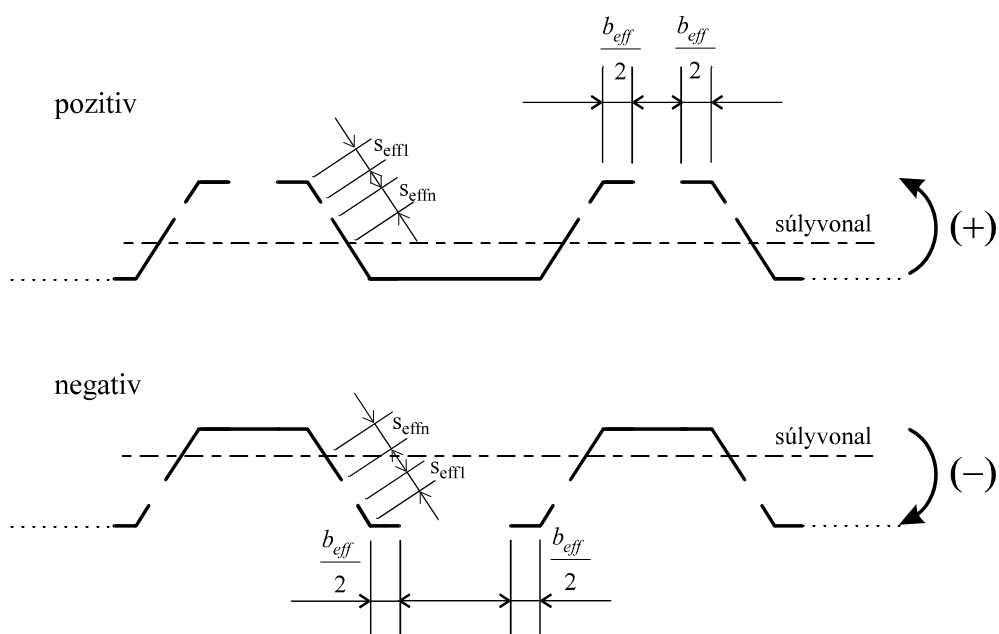


LINDAB TRAPÉZLEMEZEK STATIKAI MÉRETEZÉSE

TERVEZÉSI ÚTMUTATÓ

MÁSODIK, ÁTDOLGOZOTT KIADÁS



Készítették:

Dr. Dunai László

Ádány Sándor

Kotormán István

LINDAB KFT., 2005.

Tartalom

1. BEVEZETÉS	4
1.1. A tervezési útmutató célja.....	4
1.2. Az alkalmazott szabványok	4
2. LINDAB TRAPÉZLEMEZEK JELLEMZŐI	6
2.1. Lindab trapézlemezek	6
2.2. Keresztmetszeti jellemzők számítása	8
2.2.1. Vastagság definiálása.....	8
2.2.2. Effektív keresztmetszeti jellemzők értelmezése	8
2.3. Anyagjellemzők.....	9
2.3.1. Anyagminőség	9
2.3.2. Szilárdsági jellemzők	9
2.3.3. Egyéb anyagjellemzők	9
3. LINDAB TRAPÉZLEMEZEK SZERKEZETI KIALAKÍTÁSA ÉS STATIKAI MODELLJE	10
3.1. Szerkezeti kialakítás	10
3.2. Statikai modell	11
4. TRAPÉZLEMEZEK TERHELÉSE	12
4.1. Terhek felvétele a Magyar Szabvány szerint	12
4.1.1. Állandó terhek.....	12
4.1.2. Esetleges terhek	13
4.1.2.1. Hasznos terhek	13
4.1.2.2. Meteorológiai terhek	14
4.1.2.3. Építési terhek.....	16
4.1.3. Mértékadó tehercsoportosítások	18
4.2. Terhek felvétele az Eurocode szerint	18
4.2.1. Állandó terhek.....	19
4.2.2. Esetleges terhek	19
4.2.2.1. Hasznos terhek	19
4.2.2.2. Meteorológiai terhek	20
4.2.3. Mértékadó tehercsoportosítások	29
4.3. Tehermodell	29

5. TRAPÉZLEMEZEK TEHERBÍRÁSI HATÁRÁLLAPOTA	31
5.1. A teherbírás parciális biztonsági tényezői.....	31
5.2. Hajlítási tönkremenetel: nyomatéki ellenállás.....	31
5.3. Gerinc nyírási tönkremenetele: nyírási ellenállás	32
5.4. Gerinc beroppanási tönkremenetele: beroppanási ellenállás.....	33
5.5. Teherbírás nyomaték - nyíróerő kölcsönhatás esetén	35
5.6. Teherbírás nyomaték - reakcióerő kölcsönhatás esetén	35
6. TRAPÉZLEMEZEK HASZNÁLATI HATÁRÁLLAPOTA.....	36
6.1. Merevségi követelmény: trapézlemezre merőleges elmozdulás	36
6.2. Járhatósági követelmény.....	36
7. A STATIKAI SZÁMÍTÁS VÉGREHAJTÁSA	37
7.1. A tervezési táblázatok felépítése, jelölések.....	37
7.1.1. Keresztmetszeti jellemzők táblázatai.....	37
7.1.2. Keresztmetszeti ellenállások táblázatai	38
7.1.3. Teherbírási táblázatok.....	38
7.2. Statikai méretezés a terhelési táblázatok alkalmazásával	39
7.3. Statikai méretezés részletes vizsgálat alapján.....	40
7.4. Statikai méretezés DIMRoof programmal.....	40
FÜGGELÉK - LINDAB TRAPÉZLEMEZEK TERVEZÉSI TÁBLÁZATAI.....	41

1. BEVEZETÉS

1.1. A tervezési útmutató célja

Ez a tervezési útmutató Lindab trapézlemezek statikai méretezését tárgyalja. Bemutatja a lemezek statikai jellemzőit, a méretezés szakmai hátterét, majd gyakorlati tervezésre alkalmas táblázatokat mellékel.

Jelen útmutató az 1996-ban megjelent 1. kiadás átdolgozott és kibővített változata, az alábbi tartalmi változásokkal:

- Tartalmazza a Lindab trapézlemezek kibővült választékát.
- A teherbírási adatok a vonatkozó Eurocode 3 szabvány alapján lettek meghatározva.
- A terhek számításánál – a vonatkozó MSZ mellett – megjelent az Eurocode 1 szabvány ajánlása is.
- Az útmutató bizonyos szempontból kevesebb részletet tartalmaz az 1. kiadáshoz képest (pl. hiányoznak mintapéldák nem tipikus szerkezeti kialakítások méretezésére). Ennek oka az, hogy kidolgozásra került és hozzáférhető a DIMRoof programrendszer trapézlemezek és Z-gerendák statikai méretezésére, amely általánosan és hatékonyan alkalmazható nem tipikus kialakítások esetén is.

1.2. Az alkalmazott szabványok

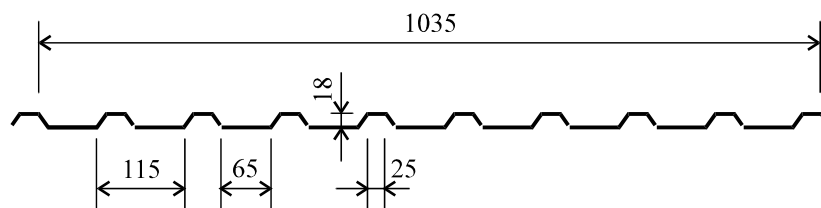
Az útmutató méretezéselméleti alapját a vonatkozó magyar és Eurocode szabványok képezik:

- [1] MSZ 15020 - 86: Építmények teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Általános előírások.
- [2] MSZ 15021/1 - 86: Építmények teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Magasépítési szerkezetek terhei.
- [3] MSZ 15021/2 - 86: Építmények teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Magasépítési szerkezetek merevségi követelményei.
- [4] MSZ 15024/1 - 85: Építmények acélszerkezeteinek erőtani tervezése. Tervezési előírások.
- [5] MSZ 15024/3 - 85: Építmények acélszerkezeteinek erőtani tervezése. Méretezési eljárások.
- [6] ENV 1991: Eurocode 1: Basis of design and actions on structures – Part 2: Actions on structures.
- [7] ENV 1993 – 1 – 1: Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1 – 1: General rules and rules for buildings.
- [8] ENV 1993 – 1 – 3, Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1 – 3: General rules – Supplementary rules for cold formed thin gauge members and sheeting.

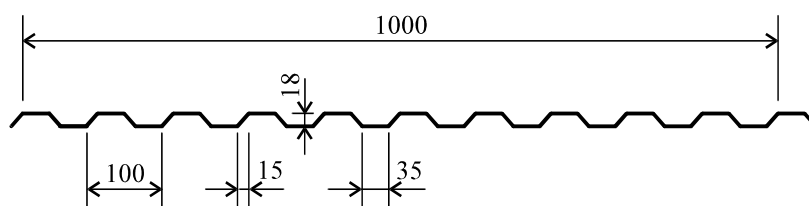
- [9] EN 10143: Continuously hot-dip metal coated steel sheet and strip – Tolerances on dimensions and shape.
- [10] EN 10147: Specification for continuously hot-dip zinc coated structural steel sheet – Technical delivery conditions.

2. LINDAB TRAPÉZLEMEZEK JELLEMZŐI

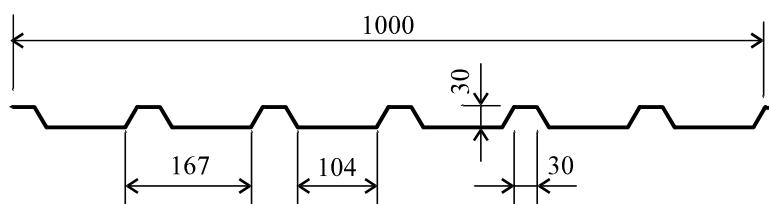
2.1. Lindab trapézlemezek



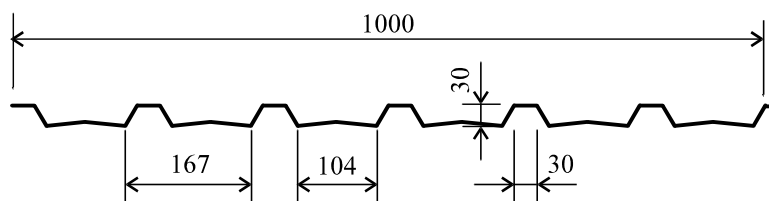
2.1. ábra: LTP 20 (LVP 20)



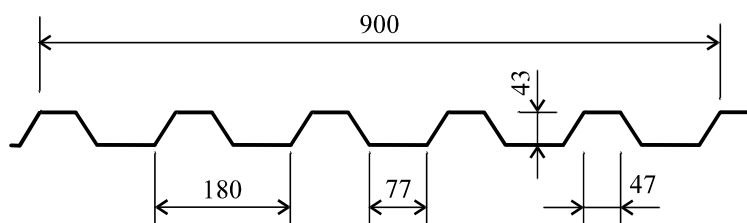
2.2. ábra: LLP 20



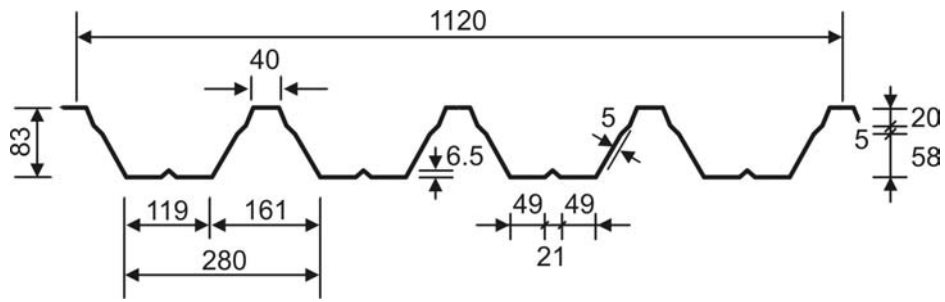
2.3. ábra: LV 30



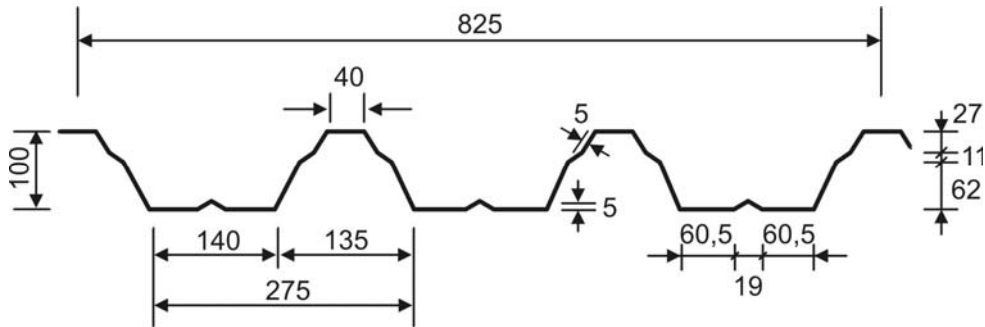
2.4. ábra: LVV 30



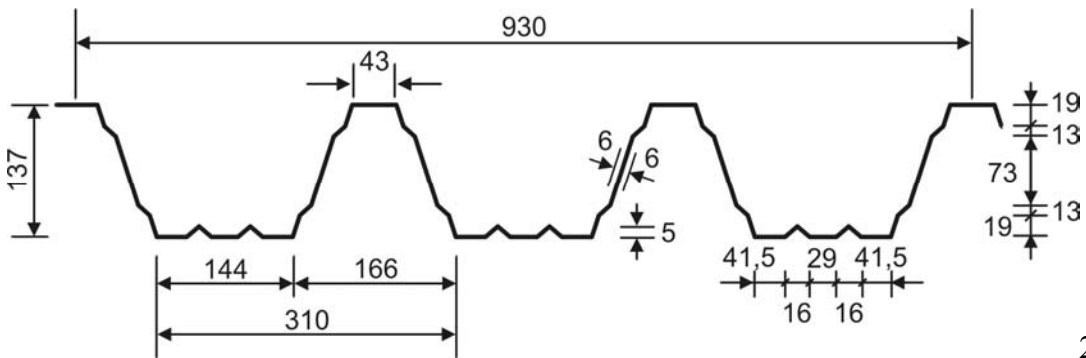
2.5. ábra: LTP 45 (LVP 45)



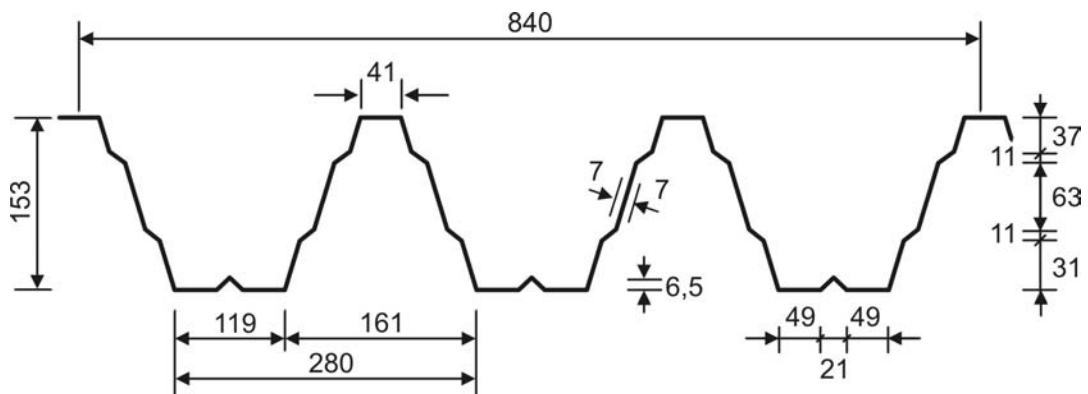
2.6. ábra: LTP 85



2.7. ábra: LTP 100



2.8. ábra: LTP 135



2.9. ábra: LTP 150

Megjegyzések:

- a zárójelbe tett LVP* profilok statikai szempontból azonosnak tekinthetők a megfelelő LTP* profilokkal,
- a geometriai méretek a lemezek középvonalára értendők,

2.2. Keresztmetszeti jellemzők számítása

2.2.1. Vastagság definiálása

A trapézlemezek vastagságát statikai méretezés szempontjából az alábbiakban definiált mennyiségek jellemzik, a [8] szabvány alapján:

t_{nom} - az acéllemez névleges vastagsága,

t_{zinc} - a horganybevonat összvastagsága,

t_d - az acéllemez vastagságának tervezési értéke.

A tervezési vastagság értelmezése [8,9,10] előírásai alapján:

$$t_d = t_{nom} - t_{zinc} \quad (2.1)$$

Lindab trapézlemezek esetén a kétoldali horganybevonat összvastagságát egységesen 0,04 mm értékkel lehet figyelembe venni.

Megjegyzés:

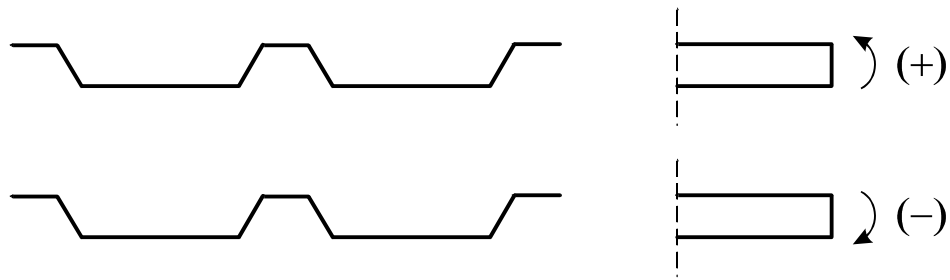
A [8] szabványban megadott méretezési eljárások és formulák akkor érvényesek, ha a trapézlemez tervezési vastagsága legalább 0,5 mm. Ez a feltétel nem teljesül a 0,4 és 0,5 mm névleges vastagságú Lindab trapézlemezekre. A 0,5 mm-es lemezek esetében a feltételhez képesti eltérés csekély, a közölt képletek és táblázatok jó közelítéssel alkalmazhatóak. A 0,4 mm-es lemezek esetében a tervezési formulák illetve a megadott tervezési táblázatok tájékoztató jellegűek.

2.2.2. Effektív keresztmetszeti jellemzők értelmezése

A keresztmetszeti jellemzők számítása az alábbi elvek alapján történt [8]:

- A keresztmetszeti geometria a lemezek középvonalára van értelmezve.
- A belső lekerekítési sugár (r) 3 és 6 mm között van a különböző lemezekre.
- A vékonyfalú trapézlemez keresztmetszetekben a nyomott elemek lemezhorpadása az ún. "dolgozó" vagy "effektív" lemezszélességgel lett figyelembe véve:
nyomófeszültség \rightarrow effektív lemezszélesség \rightarrow effektív keresztmetszeti jellemzők.
- A vékonyfalú keresztmetszetekre értelmezett effektív inerciák és keresztmetszeti modulusok pozitív és negatív értelmű hajlítónyomatékok esetén meghatározhatók (I_{eff}^+ , I_{eff}^- , W_{eff}^+ , W_{eff}^-). Ebben az útmutatóban a hajlítónyomaték előjele úgy van

definiálva, hogy a (+) nyomaték a *pozitív elhelyezésű* trapézlemez alsó övében okoz húzást (lásd a 2.10. ábrán).



2.10. ábra: (+) és (-) nyomaték értelmezése

2.3. Anyagjellemzők

2.3.1. Anyagminőség

A Lindab trapézlemezek három anyagminőségű lemezből készülnek:

- EN 10147, FeE 250G;
- EN 10147, FeE 320G;
- EN 10147, FeE 350G.

2.3.2. Szilárdsági jellemzők

Az EC3 [8] szabvány az anyag szilárdságára vonatkozóan az alábbi jellemző mennyiségeket definiálja:

- f_{yb} a folyási feszültség alapértéke
- f_{ya} a folyási feszültség átlagértéke, mely figyelembe veszi a hidegalakítás hatására bekövetkező keményedést,
- f_u szakítószilárdság.

A folyási feszültség alapértéke és a szakítószilárdság a 2.1. táblázatban szerepelnek a különböző anyagminőségekre. A folyási feszültség átlagértéke függ a szelvény alakjától is, így ezeket az értékeket a tervezési táblázatokban közöljük.

	FeE 250G	FeE 320G	FeE 350G
f_{yb}	250 MPa	320 MPa	350 MPa
f_u	320 MPa	390 MPa	420 MPa

2.1. táblázat

2.3.3. Egyéb anyagjellemzők

Rugalmassági modulus: $E = 210000$ MPa.

Nyírási rugalmassági modulus: $G = 80770$ MPa.

Poisson tényező: $\nu = 0,3$

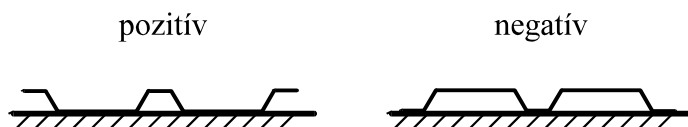
3. LINDAB TRAPÉZLEMEZEK SZERKEZETI KIALAKÍTÁSA ÉS STATIKAI MODELLJE

3.1. Szerkezeti kialakítás

A teherhordó funkciót betöltő trapézlemezek fő- vagy másodlagos teherviselő szerkezeti elemekhez kapcsolódnak. A támaszok lehetnek főtartó gerendák, tetőszelemenek vagy falvázgerendák/oszlopok. A trapézlemez elhelyezése a megtámasztó szerkezeten statikai szempontból kétféle lehet, amit ez az útmutató az alábbi módon definiál (lásd a 3.1. ábrán):

(+) elhelyezés: a megtámasztó szerkezethez a trapézlemez hosszabb öve csatlakozik,

(-) elhelyezés: a megtámasztó szerkezethez a trapézlemez rövidebb öve csatlakozik.



3.1. ábra: (+) és (-) elhelyezés értelmezése

A lemezeket hossz- és oldalirányban az épületszerkezeti és statikai funkcióknak megfelelő átfedéssel kell kialakítani. Oldalirányban a lemezek együttdolgozását általában 4-500 mm-enként alkalmazott szegecsekkel vagy csavarokkal kell biztosítani. Hosszirányban a trapézlemezeket - a gyártási hosszak és a megtámasztó szerkezet követelményei alapján - minimum 200 mm átfedésű toldással kell kialakítani.

A trapézlemezek leerősítését a megtámasztó szerkezethez a megfelelő rögzítőelemekkel lehet megoldani, az adott statikai követelmény alapján. A tipikusnak tekinthető "nyomás jellegű" teher esetén (pl. önsúly és hóteher tetőn) leerősítést minden második hullámvölgyben kell alkalmazni. Megjegyzendő, hogy hasonló leerősítés és "szívás jellegű" teher (pl. szél falburkolaton) esetén ellenőrizni kell a trapézlemez-gerincek nyírási valamint a rögzítőelemek húzási teherbírását és szükség esetén minden hullámvölgyben leerősítést kell alkalmazni.

Amennyiben a trapézlemez a közvetlen teherviselő funkció mellett egyéb statikai szerepet is betöltenek, akkor erre a lemezek leerősítését és illesztését külön méretezni kell. Ilyen funkció lehet például a trapézlemez mint "tárcsák" alkalmazása épületek merevítéseként.

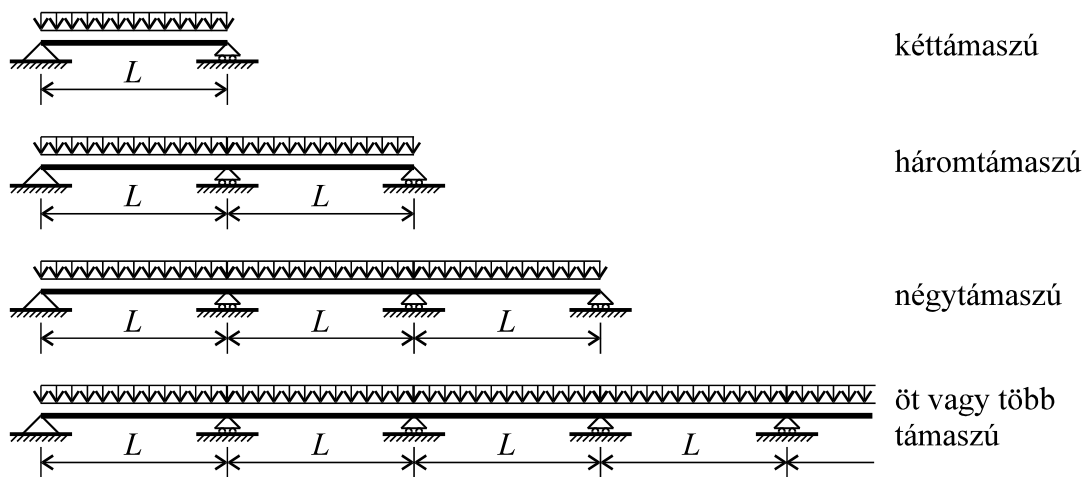
Megjegyzés:

A Lindab termékeknél alkalmazható SFS leerősítő elemek alkalmazási és statikai jellemzőit külön alkalmazástechnikai leírás tartalmazza.

3.2. Statikai modell

A trapézlemez statikai modellje gerendatartó, ahol "egységnyi" szélességi méret (b_{sz}) van értelmezve. Az egységnyi szélesség általában egy lemez méret vagy egységnyi hossz (pl. 1 méter). A gerendatartó keresztmetszete és hajlítási merevsége állandó a hossz mentén.

A szerkezeti kialakítástól függően a statikai váz lehet két- vagy többtámaszú. Többtámaszú modell esetén általában három- és négytámaszú tartó statikai váz alkalmazott, kisebb támaszközök esetén azonban ennél több támaszköz alkalmazása is lehetséges a lemezek gyártási hossza alapján. Gyakorlati szempontból tipikus szerkezeti megoldás, hogy a támaszközök azonosak. A fesztáv többtámaszú modell közbelső mezői esetén a megtámasztások középvonala közötti távolságával egyenlő. Kéttámaszú modell és többtámaszú modell szélső mezői esetén a fesztáv értelmezhető a szabad nyílás és az adott lemez esetén szükséges felfekvési méret összegeként. A trapézlemez felfekvési mérete (az alkalmazott támaszok szélessége) az adott szerkezeti rendszerre jellemző érték. Tipikus értékei adott trapézlemez esetén megadhatók (lásd a tervezési táblázatokban), amelyek közül az adott lemezre megadott minimális méret alkalmazható a fesztáv számításához. A statikai vázon alkalmazott terhelés általában egyenletesen megoszló totális teher. Ebben az útmutatóban mellékelt tervezési táblázatok a fentieknek megfelelő statikai vázból indulnak ki, amint azt a 3.2. ábra szemlélteti.



3.2. ábra: statikai modell

A fentiekől eltérő statikai váz (pl. egyenlőtlen támaszközök, egyenlőtlen terhelés, hossz mentén változó hajlítási merevség, különböző támasz szélesség) esetén a trapézlemez méretezésére a tervezési táblázatok közvetlenül nem alkalmazhatók, a Lindab Kft-től beszerezhető DIMRoof programmal azonban ezek a kialakítások is hatékonyan méretezhetők. A program a fentiekén kívüli szerkezeti rendszereket is felajánl és optimalizáló moduljával gazdaságos méretezést tesz lehetővé.

4. TRAPÉZLEMEZEK TERHELÉSE

Ebben a fejezetben összefoglaljuk a trapézlemez méretezéséhez szükséges szabványos terhek felvételét majd ez alapján a tehermodell meghatározását. A terhek definiálását két szabvány alapján ismertetjük: a vonatkozó MSZ [2] és Eurocode 1 [6] teherszabványok szerint. Megjegyezzük, hogy az útmutató kidolgozása idején az Eurocode teherszabvány Magyarországon még nem hatályos, és elfogadott Nemzeti Alkalmazási Dokumentációval (NAD) sem rendelkezik. Ezért ez az alfejezet úgy épül fel, hogy ismerteti a szabvány azon általános elveit, amelyek a trapézlemez méretezésére szempontjából fontosak és függetlenek a nemzeti sajátosságoktól. Emellett szabvány ajánlás és az ismertetett megfontolások szintjén megadunk teherintenzitásokat és biztonsági tényezőket tájékoztató jelleggel; ezeknek a pontos értékét a későbbiekben elfogadásra kerülő MSZ-Eurocode szabvány NAD melléklete adja meg.

4.1. Terhek felvétele a Magyar Szabvány szerint

4.1.1. Állandó terhek

Az állandó terhek alapértéke (g) és a szélsőértékhez tartozó biztonsági tényezője (γ) az alábbiakban foglalható össze [2] alapján:

- Trapézlemez önsúly:
 g_t - átfedéssel számolt trapézlemez önsúly [kN/m²]
 $\gamma_{t,1} = 1,1$, ha az önsúly a vizsgált hatással azonos értelmű (pl. hóteher esetén),
 $\gamma_{t,2} = 0,8$, ha az önsúly a vizsgált hatással ellentétes értelmű (pl. szélszívás esetén).
- Burkolati rétegek:
 g_b - adott réteg átlagos légszáras térfogatsúlya alapján számolt önsúly [kN/m²],
 1. beton és vasbetonszerkezetek, falazott szerkezetek, fém- és faszervezetek,
 $\gamma_{r,1} = 1,1$, $\gamma_{r,2} = 0,8$,
 2. üzemben gyártott könnyűbeton szerkezet, hő- és hangszigetelő anyagok,
 $\gamma_{r,1} = 1,2$, $\gamma_{r,2} = 0,7$,
 3. helyszíni könnyűbeton szerkezet, vakolatok, kiegyenlítő és simító rétegek,
 $\gamma_{r,1} = 1,3$, $\gamma_{r,2} = 0,7$.
- Koncentrált jellegű állandó terhek:
Tető- és födémszerkezetekben alkalmazott trapézlemezeken esetén fellépő koncentrált terheket - G [kN] - (pl. szellőző, oszlop) a terv szerinti helyen és elrendezésben működőnek kell feltételezni. Szintenként a födémre támaszkodó, legfeljebb 10 cm vakolatlan vastagságú, egymáshoz kapcsolt válaszfalak súlyát, az azokat hordó együttdolgozó födémszakaszon egyenletesen megoszlónak szabad tekinteni.

Az n számú burkolati réteggel kialakított trapézlemez tető- illetve födém szerkezet állandó terhe a következő módon adható meg:

alapérték:

$$q_{a,a} = g_t + \sum_{i=1}^n g_{r,i} \quad (4.1)$$

szélsőérték:

$$q_{a,sz} = \gamma_t g_t + \sum_{i=1}^n \gamma_{r,i} g_{r,i} \quad (4.2)$$

4.1.2. Esetleges terhek

4.1.2.1. Hasznos terhek

Trapézlemezzel kialakított födégek hasznos terheinek alapértékét, p_h [kN/m²], P_h [kN], a [2] szabvány 2. táblázata tartalmazza, melyet az alábbiakban foglalunk össze:

No.	Épület illetve helyiség	Alapérték
1.	Lakások összes helyisége; Szállodák, üdülők, kórházak, óvodák, bölcsődék termei ill. szobái; Padlások	1,5 kN/m ²
2.	Irodák, öltözők; Laboratóriumok, igazgatási épületek, rendelő intézetek, számítógépterem helyiségei; Középületek mellék helyiségei	2,0 kN/m ²
3.	Tantermek, beépített ülőhelyes előadók	3,0 kN/m ²
4.	Üzletek, áruházak, múzeumok, olvasó- ill. kiállítási termek, színházak, mozik, klubok, éttermek, kávéházak, konyhaüzemek helyiségei	4,0 kN/m ²
5.	Állóhelyes tribün, színpad, sport küzdőtér, tribünhöz vezető közlekedő	5,0 kN/m ²
6.	Könyvtár, irattár, levéltár raktárhelyiségei	5,0 kN/légm ³
7.	Mezőgazdasági raktárak	5,0 kN/légm ³
8.	Üzemi épület helyiségei, raktárak (a 6. és 7. sz.-t kivéve); Egyéb épületek gépészeti, üzemi és raktározási helyiségei	5,0 kN/m ²
9.	Személygépkocsi parkolóházai	2,5 kN/m ²
10.	Állattartási épületek helyiségei: <ul style="list-style-type: none"> – kis állatok (max. 0,25 kN/db) tartására szolgáló épületekben – nagy állatok tartására szolgáló épületekben 	1,5 kN/m ² 5,0 kN/m ²
11.	Járművekkal nem járható udvarfödémek	4,0 kN/m ²

4.1. táblázat

12.	Járműekkel járható udvarfödémek	4,0 kN/m ² + C oszt. jármű
13.	Búvóterek	1 kN konc. erő 10×10 cm felületen
14.	Teraszok és lapostetők (meteorológiai terhekkal nem egyidejű): a) nem járható, csak egyes műszaki dolgozók számára b) járható, de embercsoportosulás nem várható c) járható, embertömeg várható	1,0 kN/m ² 1,5 kN/m ² 4,0 kN/m ²
15.	Födémkonzol (erkély, karzat stb.), lépcső, folyosó, előcsarnok: a) az 1. sz. alatti épületekben b) a 2. sz. alatti épületekben c) egyéb épületekben	3,0 kN/m ² 4,0 kN/m ² 5,0 kN/m ²
16.	Egymással nem együttdolgozó lépcsőfokokon, ha ez a teher a 15. sz. alattinál kedvezőtlenebb	2 db 2 kN konc. erő egymástól 1,0 m-re
17.	Üzemi kezelőjárdák, kezelőszintek és hozzá vezető lépcsők	2,0 kN/m ² vagy 1,0 kN/m
18.	Lépcsők, erkélyek, teraszok korlátján működő vízszintes hatás: a) ha tolongó embertömeg várható (tribün, színház stb.) b) egyébként	1,5 kN/m ² 0,3 kN/m ²

4.1. táblázat (folytatás)

Dinamikus hatást okozó hasznos terhek alapértékét a - dinamikai számítás mellőzése esetén - dinamikus tényezővel (μ) szorozni kell (lásd [2] szabvány 3. táblázatát). Hasznos terhek biztonsági tényezőjét [2] az alábbi módon definiálja:

$\gamma_h = 1,2$ - koncentrált (P_h) és vonalmentén megoszló (q_h) hasznos teher esetén,

$\gamma_h = 1,4$ - ha $p_h < 2,0$ [kN/m²],

$\gamma_h = 1,3$ - ha $2,0 \leq p_h < 5,0$,

$\gamma_h = 1,2$ - ha $5,0 \leq p_h$.

4.1.2.2. Meteorológiai terhek

Hóteher

A hóteher alapértéke [2] szabvány alapján a vízszintessel $\alpha \leq 30^\circ$ szöget bezáró tetőfelületen, a tető vízszintes vetületére vonatkoztatva, [kN/m²] dimenzióban:

- $M \leq 300$ m tengerszint feletti magasságban:

$$p_s = 0,8 \quad (4.3)$$

- $M > 300$ m tengerszint feletti magasságban:

$$p_s = 0,8 + \frac{M - 300}{100} \cdot 0,2 \quad (4.4)$$

Ha a tető síkjának hajlása $\alpha \geq 60^\circ$, akkor hóteherrel nem kell számolni, közbenső hajlások esetén ($30^\circ < \alpha < 60^\circ$) az alapérték nagyságát lineáris interpolációval kell meghatározni.

A hóteher általában egyenletesen megoszló ($\alpha \leq 20^\circ$ hajlású illetve lapos ívű tetők esetén: ív magasság/fesztáv $\leq 1/8$). Abban az esetben azonban ha a tető alakja, vagy több tetősík egymáshoz viszonyított helyzete miatt a tető egy részén a hó felhalmozódhat, akkor ennek lehetőségét is számításba kell venni (lásd hózugteher [2] szabvány F1 Függelékében). A hóteher biztonsági tényezőjét trapézlemez méretezése esetén [2] az alábbi módon definiálja:

$$\gamma_s = 1,4 \text{ (1,0)} \quad - \text{ ha } g_d/p_s \geq 1,0 ,$$

$$\gamma_s = 1,75 \text{ (1,25)} \quad - \text{ ha } g_d/p_s \leq 0,4 .$$

a közbenső g_d/p_s arányok esetén a biztonsági tényező lineáris interpolációval határozható meg. A zárójelbe tett értékek ideiglenes jellegű (maximálisan 5 évre tervezett) építményeknél használhatók.

Szélteher

A szélteher alapértéke [2] alapján a következő összefüggés alapján számítható:

$$p_w = c \cdot w_o \quad (4.5)$$

ahol

c - alaki tényező

w_o - torlónyomás

A torlónyomás nyitott térségben szabadon álló, 100 méternél nem magasabb építmények esetén, a terepszinttől mért h [m] magasságban az alábbi módon számítható, [kN/m²] dimenzióban:

$$w_o = 0,7 \left(\frac{h}{10} \right)^{0,32} \quad (4.6)$$

Ha az építmény környéke 10 méternél magasabb épületekkel egyenletesen beépített városi belterület, ipartelep:

$$w_o = 0,455 \left(\frac{h}{10} \right)^{0.44} \quad (4.7)$$

Állandó szélességű szabadon álló építmény esetén a teljes magasságon figyelembe vehető átlagos érték:

$$w_o = 0,603 \left(\frac{h}{10} \right)^{0.32} \quad (4.8)$$

Beépített övezetben figyelembe vehető csökkentett átlagos érték:

$$w_o = 0,373 \left(\frac{h}{10} \right)^{0.44} \quad (4.9)$$

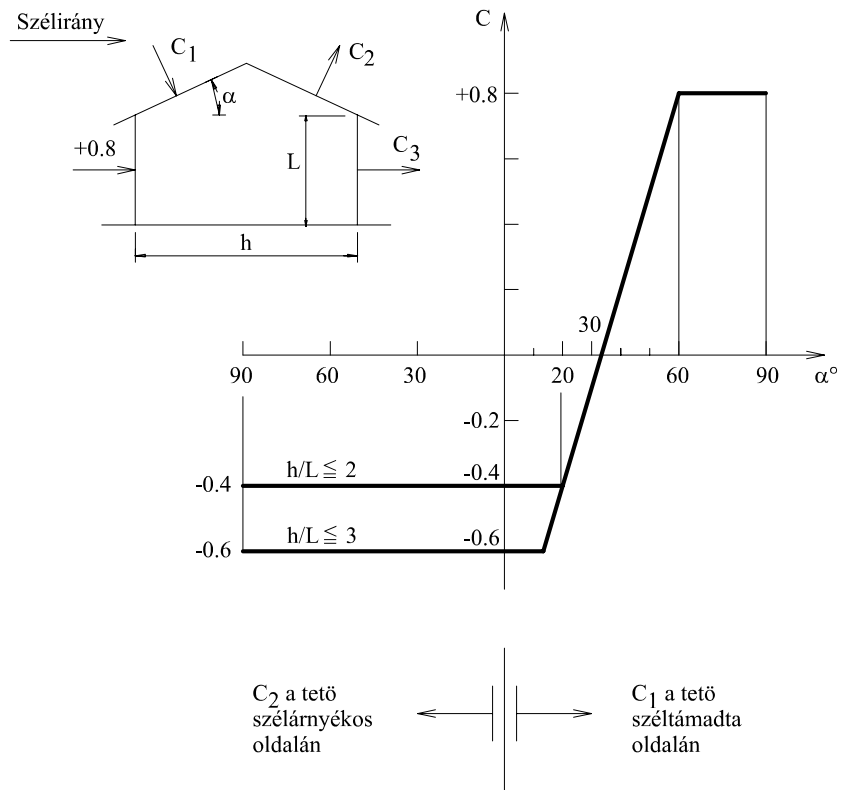
A szélteher alaki tényezőjének meghatározását [2] szabvány megadja a különböző kialakítású építmények esetén. A trapézlemez méretezés szempontjából tipikusnak tekinthető zárt és részben nyitott (max. 30%-nyi felület nyitott vagy nyitható) építmények külső síkfelületeire vonatkozó alaki tényezők [2] alapján az alábbiakban foglalhatók össze:

- oldalfalra, széltámadta oldalon: $c = +0,8$ (+ szélnyomás, - szélszívás),
- oldalfalra, szélárnyékos oldalon:
 $c_3 = -0,4$, ha $h/l \leq 2$, $c_3 = -0,6$, ha $h/l \geq 3$,
 ahol h az oldalfal magassága, l pedig az építménynek a széliránnyal párhuzamos szélességi mérete; a két érték között c_3 lineáris interpolációval határozható meg,
- széliránnyal párhuzamos oldalfalon: $c_4 = -0,4$,
- sík tetőfelületen kétféle szélteher lehetőségével kell a hajlásszög függvényében meghatározni c_1 és c_2 értékét, a széltámadta és szélárnyékos oldalon; az 1. esetet a 4.1., a 2. esetet pedig a 4.2. ábra szemlélteti.

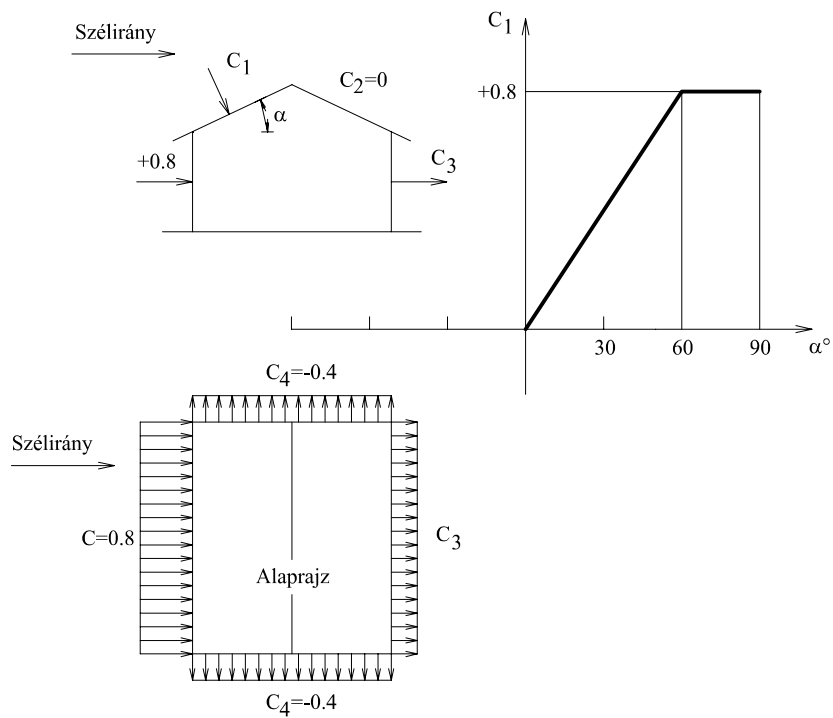
A szélteher biztonsági tényezője trapézlemez méretezése esetén általában $\gamma_w = 1,2$. Ideiglenes jellegű (maximálisan 5 évre tervezett) építmények esetén $\gamma_w = 1,0$ biztonsági tényező használható.

4.1.2.3. Építési terhek

Építési állapotban a födémek terheit várható legkedvezőtlenebb értékükkel kell számításba venni. Technológiai teherként minimum $g_e = 1,0$ kN/m² egyenletesen megoszló terhet, vagy - ha ez kedvezőtlenebb - két egymástól 1,0 méter távolságban levő $P_e = 1,0$ kN nagyságú koncentrált erőt kell feltételezni, 10 x 10 cm-es megoszlási felületen. A technológiai terhek biztonsági tényezőjét a hasznos terheknél részletezett módon kell figyelembe venni.



4.1. ábra: szélteher 1. eset - alaki tényezők meghatározása



4.2. ábra: szélteher 2. eset - alaki tényezők meghatározása

4.1.3. Mértékadó tehercsoportosítások

Mértékadó teher alapértéke n esetleges teher esetén:

$$q_a = q_{a,a} + q_{e,1} + \sum_{i=2}^n \alpha_{e,i} q_{e,i} \quad (4.10)$$

ahol

$q_{a,a}$ - állandó teher alapértéke,

$q_{e,1}$ - legkedvezőtlenebb (kiemelt) esetleges teher alapértéke,

$q_{e,i}$ - további (i -ik) esetleges teher alapértéke,

$\alpha_{e,i}$ - további (i -ik) esetleges teher egyidejűségi tényezője:

$\alpha_e = 0,6$ - meteorológiai terhekre,

$\alpha_e = 0,8$ - földemek hasznos terhére, ha a teher alapértékének tartós hányada legalább 50%.

Mértékadó teher szélsőértéke n esetleges teher esetén:

$$q_{sz} = q_{a,sz} + \gamma_{e,1} q_{e,1} + \sum_{i=2}^n \alpha_{e,i} \gamma_{e,i} q_{e,i} \quad (4.11)$$

ahol

$q_{a,sz}$ - állandó teher szélsőértéke,

$\gamma_{e,1}$ - legkedvezőtlenebb (kiemelt) esetleges teher biztonsági tényezője,

$\gamma_{e,i}$ - további (i -ik) esetleges teher biztonsági tényezője.

4.2. Terhek felvétele az Eurocode szerint

Az alábbiakban a terhek Eurocode szerinti meghatározását ismertetjük, inkább az általános szempontokra utalva, mintsem részletekbe bocsátkozva. Azonban még az általános ismertetéshez is szükséges néhány, az Eurocode teherszabványban [6] használt fogalom tisztázása, illetve az MSZ szerinti szóhasználattal való összevetése.

Az Eurocode szabványsorozat az ún. *parciális biztonsági tényező*s méretezési eljáráson alapszik, amely formailag teljesen megegyezik az osztott biztonsági tényező s eljárással. A terheknek létezik ún. *karakterisztikus értéke* (=„alapérték”) és ún. *tervezési értéke* (=„szélsőérték”), amely az előbbiből megfelelő *biztonsági tényezővel* (γ) való szorzással kapható. Az esetleges terhek egyidejű előfordulását az ún. *kombinációs* (=„egyidejűségi”) *tényezővel* (ψ) vesszük figyelembe. [Varga G.: egyetemi jegyzet a Magasépítési acélszerkezetek c. tárgyhoz]

4.2.1. Állandó terhek

Az állandó terhek karakterisztikus értékeinek meghatározása a beépített szerkezetek terv szerinti elhelyezésének és az anyaguk térfogatsúlyának megfelelően, az MSZ előírásaihoz teljesen hasonló módon történhet [6].

Acél tartószerkezetek méretezésekor az állandó teher biztonsági tényezője mindig $\gamma = 1,35$, ha az a vizsgálat szempontjából kedvezőtlen hatást okoz; illetve $\gamma = 1,00$ értékkel veendő figyelembe, amennyiben az kedvező értelmű [6].

4.2.2. Esetleges terhek

Acél tartószerkezetek méretezésekor az esetleges teher biztonsági tényezője mindig $\gamma = 1,50$ értékkel veendő figyelembe [6].

Az esetleges teher ψ kombinációs tényezőjének értéke függ a határállapottól (teherbírasi vagy használhatósági), a tervezési állapottól (tartós, ideiglenes, rendkívüli) illetve az ezekhez definiált teherkombinációktól (ritka, gyakori, kváziállandó). A továbbiakban az acélszerkezetek statikai méretezéséhez leggyakrabban használandó ψ_0 értékeket adjuk meg, amely teherbírasi határállapotban tartós vagy ideiglenes tervezési állapot figyelembevétel esetén alkalmazandó, illetve használhatósági határállapotban a merevségi vizsgálatokhoz (ritka teherkombináció) szükséges.

4.2.2.1. Hasznos terhek

Tetők és födémek esetén az Eurocode megad egy egyenletesen megoszló (q_k) és egy koncentrált teherintenzitást (Q_k). A megoszló teher a globális vizsgálatokra, a koncentrált teher pedig a lokális vizsgálatokra mértékadó [6].

Tetőteher

A tetőket három kategóriába soroljuk a funkció által szabott igénybevétel szerint (H, I, K). A H kategóriájú tető tulajdonképpen nemjárható tetőnek felel meg, rajta csak fenntartási-javítási munkák végezhetők (MSZ szerinti „technológiai teher”); az I kategóriájú tető járható, rá a födémekre megadott terheket kell felvenni (ld. később); a K kategóriájú tetőt egyedileg definiált különleges terhek terhelik.

H kategória esetén a megoszló teher értéke $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$, ha $\alpha \leq 20^\circ$; illetve $q_k = 0 \text{ kN/m}^2$, ha $\alpha \geq 40^\circ$ (itt α a tető hajlásszöge), közötté lineáris interpoláció alkalmazandó. A koncentrált teher értéke tetőhajlástól függetlenül $Q_k = 1,5 \text{ kN}$, amelyet 5 cm oldalú négyzeten megoszlónak kell feltételezni. E teher kombinációs tényezője $\psi_0 = 0$, tehát más esetleges terhekkal nem egyidejű hatást jelent.

Födémteher

A födémeket szintén kategóriákba soroljuk a funkciójuk szerint (A–G). Az alábbiakban felsoroljuk a kategóriákhoz tartozó megoszló és koncentrált teherértékeket, valamint a megfelelő kombinációs tényezőt:

Kategória	Födém funkciója	q_k (kN/m ²)	Q_k (kN)	ψ_0
A	lakott helyiségek, lakások:			
A1	- általában	2,0	2,0	0,7
A2	- lépcső esetén	3,0	2,0	0,7
A3	- erkély, loggia esetén	4,0	2,0	0,7
B	irodák, hivatali helyiségek	3,0	2,0	0,7
C	egyéb középület, kommunális helység:			
C1	- ahol asztalok vannak (pl. tanterem, olvasó)	3,0	4,0	0,7
C2	- ahol rögzített székek vannak (pl. mozi)	4,0	4,0	0,7
C3	- ahol szabad mozgás van (pl. folyosó)	5,0	4,0	0,7
C4	- ahol fizikai tevékenység van (pl. tánc, sport)	5,0	7,0	0,7
C5	- ahol zsúfoltság várható (pl. koncert)	5,0	4,0	0,7
D	bevásárlóterület:			
D1	- általában	5,0	4,0	0,7
D2	- áruházban	5,0	7,0	0,7
E	raktárak, tárolóterek	6,0	7,0	1,0

4.2. táblázat

(Az F és G kategóriájú födémeken jármű is járhat, ezekre különleges előírások vonatkoznak.)

4.2.2.2. Meteorológiai terhek

Hóteher

A felületi hóteher vízszintes vetületre vonatkozó értékét a következő módon kell számításba venni:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \quad (4.12)$$

ahol μ_i az alaki tényező, s_k a felszíni hóteher karakterisztikus értéke, C_e a kitettségi csökkentő tényező, C_t pedig a hőmérsékleti csökkentő tényező [6].

A két csökkentő tényező értéke – ha a nemzeti hatóságok kivételes esetekben mást elő nem írnak – $C_e = C_t = 1,0$.

A felszíni hőteher s_k értékére a szabvány függeléke országonkénti adatokat tartalmaz. Mivel magyarországi adatok nincsenek, a földrajzilag legközelebb lévő osztrák „A” zóna adatai ajánlhatók, amelyek a tengerszint feletti magasság függvényében az alábbiak:

M (m)	<200	300	400	500	600	700	800	900	1000
s_k (kN/m ²)	0,75	0,85	1,00	1,20	1,45	1,75	2,10	2,55	3,00

4.3. táblázat

A μ_i (μ_1, μ_2, μ_3) alaki tényezők értéke a tető kialakításától (félnyereg, nyereg, íves stb.) illetve geometriájától (hajlásszög) függ, valamint tartalmazza a hófelhalmozódás miatti többletterheket is. (Pl. 15 foknál kisebb hajlású nyeregtető esetén a totális hőteherhez $\mu_1 = 0,8$ alaki tényező tartozik.) A szabvány a különböző tetőkialakításokhoz figyelembe veendő tehereseteket is részletesen megadja.

A hőteherhez $\psi_0 = 0,6$ kombinációs tényező tartozik.

Szélteher

A széltehernek az Eurocode teherszabvány szerint létezik egy kvázistatikus „háttérkomponense” és egy dinamikus „rezonánskomponense”. Általában elegendő az előbbi komponenssel foglalkozni, amely az MSZ-hez hasonlóan a határoló felületre merőlegesen megadott, felületen megoszló szélnyomásértékekkel veendő figyelembe. Előjele szerint *pozitív*, ha ténylegesen szélnyomást, illetve *negatív*, ha szélszívást jelent. Ezenkívül megkülönböztetünk *külső* és *belső* szélterhet (mindegyik lehet nyomás vagy szívás is) aszerint, hogy a felületet kívülről vagy belülről terheli [6].

A külső szélteher értéke:

$$w = q_{ref} \cdot c_e(z_e) \cdot c_{pe}, \quad (4.13)$$

a belső szélteher értéke pedig:

$$w = q_{ref} \cdot c_e(z_i) \cdot c_{pi}, \quad (4.14)$$

ahol q_{ref} a felszíni szélnyomási érték, c_e az ún. helyszíntényező (z_e ill. z_i ún. külső ill. belső referenciamagasságokban számítva), c_{pe} ill. c_{pi} pedig a külső ill. belső nyomási tényező.

A *felszíni szélnyomás* – amely tulajdonképpen az MSZ szerinti „torlónyomásnak” felel meg – értékét a következő összefüggés alapján kell számítani:

$$q_{ref} = \frac{\rho}{2} \cdot v_{ref}^2, \quad (4.15)$$

ahol $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$ a levegő sűrűsége, v_{ref} pedig a felszíni szélesség, amelynek értéke a következő módon adott:

$$v_{ref} = c_{DIR} \cdot c_{TEM} \cdot c_{ALT} \cdot v_{ref,0}, \quad (4.16)$$

ahol c_{DIR} , c_{TEM} és c_{ALT} tényezők sorban a széliránytényezőt, a szezonális tényezőt és a tengerszint feletti magassági tényezőt jelentik, és valamennyinek az értéke általában 1,0. Az ettől való eltéréseket, valamint a szélesség $v_{ref,0}$ alapértékét az Eurocode teherszabvány melléklete adja meg, különböző területekre meghatározva. Magyarországi adatok itt sem szerepelnek, a földrajzilag legközelebb eső terület az olasz 1. zóna, amelyre közvetlenül v_{ref} értéke van definiálva az alábbi módon:

$$v_{ref} = v_{ref,0}, \quad \text{ha } M \leq 1000 \text{ m}, \quad (4.17)$$

$$v_{ref} = v_{ref,0} + k_a \cdot (M - 1000), \quad \text{ha } M > 1000 \text{ m},$$

ahol $v_{ref,0} = 25 \text{ m/s}$, $k_a = 0,012 \text{ s}^{-1}$ és M a tengerszint feletti magasság (m)-ben.

A *helyszíntényező értéke* a referenciamagasság (z) függvényében van megadva:

$$c_e(z) = c_r^2(z) \cdot c_t^2(z) \cdot \left[1 + \frac{7 \cdot k_T}{c_r^2(z) \cdot c_t^2(z)} \right], \quad (4.18)$$

ahol k_T a terepfaktor, $c_r(z)$ az érdességi tényező és $c_t(z)$ a topográfiai tényező.

A referenciamagasság értéke (z) függ attól, hogy külső (z_e) vagy belső (z_i) szélteherhez tartozik, függ a szerkezet geometriájától és függ attól is, hogy a szélterhet melyik szerkezeti elemre számítjuk [6]. (Például egy egyhajós egyszintes csarnoképület esetén a referenciamagasság külső szélteherhez falra a párkánymagasság, tetőre a gerincmagasság; belső szélteherhez a nyílászárók szemöldökmagassága.)

A topográfiai tényező értéke a terep esésétől függ (ha kisebb, mint 5%, akkor $c_t = 1,0$; egyébként a szabvány részletes elemzés alapján adja meg az értékét). Az érdességi tényező értékét az alábbi kifejezés adja:

$$\begin{aligned} c_r(z) &= k_T \cdot \ln(z / z_0), & \text{ha } z_{min} \leq z \leq 200 \text{ m}, \\ c_r(z) &= c_r(z_{min}), & \text{ha } z < z_{min}, \end{aligned} \quad (4.19)$$

és $z > 200 \text{ m}$ esetén egyedi elemzés javasolt.

A k_T terepfaktor, valamint a z_0 és z_{min} hossz-dimenziójú paraméterek értékeit a szabvány a beépítettség alapján négy kategóriára bontva adja meg:

Beépítettségi kategória		k_T	z_0 (m)	z_{min} (m)
I.	Nagy területű nyitott térség, szélakadályok nélkül	0,17	0,01	2
II.	Mezőgazdasági beépítés, elszórtan épületek, fák	0,19	0,05	4
III.	Külvárosi vagy ipari övezet, erdőségek	0,22	0,3	8
IV.	Városi övezet min. 15%-os beépítettséggel és min. 15 m-es átlagos épületmagassággal	0,24	1,0	16

4.4. táblázat

A külső és belső nyomási tényezők tulajdonképpen az MSZ szerinti „alaki tényezőknek” felelnek meg.

A külső nyomási tényezők (c_{pe}) értéke függ attól, hogy függőleges falfelületre vagy tetőre számítjuk, függ az építmény kialakításától ill. geometriájától, a szél irányától, a vizsgált szerkezeti elem terhelt felületének nagyságától és az építmény adott helyén figyelembe veendő referenciamagasságtól is. Mindezen paraméterek alapján a szabvány táblázatos formában közli a $c_{pe,1}$ és $c_{pe,10}$ tényezők értékeit, amelyek a c_{pe} tényező értékét legfeljebb 1 m² ill. legalább 10 m² terhelt felület esetére adják meg. Közbenső értékek esetén logaritmikusan kell interpolálni:

$$c_{pe,A} = c_{pe,1} + (c_{pe,10} - c_{pe,1}) \lg A, \quad (4.20)$$

ahol A a terhelt felület nagysága m² dimenzióban.

Példaképpen a 4.3-4.6. ábrákon néhány alapvető esetre megadjuk a [6] szabványban szereplő c_{pe} értékeket.

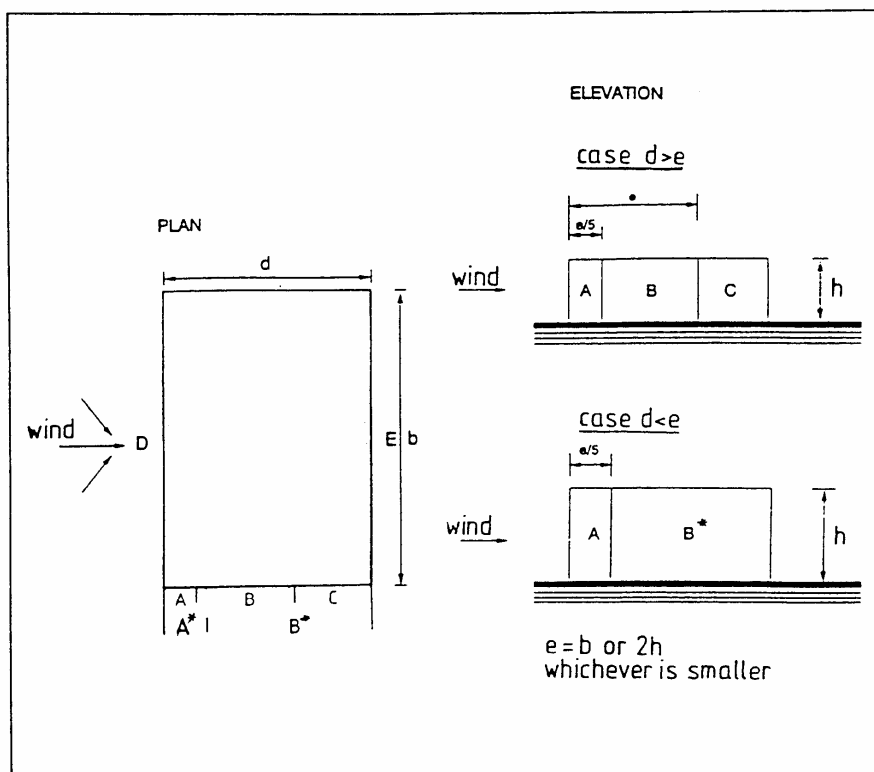
A belső nyomási tényezők (c_{pi}) értéke függ attól, hogy az építményben közbenső födémekek és belső válaszfalak vannak-e, és attól, hogy a külső nyílászárók mekkora felületet fednek le. A c_{pi} tényezők az előző paraméterek alakulásától függően

$$-0,5 \leq c_{pi} \leq +0,8 \quad (4.21)$$

közötti értéket vehet fel, tehát jelentős belső szívást vagy belső nyomást is jelenthet.

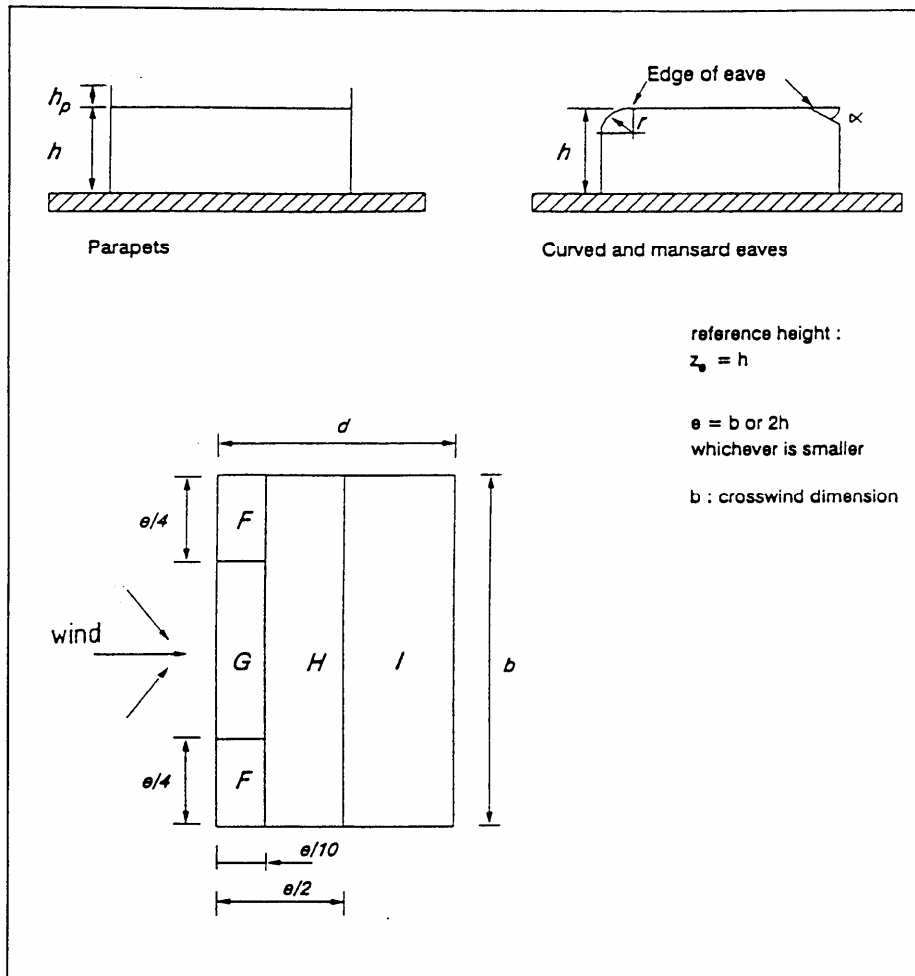
Meg kell még jegyezni, hogy a külső szélteher a teherkombinációkban szerepelhet a belső szélteherrel együtt és anélkül is; belső szélteher viszont külső szél nélkül nem fordulhat elő.

A szélteherhez $\psi_0 = 0,6$ kombinációs tényező tartozik.



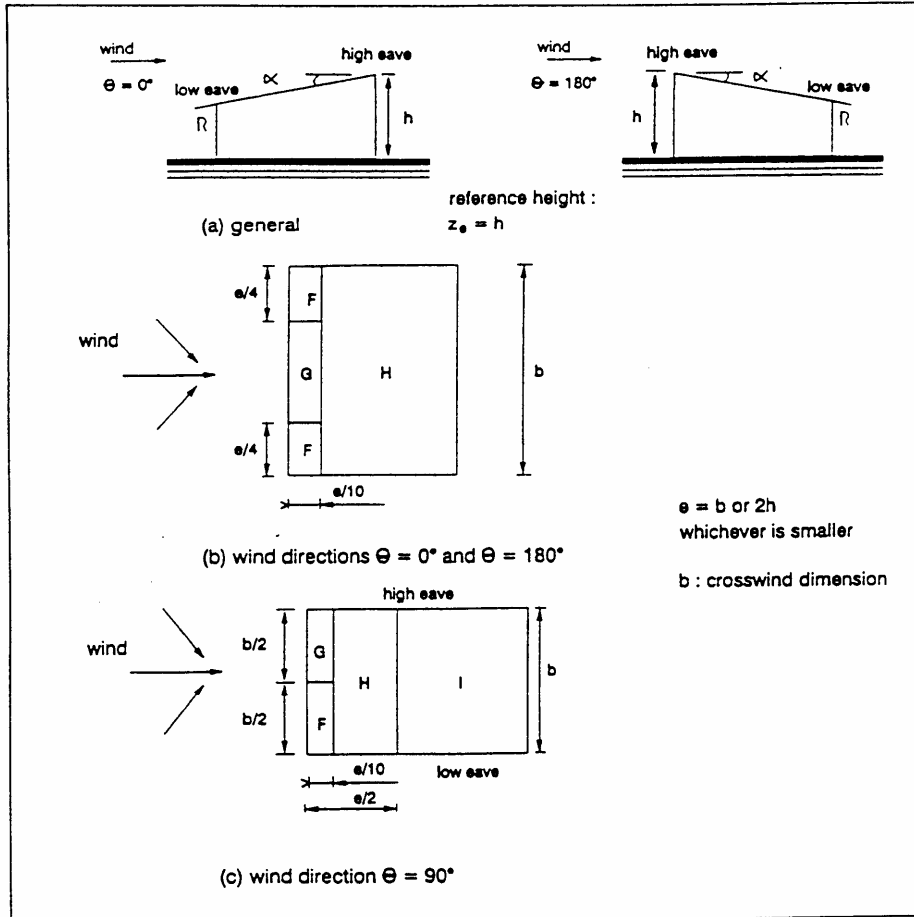
Zone	A		B, B*		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
$d/h \leq 1$	-1,0	-1,3	-0,8	-1,0	-0,5		+0,8	+1,0	-0,3	
$d/h \geq 4$	-1,0	-1,3	-0,8	-1,0	-0,5		+0,6	+1,0	-0,3	

4.3. ábra: Falfelületre alkalmazandó c_{pe} tényezők meghatározása [6]



		Zone							
		F		G		H		I	
		$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
sharp eaves		- 1,8	- 2,5	- 1,2	- 2,0	- 0,7	- 1,2	± 0,2	
with parapets	$h_p/h = 0,025$	- 1,6	- 2,2	- 1,1	- 1,8	- 0,7	- 1,2	± 0,2	
	$h_p/h = 0,05$	- 1,4	- 2,0	- 0,9	- 1,6	- 0,7	- 1,2	± 0,2	
	$h_p/h = 0,10$	- 1,2	- 1,8	- 0,8	- 1,4	- 0,7	- 1,2	± 0,2	
curved eaves	$r/h = 0,05$	- 1,0	- 1,5	- 1,2	- 1,8	- 0,4	± 0,2		
	$r/h = 0,10$	- 0,7	- 1,2	- 0,8	- 1,4	- 0,3	± 0,2		
	$r/h = 0,20$	- 0,5	- 0,8	- 0,5	- 0,8	- 0,3	± 0,2		
mansard eaves	$\alpha = 30^\circ$	- 1,0	- 1,5	- 1,0	- 1,5	- 0,3	± 0,2		
	$\alpha = 45^\circ$	- 1,2	- 1,8	- 1,3	- 1,9	- 0,4	± 0,2		
	$\alpha = 60^\circ$	- 1,3	- 1,9	- 1,3	- 1,9	- 0,5	± 0,2		

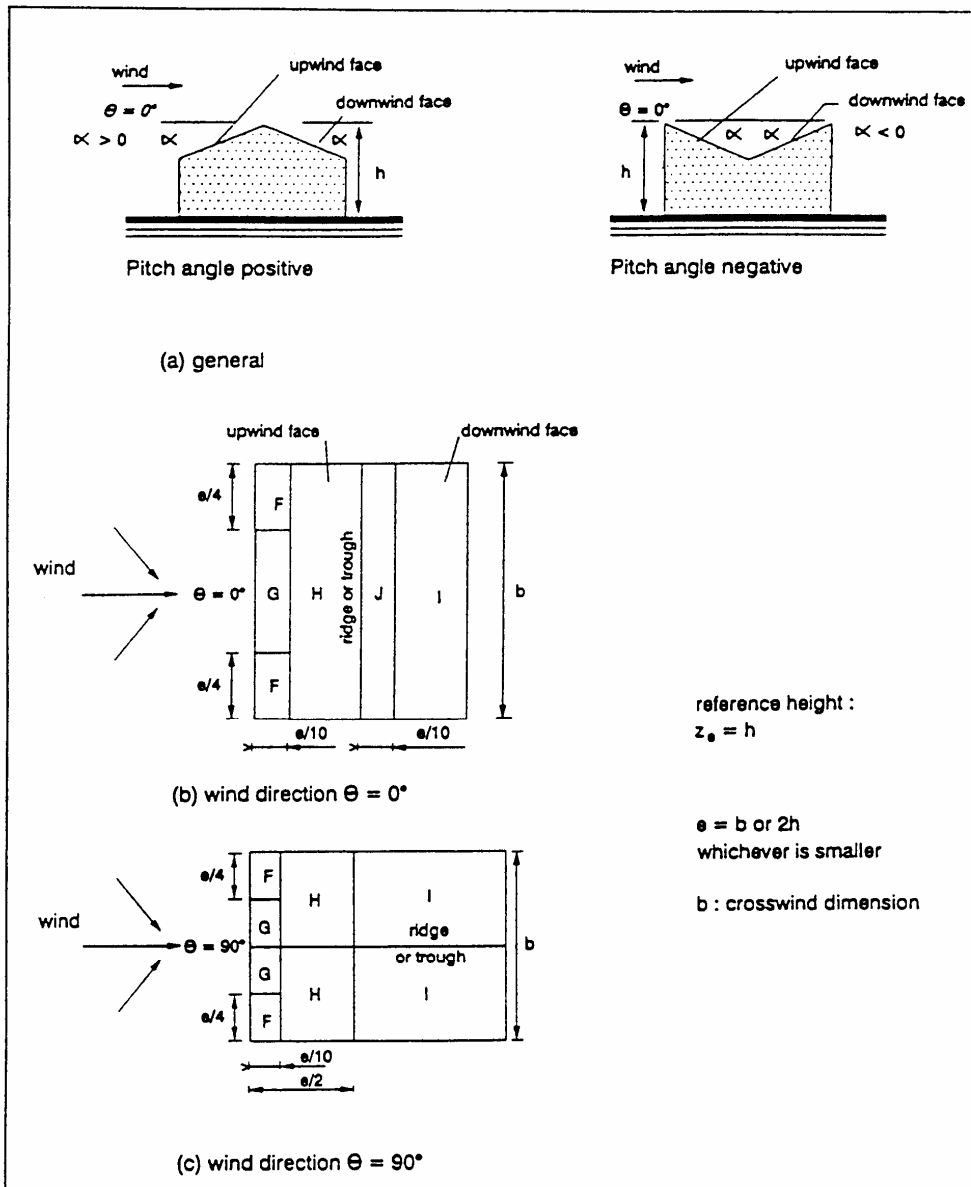
4.4. ábra: Lapostetőre alkalmazandó c_{pe} tényezők meghatározása [6]



Pitch angle α	Zone for wind direction $\Theta = 0^\circ$						Zone for wind direction $\Theta = 180^\circ$					
	F		G		H		F		G		H	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
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
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°	+0,7		+0,7		+0,6		-0,6	-1,3	-0,5		-0,7	
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	

Pitch angle α	Zone for wind direction $\Theta = 90^\circ$							
	F		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-1,6	-2,2	-1,8	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
15°	-1,3	-2,0	-1,9	-2,5	-0,8	-1,2	-0,7	-1,2
30°	-1,2	-2,0	-1,5	-2,0	-1,0	-1,3	-0,8	-1,2
45°	-1,2	-2,0	-1,4	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
60°	-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	-1,0	-1,3	-0,5	

4.5. ábra: Félnyereg tetőre alkalmazandó c_{pe} tényezők meghatározása [6]



4.6. ábra: Szimmetrikus nyeregtetőre alkalmazandó c_{pe} tényezők meghatározása [6]
(folytatás a következő oldalon)

		Zone for wind direction $\theta = 0^\circ$									
Pitch angle 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		

		Zone for wind direction $\theta = 90^\circ$							
Pitch angle 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		

4.6. ábra: Szimmetrikus nyeregtetőre alkalmazandó c_{pe} tényezők meghatározása [6]
(folytatás az előző oldalról)

4.2.3. Mértékadó tehercsoportosítások

A mértékadó teherkombináció az előzőek alapján teljesen az MSZ-hez analóg módon képezhető; azaz használhatósági határállapotban:

$$q_a = q_{a,a} + q_{e,1} + \sum_{i=2}^n \psi_{0,i} q_{e,i}, \quad (4.22)$$

ahol az előzőek értelmében $q_{a,a}$ az állandó teher, $q_{e,i}$ pedig az i -edik esetleges teher *karakterisztikus* értéke (=„alapérték”), $q_{e,1}$ a kiemelt esetleges teher és $\psi_{0,i}$ a megfelelő kombinációs tényező.

Ugyanígy teherbírasi határállapotban a mértékadó tehercsoportosítás:

$$q_{sz} = q_{a,sz} + \gamma_{e,1} q_{e,1} + \sum_{i=2}^n \psi_{0,i} \gamma_{e,i} q_{e,i}, \quad (4.23)$$

ahol az előzőeken túlmenően $q_{a,sz}$ az állandó teher *tervezési értéke* (=„szélsőérték”), amely magában foglalja az állandó terhek biztonsági tényezőit, $\gamma_{e,i}$ pedig az esetleges terhek biztonsági tényezőit jelenti.

Az Eurocode szerint a magasépítési acélszerkezetek teherbírasi határállapotban való vizsgálataihoz képezhető a mértékadó teherkombináció egy egyszerűsített eljárással is, amelyhez nem szükséges a kombinációs tényezők ismerete. Ekkor a figyelembe veendő tehercsoportosítás a következő két érték közül a nagyobb:

$$q_{sz} = q_{a,sz} + \gamma_{e,1} q_{e,1} \quad (4.24)$$

$$q_{sz} = q_{a,sz} + 0,9 \sum_{i=1}^n \gamma_{e,i} q_{e,i}, \quad (4.25)$$

azaz vagy csak a legnagyobb intenzitású esetleges terhet vesszük figyelembe, vagy az összeset, de mindegyiket egységesen egy 0,9-es tényezővel megszorozva. Ez utóbbi eljárás általában – a biztonság javára – nagyobb értékű teherkombinációt eredményez.

4.3. Tehermodell

Az előzőekben definiált szabványos terheket a statikai vázra kell transzformálni. A tehermodell meghatározása két lépésben történik:

1. felületi megoszló teher (g) redukálása hosszmenti megoszló teherre (q):

$$q = g \cdot b_{sz} \quad (4.26)$$

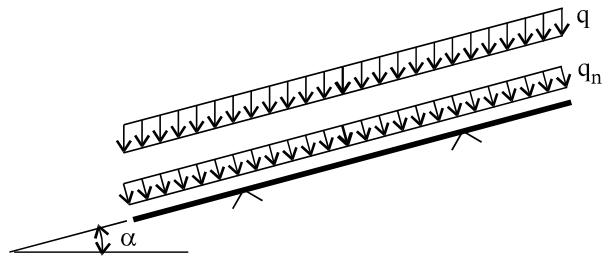
ahol b_{sz} a trapézlemez 3.2 fejezetben definiált "egységnyi" szélességi mérete,

2. hosszmenti megoszló (q) teher redukálása a statikai modellre merőleges hosszmenti megoszló teherre (q_n):

- **állandó teher** esetén:

$$q_n = q \cdot \cos \alpha \quad (4.27)$$

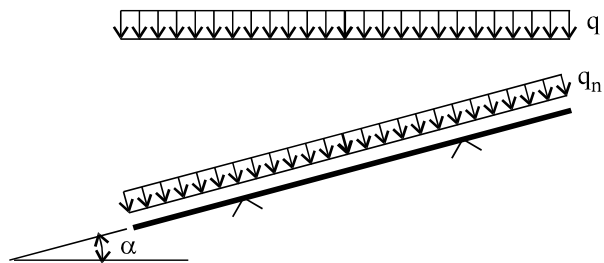
ahol α a tető hajlásszöge



4.7. ábra: állandó teher redukálása

- **hóteher** esetén:

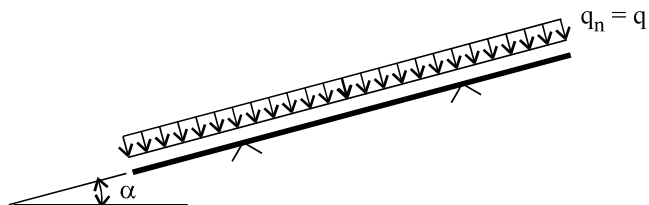
$$q_n = q \cdot \cos^2 \alpha \quad (4.28)$$



4.8. ábra: hóteher redukálása

- **szélteher** esetén:

$$q_n = q \quad (4.29)$$



4.9. ábra: szélteher redukálása

5. TRAPÉZLEMEZEK TEHERBÍRÁSI HATÁRÁLLAPOTA

5.1. A teherbírás parciális biztonsági tényezői

Az EC3 szabvány [8] az alábbi parciális biztonsági tényezőket alkalmazza a teherbírás meghatározásánál:

- γ_{M0} biztonsági tényező szilárdsági határállapotok vizsgálatához,
- γ_{M1} biztonsági tényező stabilitási határállapotokhoz,
- γ_{M2} biztonsági tényező kapcsolatok méretezéséhez.

Az EC3 szabvány által javasolt értékek az 5.1. táblázatban szerepelnek. (Jelen útmutatóban közölt tervezési táblázatok ezen értékek alkalmazásával készültek.)

γ_{M0}	γ_{M1}	γ_{M2}
1,1	1,1	1,25

5.1. táblázat

5.2. Hajlítási tönkremenetel: nyomatéki ellenállás

Hajlítónyomaték hatására a trapézlemez mértékadó tönkremenetele általában stabilitási határállapot, horpadás a nyomott övben és a gerinc nyomott szakaszán (kisebb karcsúságú lemezmezőnél esetleg szilárdsági határállapot is mértékadó lehet). A lemezhorpadási teherbírás számításba vétele vékonyfalú szelvényeknél általában az ún. "dolgozó" vagy "effektív" lemezszélesség alapján történik. Az övben fellépő nyomófeszültség függvényében a kihorpadt lemezmező eliminálásával dolgozó sávok alakulnak ki. Az így kialakuló effektív keresztmetszet szilárdsági határállapota az alapja a (+) és (-) nyomatéki teherbírás számításának.

$$M_{Rd}^+ = W_{eff}^+ f_y / \gamma_M \quad (5.1)$$

$$M_{Rd}^- = W_{eff}^- f_y / \gamma_M \quad (5.2)$$

ahol

W_{eff}^+ és W_{eff}^- a pozitív ill. negatív nyomaték esetén számított keresztmetszeti tényező,

f_y a lemez anyagának folyási feszültsége, általában egyenlő f_{yb} -vel, bizonyos esetekben azonban f_{ya} vehető figyelembe,

γ_M biztonsági tényező, általában γ_{M1} , de ha a keresztmetszetben nem jön létre horpadás, akkor γ_{M0} alkalmazható.

A nyomatéki teherbírás ellenőrzésénél minden keresztmetszetben ki kell mutatni, hogy a nyomatéki ellenállás nagyobb a mértékadó nyomatéknál, az alábbi képletek szerint:

$$M_{Sd}^+ \leq M_{Rd}^+ \quad (5.3)$$

$$M_{Sd}^- \leq M_{Rd}^- \quad (5.4)$$

ahol M_{Sd}^+ és M_{Sd}^- a pozitív vagy negatív mértékadó nyomatéki igénybevétel a terhelés szélsőértékéből számolva.

Megjegyzések:

- Az Eurocode szabvány bizonyos esetekben megengedi a keresztmetszet képlékeny tartalékának részleges figyelembe vételét. Jelen útmutató ezzel a kérdéssel nem foglalkozik, a közölt teherbírasi adatok a képlékeny tartalékot nem veszik figyelembe.
- A keresztmetszeti teherbírásokra vonatkozó táblázatokban M_{Rd}^+ értékei szerepelnek, pozitív ill. negatív elhelyezésű lemezekre. Nyilvánvaló azonban, hogy negatív elhelyezésű lemez pozitív nyomatéki teherbírása megegyezik a pozitív elhelyezésű lemez negatív nyomatéki teherbírásával. Ily módon a táblázatokban megadott két nyomatéki ellenállási érték alapján tetszőleges esetben elvégezhető a szükséges ellenőrzés.

5.3. Gerinc nyírási tönkremenetele: nyírási ellenállás

A gerinc tönkremenetele nyíróerőre általában stabilitási határállapot: nyírási horpadás (kisebb karcsúság esetén szilárdsági határállapot is mértékadó lehet). A gerinc síkjában értelmezett nyírási teherbírást az alábbi képlet adja meg egy gerincre:

$$V_{Rd} = \frac{h}{\sin \Phi} t f_{bv} / \gamma_M \quad (5.5)$$

ahol

- h a szelvény magassága (alsó és felső öv középvonalai közötti távolság),
- Φ a gerinc vízszintessel bezárt szöge,
- t a lemez tervezési vastagsága,
- f_{bv} a gerinc nyírási horpadási vagy nyírási folyási feszültsége, az anyag folyási feszültségének, a gerinc lemezkarcsúságának, valamint a gerinclemez merevítésének függvényében,
- γ_M biztonsági tényező, γ_{M0} vagy γ_{M1} a tönkremeneteli mód függvényében.

A gerinc nyírási teherbírása alapján a lemez egységnyi szélességére vonatkozó, függőlegesen értelmezett nyírási teherbírása meghatározható. Feltételezve, hogy a teherviselésben minden gerinc hatékonyan részt vesz, a teherbírás az alábbi képlettel számolható:

$$T_{Rd} = \frac{2}{b_{per}} V_{Rd} \sin \Phi \quad (5.6)$$

ahol b_{per} a trapézlemezre jellemző periódushossz (lásd 2.1. ábra).

A nyírási teherbírás ellenőrzésénél minden keresztmetszetben teljesülnie kell az alábbi feltételnek:

$$T_{Sd} \leq T_{Rd} \quad (5.7)$$

ahol T_{Sd} a nyíróerő a terhelés szélsőértékéből számolva.

Megjegyzések:

- Nyomó terheknél (önsúly, szélnyomás, stb.) minden esetben feltételezhető, hogy minden gerinc dolgozik. Szívó jellegű terheknél azonban csak azok a gerincek vehetők figyelembe a teherviselésben, amelyek melletti övszakaszok a megtámasztáshoz vannak erősítve. Ekkor a nyírási teherbírás az 5.6 képlet értelemszerű módosításával számítható.
- A keresztmetszeti ellenállásokra vonatkozó táblázatokban T_{Rd} értékek vannak megadva annak feltételezésével, hogy minden gerinc dolgozik.

5.4. Gerinc beroppanási tönkremenetele: beroppanási ellenállás

Vékonyfalú trapézlemezek gerincének tönkremeneteli módja közvetlen nyomó jellegű terhelés hatására bekövetkező gerinchorpadás, ún. beroppanás. Trapézlemezek esetén ez a jelenség leginkább a támaszoknál, a reakcióerők hatására jöhet létre. A beroppanási teherbírás az alábbi képlet alapján határozható meg egy gerincre:

$$R_{Rd} = \kappa_{a,s} \alpha t^2 \sqrt{E f_{yb}} \left(1 - 0.1 \sqrt{r/t}\right) \left(0.5 + \sqrt{0.02 l_a/t}\right) \left(2.4 + (\Phi/90)^2\right) / \gamma_{M1} \quad (5.8)$$

ahol

- E az anyag rugalmassági modulusa,
- f_{yb} a folyási feszültség alapértéke,
- t a lemez tervezési vastagsága,
- r a lemez élhajlítási belső sugara,
- Φ a gerinc és a terhelt öv hajlásszöge, fokban kifejezve,

- α a reakcióerő helyzetétől függő tényező, (trapézlemezek esetén végtámasznál $\alpha = 0,075$, közbenső támasznál $\alpha = 0,15$)
- $\kappa_{a,s}$ a gerincmerevítés hatását kifejező tényező, (merevítetlen gerinc esetén 1)
- l_a a reakcióerő hatékony megoszlási hossza. (A hatékony megoszlási hossz végtámasz esetén 10 mm, míg közbenső támasz esetén a nyíróerőktől függő β_V tényező függvényében határozható meg. Amennyiben β_V kisebb, mint 0,2, az erő tényleges megoszlási hossza figyelembe vehető. Ha β_V nagyobb, mint 0,3, a hatékony megoszlási hossz 10 mm. Ha β_V 0,2 és 0,3 között van, lineárisan kell interpolálni.)

A reakcióerő hatékony megoszlási hosszának meghatározására szolgáló β_V tényezőt az alábbi összefüggéssel kell meghatározni:

$$\beta_V = \frac{|V_{Sd,1}| - |V_{Sd,2}|}{|V_{Sd,1}| + |V_{Sd,2}|} \quad (5.9)$$

ahol $|V_{Sd,1}|$ és $|V_{Sd,2}|$ a támasz két szélénél fellépő nyíróerő abszolút értéke, és $|V_{Sd,1}| \geq |V_{Sd,2}|$.

Egy gerinc beroppanási ellenállása alapján a lemez egységnyi szélességére vonatkozó, függőlegesen értelmezett, támaszreakcióval szembeni teherbírás az alábbi képlettel számolható:

$$F_{Rd} = \frac{2}{b_{per}} R_{Rd} \quad (5.10)$$

ahol b_{per} a trapézlemezekre jellemző periódushossz (lásd 2.1. ábra).

A reakcióerővel szembeni teherbírás ellenőrzésénél minden támaszkeresztmetszetben teljesülnie kell az alábbi feltételnek:

$$F_{Sd} \leq F_{Rd} \quad (5.11)$$

ahol F_{Sd} a reakcióerő a terhelés szélsőértékéből számolva.

Megjegyzések:

- Minthogy a beroppanás jelensége csak a gerincre ható nyomó terhek esetén következhet be, a közölt ellenőrzéseket csak akkor kell elvégezni, ha a trapézlemez gerincében a vizsgált helyen jelen van a nyomóerő.

- Koncentrált terhek jelenléte esetén a számítások hasonló elvek alapján végezhetők el. Ennek részleteivel jelen útmutató nem foglalkozik. Az Eurocode szabványban a számítás részletei megtalálhatóak.
- A keresztmetszeti ellenállásokra vonatkozó táblázatokban F_{Rd} értékek vannak megadva végtámasz ($F_{Rd,v}$) ill. közbenső támasz esetére ($F_{Rd,k}$). Utóbbi esetben az ellenállás a hatékony felfekvési szélesség függvényében szerepel.

5.5. Teherbírás nyomaték - nyíróerő kölcsönhatás esetén

Egyidejű nyomaték és nyíróerő esetén az alábbi képlettel megadott összefüggésnek kell teljesülni minden keresztmetszetben:

$$\left(\frac{M_{Sd}}{M_{Rd}}\right)^2 + \left(\frac{T_{Sd}}{T_{Rd}}\right)^2 \leq 1 \quad (5.12)$$

ahol

M_{Sd} , T_{Sd} a mértékadó igénybevételek a terhelés szélsőértékéből számolva, M és T egyidejűségét figyelembe véve,
 M_{Rd} , T_{Rd} a keresztmetszeti teherbírások.

5.6. Teherbírás nyomaték - reakcióerő kölcsönhatás esetén

Többtámaszú tartó közbenső támaszainál a reakcióerő mellett nyomaték is fellép. Amennyiben a reakcióerő nyomást okoz a trapézlemez gerincében, az alábbi feltételeknek is teljesülni kell:

$$\frac{M_{Sd}}{M_{Rd}} \leq 1 \quad (5.13)$$

$$\frac{F_{Sd}}{F_{Rd}} \leq 1 \quad (5.14)$$

$$\frac{M_{Sd}}{M_{Rd}} + \frac{F_{Sd}}{F_{Rd}} \leq 1,25 \quad (5.15)$$

ahol

M_{Sd} , F_{Sd} a mértékadó igénybevételek a terhelés szélsőértékéből számolva, M és F egyidejűségét figyelembe véve,
 M_{Rd} , F_{Rd} a keresztmetszeti teherbírások.

6. TRAPÉZLEMEZEK HASZNÁLATI HATÁRÁLLAPOTA

6.1. Merevségi követelmény: trapézlemezre merőleges elmozdulás

Trapézlemezek használati határállapota merevségi szempontból a felületre merőleges elmozdulásokkal definiálható. A terhek alapértékének hatására bekövetkező mértékadó elmozdulásokat a megfelelő szabványok által előírt merevségi követelmények korlátozzák az alábbi képlet szerint:

$$e_{sd} \leq e_{lim} \quad (6.1)$$

ahol e_{sd} a mértékadó, felületre merőleges elmozdulás (tetőelemnél lehajlás, falelemnél behajlás) a terhek alapértékéből (ill. a használhatósági állapotra adott kombinációból) számolva, míg e_{lim} az elmozdulás határértéke a vonatkozó merevségi követelmény alapján.

A mértékadó elmozdulások számításánál a trapézlemez hajlítási merevségét jelen útmutató az effektív keresztmetszeti inercia használati határállapotban aktuális értékeivel veszi figyelembe. A számítási modellben a effektív inercianyomaték hossz mentén való változása - az igénybevételek változásának következtében - nincsen figyelembe véve, hanem egy feltételezett szélsőszálfeszültség alapján meghatározott állandó effektív inercianyomatékot alkalmaztunk. A feltételezett szélsőszálfeszültség a lehetséges legnagyobb feszültség 70 %-a, azaz $0,7f_{yb}/\gamma_{M0}$.

A merevségi követelmények trapézlemezek felületre merőleges elmozdulására vonatkozó magyar és Eurocode szabványok alapján a következőkben foglalhatók össze.

- Általában tetők és födémek esetén [3] és [7] szerint:

$$e_{lim} = L/200 \quad (6.2)$$

- Fokozottabb követelmények (pl. mozgásra érzékeny, sérülékeny tetőhéjalás) esetén [7] szerint:

$$e_{lim} = L/300 \quad (6.3)$$

- Mérsékelt igényszint esetén (pl. hőszigetetlen tető, falburkolat esetén) [3]:

$$e_{lim} = L/150 \quad (6.4)$$

6.2. Járhatósági követelmény

Trapézlemezek járhatósági feltétele az építési állapotban értelmezett használati határállapot. A szerelés során nem jöhet létre a 2 darab egymástól 1 méter távolságban lévő, egyenként 1 kN intenzitású, 100x100 mm-es felületen megoszló technológiai teher alapértékéből lokális illetve globális tönkremenetel a trapézlemezben.

7. A STATIKAI SZÁMÍTÁS VÉGREHAJTÁSA

7.1. A tervezési táblázatok felépítése, jelölések

Az útmutató függelékében tervezési táblázatokat mellékelünk, minden egyes Lindab trapézlemezre háromfélét, az alábbiak szerint:

- Keresztmetszeti jellemzők táblázata
- Keresztmetszeti ellenállások táblázata
- Teherbírási táblázatok

7.1.1. Keresztmetszeti jellemzők táblázatai

A keresztmetszeti jellemzőket összefoglaló táblázatokban a trapézlemez anyagjellemzői, (átfedések nélküli) önsúlya, valamint a keresztmetszeti jellemzői találhatóak meg. Utóbbi jellemzők mind pozitív mind negatív lemezelhelyezés estén adottak. Az alábbiakban megadjuk az alkalmazott jelölések definícióit.

V	<i>Vastagság</i>	a lemez névleges vastagsága
f_{yb}		a folyási feszültség alapértéke
f_{ya}		a folyási feszültség átlagértéke
ρ_s	<i>önsúly</i>	a trapézlemez önsúlya (átfedések nélkül)
t_d		tervezési vastagság
A_g		a keresztmetszet teljes területe
$A_{eff,U}$		effektív keresztmetszeti terület, nyomott keresztmetszet esetén, teherbírási határállapotban
z_{CGg}		a teljes keresztmetszet súlypontjának helye
$z_{CGef,U}$		az effektív keresztmetszet súlypontjának helye, hajlított keresztmetszet esetén, teherbírási határállapotban
$z_{CGef,S}$		az effektív keresztmetszet súlypontjának helye, hajlított keresztmetszet esetén, használhatósági határállapotban
I_{yg}		a teljes keresztmetszet súlyponti inercianyomatéka
$I_{yef,U}$		az effektív keresztmetszet súlyponti inercianyomatéka, hajlított keresztmetszet esetén, teherbírási határállapotban
$I_{yef,S}$		az effektív keresztmetszet súlyponti inercianyomatéka, hajlított keresztmetszet esetén, használhatósági határállapotban
$W_{yg,+}$		a teljes keresztmetszet húzott szélső szálára vonatkozó keresztmetszeti tényező
$W_{yg,-}$		a teljes keresztmetszet nyomott szélső szálára vonatkozó keresztmetszeti tényező

- $W_{yef,U,+}$ az effektív keresztmetszet húzott szélső szálára vonatkozó keresztmetszeti tényező, hajlított keresztmetszet esetén, teherbírási határállapotban
- $W_{yef,U,-}$ az effektív keresztmetszet nyomott szélső szálára vonatkozó keresztmetszeti tényező, hajlított keresztmetszet esetén, teherbírási határállapotban

7.1.2. Keresztmetszeti ellenállások táblázatai

A keresztmetszeti ellenállások táblázataiban a keresztmetszet nyomatóéki, nyírási, illetve reakcióerővel szembeni ellenállása (teherbírása) szerepel pozitív és negatív lemezállás esetén, a lemez egységnyi (1 m) szélességű részére vonatkoztatva.

- Vastagság* a lemez névleges vastagsága
- M_{Rd} a keresztmetszet nyomatóéki ellenállása
- T_{Rd} a keresztmetszet nyírási ellenállása
- $F_{Rd,e}$ a keresztmetszet reakcióerővel szembeni ellenállása végtámasznál
- $F_{Rd,i}$ a keresztmetszet reakcióerővel szembeni ellenállása közbenső támasznál (a zárójelben megadott érték a hatékony erőmegoszlási hossz)

7.1.3. Teherbírési táblázatok

A teherbírési táblázatokban a maximálisan megengedhető egyenletesen megoszló teher intenzitása van megadva a támaszköz függvényében, négyféle statikai modell esetére, mindegyik esetben egyenletes támaszközök feltételezésével.:

- kéttámaszú tartó,
- háromtámaszú tartó,
- négytámaszú tartó,
- öt vagy több támaszú tartó.

A táblázatokban hatféle teherbírési adat szerepel, az alábbiak szerint:

- $q_{lim,U,1}$ maximálisan megengedhető teherintenzitás *teherbírési* határállapotban, *pozitív* elhelyezésű trapézlemez és *nyomó* jellegű terhelés esetén
- $q_{lim,U,2}$ maximálisan megengedhető teherintenzitás *teherbírési* határállapotban, *pozitív* elhelyezésű trapézlemez és *szívó* jellegű terhelés esetén
- $q_{lim,U,3}$ maximálisan megengedhető teherintenzitás *teherbírési* határállapotban, *negatív* elhelyezésű trapézlemez és *nyomó* jellegű terhelés esetén

- $q_{lim,U,4}$ maximálisan megengedhető teherintenzitás *teherbírás* határállapotban, *negatív* elhelyezésű trapézlemez és *szívó* jellegű terhelés esetén
- $q_{lim,S,200}$ maximálisan megengedhető teherintenzitás *használati* határállapotban, $L/200$ lehajlási határ esetén
- $q_{lim,S,300}$ maximálisan megengedhető teherintenzitás *használati* határállapotban, $L/300$ lehajlási határ esetén

Megjegyzések:

- A keresztmetszeti méretek a trapézlemez középvonalára értelmezettek.
- A táblázatok kidolgozásánál az igénybevételek számítása rugalmas alapon történt.
- A teherbírás határállapotra megadott határterhelés magában foglalja valamennyi lehetséges tönkremeneteli módot; következésképpen a táblázatban közölt adatok nem egy adott szerkezeti rész kitüntetett tönkremeneteli módjához tartoznak.
- A használati határállapot lehajlási követelménye és a hozzá tartozó határterhelés lineárisan arányos, így a fentiekől eltérő követelményhez tartozó terhelés ezekből meghatározható (pl. az $L/150$ korlátra vonatkozó határterhelés az $L/300$ -hoz tartozó érték kétszerese).

7.2. Statikai méretezés a terhelési táblázatok alkalmazásával

Amennyiben a szerkezeti kialakítás megfelel a teherbírás táblázatok alapfeltevéseinek (egyenletes támaszköz, egyenletesen megoszló teher), a terhelési táblázatok segítségével a statikai méretezés közvetlenül végrehajtható.

A statikai számítás lépései a következők:

1. Statikai modell felvétele az adott szerkezeti kialakítás alapján (l. 3.2 ábra): két-, három-, négy-, illetve öt vagy többtámaszú modell, támaszközönként állandó fesztávval, egyenletesen megoszló totális teherrel.
2. Mértékadó teher alap- és szélsőértékének meghatározása: q_k, q_t .
3. Az adott modellre és trapézlemezre vonatkozó határterhelés meghatározása a terhelési táblázat alapján: $q_{lim,U}, q_{lim,S}$.
4. Ellenőrzés végrehajtása teherbírás határállapotban:

$$q_{sz} \leq q_{lim,U} \quad (7.1)$$

5. Ellenőrzés végrehajtása használati határállapotban:

$$q_a \leq q_{lim,S} \quad (7.2)$$

6. Az eredmény kiértékelése és szükség esetén módosítás végrehajtása.

7.3. Statikai méretezés részletes vizsgálat alapján

Ha a szerkezeti kialakításból származó statikai modell nem felel meg az útmutatóban eddigiekben ismertetett kiindulási feltételeknek, akkor a Lindab tervezési táblázatok közvetlenül nem alkalmasak a statikai méretezés végrehajtására. Ilyen különbségek adódhatnak például a nem egyenletes támaszközök vagy a nem egyenletesen megoszló terhelés következtében. Ez esetben célszerű az aktuális állapotot megközelítő modell alapján, a feszítáv-terhelés táblázatok alkalmazásával az előtervezést elvégezni, majd ebből kiindulva a tényleges modellel a részletes statikai vizsgálatot végrehajtani.

A számítás főbb lépései a következők lehetnek:

1. Statikai modell felvétele az adott szerkezeti kialakítás alapján.
2. Terhelés meghatározása teherbírasi és használati határállapotra.
3. Ha a tartó keresztmetszete nem állandó, a merevségek meghatározása a keresztmetszeti jellemzők táblázata alapján.
4. Az igénybevételek (nyomaték, nyíróerő, reakcióerő) meghatározása a terhek szélsőértékéből.
5. A lehajlások meghatározása a terhek alapértékéből.
6. A teherbírasi határállapotra szükséges vizsgálatok elvégzése az 5. fejezetben ismertetett méretezési összefüggések szerint. Ehhez felhasználhatóak a keresztmetszeti ellenállások táblázatában megadott teherbírasi adatok, illetve más kialakítás esetén ezek értelemszerű módosításával nyerhetők a szükséges teherbírasi értékek.
7. A használati határállapotra szükséges vizsgálatok elvégzése a 6. fejezetben ismertetett összefüggések szerint.
8. Az eredmények értékelése, szükség esetén módosítás végrehajtása.

7.4. Statikai méretezés DIMRoof programmal

Mint azt a korábbiakban már említettük a trapézlemezek és Z-gerendák méretezésére kifejlesztésre került a DIMRoof program, amely a Lindab Kft-től beszerezhető. Ennek felhasználásával a statikai vizsgálat általános kialakítás esetén is hatékonyan végrehajtható, illetve az adott szerkezeti rendszerben optimálisan alkalmazható szelvény meghatározható.