásokat ismertetjük, megjegyezve azt, hogy a tervezési feladatban szereplő szerkezet nem ritka az építési gyakorlatban.

Először vegyük sorra, hogy a szélteher kapcsán milyen tehereseteket kell elvileg figyelembe venni:

1. Nincs szél;
2. Keresztirányú szél (a keret síkjában), balról fúj;
3. Keresztirányú szél, jobbról fúj;
4. Hosszirányú szél (keretsíkra merőleges).

A 2.-4. esetek egyenként két további alesetet jelentenek aszerint, hogy csak külső nyomás működik-e, vagy belső is.

Megjegyezzük, hogy a referenciamagasság

- 1 tető esetén a taréjmagasság,
- 1 oldalfal esetén a párkánymagasság,
- 1 belső nyomás esetén a legfelső ablaksor magassága.

a. Belső nyomás: Belső válaszfalak nélküli épületekre a belső nyomás értéke függ a szél irányától, valamint az épület egyes falain elhelyezkedő nyílások felületétől. A belső nyomás értékét a szabvány a μ nyíláshányad függvényében adja meg, amelynek értéke:

$$\mu = \frac{A_2 + A_3 + A_4}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}$$

ahol az $A_1 \dots A_4$ értékek az épület egyes oldalfalain lévő nyílások felülete:

A_1 a szél támadta oldalfalon;

A_2 és A_3 a szél irányával párhuzamos oldalfalakon;

A_4 a szélvédett oldalfalon.

A c_{pi} belső nyomási tényezőt ezek után a következő összefüggés szolgáltatja:

$$c_{pi} = 0,9625 - 1,625\mu, \quad \text{de} \quad -0,5 \leq c_{pi} \leq 0,8$$

b. Külső nyomás: A külső nyomási tényezők számításához a következő három oldalon megtaláljuk az oldalfalakra (A. ábra és A. táblázat), illetőleg a tetőre (B. ábra és B. táblázat) működő erők eloszlását.

A táblázatokban szereplő $c_{pe,1}$ és $c_{pe,10}$ értékek arra utalnak, hogy a szélterhet annak függvényében különböző értékre kell felvenni, hogy mekkora a vizsgált szerkezeti elemre jutó terhelt felület. Ennek értelmében $c_{pe,1}$ értékét 1 m^2 terhelt felület, $c_{pe,10}$ értékét pedig 10 m^2 terhelt felület esetén kell használni; közbenső esetek esetén interpoláció alkalmazható (a nyomási tényező növekedése a felület logaritmusának növekedésével arányos), a tartományon kívüli területek esetén pedig az 1 m^2 -hez, illetőleg 10 m^2 -hez tartozó értékek használhatók.

Az interpoláció képlettel:

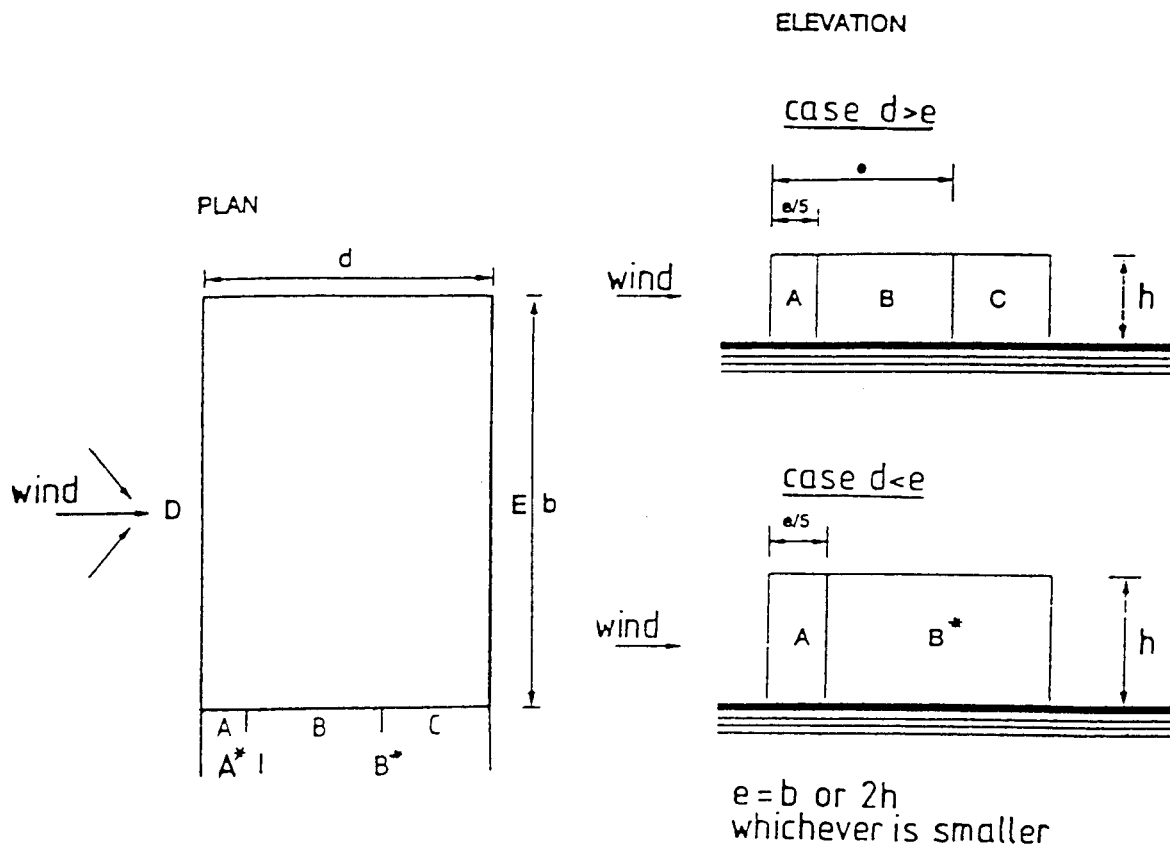
$$c_{pe,A} = c_{pe,1} + (c_{pe,10} - c_{pe,1}) \log_{10} A$$

(A értéke értelemszerűen m^2 -ben írandó be.)

Keretszerkezetek esetén a főtartó méretezéséhez a 10 m^2 -es értéket kell használni, hiszen a terhelt felület ennél nagyobb (a terhelt felületet a keretállás-távolság és a keret támaszköze jelöli ki); a szelemenek és a falvázgerendák méretezéséhez azonban a tényleges terhelt felületből kell kiindulni (itt a terhelt felületet a keretállás-távolság és a szelemenek / falvázgerendák osztástávolsága adja). A szélnyomással közvetlenül terhelt burkolati elemeket az 1 m^2 -es szélteherre kell méretezni.

Mint a B ábrán látható, a külső nyomási tényezők számításánál a $\Theta = 0^\circ$ az épület tengelyére merőlegesen (keresztirányban), a $\Theta = 90^\circ$ az épület tengelyével párhuzamosan (hosszirányban) fúvó szelet jelenti.

1. SZÉLNYOMÁS AZ ÉPÜLET OLDALFALÁN



PLAN = ALAPRAJZ

ELEVATION = NÉZET

Wind = Szél

Case $d > e = d > e$ eset

Case $d < e = d < e$ eset

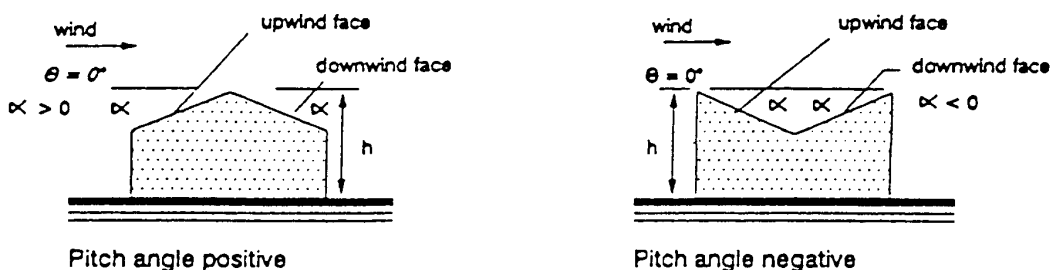
$e = b$ or $2h$ whichever is smaller = "e = b és 2h közül a kisebbik"

A. ábra: Jelölések a függőleges falakhoz

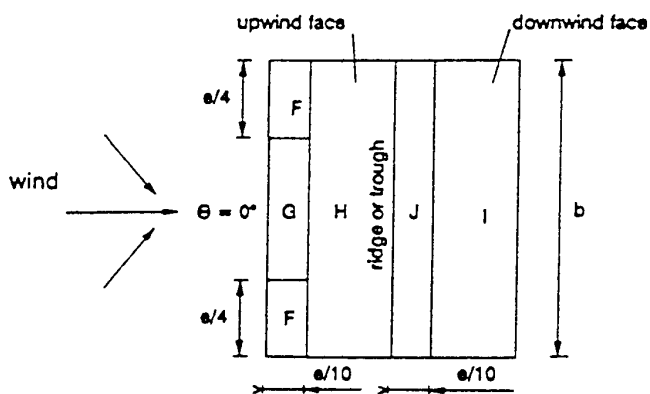
A. táblázat: Külső nyomási tényezők téglalap alaprajzú épületek függőleges falaira

Zóna	A		B, B*		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
$d/h \leq 1$	-1,0	-1,3	-0,8	-1,0	-0,5		+0,8	+1,0	-0,3	
$d/h \geq 4$	-1,0	-1,3	-0,8	-1,0	-0,5		+0,6	+1,0	-0,3	

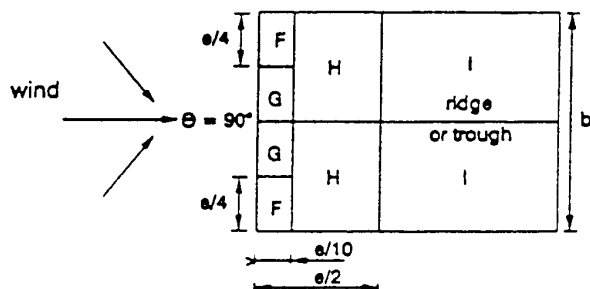
2. SZÉLNYOMÁS NYEREGTETŐKÖN



(a) general



(b) wind direction $\Theta = 0^\circ$



(c) wind direction $\Theta = 90^\circ$

reference height :
 $z_e = h$

$e = b$ or $2h$
whichever is smaller

b : crosswind dimension

wind = szél

upwind face = szél támadta oldal

pitch angle positive = pozitív tetőhajlás

(a) general = (a) általános jelölések

(b) wind direction $\Theta = 0^\circ$ = (b) $\Theta = 0^\circ$ szélirány

reference height = referenciamagasság

" $e = b$ or $2h$ whichever is smaller" = " $e = b$ és $2h$ közül a kisebbik"

b : crosswind dimension = " b " a szél irányára merőleges méret

downwind face = szélárnyékos oldal

pitch angle negative = negatív tetőhajlás

ridge or trough = tetőgerinc vagy vályú

(c) wind direction $\Theta = 90^\circ$ = (c) $\Theta = 90^\circ$ szélirány

B. ábra: Jelölések a nyeregtetőkhöz

B. táblázat: Külső nyomási tényezők nyeregtetőkre

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

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

- Megjegyzések:
- (i) $\Theta = 0^\circ$ széliránynál $\alpha = +15^\circ$ és $\alpha = +30^\circ$ tetőhajlás között a szél támadta oldalon a nyomás gyorsan változik a pozitív és a negatív érték között, ezért a táblázat mind pozitív, mind negatív értékeket tartalmaz.
 - (ii) Azonos előjelű tetőhajlásértékek közé eső hajlásszögre lineáris interpoláció alkalmazható, de csak azonos előjelű nyomásítényező-értékek között. (Nem szabad interpolációval meghatározni az 5° -nál kisebb tetőhajláshoz tartozó külső nyomási tényezőt; mert ilyenkor a szabványban lapos tetőkre adott értékeket kell figyelembe venni.)