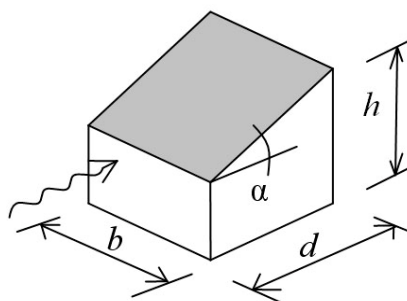




BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék

A TARTÓSZERKEZETI MÉRETEZÉS ALAPJAI TERHEK ÉS HATÁSOK

Segédlet I. évfolyamos építészmérnök hallgatók számára



Szerkesztették:

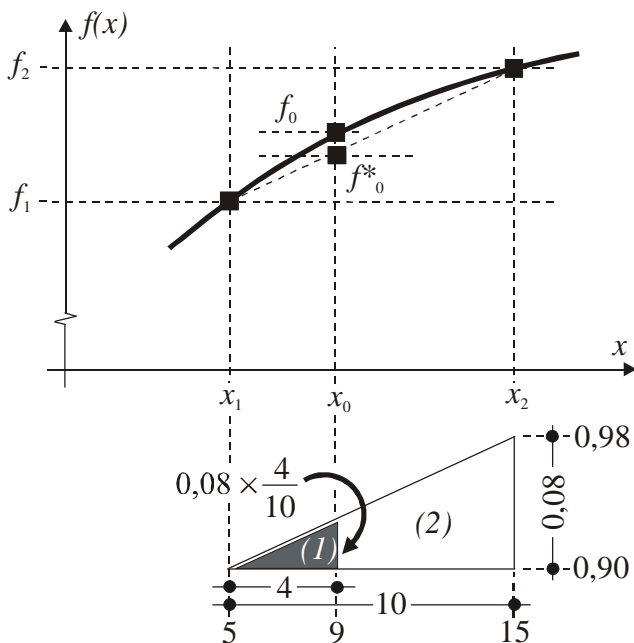
Erdélyi Tamás egyetemi tanársegéd
Dr. Visnovitz György egyetemi docens

2006.
Oktatási célra

TARTALOM

1.	A parciális (biztonsági) tényezők módszere és a határállapot koncepció	2
2.	A határállapotok módszere szerinti vizsgálatok alapösszefüggései	3
2.1	Szilárdsági vizsgálat teherbírasi határállapotban	3
2.2	A helyzeti állékonyság vizsgálata teherbírasi határállapotban	3
2.3	A használhatósági határállapotok vizsgálata.....	3
3.	A hatások kombinációi épületek esetén.....	4
4.	Építőanyagok és tárolt anyagok térfogatsúlyai.....	6
5.	Hasznos terhek	9
6.	Hóteher	10
6.1	A felszíni hóteher	10
6.2	Tetők hóterhe	10
6.3	A tetők hóterhének alaki tényezői.....	10
6.4	Félnyeregterhek.....	11
6.5	Nyeregterhek	11
6.6	Összekapcsolódó nyeregterhek	11
7.	Szélteher	12
7.1	Terep kategóriák.....	12
7.2	A külső felületi szélnyomás és a szélerő.....	12
7.3	A szél torlónyomása	13
7.4	Külső alaki tényezők (nyomási tényezők) meghatározása: egyszerűsített eljárás	14

A táblázatos formában megadott adatsorok esetén a közbülső értékeknel *lineáris interpoláció* alkalmazható:



Feladat:

- Ismert a nemlineáris $f(x)$ függvény két értéke (f_1 és f_2) az x_1 és x_2 pontokban.
- Határozzuk meg közelítően egy köztes x_0 -hoz tartozó f_0 függvényértéket!

Feltevés:

- Az $f(x)$ az $[x_1, x_2]$ intervallumon monoton és közelítően lineáris, azaz $f^*_0 \approx f_0$.

Megoldás:

- (1) és (2) hasonló háromszögek alapján:

$$f^*_0 = f_1 + (f_2 - f_1) \frac{x_0 - x_1}{x_2 - x_1}$$

Szám példa:

- Adott: $x_1=5$, $f_1=0,90$ és $x_2=15$, $f_2=0,98$
- Kérdés: ha $x_0=9$, $f^*_0 = ?$

$$f^*_0 = 0,90 + (0,98 - 0,90) \frac{9 - 5}{15 - 5} = 0,932$$

Felhasznált szabványok:

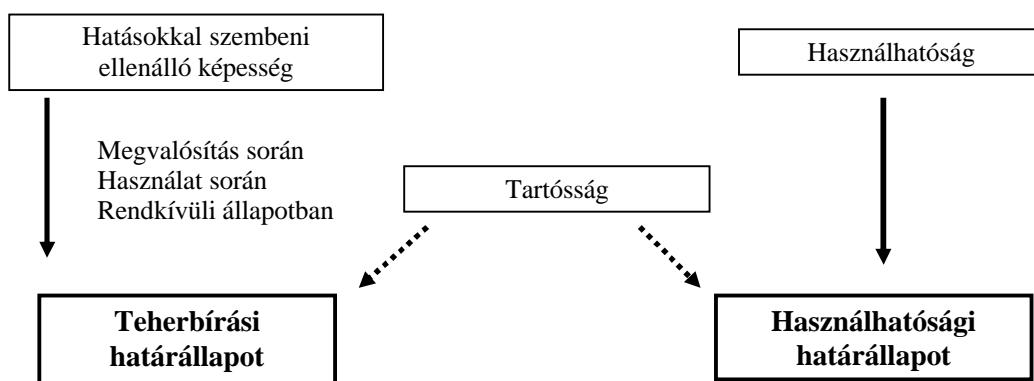
- MSZ EN 1990:2005 Eurocode: A tartószerkezetek tervezésének alapjai.
- MSZ EN 1991-1-1:2005 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások
 - 1-1. rész: Általános hatások. Sűrűség, önsúly és az épületek hasznos terhei
- MSZ EN 1991-1-3:2005 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások. 1-3. rész: Általános hatások. Hóteher.
- MSZ EN 1991-1-4:2005 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások.
 - 1-4. rész: Általános hatások. Szélhatás (angol nyelvű)

1. A parciális (biztonsági) tényezők módszere és a határállapot koncepció

Épületek tartószerkezeteinek megbízhatósága az EUROCODE szerinti méretezésnél a **parciális (biztonsági) tényezők** módszerének alkalmazásával biztosítható. Ennek keretében azt kell igazolni, hogy a hatások (terhek), anyagjellemzők és a geometriai adatok tervezési értékének figyelembevételével meghatározott határállapotokat egyetlen lehetséges tervezési helyzetben sem lépik túl.

Határállapon a tartószerkezetnek azt az állapotát értjük, amikor az még éppen megfelel a tervezési követelménynek.

A teherbírasi követelmények teljesülését a *teherbírasi határállapot*, a használati követelményekét a *használhatósági határállapot* feltételei szerint kell vizsgálni. A *tartóssági követelmények* figyelembevétele e két határállapot keretén belül történik, a tartósságot befolyásoló tényezők figyelembevételével.



A határállapotok szerinti vizsgálatok fő célkitűzései:

Teherbírasi határállapot:

- Az építmény tartószerkezeteinek vagy szerkezeti elemeinek tönkremenetele elleni védelem
- Az emberek biztonsága

Használhatósági határállapot:

- Csatlakozó szerkezetek épségének biztosítása
- Az emberi komfortérzet biztosítása
- Technológiai használhatóság, működőképesség
- A külső megjelenés

Vizsgálatot igénylő legfontosabb állapotok a két határállapon belül:

Teherbírasi határállapot:

- **Helyzeti állékonyság** elvesztése (EQU)
- **Szilárdsági és/vagy alakhi stabilitási** tönkremenetel (STR)

Használhatósági határállapot:

- **Alakváltozások**, elmozdulások
- **Rezgések**, lengések
- **Repedések**

Megjegyzés:

A hárombetűs jelek az angol elnevezésből származnak: **EQUILIBRIUM**, **STRENGTH**

2. A határállapotok módszere szerinti vizsgálatok alapösszefüggései

2.1 Szilárdsági vizsgálat teherbírasi határállapotban

Egy keresztmetszet, egy tartószerkezeti elem vagy egy kapcsolat szilárdsági tönkremenetelét törés, illetve túlzott alakváltozások fellépése jelenti. Az ilyen határállapotok (STR) vizsgálata során igazolni kell, hogy:

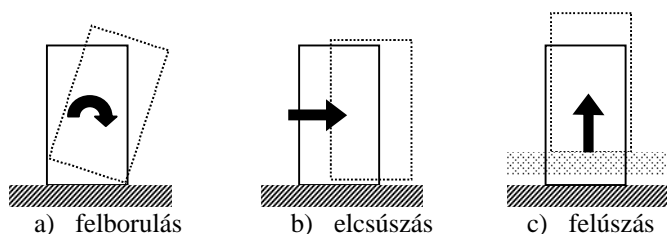
$$E_d \leq R_d$$

ahol: E_d a tartószerkezetet érő hatások alapján meghatározott igénybevételek tervezési értéke, úgymint belső erő, nyomaték, vagy a belső erőt, nyomatékokat tartalmazó vektormennyiség,

R_d az ellenállás tervezési értéke az anyagjellemzők és a geometriai méretek tervezési értékeiből meghatározva. A tartószerkezeti ellenállások meghatározásával a megfelelő szabványok foglalkoznak, illetve termékjellemzőként a gyártó is megadhatja.

2.2 A helyzeti állékonyság vizsgálata teherbírasi határállapotban

A helyzeti állékonyság elvesztése a merev testnek tekintett tartószerkezet vagy szerkezeti rész helyzetének olyan hirtelenszerű, lényeges megváltozása, amelyben az építőanyagok és/vagy a talaj szilárdsága általában nem játszik lényeges szerepet, és ezért elhanyagolható. A helyzeti állékonyság elvesztésének alapvető - síkbeli - fajtái a *felborulás*, az *elcsúszás* és a *felúszás*, illetve ezek kombinációi:



A helyzeti állékonyság teherbírasi határállapotának (EQU) vizsgálata során az adott tervezési helyzetben és a hozzá tartozó hatáskombinációkra igazolni kell, hogy

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stab}$$

ahol: $E_{d,dst}$ a *destabilizáló* hatásokból származó igénybevételek (erő, nyomaték) tervezési értéke
 $E_{d,stab}$ a *stabilizáló* hatásokból származó igénybevételek (erő, nyomaték) tervezési értéke

Egyes esetekben további körülményeket is figyelembe lehet venni (pl. a merev testek közötti súrlódást).

2.3 A használhatósági határállapotok vizsgálata

Igazolni kell, hogy:

$$E_d \leq C_d$$

ahol: E_d a használhatósági követelményben előírt, és a vonatkozó hatáskombináció alapján meghatározott igénybevételekből számított használati jellemző (alakváltozás, repedéstágasság stb.) tervezési értéke.

C_d az adott használhatósági határállapothoz tartozó használhatósági követelmény tervezési értéke.

2.4. Tervezési helyzetek

Bármelyik határállapot szerinti vizsgálaton belül *tervezési helyzeteket* is meg kell különböztetni, mivel a szerkezetek működését befolyásoló körülmények a szerkezet élettartama során változnak, illetve változhatnak. Ennek következtében módosulhat a *szerkezeti modell* (pl. megtámasztás, merevítés, együttműködő szerkezet rész), eltérő fajtájú és nagyságú *hatások* működhetnek, megváltozhat az anyagok szilárdsága (pl. tűz esetén) és eltérőek lehetnek a szerkezetekkel szemben támasztott *követelmények*.

A tervezési helyzet a tartószerkezet, a használat, a környezeti hatások körülményeinek leírása a tartószerkezeti tervezés céljainak megfelelően.

A továbbiakban csak tartószerkezet rendeltetés szerű, mindennapos használatára vonatkozó tartós tervezési helyzettel foglalkozunk.

3. A hatások kombinációi épületek esetén

3.1. A legfontosabb hatáskombinációk

Teherbírási határállapotban szilárdsági és alaki stabilitási vizsgálathoz (STR), valamint állékonysági vizsgálathoz (EQU) az úgynevezett *alapkombináció* használandó. A tervezési gyakorlatban ez a leggyakoribb hatáskombináció.

Hatáskombináció teherbírási vizsgálathoz (STR/EQU)	
Egyetlen esetleges hatás esetén:	$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_Q Q_k$
ahol:	$G_{k,j}$ a j-edik állandó hatás, Q_k az esetleges hatás, $\gamma_{G,j}$ a j-edik állandó teher parciális biztonsági tényezője a 3.2. szakasz szerint, $\gamma_Q = 1,50$ az esetleges teher parciális biztonsági tényezője (ha a teher kedvező, $g_Q = 0$!)
Több, egyidejű esetleges hatás esetén:	a domináns (kiemelt) esetleges terhet ritka értékével, a többi esetleges terhet pedig egyidejűségi tényezővel csökkentett értékével kell számításba venni:
	$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{0,i} Q_{k,i}$
ahol:	$G_{k,j}$ a j-edik állandó hatás, $Q_{k,1}$ a domináns esetleges hatás, $Q_{k,i}$ a többi esetleges hatás ($i > 1$). $\gamma_{G,j}$ a j-edik állandó teher parciális biztonsági tényezője a 3.2. szakasz szerint, $\gamma_{Q1} = \gamma_{Q_i} = 1,50$ az esetleges terhek parciális biztonsági tényezője (ha a teher kedvező, $g_Q = 0$!) γ_{0i} a $Q_{k,i}$ az i-edik nem domináns esetleges hatás egyidejűségi tényezője a 3.3. szakasz szerint.
A "+" és Σ jelek a hatások egyidejű figyelembevételére utalnak, és nem jelentenek feltétlenül algebrai összegzést.	

Használhatósági határállapotban leggyakrabban az úgynevezett kvázi-állandó hatáskombináció fordul elő. Általában a rendeltetészerű használatnak megfelelő tartós (kvázi-állandó) hatásokat tartalmazza és a tartószerkezet megjelenésével kapcsolatos vizsgálatokban használandó (pl. alakváltozások, vasbeton szerkezetek repedéstágassága).

A kvázi-állandó hatáskombináció használati határállapotban	
Az állandó terheket karakterisztikus értékükkel, míg az összes esetleges hatást kvázi-állandó értékével kell számításba venni:	$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{2,i} Q_{k,i}$
ahol:	$G_{k,j}$ a j-edik állandó hatás, $Q_{k,i}$ az i-edik esetleges hatás . $\gamma_{2,i}$ a $Q_{k,i}$ esetleges hatás egyidejűségi tényezője a 3.3. szakasz szerint.
A használati határállapotok vizsgálatánál a terhek biztonsági tényezőjének értéke egységesen 1,0, ezért a fenti összefüggésben ez már nem szerepel.	

3.2. A hatások biztonsági tényezői

A hatások biztonsági tényezői (parciális tényezők)				
Teherbírási határállapot				Használhatósági határállapot
Hatás (teher) jellege	Jel	Szilárdsági/ alaki stabilitási vizsgálat (STR)	Helyzeti állékonysági vizsgálat (EQU)	
Állandó	kedvezőtlen	$\gamma_{G,sup}$	1,35	1,10
	kedvező	$\gamma_{G,inf}$	1,00	0,90
Esetleges		γ_Q	1,50	
$\gamma_{G,sup}$ és $\gamma_{G,inf}$ az állandó hatás felső, illetve alsó tervezési értékének, γ_Q az esetleges hatás tervezési értékének számításához alkalmazandó biztonsági tényezők.				

3.3. Esetleges terhek teherszint szorzói (γ tényezők)

γ tényezők esetleges terhekhez			
Hatás (teher) fajtája		Egyidejűségi (kombinációs) tényező	Kvázi-állandó teherszint tényezője
		γ_0	γ_2
Hasznos terhek	Lakóépületek, irodák	0,7	0,3
	Gyülekezésre szolgáló helyiségek, üzletek	0,7	0,6
	Raktárak	1,0	0,8
	Nem járható tetők	0,0	0,0
	Nehéz járművel nem járható födécek	0,7	0,6
	Nehéz járművel járható födécek	0,7	0,3
Meteorológiai terhek	Szélteher (Magyarországon)	0,6	0,0
	Hóteher (Magyarországon)	0,5	0,0

4. Építőanyagok és tárolt anyagok térfogatsúlyai

A térfogatsúlyokból a tényleges súlyadatokat a térfogattal történő szorzással kaphatjuk. A térfogatot meghatározó méretek általában névleges, tervek szerinti értékükkel vehetők számításba.

Anyagok térfogatsúlya I. • _k [kN/m ³]		
BETONOK		
Habbeton	8	
Perlitbeton	4-7	
Könnyűbetonok (könnyű adalékos)	LC 1,0	9-10
	LC 1,6	14-16
	LC 2,0	18-20
Tufabeton	16	
Zúzottkő beton	23	
Műkő	24	
Normálbeton (kavicsbeton)	24	
Nehézbeton	>28	
<i>Szokásos vasalású vasbetonná, illetve friss betonnál a térfogatsúlyt 1,0 kN/m³-rel meg kell növelni. Például:</i>		
Vasbeton és feszített beton (normál)	25	
Friss beton (normál)	25	
HABARCSOK, VAKOLATOK		
Gipszhabarcs	12-18	
Mészhabarcs	12-18	
Javított mészhabarcs	18-20	
Cementhabarcs	19-23	
Samothhabarcs	19	
Perlit-habarcs	4-5	
FALAZÓELEMÉK		
Pórus beton (YTONG)	5-8	
Mézsziilikát (mészhomok téglá)	10-15	
Üvegtégla, üreges	8-9	
Kettős falú üvegtégla, üreges	11	
Vályogtégla	könnyű	11-12
	közepes (rosterősítésű)	12-17
	nehéz	18-20
Égetett agyagtégla, tömör	16	
Mezőtúri burkolótégla	16	
Kevéslyukú téglá	13	
Soklyukú téglá	11	
B30 falazóblokk	12,5	
Válaszfal lap, téglá	12	
Samott téglá	18,5	
Saválló téglá	20	
TERMÉSZETES ÉPÍTŐKÖVEK		
Gránit, szienit, porfir	27-30	
Diorit, bazalt, gabbró	27-29	
Andezit	26,5	
Riolit, dácit	25,5	
Vulkáni tufák (riolit, andezit, bazalt)	14-20	
Márvány	28-29	
Mészkö	puha, durva	17-18
	kemény, tömött	20-28
	édesvízi	24
Homokkö	21-27	
Dolomit	27	
Márga	23	
Agyagpala	26	

Kristályos pala, gneisz		28-30	
Zúzottkő		13-15	
FÉMEK		• _k [kN/m ³]	
Alumínium		27	
Cink, titáncink		72	
Vas	öntött	72	
	kovácsolt	76	
Acél		78,5	
Sárgaréz, bronz		85	
Vörösréz		89	
Ólom		114	
FAANYAGOK		szilárdsági osztály	
Puha lombosfa (pl. nyár, éger, fűz)	C14-C20	3,5-4,0	
Fenyő, erdei	C22-C35	4,1-4,8	
Fenyő, vörös	C40-C50	5,0-5,5	
Hazai keményfa, lombos (akác, bükk, tölgy)	D30-D50	6,4-7,0	
Egzetikus keményfa	D60-D70	8,4-10,8	
Rétegelt – ragasztott fatartók	homogén	GL24h – - GL36h	3,7-4,4
	kombinált	GL24c- - GL36c	3,3-4,2
KERTO furnérfa	KERTO-S	4,8	
	KERTO-Q		
	KERTO-T		4,1
Rétegelt falemez	fenyő	5,0	
	nyír	7,0	
	furnér/lécbetétes	4,5	
Faforgácslap	általában	7,0-8,0	
	cementkötésű	12,0	
	kemény	10,0	
Farostlemez	közepes sűrűségű, MDF	8,0	
	lágú, szigetelő, WDF	4,0	
ÜVEG		• _k [kN/m ³]	
Üveg, táblás (síküveg)		25	
Üvegtörmelék		22	
Habosított üveg		1,4	
Huzalbetétes üveg		27	
MŰANYAGOK		• _k [kN/m ³]	
Poliésztergyanta		11,8	
Ragasztógyanta		13	
Akrillemez		12,0	
HŐ- ÉS HANGSZIGETELŐ ANYAGOK		• _k [kN/m ³]	
EPS hab	keményhab lemez	0.10-0.15	
	lépéshang szigetelés	0.10	
	homlokzati szigetelés	0.15	
Közetgyapot	lapostető szigetelés	1.50	
	magastető szigetelés	0.30	
	lépéshang szigetelés	0.90	
Üvegyapot	homlokzati szigetelés	1.10	
	magastető szigetelés	0.10-0.11	
	lépéshang szigetelés	0.24-0.35	

Anyagok térfogatsúlya II.		
• _k [kN/m ³]		
HŐ- ÉS HANGSZIGETELŐ ANYAGOK folytatás		• _k [kN/m ³]
Parafa	<i>expanzit</i>	1,3
	<i>szupremit</i>	2,0
Perlit		0,85
Perlittégla		2,6
Kőszivacs		11,0
Nádlemez		2,2
Fagyapot lemez		3,8
BURKOLÓANYAGOK ÉS PADOZATI ANYAGOK		• _k [kN/m ³]
Aszfalt		22-24
Bitumen		10-13
Greslap		24
Mázás kerámia, csempe		16-17,5
Keramit		25
PVC padlólap		17
Epoxygyanta	<i>öntött</i>	12
	<i>üvegszállal erősített</i>	18
Gumipadló		18
Beton járdalap		23

Beton, műkö, cementlap		22
Kőagyaglap (<i>mettlachi</i>)		24
Fa padozat	<i>puhafa (hajópadló)</i>	6
	<i>keményfa parketta+vakpadló)</i>	7
	<i>ragasztott parketta</i>	7,5
Tégla padozat	<i>tömör padlástégla</i>	16
	<i>soklyukú (üreges)</i>	13
	<i>mészhomok</i>	18
Esztrich		18
Magnezit		14
Aszfalt út-burkolatok	<i>öntött aszfalt és aszfaltbeton</i>	25
	<i>masztixaszfalt</i>	18
	<i>forrón hengerelt</i>	23
Tégla falburkolat	<i>falburkolótégla</i>	17
	<i>klinkertégla</i>	20
Vakolatok	<i>mészhabarcs vakolat</i>	17
	<i>javított mészhabarcs vakolat</i>	19
	<i>cementhabarcs vakolat</i>	22
ÉPÍTŐLEMEZEK		• _k [kN/m ³]
Gipszkarton		11
OSB (faforgácslap)		6,8
BETONYP cementkötésű faforgácslap		12
HERAKLITH fagyapot lemez		3,5-5

Épületszerkezetek térfogatsúlya		
• _k [kN/m ³]		
KÖFALAZATOK		• _k [kN/m ³]
30 kN/m ³ térfogatsúlyú kőből		29
20 kN/m ³ térfogatsúlyú kőből		20
TÉGLA FALAZATOK		• _k [kN/m ³]
B30-as kézi falazóblokk jav. Mészhabarcs		13,5
Nagy üregtérfogatú vázkerámia falazóblokk javított mészhabarcsban		12,0
POROTHERM 30-as hanggátló falazat Porotherm M 100 falazóhabarcsban		17,9
Gázszilikát kézi falazóblokk 2 N/mm ² szilárdságig, javított mészhabarcsban		6
Gázszilikát kézi falazóblokk 2 N/mm ² -nél nagyobb szilárdsággal jav. Mész-h-ban		8
YTONG P2-0,5 pórusbeton falazóblokk 1 cm vtg 5,5 N/mm ² YTONG falazóh-ban		7
YTONG P4-0,6 Pórusbeton falazóblokk 1 cm vtg 5,5 N/mm ² YTONG falazóh.		7,75
Tömör mészhomoktégla javított mészhabarcsban		18,5
6 cm vastag lyukacsos égetett agyag válaszfal lap javított mészhabarcsban		12-12,5
10 cm vastag lyukacsos égetett agyag válaszfal lap javított mészhabarcsban		11,5-12,0
Gázszilikát válaszfal lap jav. Mészhabarcsban		9-9,5
Soklyukú égetett agyagtégla javított mészhabarcsban		13,5
Kevéslyukú égetett agyagtégla javított mészhabarcsban		14,5
Tömör égetett agyagtégla 14 N/mm ² szilárdságig, javított mészhabarcsban		16,5
Tömör égetett agyagtégla 14 N/mm ² szilárdság felett, javított mészhabarcsban		18,5

Samott téglafal, samott habarccsal		20
Saválló téglá, bitumenes habarccsal		19
Üvegtégla, egyszeres falú		8,7
Üvegtégla, kettős falú		9,4
Porotherm hőszigetelő blokk		• 7,5
Porotherm hanggátló fal		f16
Fenti térfogatsúlyok vakolatlan falazatokra értendők. Ha javított mészhabarcs helyett <i>mészhabarcsot</i> használnak, a megadott értéket -0,5-del, <i>cementhabarcs esetén</i> +0,5-del kell módosítani.		
FASZERKEZETEK		• _k [kN/m ³]
Fenyő anyagú, acél kapcsolatokkal		max. 6,0
Hazai keményfa anyagú, acél kapcsolatokkal		max. 8,0
ÉPÍTÉSI ÉS TÖLTŐANYAGOK		• _k [kN/m ³]
Agyag (száraz)		6
Téglapor, zúzott téglá, téglatörm.		15
Homokos kavics, <i>ömlesztett</i>		15-20
Homok		14-19
Kavics		16-18
Cement	<i>ömlesztett</i>	14-16
	<i>zsákos</i>	15
Gipsz, <i>örölt</i>		6-10
Bentonit	<i>nyers</i>	6-9
	<i>összerázott</i>	11
Duzzasztott agyagkavics		2,5-5,5
Perlit		0,7-2,5
Kohósalak	<i>darabos</i>	17
	<i>zúzott, szemcsés</i>	9-12
Szénsalak		10
Mész		13
Termőföld		15
Gyeptégla		7,8

Épületszerkezetek négyzetmétersúlya g_k [kN/m ²]		
FŐFALAK (kétoldali vakolattal)		g_k [kN/m ²]
44 cm	Porotherm N+F	4,05
38 cm	tömör tégl	7,10
	soklyukú tégl	5,95
	HB 38 blokk	4,03
	Porotherm N+F	2,88
30 cm	B30	5,01
	Poroton, thermopor, thermoton	3,84
	Uniform	4,44
	Gázszilikát	3,15
	Porotherm N+F	3,23
	Porotherm hanggátló	5,97
25 cm	tömör tégl	4,88
	soklyukú	4,13
VÁLASZFALAK (kétoldali vakolattal)		g_k [kN/m ²]
Tömör tégl	6,5 cm	1,50
	12 cm	2,40
Tégl	6 cm	1,20
	10 cm	1,70
Porotherm válaszfal	11,5 cm	1,74
Mészhomok tégl	6,5 cm	1,50
	12 cm	2,60
Vasbeton	6 cm	2,00
	10 cm	3,00
	15 cm	4,25
VÁLASZFALAK (vakolat nélkül)		g_k [kN/m ²]
Gipsz	6 cm	1,10
Üreges üvegtégl	11,5 cm	1,00
Kettősfalú üvegtégl	8 cm	0,75
Szerelt gipszkarton		0,50
Szerelt gipszkarton, <i>kettős</i>		0,75
HÉJAZATOK (alátámasztó szerk. nélkül)		g_k [kN/m ²]
Alumíniumlemez (0,7 mm vtg.)		0,02
Horganylemez (0,75 mm vtg.)		0,05
Ólomlemez (1,5 mm vtg.)		0,17
Titáncink lemez (1 mm)		0,07
Bitumenes lemez (1 réteg, 4 mm vtg.)		0,05
Bitumenes lemez (3 réteg)		0,15
Bitumenes lemez (3 réteg, kavicsolt)		0,25
Plasztikus bitumen (4 mm vtg.)		0,05
Műanyag hullámlemez (1,5 mm vtg.)		0,02
betoncserép	<i>egyszeres fedés</i>	0,6
égetett agyagcserép	<i>hódfarkú egyszeres fedés</i>	0,35
	<i>hódfarkú kettős v. korona fedés</i>	0,7
	<i>barát-apáca fedés</i>	0,9
	<i>hornyolt</i>	0,38
	<i>sajtolt</i>	0,48
nád v. szalma (<40 cm vastag)		0,6
fazsindely		0,35
természetes pala		0,8

azbesztcement pala (régi, meglévő)	<i>egyszeres</i>	0,16
	<i>kettős</i>	0,25
	<i>hullámpala</i>	0,25
Üvegfedés, <i>fém osztóbordákkal</i>	<i>normál, 6 mm</i>	0,20
	<i>drótüveg, 6 mm</i>	0,25
POROTHERM FÖDÉMEK		g_k [kN/m ²]
Egyenként beépített gerendák (födém vtg.: 17 cm béléstest + 4 cm felbeton = 21 cm)	<i>Porotherm 45-ös béléstesttel</i>	2,8
	<i>Porotherm 60-as béléstesttel</i>	2,6
Egyenként beépített gerendák (födém vtg.: 17 cm béléstest + 6 cm felbeton = 23 cm)	<i>Porotherm 45-ös béléstesttel</i>	3,3
	<i>Porotherm 60-as béléstesttel</i>	3,1
Kettőzve beépített gerendák (födém vtg.: 17 cm béléstest + 4 cm felbeton = 21 cm)	<i>Porotherm 45-ös béléstesttel</i>	3,3
	<i>Porotherm 60-as béléstesttel</i>	3,0
Kettőzve beépített gerendák (födém vtg.: 17 cm béléstest + 6 cm felbeton = 23 cm)	<i>Porotherm 45-ös béléstesttel</i>	3,8
	<i>Porotherm 60-as béléstesttel</i>	3,5
MÁS ELŐREGYÁRTOTT FÖDÉMEK		g_k [kN/m ²]
PK és PS jelű körüreges feszítettbeton födémpanel (födém vtg. 19 cm)		3,15
27 cm vakolatmentes palló (UF-MV)		5,12
E jelű gerendás födémrendszer (beton béléstesttel, felbeton nélkül)	<i>EB 60/19 béléstest (födém vtg. 19 cm)</i>	2,67
	<i>EB 30/19 béléstest (födém vtg. 19 cm)</i>	3,52
	<i>EB 60/24 béléstest (födém vtg. 24 cm)</i>	3,29
G jelű gerendás födémrendszer (födém vtg.: 22cm)	<i>B/60 béléstest</i>	3,34
	<i>B/100 béléstest</i>	2,97
Gm jelű gerendás födémrendszer (födém vtg. 22 cm)	<i>B/60 béléstest</i>	3,60
	<i>B/100 béléstest</i>	3,13
FERT vázkerámia béléstestes födém (nyers födém vtg. 19 cm)		3,07
BVM-PPB gerendás födémrendszer (beton béléstesttel)	<i>EP157 + BB2-14.19 + 0 cm felbeton (nyers födém vtg. =19,4 cm)</i>	2,95
	<i>EP178 + BB2-14.21 + 0 cm felbeton (nyers födém vtg. =21,4 cm)</i>	3,17
HAGYOMÁNYOS FÖDÉMEK		g_k [kN/m ²]
Bohn födém, 24 cm vastag		2,86
Poroszüveg födém	13 cm átlagos vastagságú (kisméretű téglából)	1,90
	15 cm átlagos vastagságú (régi, nagyméretű téglából)	2,60
MONOLIT FÖDÉMEK		g_k [kN/m ²]
Monolit vasbeton lemez 1 cm alsó oldali vakolattal	15 cm vb lemez	3,95
	20 cm vb lemez	5,20
	25 cm vb lemez	6,45

5. Hasznos terhek

Födémek és tetők hasznos terhei			
Az EN 1991-1-1 a hasznos terhek nagyságát általában egy alacsonyabb és egy magasabb érték közötti tartományként, továbbá egy kiemelt ajánlott értékkel adja meg. Az alábbi táblázatban a Nemzeti Melléklet szerinti értékek szerepelnek. A megadott terheket vízszintes felületen ható (vízszintes vetületen megoszló), függőlegesen lefelé mutató erőhatásként kell értelmezni; vízszintes irányú hasznos terhekre a 7.5. szakasz ad tájékoztatást.			
Használati osztály	Funkció szerint besorolás		Pontszerű teher ⁽¹⁾ Q_k [kN]
		Felületen megoszló teher q_k [kN/m ²]	
A	Háztartási és tartózkodási célra szolgáló területek (lakások és szállodák szobái, konyhák és mellékhelyiségek, kórtermek)		2,00
	Padlások (nem rendszeres tartózkodás céljára)		1,50
	Lépcsők, erkélyek		3,00
B	Irodák		3,00
C	C1	Asztalokkal berendezett helyiségek (iskolák és vendéglátó helyek, olvasótermek)	3,00
	C2	Rögzített ülőhelyes termek (színház, mozi, előadó, templom, váróterem)	4,00
	C3	Emberi mozgást nem akadályozó berendezésű födémek (múzeumok, kiállítótermek, középületek közlekedő területei)	5,00
	C4	Összehangoltan mozgó tömegek által használt területek (tánc terem, színpad, tornaterem, sportpálya)	5,00
	C5	Tömegrendezvények céljára szolgáló födémterületek (tánc terem, színpad, tornaterem, sportpálya)	5,00
D	D1	Kiskereskedelem üzlethelyiségei	4,00
	D2	Áruházak (pontosabb adatok hiányában)	5,00
E	E1	Raktárak (pontosabb adatok hiányában)	7,50
	E2	Ipari csarnokok közbelső födémjei	technológustervező adatai alapján
F	Könnyű gépjárművel járható födém (személygépkocsi garázs, parkolóház $G_k \cdot 30$ kN összsúlyú járművekkel)		2,50
G	Nehézgépjárművel járható födém (tehergépkocsi, autóbusz forgalom, tűzoltóautó útvonala $G_k \cdot 160$ kN összsúlyú járművekkel)		5,00
H	Nem járható tetők	• 10° hajlásszög	0,40
		$f20^\circ$ hajlásszög	0,00
		ha nincs külön héjalás	-
I	Járható tetők az A-D használati osztálynak megfelelő igénybevétellel		használati osztálynak megfelelően
K	Különleges célokra kialakított tetők (pl. helikopter-leszállóhelyként kialakított tető)		egyedi adatszolgáltatás alapján
-	Tetőlétrák, tetőjárdák		0,40
	Tető vizsgálójárdák		
-	Menekülési útvonalak járdái		a menekülési úthoz tartozó födémszakasz használati osztályának megfelelő q_k érték
-	Búvónyílások keret- és lefedőszerkezetei (az üvegezés kivételével), álmennyezetek függesztő szerkezetei		0,25
-	Állattartási épületek helyiségei	kis állatok (állatsúly $\cdot 0,25$ kN/db)	1,50
		egyéb állatok	5,00
⁽¹⁾ A pontszerű teher a födém, az erkély vagy a lépcső bármely helyén működhet, általában egy pontban, kerekes járművek tengelyterhe esetén jellemzően két pontban koncentráva. A feltételezendő teherátadási felület általában egy 50 x 50 mm-es négyzet, járművekre külön előírások vannak.			

A táblázatban a minimálisan előírt értékek találhatóak, a valóságos teher ennél nagyobb is lehet. A megadott értékek nem tartalmazzák a nehéz berendezések (pl. ipari konyhák, radiológiai gépek, kazánok, páncélszekrények stb.) terheit.

Kérdéses esetekben a számításba veendő hasznos teher értékét a funkciónak, illetve a technológustervező által közölt adatoknak megfelelően kell megállapítani a megbízó és/vagy az illetékes hatóság egyetértésével.

6. Hóteher

6.1 A felszíni hóteher

A felszíni hóteher karakterisztikus értéke Magyarországon	
400 m tengerszint feletti magasságig: $s_k = 1,25$ [kN/m ²] Az előbbieknél magasabb területeken: $s_k = 1,25 + \frac{A - 400}{400}$ [kN/m ²] ahol: A [m] a talaj felszínének magassága az Adria átlagos tengerszintje felett, s_k a felszíni hóteher karakterisztikus értéke, mint függőlegesen lefelé mutató, vetületi négyzetméterre vonatkoztatott teher.	
A megadott hóteher az 50 éves visszatérési periódushoz tartozó érték.	

Épületek tetőin a **hóteher átrendeződése és felhalmozódása miatt** minden tervezési helyzetben (a félnyereg tető kivételével, ahol nincs hófelhalmozódás) legalább két teherelrendezés veendő figyelembe:

- a hófelhalmozódás nélküli hóteher esete;
- a hófelhalmozódást is tartalmazó (átrendeződött) hóteher esete.

6.2 Tetők hóterhe

Tetők hóterhének karakterisztikus és tervezési értéke	
karakterisztikus érték: $s = \hat{s}_i \cdot s_k$	tervezési érték: $s_d = \gamma_Q \cdot s = 1,5 \cdot s$
\hat{s}_i	a hóteher alaki tényezője tetőformától és teherelrendezéstől függően a 6.3. szakasz szerint. megfelelően
s_k	a felszíni hóteher karakterisztikus értéke a 6.1. szakasz szerint
s_d	a tető hóterhének tervezési értéke teherbírási határállapotok vizsgálatához.
γ_Q	a hóteher, mint esetleges teher parciális biztonsági tényezője teherbírási határállapotok vizsgálatához

6.3 A tetők hóterhének alaki tényezői

Félnyereg tetők, nyereg tetők és összekapcsolt nyereg tetők esetén a teherelrendezésekhez tartozó **alaki tényezők** a tetősíkok vízszintessel bezárt **hajlásszöge függvényében** az alábbi lehetnek:

Hóteher alaki tényezői félnyereg-, nyereg- és összekapcsolódó nyereg tetők esetén			
Alaki tényező	A tető hajlásszöge (α)		
	$0^\circ \dots 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
\hat{s}_1	0,8	$0,8(2 - \alpha/30)$	0
	szabad hólecsúszás		
\hat{s}_2	0,8	1,6	-
	akadályozott hólecsúszás ⁽¹⁾		
⁽¹⁾ Az akadály lehet hófogó, tetősík fölé nyúló elem, parapetfal stb. ⁽²⁾ Az akadály meredek tetők esetén is megfogja a lecsúszni akaró havat, de az már elsősorban az akadályt, és nem magát a tetőt terheli.			

6.4 Félnyeregtek

Félnyeregtek teherelrendezése és alaki tényezője	
	<p>Félnyeregtek esetén elegendő egyetlen teherelrendezést vizsgálni egyenletesen megoszló hőteherrel. Kedvezőtlen hófelhalmozódás nem jöhet létre.</p>
<p>A $\mu_1(\alpha)$ alaki tényező a tetősík vízszintessel bezárt szögének függvényében a 6.3. szakasz alapján vehető fel.</p>	

6.5 Nyeregtek

Nyeregtek teherelrendezései és alaki tényezői		
<p>Nyeregtek tetősíkjain a figyelembe veendő hőteher mindig egyenletesen megoszló, az alaki tényező pedig a tetősíkok hajlásszögének függvénye. A vizsgálandó három teherelrendezés (terhelési eset) a következő:</p>		
1. eset	2. eset: baloldali féoldalas teher	3. eset: jobboldali féoldalas teher
Felhalmozódás nélküli (a hőteher átrendeződése előtti) teherelrendezés	Felhalmozódást is tartalmazó, a hőteher átrendeződése utáni teherelrendezések	
<p>A $\mu_1(\alpha)$ alaki tényezők tetősíkonként, a vízszintessel bezárt szög függvényében vehetők fel a 6.3. szakasz alapján.</p>		

6.6 Összekapcsolódó nyeregtek

Összekapcsolódó nyeregtek teherelrendezései és alaki tényezői	
<p>Összekapcsolt nyeregtek felhalmozódás nélküli hőterhe tetősíkonként megegyezik a hasonló alakú, önálló nyeregtek hőterhével (1. eset). A hó átrendeződése következtében viszont a nyeregtek közötti vágában hózugteher jöhet létre, ez a 2. eset szerinti teherelrendezés. Ha valamelyik tetősíkon $\alpha > 60^\circ$, további vizsgálat is szükséges.</p>	
1. eset	2. eset
Felhalmozódás nélküli (a hőteher átrendeződése előtti) teherelrendezés és alaki tényezők	Felhalmozódást is tartalmazó, a hőteher átrendeződése utáni teherelrendezés és alaki tényezők
<p>A $\mu_1(\alpha)$ és a $\mu_2(\alpha)$ tényezők értéke az ábra szerinti α szögek függvényében a 6.3. szakasz alapján vehető fel.</p>	

7. Szélteher

A szélhatást egyszerűsített módon az áramló, turbulens szél hatásaival egyenértékű nyomásokkal vagy erőkkkel modellezzük. A számított szélhatások az 50 éves visszatérési periódushoz tartozó karakterisztikus értékek.

7.1 Terep kategóriák

A szélteher, illetve a torlónyomás meghatározása során a következő kategóriák közül kell választani:

Terep (beépítettségi) kategóriák	
Jel	A terep jellemzése
I	Nyílt terep: szélirányban legalább 5 km hosszú tó; egyenletes sík szárazföldi terület akadályok nélkül
II	Mezőgazdasági terület kerítésekkel, elszórtan mezőgazdasági építményekkel, házakkal vagy fákkal
III	Alacsony beépítés: külvárosi vagy ipari övezetek; erdők
IV	Intenzív beépítés: városi övezet; a földfelület legalább 15%-án olyan épületek vannak, amelyek átlagos magassága legalább 15 m.

A terep kategória egyszerű megállapítása az épület körüli 1,0 km sugarú körben levő tereptagoltság alapján lehetséges. Ha a vizsgált körben többféle kategóriának megfelelő terület van, mindig a kedvezőtlenebb, alacsonyabb számjelű kategóriát kell választani.

7.2 A külső felületi szélnyomás és a szélterő

Épület, épületrész vagy szerkezeti elem egységnyi felületére ható w_e külső felületi szélnyomást (amely egyaránt lehet nyomás vagy szívás), a terep feletti z magassághoz értelmezett $q_p(z)$ torlónyomás és a c_{pe} alak tényező szorzataként kell meghatározni:

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

A felületi szélnyomás a felületre merőlegesen - görbült felület esetén a helyi érintő síkra merőlegesen - értelmezendő. A felület felé mutató szélnyomás előjele pozitív (+), a felülettől elfelé mutató szélszívás negatív (-) előjelű.

A külső felületi szélterő karakterisztikus értéke egy adott elemi felületen:

$$F_{we} = w_e \cdot A_{ref} = q_p(z) \cdot c_{pe} \cdot A_{ref}$$

ahol: $q_p(z)$ a szél torlónyomása a z_e referenciamagasságnak megfelelő z terepszint feletti magasságban a 7.3. szakasz szerint

c_{pe} a szélteher alak tényezője (külső nyomási tényező)

A_{ref} a szélnyomással terhelt felület számításba veendő része (általában a teljes felület)

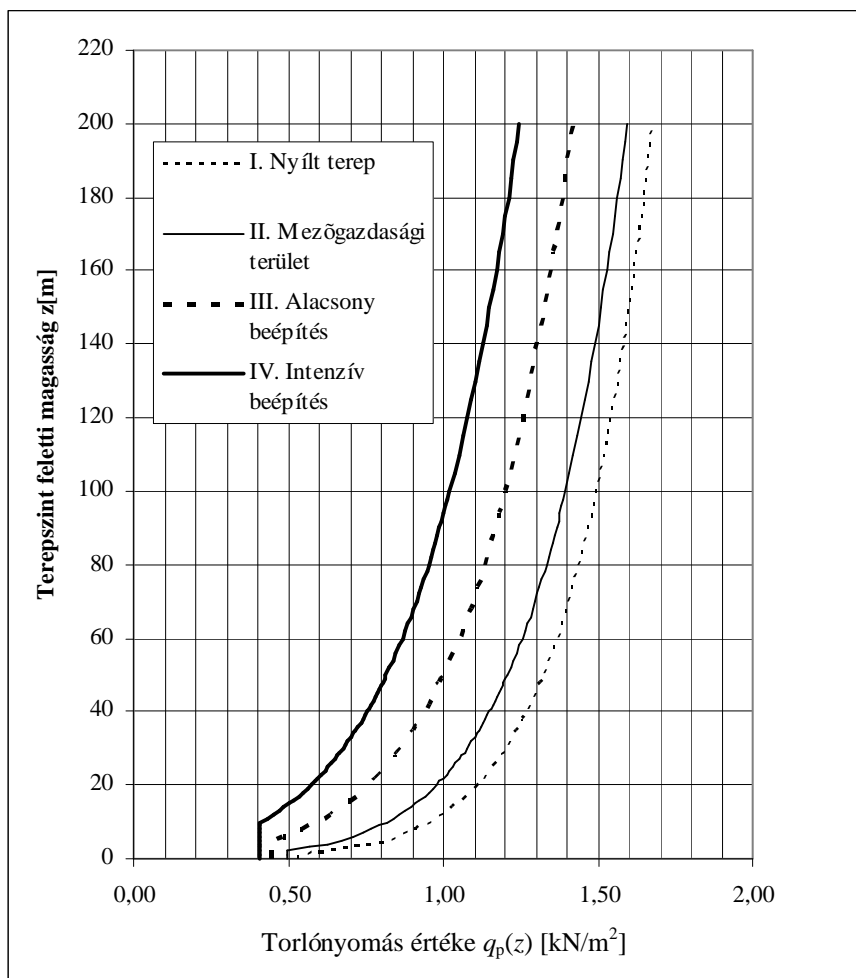
A külső felületi szélterő tervezési értéke teherbírasi határállapotban:

$$F_{d,we} = \bullet_Q \cdot F_{we} = 1,5 F_{we}$$

Itt \bullet_Q a szélteher parciális biztonsági tényezője a 3.2. szakasz szerint.

7.3 A szél torlónyomása

A szél torlónyomásának értékei Magyarországon $q_p(z)$									
Terepszint feletti magasság	Terep- (beépítési) kategória				Terepszint feletti magasság	Terep- (beépítési) kategória			
	I	II	III	IV		I	II	III	IV
z [m]	$q_p(z)$ [kN/m ²]				z [m]	$q_p(z)$ [kN/m ²]			
1	0,536	0,495	0,446	0,409	20	1,113	0,978	0,760	0,572
2	0,654	0,495	0,446	0,409	22	1,135	1,001	0,783	0,596
3	0,727	0,571	0,446	0,409	24	1,154	1,022	0,805	0,618
4	0,781	0,627	0,446	0,409	26	1,172	1,042	0,826	0,639
5	0,824	0,672	0,446	0,409	28	1,189	1,060	0,845	0,658
6	0,860	0,709	0,484	0,409	30	1,205	1,077	0,863	0,676
7	0,891	0,742	0,516	0,409	33	1,227	1,101	0,888	0,702
8	0,918	0,770	0,545	0,409	36	1,248	1,123	0,911	0,725
9	0,942	0,796	0,571	0,409	40	1,272	1,150	0,940	0,754
10	0,964	0,819	0,595	0,409	45	1,300	1,180	0,972	0,786
11	0,984	0,840	0,617	0,431	50	1,326	1,207	1,001	0,816
12	1,002	0,860	0,637	0,451	55	1,349	1,232	1,028	0,843
13	1,019	0,878	0,655	0,469	60	1,370	1,255	1,052	0,868
14	1,035	0,895	0,673	0,486	65	1,390	1,277	1,075	0,892
15	1,050	0,911	0,689	0,503	70	1,408	1,297	1,096	0,913
16	1,064	0,926	0,705	0,518	75	1,425	1,315	1,117	0,934
17	1,077	0,940	0,720	0,533	80	1,441	1,333	1,135	0,953
18	1,090	0,953	0,734	0,546	90	1,471	1,365	1,170	0,989
19	1,102	0,966	0,747	0,560	100	1,498	1,395	1,202	1,022



Egy épület vagy épületrész szélterhének meghatározásakor z magasságként a z_e referenciamagasságot kell használni (lásd 7.4 szakasz).

7.4 Külső alaki tényezők (nyomási tényezők) meghatározása: egyszerűsített eljárás

Az alábbi - az EUROCODE előírásokkal nem ellentétes - egyszerűsített eljárás hasábszerű, síklapokkal határolt épületek esetére adja meg az egyes épületfelületekhez tartozó átlagos c_{pe} alaki tényező (külső nyomási tényező) biztonságos felső értékét.

Az eljárás csak az alábbi két geometriai helyzetben alkalmazható:

- ha a $d > h$ vagy $d > b/2$ feltételek legalább egyike teljesül, az [1] táblázati oszlopok adatai használhatók.
- ha a $d > h/2,5$ vagy $d > b/5$ feltételek legalább egyike teljesül, a [2] táblázati oszlopok adatait kell használni.

Referencia magasság: A torlónyomás meghatározásához alkalmazandó referenciamagasság a vizsgált tetősík legmagasabb élének terepszint feletti magassága általában $z_e = h$, attikafalas homlokzatoknál $z_e = h + h_p$.

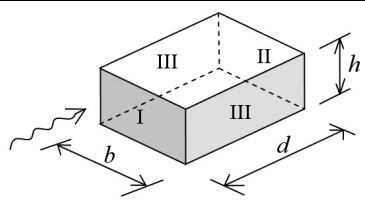
Referenciafelület: a vizsgált fal vagy tetősík teljes területe.

Az alkalmazás további feltételei:

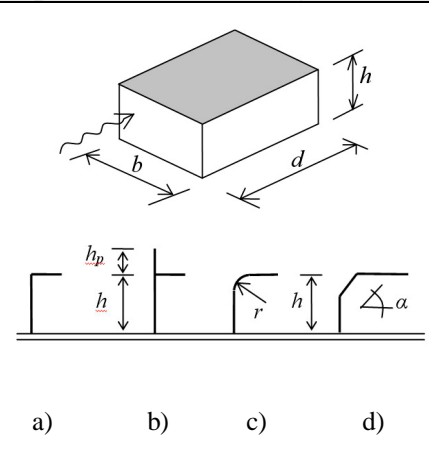
Az egyszerűsített eljárás abból a feltevésekből indul ki, hogy az épület egésze szempontjából meghatározó tartószerkezetek terhelési zónáira általában teljesül az $A > 10 \text{ m}^2$ feltétel.

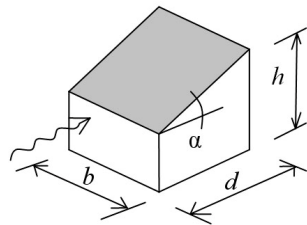
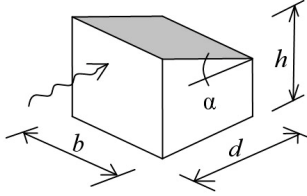
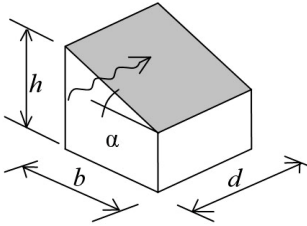
Ha az épület arányaira vonatkozóan a bevezetőben megadott két geometriai helyzet egyike sem teljesül (az épület tömege nem a szokásos hasábszerű) ez az eljárás nem használható.

A felületre ható erő eredőjét a felület középpontjában ható erőként szabad feltételezni.

Függőleges falak alaki tényezői				c_{pe}	
	h/d	Széltámadta oldalon (I)	Szélárnyékos oldalon (II)	Szélirányra merőlegesen (III)	
				[1]	[2]
	$f5$	+0,80	-0,70	-0,96	-1,2
	1	+0,80	-0,50		
	•0,25	+0,70	-0,30		

A függőleges falak alaki tényezője nem függ a falak fölötti tetőidom alakjától (lapos vagy magastető).

Lapostetők alaki tényezői				c_{pe}	
	Tető típusa	Szélszívás		Szélnyomás	
		[1]	[2]		
a) szögletes peremű		-0,80	-0,95	+0,20	
	$h_p/h=0,025$	-0,78	-0,90		
	$h_p/h=0,05$	-0,74	-0,80		
b) attikafalas	$h_p/h=0,10$	-0,72	-0,75		
	$r/h=0,05$	-0,56	-0,80		
	$r/h=0,10$	-0,40	-0,55		
c) lekerekített peremű	$r/h=0,20$	-0,34	-0,40		
	• $=30^\circ$	-0,44	-0,65		
d) kontyolt	• $=45^\circ$	-0,58	-0,85		
	• $=60^\circ$	-0,66	-0,90		

Ferde tetőfelületek alak tényezői								C _{pe}	
Tető sík hajlásszöge (°)	Tető sík a széltámadta oldalon		Tető sík a szélárnyékos oldalon						
									
			Félnyereg		Nyereg		Kontyolt		
	[1]	[2]	[1]	[2]	[1]	[2]	[1]	[2]	
5°	0	0	-0,9	-1,05	+0,04	+0,1	-0,36	-0,45	
	-0,72	-0,9			-0,6	-0,6			
15°	+0,2	+0,2	-0,98	-1,1	-0,52	-0,7	-0,64	-0,85	
	-0,4	-0,55							
30°	+0,46	+0,55	-0,8	-0,8	-0,42	-0,45	-0,42	-0,45	
	-0,26	-0,35							
45°	+0,62	+0,65	-0,66	-0,6	-0,22	-0,25	-0,3	-0,3	
60°	+0,7	+0,7	-0,5	-0,5	-0,22	-0,25	-0,3	-0,3	
75°	+0,8	+0,8	-0,5	-0,5	-0,22	-0,25	-0,3	-0,3	
Hajlásszög (°)			Széliránnyal párhuzamos tetőfelület						
			Félnyereg		Nyereg		Kontyolt		
			[1]	[2]	[1]	[2]	[1]	[2]	
5° - 75°			-1,10	-1,35	-1,04	-1,15	-0,92	-1,10	

Ha egy felületen nyomás és szívás egyaránt előfordulhat, a táblázat pozitív és negatív értéket is tartalmaz. Ezek közül a vizsgált terhelési esetnek megfelelőt kell használni.

