

## 1. A MÉRNÖKI TERVEZÉS ELMÉLETE

Minden mérnöki tervezéshez elméleti ismeretek szükségesek, amelyek nemcsak műszaki részletismereteket ölelnek fel, hanem tágabb körű tudást is tartalmazniuk kell. A mérnöknek tájékozottnak kell lennie az általa tervezett létesítmény emberi vonatkozásairól, beleértve nemcsak a használati szempontokat, hanem a komfortot, az esztétikát, a környezetvédelmet, és általában az emberre, az emberi közösségre gyakorolt hatásait.

A tervezés az építmények megvalósítási folyamatának része. E folyamat első lépése az igény megjelenése és megfogalmazása, ezt követi a tervezés, majd a tényleges megvalósítás, azaz a kivitelezés.

A terv az igény kielégítésének a tervező által elképzelt módozatát tartalmazza. A terv kialakítását befolyásoló főbb tényezők a funkció, a szerkezet, a forma és a gazdaságosság.

Általában azokat az építményeket, amelyekben a tartószerkezet, illetve a tágabb értelemben vett szerkezet dominál (hidak, gátak, távvezetékoszlopok, hűtőtornyok, stb.), mérnöki építményeknek tekintjük, azokat pedig, amelyekben a funkció és a forma szerepe a nagyobb, és elsősorban emberi tartózkodás céljára szolgálnak, építészeti alkotásoknak, vagy röviden épületeknek hívjuk.

A mérnöki tervezéseméletnek az egyik része azokat az elméleti műszaki ismereteket tartalmazza, amelyek szükségesek a létesítmény korrekt megtervezéséhez, ilyenek a statikai, vízépítési, közlekedési ismeretek, a másik rész a mérnöki tevékenység emberi (szociológiai, pszichológiai, településfejlesztési stb.) vonatkozásait és kapcsolódásait kutatja, túlmutatva a szorosan vett műszaki szempontokon.

A mérnöki feladatkör régebben főként a földfelszín alakítását-művelését, a kultúrtáj létrehozását ölelte fel, amibe egyaránt beletartozott a vízszabályozás, az út-, vasút- és hídépítés, a geodézia, a településrendezés és -gazdálkodás. A "kultúrmérnök" fogalma a régebbi időkben jól kifejezte a társadalmi célokhoz és kultúrához kapcsolódó széles látókörű, munkaterületeit egészében áttekintő mérnöki hivatás lényegét.

A mérnöki alkotó tevékenység a következő négy lépésből áll: anyaggyűjtés, érlelés, az alapötlet kitalálása, részletes kidolgozás. Az építménytől az építető azt várja el, hogy a saját elképzelését valósítsa meg, és lehetőleg olcsó legyen. Ez azonban nem feltétlenül jelenti a legkevesebbe kerülő megoldást, mert figyelembe kell venni az építési idő hosszát, a fenntartási költségeket, az átalakítási lehetőséget és még sok más tényezőt. Mindezeket úgy foglalhatjuk össze, hogy a leggazdaságosabb megoldást kell megkeresnünk, ami voltaképpen optimálást jelent.

Alapvető szempont a mérnöki szerkezet biztonsága. Ha a szerkezet összeomlása emberi életet veszélyeztet, akkor a súlyos meghibásodás valószínűségét igen alacsony szinten kell tartani. Ennek számszerű értékét általában a szabványok írják elő.

A tervezési folyamatnak csak egyes részeit lehet gépesíteni. Az egyik ok az, hogy a tervezésben kielégítendő szempontok egy része nem számszerűsíthető. A másik ok az, hogy a tervezésben szinte mindig van valami új ötlet, új megoldás, eddig figyelembe nem vett szempont, ami nem építhető be a számítógépes programba. Mindezek miatt nincs számítógéppel végeztetett tervezés, csak számítógéppel segített tervezés (CAD = computer aided design) van.

A méretezés alapelveinek a legegyszerűbb fajtája, hogy kétféle követelményt állítunk fel. Az első: a szerkezet ne dőljön össze (no collapse requirement), de megengedjük, hogy károsodjék. A második az, hogy a szerkezet egyáltalán ne, illetve csak korlátozott mértékben károsodjék (damage limitation requirement). A tartószerkezetek elméletébe tartozik a szerkezeti anyagok elmélete is.

## 2. A MÉRNÖKI GONDOLKODÁS

A mérnöki munka területei a magasépítés, a hídépítés, közlekedésépítés, vízépítés.

A mérnöki gondolkodás sajátosságai: a nagyból a kicsi felé haladás, a jövőbelátás, alkalmazkodás az adottságokhoz, a természettudományos modellalkotás, a feltételezések és eredmények folyamatos ellenőrzése, és a társtudományok iránti fogékonyság.

A tervező elgondolt megoldásait - a társtervezőket is magába foglalóan - a tervezők körében fogadják el először a zsűri, a tervellenőrzés és végellenőrzés során. Ezután a megvalósítható és jó megoldást közérthetően fogalmazzák meg, és azt az építető is magáévá kell tegye, el kell fogadja. Az építetővel közös lépés az elfogadtatás a társadalommal és bajnívás az ellenzőkkel. Végül is a hatósági "pecsét", a hatósági engedély szentesíti a megoldást (de a felelősség átvállalása nélkül!).

Nem elég úgy megterveznünk egy építményt, hogy csak a megépülése után közvetlenül elégítse ki a műszaki követelményeket, hanem gondoskodnunk kell arról is, hogy idő előtt ne menjen tönkre, így lényeges, hogy a szerkezet illetve az építmény karbantartható legyen, a jobban igénybevett elemei cserélhetőek legyenek, tartsuk távol a szerkezettől a vizet és a korrozív anyagokat.

A tartószerkezetek elmélete egyes építmények veszélyessé válásának mérlegelésével, a kialakuló veszélyes, de még eltűrhetőnek tekintett helyzet, nevezetesen a vizsgált rendkívüli hatás figyelembevételével végzett szerkezettervezés szemléletéről szól. A tervezést a biztonságos műszaki megoldásra törekvő tevékenységnek fogjuk fel. A tervezés modellek alkotásával folyik.

A mérnöki munka társadalmi vagy üzleti érdekeket szolgál, nagy értékű létesítményeket hoz létre, hosszú élettartamot kell művének kiszolgálnia, így felelőssége igen nagy. A jó mérnök a szakma és a tudomány normáit tiszteletben tartva végzi munkáját, és nem enged sem a pénz, sem a külső kényszerek nyomásának, ha az a minőség ellen hat.

### 3. A MÉRNÖKI DÖNTÉSELMÉLET

A mérnökök kezdettől fogva igyekeztek ésszerű döntéseket hozni, de a feladatok összetettsége, az egyes tényezők bonyolult összefüggései miatt ez nem egyszerű feladat, sőt sokszor gyakorlatilag lehetetlen az elméletileg legjobb megoldás kiválasztása. Ez egyben azt is jelenti, hogy - az egzakt, matematikai módszerrel meghatározható megoldás hiányában - az intuíció, a mérnöki kreativitás továbbra sem nélkülözhető.

A mérnöki tervezés főbb lépései: a feladat meghatározása, a megfelelőség vizsgálata, előterv, majd részletterv készítése, és végül a kivitelezés.

A feladat pontos megfogalmazását az alábbi lépésekben célszerű végrehajtani:

- Fogalmazd meg a feladatot, mint egy nagyobb probléma részét
- Határozd meg a szóban forgó mérnöki rendszert, mint egy nagyobb rendszer részét
- Határozd meg a feladat alapját képező reális igényeket
- Gyűjts a feladattal kapcsolatos háttér-információkat
- Keresd a terv várható mellékhatásait:
- Állapítsd meg a kényszereket:
- Részletezd a célokat és keresd meg a közöttük levő esetleges ellentmondásokat
- Részletezd a feladat teljesítésének követelményeit és az üzemeltetés feltételeit
- Állapítsd meg a hatékonyság mértékét

A megfelelőség vizsgálatának célja annak megállapítása, hogy az egyes alternatív tervek közül melyek azok, amelyek várhatóan sikeresen megvalósíthatók. A vizsgálatnak arra kell kiterjednie, hogy melyik alternatíva megfelelő teljesítményű az adott működési feltételek mellett, anélkül, hogy valamelyik kényszert sértené.

A vizsgálatot a következő lépésekben célszerű végezni:

- Vedd számba a rendelkezésre álló forrásokat
- Kutasd fel, és lehetőleg számszerűsítsd a kényszereket
- Fejlessz ki minél több ígéretes alternatívát
- A nem versenyképes megoldások fokozatos kizárása
- Ha szükséges, módosíts a feladat megfogalmazásán
- Ha szükséges, vedd el a tervet

A megfelelőségi vizsgálat egyenes folytatása az előterv készítése, az ott megmaradt alternatívák részletesebb vizsgálata abból a célból, hogy közülük a legmegfelelőbb

viszonylag kis munkaráfordítással kiválasztható legyen. A kiválasztott tervváltozat birtokában lehet elkészíteni a részletes terveket, a pontos számításokkal és gazdaságossági vizsgálatokkal.

A mérnöki rendszerekre jellemző, hogy sok alrendszerből (rendszer-komponensből) állnak, amelyek szintén önálló rendszert képeznek. Jellemzőjük továbbá, hogy egy nagyobb rendszer alrendszereként működnek, pl. egy vízellátó rendszer a csatornázási, közlekedési, távközlési stb. rendszerrel együtt a város rendszerének alrendszere.

A mérnöknek nemcsak az adott feladat műszakilag helyes, lehető legjobb, hanem gazdasági szempontból is kielégítő megoldására kell törekednie. Lényeges, hogy a létesítmény haszna nagyobb legyen a költségeknél, az értékeléshez különböző módszereket alkalmaznak, pl. a megtérülési idő, a jelenlegi nettó érték, az ekvivalens éves érték, a haszon, és a hozam.

A döntés három alaptípusát különböztethetjük meg: a beruházás megvalósuljon-e, választás egymást kizáró tervváltozatok között (pl. híd vagy alagút), választás a különböző tervváltozatok között, ha a rendelkezésre álló tőke adott.

A költségek nagy részét az építési költségek teszik ki. A komplex gazdaságossági vizsgálat meglehetősen bonyolult, így csak nagyobb létesítmények esetén végzik el teljes egészében. A tervezés első fázisában ezért nagy jelentősége van a költségbecslésnek, ennek alapját a korábbi gyakorlatban kialakult egységárák képezik.

A mérnöki létesítmények általában erősen hatnak a környezetre és a társadalomra, ezek részben kedvezőek, részben károsak. A mérnöknek kiemelt szerepe van a földi erőforrások helyes kihasználása és megőrzése területén. A nagy beruházások tervezése előtt a hatóságok általában megkövetelik a környezetvédelmi (és szociális) hatástanulmányok készítését. A döntést végül sok esetben politikai szempontok alapján hozzák meg.

A döntés célja a legjobb megoldás megtalálása (ha ezt a gyakorlatban nem is mindig sikerül elérni). A tervezőnek mindig arra kell törekednie, hogy néhány lényeges célt lehetőleg maximálisan kielégítsen, miközben biztosítja a különböző kényszerek teljesítését is. A célok teljesítését egy vagy több hatékonysági kritériummal lehet mérni. Ezt matematikai optimalizálással lehet megkísérelni.

A tervezési feladatok bonyolultsága, egyes tényezők nem számszerűsíthető volta miatt az egzakt matematikai módszerek alkalmazhatósága viszonylag szűk területre korlátozódik, a terv koncepciójának kialakításában pedig belátható időn belül szóba sem jöhet. Az analitikus gondolkodás lényegében már ismert megoldásokat alkalmaz az adott feladatra, míg a kreatív gondolkodásmód arra törekszik, hogy minél több ötlet, elgondolás közül lehessen a legjobbat kiválasztani.

#### **4. A MÉRNÖKI TERVEZÉS MÓDSZERTANA (METODIKÁJA)**

A "magasépítés" fogalmkörébe elsősorban az épületek (lakó- és középületek, valamint az ipari, mezőgazdasági, raktározási célú épületek) tartoznak bele, de sokszor ideértik a föld feletti mérnöki létesítményeket is (silók, víztornyok, stb.). A tervezés mindig alap-döntésekkel kezdődik. Az egyik legfontosabb szempont a funkcionális megfelelés, pontosabban a rendeltetés céljára legcélszerűbb építményfajta, tartószerkezet és forma megválasztása, valamint a szerkezeti anyag és az építésmód tisztázása.

A mélyépítés (alépítmények, földművek, tereprendezés, támfalépítés, alapozás, alagutak és földalatti műtárgyak építése) sajátos mérnöki szakterület, mert a földi környezetnek - különösen az altalajjal való kölcsönhatások révén - még a mérnöki munkákon belül is az átlagosnál nagyobb jelentősége van. Az altalaj nem csupán teherviselő, hanem a választott építéstechnológiát és szerkezetet is meghatározó, a kész létesítményt terhelő, az új egyensúly kialakulásában aktív szerepet vivő, és időben változó hatásai révén a tervezési koncepciót is alapvetően befolyásoló tényező.

A közlekedés személyeknek és dolgoknak olyan tömeges helyválttatása, amely alkalmas technikai berendezések igénybevételével jön létre. Az egyes közlekedési ágazatokat (személyközlekedés, áruszállítás, hírtovábbítás) pályájuk szerint szokásos

megkülönböztetni. Eszerint van szárazföldi közlekedés (közúti, vasúti és városi közlekedés); vízi közlekedés (belvízi és tengerhajózás); egyéb közlekedés (posta hírtovábbítás, vezetékes szállítás). Az építőmérnökök feladatkörébe alapvetően a közúti közlekedést kiszolgáló közúti létesítmények tervezése tartozik.

Valamely vízügyi létesítmény (pl. vízlépcső, kikötő, öntöző és belvívcsatorna, vízi közmű) megvalósítását ösztársadalmi, ágazati, helyi, magán indíttatású igények valamelyike, vagy kapcsolatuk kényszeríti ki. Az igény-kielégítés azonban gyakran ütközik közérdekkel, helyi-, egyéni érdekekkel, így többször érdekcsoportok küzdelme alakulhat ki, melynek kezelése gondot okozhat. A tervezés főbb lépései: az előkészítési tevékenység, a megvalósíthatósági vizsgálat, az építési-anyagtechnológiai vizsgálat, az anyagigény kielégítésének vizsgálata, az elvi és létesítési engedélyek beszerzése, a környezeti hatásvizsgálat, az engedélyes tervek, a kiviteli- és részlettervek elkészítése, a tervezői művezetés, az üzemelés tervének, valamint a kárelhárítási és balesetelhárítási utasításoknak elkészítése, végül a fenntartási és a megvalósulási terv.

## 5. IRODALOM

- Kollár L. Mérnöki tervezésselmélet. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2001.  
Kollár L. Mérnöki szerkezetek tervezése. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2001.  
Mistéth E. Méretezéselmélet. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2001.

## 1. SZERKEZETEK

A szerkezet fogalmát definálhatjuk, mint - egyéb más funkciók ellátása mellett - az anyagok olyan szándékkal való összeépítését, hogy terhet tudjanak viselni, vagy közvetíteni.

Az élő, biológiai szerkezetek az egysejtűektől a növényeken át az emberig sokkal régebb óta léteznek, mint az ember által készített élettelen, technológiai (műszaki, mérnöki) szerkezetek.

Az élő és élettelen szerkezet kiválasztásának célszerű vezérelve a gazdaságosság. A szerkezet funkciója, a rendelkezésre álló szerkezeti anyagok és a szerkezet létrehozásának lehetőségei a választható szerkezetek körét szűkítik, de ebből a szűkebb körből a szerkezettervező már a gazdaságosság szempontjai szerint választja ki a megépítendő. Az élő szerkezetek esetében a szerkezettervezőt az evolúció helyettesíti.

## 2. SZERKEZET ÉS SZERKEZETI FORMA

A tervező feladata olyan hatékony szerkezet létrehozása, ahol az elegancia és a gazdaságosság is egyensúlyban van.

A szerkezeti formák: a test (falak, gátak), a felület (tárcsa, lemez, héj), a vázas (rácsos tartók, keretek), a membrán, és a hibrid (az előzőek kombinációja).

A szerkezeti formák a természetben: barlang, pókháló, emberi és állati csontvázak, fa és levelek, természetvár, méh-sejt, kagylóhéj, bogarak kitinpáncélja, stb.

Ember által készített szerkezetek: piramis, wigwam, jurta, bútor, kerékpár, repülő, autó, gátak, támfalak, híd, daru, épület, felhőkarcoló, tornyok, távvezeték oszlopok, stb.

## 3. SZERKEZETI ANYAGOK

Szerkezeti acél, beton, vasbeton, fa, üveg, kompozit, stb.

Anyagokra vonatkozó fogalmak: húzó- és nyomószilárdság, merevség, izotróp-anizotróp, feszültség-alakváltozás diagramok,

A keresztmetszeti alakok szerepe a teherviselésben.

## 4. TERHEK ÉS HATÁSOK

Állandó és esetleges terhek. Koncentrált és megoszló terhek.

Hőmérsékleti terhek, egyenletes és egyenlőtlen hőmérsékletváltozás hatása a statikailag határozott és határozatlan szerkezeteken.

Szél- és víznyomások.

Dinamikus hatások (gépek, mozgó terhek, szél hatása, földrengés).

## 5. EGYENSÚLY

Statikai alapfogalmak áttekintése, egyensúlyi egyenletek. Állékonyság vizsgálata.

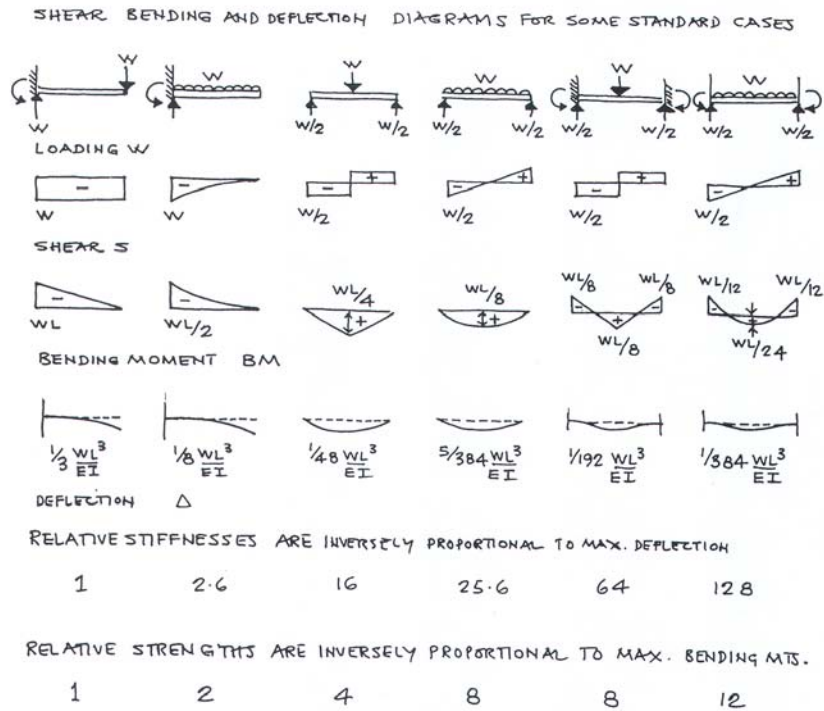
Támaszmozgások hatása, alapozási módok, különböző nagyságú szerkezetek csatlakozása, a dilatáció.

## 6. SZERKEZETI ELEMÉK ÉS AZ ELEMÉK VISELKEDÉSE

Szerkezeti elemtípusok: húzott-nyomott rúd (kihajlás jelensége), hajlított gerenda, tárcsa, lemez, lemezmű, héj.

Gerendák és portál-keret igénybevételei és deformációi. Húzott vasalás helye a vasbeton gerendákban.

**Appendix II: Bending and deflection formulae for beams**



Feszültségek (normál, nyíró, csavaró) és alakváltozások fogalmai.  
 Feszítés elve. Beton, vasbeton és feszített beton gerendák viselkedése.

**7. SZERKEZETI TÍPUSOK VISELKEDÉSE**

- Falak, boltozatok, gátak.
- Rácsos tartók (húzott és nyomott elemek) típusai. Szélrácscok, merevítő rácsok.
- Keretek.
- Magasépítési tartórácscok. Híd tartórácscok, kereszteloszlás fogalma.
- Térbeli rácsok.
- Egy- és kétirányban teherviselő lemezek. Gerendával merevített lemezek.
- Lemezművek.
- Héjak.
- Membránok. Sátortető.
- Hibrid szerkezetek, függőtető, peremtartók szerepe.

**8. IRODALOM**

Hunt, T.: Tony Hunt's Structures Notebook, 2003.  
 Gordon, J.E. : Structures or Why Things Don't Fall Down, 1978.

## 1. TARTÓSZERKEZETEK MODELLEZÉSE

A teljes mechanikai modell:

- A szerkezet anyagának modellje.
- A szerkezeti alakzat modellje.
- Terhek és hatások modellje.

A determinisztikus modellnél egy-egy számmal megmondjuk a „tényleges értékeket” (pl. feszítáv, teher intenzitás, stb.); a sztochasztikus modellnél pl. a beton anyaga függ a tényleges kivitelezéstől, a leesett hó mennyisége évente más és más. A valószínűségi elmélet alkalmazása azt jelenti, hogy sztochasztikus megfontolások alapján determinisztikus számokat határozunk meg, így jönnek létre a fél-valószínűségi modellek.

Milyen legyen a modell? Nagyon egyszerű (gyengén képezi le a valóságot) vagy nagyon bonyolult (jól leképezi a valóságot, de igen nehéz vizsgálni, használni). Középut, amelyik a fontosabb elemeket pontosabban vizsgálja. Ez a középut persze koronként változik, igazodva a mérnök tudásához és a vizsgálatokat segítő eszköz lehetőségeihez.

A számítások numerikus megoldás hibái több okra vezethetők vissza. Elsődleges ok a fentebb is vázolt bemenő adatok, vagyis a fizikai modell hibája, következésképp még az úgynevezett "egzakt megoldások" is csak közelítést adják a szerkezet tényleges viselkedésének. További hibákat jelentenek a numerikus módszer miatti számítási hibák, vagyis a matematikai modell hibája, valamint a számítógépes hibák, végül a modellezés és számítás során elkövetett emberi mulasztásból fakadó hibák.

## 2. GONDOLATOK A STATIKAI SZÁMÍTÁSRÓL

A jó statikai számítás alapfeltétele, hogy helyes statikai modellt válasszunk a szerkezethez. Mindig kétféle statikai számítást kell elvégezni, egy közelítőt és egy pontosat.

Annak érdekében, hogy az erőteni számítás - mint lényeges műszaki és jogi dokumentum - jól ellenőrizhető, utólag is egyértelműen azonosítható és értelmezhető legyen, készítése során be kell tartani a következő formai, alaki szabályokat:

- legyen jól áttekinthető, világos felépítésű, önmagában teljes és egységes;
- tüntesse fel a számítás alapját képező szabványokat vagy egyéb előírásokat, a felhasznált, de nem közismert számítási adatok, eljárások irodalmi forrásait, vagy közölje magyarázatukat, igazolásukat;
- tartalmazza a vizsgált szerkezet megnevezését, erőteni szempontból lényeges anyagainak, elemeinek szabványos jelölését, fő méreteit;
- ismertesse a számításba vett környezeti viszonyokat, a terheket és terhelőhatásokat, az erőjáték meghatározásához feltételezett szerkezeti modellt, a szerkezet anyagainak figyelembe vett működési modelljét, annak számszerű jellemzőit, ill. szükség esetén mindezek tűréseit, feltételezett ingadozásait.

A közelítő számításokban olyan összefüggéseket célszerű alkalmazni, amelyek elég egyszerűek és könnyen fejben tarthatók, de nagyságrendileg helyes eredményeket szolgáltatnak.

A statikai számítás célja: a szerkezetek méretezése, amely a szerkezettervezés egészének is csak egy részfeladata - csak egyik eszköze. További cél a szerkezet, illetve pontosabban a terv megfelelő voltának igazolása, azaz a statikai számításnak ez a "jogi" funkciója.

A tapasztalat (amely nemcsak a saját tapasztalatot, hanem a szakma egészének, jelenének és múltjának kollektív tapasztalatát is magába foglalja) a jó szerkezettervező számára ma sem nélkülözhető. A tapasztalat tudományos szintre emelése a kísérleti módszer is, amely több célra, így pl. új szerkezetek számításakor a kiindulási feltételek meghatározására, új számítási módszerek ellenőrzésére, vagy számítással nem követhető erőjátékú szerkezetek tervezésére is alkalmas.

A szerkezetek erőjátékának pontos meghatározása annyira bonyolult, hogy nemcsak gyakorlatilag, de elméletileg is lehetetlen. A számítás pontosságát reálisan a tényleges és a

számított igénybevételek viszonya alapján kellene meghatározni. Ez azonban elvileg lehetetlen, mivel a statikai modellről csak azt tudjuk, hogy többé-kevésbé eltér a valóságtól.

A számítási eredményeink - még egyszerű, statikailag határozott szerkezeteknél is - az esetek többségében 10-50%-kal térnek el a valóságtól. Az eltérés mértéke adott esetben igen sok tényező függvénye, ilyen például a szerkezet bonyolultsága, az anyag inhomogenitásának mértéke, a méreteltérések stb., de elsősorban az, hogy a statikai modellt helyesen választottuk-e meg. Az említett bizonytalanságokat a gyakorlat a biztonsági tényezőkkel próbálja figyelembe venni.

A statikai számítás szükséges pontosságával kapcsolatban a biztonság és a gazdaságosság kérdése merül fel. Ez a két követelmény látszólag alapvetően ellentmond egymásnak, hiszen a biztonságot legegyszerűbben nagyobb anyagfelhasználással lehet növelni, az elvileg leggazdaságosabb szerkezet pedig éppen annyi anyagot tartalmaz, amennyire az adott esetben szükség van. Kell tehát lennie egy optimális kockázatnak, amelyet azonban nem tudunk meghatározni. Olyan, a statikától távol eső nehézségek is felmerülnek, mint az emberi élet értékének meghatározása, ami etikai tehát ismét filozófiai szempontból elvileg is lehetetlen. További probléma, ha vizsgálatunkat általánosítani akarjuk, hogy a különböző szerkezetek tönkremenetele különböző veszéllyel jár. Fontos megjegyezni, hogy nincs sok értelme egy kiragadott szerkezeti elem gazdaságosságáról beszélni. Nem szabad a szerkezet és az épület kölcsönhatását sem figyelmen kívül hagyni.

Természetesen más kérdés a statikai számítás másik, "jogi" funkciója. Ennél a jelenlegi szakmai közfelfogás a szintén közmegegyezéssel elfogadott statikai és matematikai modellhez képest kb. 5%-os pontosságot követel meg.

Az optimális statikai számítási módszer statikai modellje - a szükséges mértékben - jól megközelíti a valóságot (tehát adott esetben bonyolult is lehet!), matematikai modellje viszont mindig a lehető legegyszerűbb. Szakmai körökben sajnos általános hiedelem, hogy a bonyolultabb számítások jobban megközelítik az erőjátékot, ezért biztonságosabbak és egyben gazdaságosabbak is.

### 3. HATÁSOK ÉS ANYAGJELLEMZŐK

#### 3.1. Erőtani és környezeti hatások

##### 3.1.1. A hatások csoportosítása

**az időbeni változásuk szerint, mint:**

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

**származásuk szerint:**

- közvetlen hatásokat: tartószerkezetre ható erők, terhek,
- közvetett hatásokat: kényszer-alakváltozások, vagy kényszer-gyorsulások,

**térbeli változásuk szerint:**

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



**jellegük, és/vagy a szerkezeti válasz szerint:**

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

**3.1.2. A fáradást okozó hatások értelmezése****3.1.3. A dinamikus hatások értelmezése****3.1.4. Geotechnikai hatások****3.1.5. Környezeti hatások****3.2. Anyag- és termékjellemzők**

Az anyagok (beleértve a talajt és a kőzetet is) és a termékek jellemzőit a karakterisztikus értékekkel kell megadni.

Ha a határállapot vizsgálata érzékeny az anyagjellemző változásaira, akkor az anyagjellemző alsó és felső karakterisztikus értékeit kell alkalmazni.

Ha a szilárdságnak egy felső becslésére van szükség, akkor a felső karakterisztikus értéket kell figyelembe venni.

A tartószerkezet merevségi jellemzőit (pl. rugalmassági modulusok, kúszási tényezők) és a lineáris hőtágulási együtthatókat az átlagos értékkel kell figyelembe venni.

**3.3. Geometriai méretek**

A geometriai méreteket a karakterisztikus értékkel, vagy (pl. imperfekciók esetén) közvetlenül a tervezési értékkel kell megadni

A terveken megadott méreteket karakterisztikus értéknek kell tekinteni.

**4. ERŐTANI SZÁMÍTÁS****4.1. Erőtani számítás****4.1.1. A szerkezet modellezése**

Az erőtani számításokat a szükséges változókat tartalmazó tartószerkezeti modellek alkalmazásával kell végrehajtani.

Az alkalmazott tartószerkezeti modellnek tükröznie kell a tartószerkezet erőtani viselkedését, és megfelelően pontosnak kell lennie. A tartószerkezeti modellnek határállapotban is működnie kell.

A tartószerkezeti modelleket az elméleti és gyakorlati mérnöki ismeretek alapján kell felépíteni. Ha szükséges, a modellek alkalmazását kísérletekkel kell igazolni.

**4.1.2. Statikus hatások**

A statikus hatások modellezésekor a modell egy megfelelően megválasztott erőalakváltozás összefüggésen, valamint a tartószerkezetek egymás közötti- és a talajjal való kapcsolatainak megfelelő megválasztásán kell, hogy alapuljon.

A modell peremfeltételeinek tükröznie kell a tartószerkezet valódi kényszereit.

A teherbírási határállapotok vizsgálata során az eltolódások és az alakváltozások hatását figyelembe kell venni, ha azok az igénybevételek nagyságát jelentős mértékben növelik.

**4.1.3. Dinamikus hatások**

Az igénybevételek meghatározásához használt tartószerkezeti modellt úgy kell felépíteni, hogy az minden tartószerkezeti elemet, azok tömegét, szilárdságát, merevségi és csillapítási jellemzőit, valamint minden, nem tartószerkezeti elemet a nekik megfelelő jellemzőkkel vegyen figyelembe.

A modell peremfeltételeinek tükröznie kell a tartószerkezet valódi kényszereit.

Ha a dinamikus hatásokat kvázi-statisz hatásként lehet kezelni, akkor a dinamikus részt vagy a statikus hatás értékeiben, vagy a statikus hatással együtt alkalmazott egyenértékű dinamikus növelő tényező formájában lehet figyelembe venni.

A talaj-tartószerkezet kölcsönhatás modellezésekor a talaj hatását megfelelő egyenértékű rugókkal és lengéscsillapítókkal lehet modellezni.

**5. SZERKEZETI ANYAGOK FONTOSABB JELLEMZŐI**

**5.1. Acélok és egyéb fémek**

**5.2. Betonok**

**5.3. Betonra vonatkozó korábbi hazai szabályzati előírások**

**5.4. Betonacélok**

**5.5. Vasbeton**

**6. SZILÁRSÁGTANI FOGALMAK ÁTTEKINTÉSE**

**6.1. Szilárdsági tulajdonságok idealizálása, anyagmodellek és anyagegyenletek**

**6.2. Nemlineárisan rugalmas anyagok**

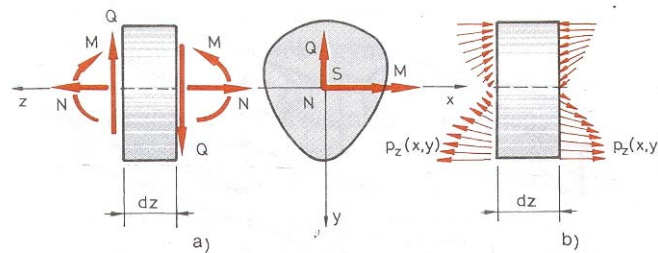
**6.3. Viszkózus anyagok (kúszás és ernyedés)**

**6.4. Anyagmodellek anyagegyenletek összefoglalása**

Anyag	Modell	Anyagegyenlet
lineárisan rugalmas (Hooke)		$\sigma = E \epsilon$
tökéletesen képlékeny (Saint-Venant)		$\epsilon = 0, \text{ ha } \sigma < \sigma_t$ $\dot{\epsilon} \geq 0, \text{ ha } \sigma = \sigma_t$
ideálisan viszkózus (Newton)		$\sigma = \mu \dot{\epsilon}$
lineárisan rugalmas, tökéletesen képlékeny		$\epsilon = \frac{\sigma}{E}, \text{ ha } \sigma < \sigma_t$ $\dot{\epsilon} \geq 0, \text{ ha } \sigma = \sigma_t$

**6.5. A rúd és rúdelem modellje**

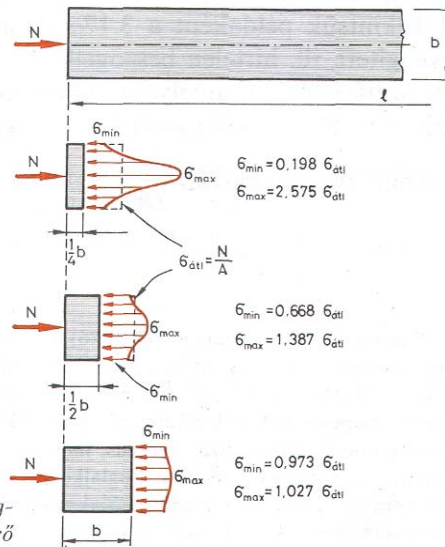
**6.6. A rúd és rúdelem igénybevételei és feszültségei**



$$\left( \int_A p_z(x, y) dA \right) = (N, Q, M)$$

**6.7. Feszültségkoncentráció. A Saint-Venant elv**

Valamely test vagy szerkezet egy bizonyos szakaszára működő teher eloszlásának módja lényeges mértékben befolyásolja a teher közvetlen környezetében létrejövő feszültségek és alakváltozások eloszlását, azonban elenyésző hatást gyakorol a távolabbi részek feszültségi és alakváltozási állapotára. Röviden: a teher eloszlásának hatása, csak a teher közvetlen környezetében érvényesül számottevően.



3.16. ábra Feszültségkoncentráció a normálerő környezetében

c)

**6.8. Inhomogén rúd hajlítása**

**6.9. Külpontos húzás vagy nyomás**

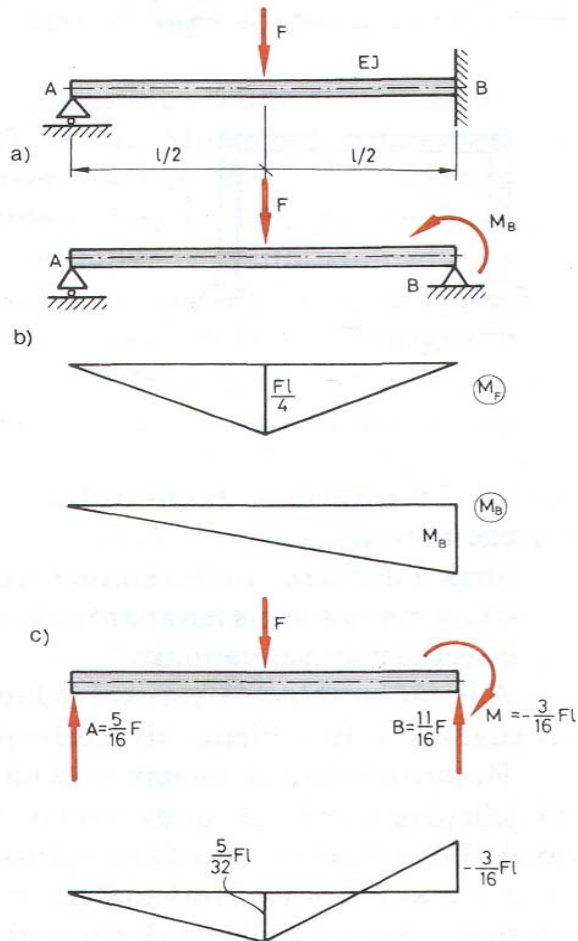
**6.10. Rugalmas gerenda differenciálegyenlete**

$q = \frac{dQ}{dz} = EJ \frac{d^4v}{dz^4}$	$\uparrow q(z) \downarrow$	$\int \dots dz$
$Q = - \frac{dM}{dz} = EJ \frac{d^3v}{dz^3}$	$\uparrow Q(z) \downarrow$	$Q = \int q dz + K_1$
$M = EJ_x \frac{d\varphi}{dz} = - EJ_x \frac{d^2v}{dz^2}$	$\uparrow M(z) \downarrow$	$M = - \int Q dz + K_2$
$\varphi = - \frac{dv}{dz}$	$\uparrow \varphi(z) \downarrow$	$\varphi = \int \frac{M}{EJ_x} dz + K_3$
$\frac{d}{dz}$	$\uparrow v(z) \downarrow$	$v = - \int \varphi dz + K_4$

### 6.11. Statikailag határozatlan hajlított tartók

Statikailag határozatlan hajlított tartók esetében több az ismeretlen külső és belső reakcióerő, illetve erőpár, mint a független statikai egyenlet, ekkor szilárdságtani (elmozdulásokra vonatkozó) egyenleteket is használnunk kell.

Az építőmérnöki tartószerkezetek jelentős része statikailag határozatlan pl. kétcsuklós ív vagy keret, két végén befogott ív vagy keret, többtámaszú tartók, többszintes keretek, hogy csak a síkbeli problémák körében maradjunk.



A fenti ábrán a kompatibilitási feltétel: a külső teherből és az ismeretlen  $M_B$  nyomatékból a  $B$  végkeresztmetszet elfordulásainak összege zérus (az eredeti  $B$  keresztmetszet befogott).

Megjegyzések:

- Feltételezzük, hogy a tartószerkezet anyaga lineárisan rugalmas, azaz érvényes a Hooke törvény, és így a szuperpozíció elve is.
- Fontos tudni, hogy hőmérséklet-változásból, támaszmozgásból, gyártási hibából igénybevételek keletkeznek és így feszültségek ébrednek a tartóban.
- A tartószerkezet bármely részének, ha megváltozik a merevsége (pl. növekszik megerősítéssel vagy csökken berepedéssel), akkor megváltozik az igénybevétel eloszlás a teljes szerkezetben.

## 6.12. Első-, másod- és harmadrendű elmélet

A szilárdságtan valamennyi eddig vizsgált feladatánál – a stabilitásvizsgálatot kivételével – azzal a feltevessel éltünk, hogy az alakváltozások és az elmozdulások olyan kicsinyek, hogy az egyensúlyi egyenletek felírásakor a tartó alakjának és méretének megváltozása figyelmen kívül hagyható. Ennek megfelelően az egyensúlyi egyenleteket a tartó eredeti, az alakváltozásokat és elmozdulásokat megelőző helyzete és méretei alapján vezettük le, vagyis alkalmaztuk a megmerevítés elvét. Az ilyen feltevésre alapuló elméletet elsőrendű elméletnek nevezzük.

Azokat az elméleteket, amelyeknél az egyensúlyi egyenleteket nem a tartó eredeti helyzetének, hanem a deformált, elmozdult alakjának alapján vezetjük le, másod- és harmadrendű elméletnek nevezzük. A két elmélet között az a különbség, hogy a harmadrendű elmélet esetén az alakváltozások és az elmozdulások összefüggéseit pontos alakban írjuk fel, a másodrendű elmélet esetében viszont, ezeknek az összefüggéseknek a levezetésekor bizonyos közelítéseket alkalmazunk.

## 6.13. Rugalmasságtan alapegyenletei

A rugalmas test mechanikai állapotát 15 háromváltozós függvény jellemzi:

**feszültségmezők:**  $\sigma_x(x, y, z)$ ,  $\sigma_y(x, y, z)$ ,  $\sigma_z(x, y, z)$ ,  $\tau_{xy}(x, y, z)$ ,  $\tau_{yz}(x, y, z)$ ,  $\tau_{zx}(x, y, z)$

**alakváltozásmezők:**  $\varepsilon_x(x, y, z)$ ,  $\varepsilon_y(x, y, z)$ ,  $\varepsilon_z(x, y, z)$ ,  $\gamma_{xy}(x, y, z)$ ,  $\gamma_{yz}(x, y, z)$ ,  $\gamma_{zx}(x, y, z)$

**eltolódásmezők:**  $u(x, y, z)$ ,  $v(x, y, z)$ ,  $w(x, y, z)$ .

Ezeknek ki kell elégíteni a 3 db egyensúlyi, a 6 db geometriai és a 6 db anyagegyenletet, továbbá a kerületi feltételeket (azaz összefoglalva a rugalmasságtan alapegyenleteit)

Azaz összesen 15 egyenletben 15 ismeretlen függvény szerepel. Adott statikai és geometriai kerületi feltételek esetén tehát a rugalmasságtan általános feladata matematikai szempontból határozott, és igazolni lehet, hogy egy feladatnak egy csakis egy megoldása van.

## 7. IRODALOM

Kollár L. Mérnöki szerkezetek tervezése. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2001.

Gilyén N: A statikai számítás filozófiája Mérnök Újság. 2005.

MSZ EN 1990 Eurocode: A tartószerkezeti tervezés alapjai (2003. augusztus 1.-én közzétett angol nyelvű változatának 2004. év május 1.-én megjelent magyar nyelvű változata).

Gáspár Zs. – Tarnai T.: Statika. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2002.

Kalischky S.: Mechanika II. Szilárdságtan. Tankönyvkiadó, Budapest, 1990.

Kurutzné Kovács M.: Tartók Statikája. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2005.

Szalai, K., Farkas, Gy., Huszár, Zs., Koris, K., Kovács, T., Lovas, A., Péczely, A., Szerémi, L. és Teiter, Z.: „Betonszerkezetek méretezése az EUROCODE szerint. *Tervezési Segédlet CD-ROM*, BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke, Budapest, 2000.

## 1. VALÓSZÍNŰSÉGELMÉLETI ALAPFOGALMAK

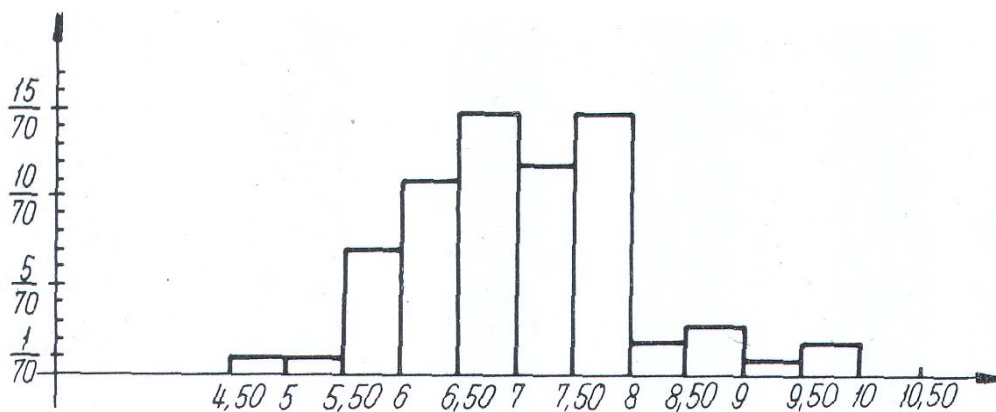
A véletlen események relatív gyakorisága nagyszámú, azonos körülmények között megismételt kísérlet esetén stabilitást mutat, egy meghatározott szám körül ingadozik. Ezt a számot az illető esemény valószínűségének,  $P(A)$  nevezzük. Valamely esemény relatív gyakorisága 0 és 1 között változhat, azaz a  $k/n$  relatív gyakoriság:

$$0 \leq g(A) = k/n \leq 1$$

Az olyan mennyiségeket, amelyek értéke a véletlentől függ, véletlen mennyiségeknek vagy valószínűségi változóknak nevezzük. Azokat a számértékeket, amelyek a kísérlet eredményeként felléphetnek (a kísérlet összes lehetséges számszerű kimeneteleit) a valószínűségi változó lehetséges értékeinek vagy értékészletének nevezzük. A valószínűségi változókat a görög  $\xi$  betűvel fogjuk jelölni.

A valószínűségi változó különböző típusúak lehetnek. Az olyan valószínűségi változók, amelyeknek értéke a számegyenes egy intervallumának (vagy akár az egész számegyenesnek) tetszőleges pontjába eshet, folytonos valószínűségi változónak nevezzük. A mérési eredmények általában folytonos valószínűségi változók.

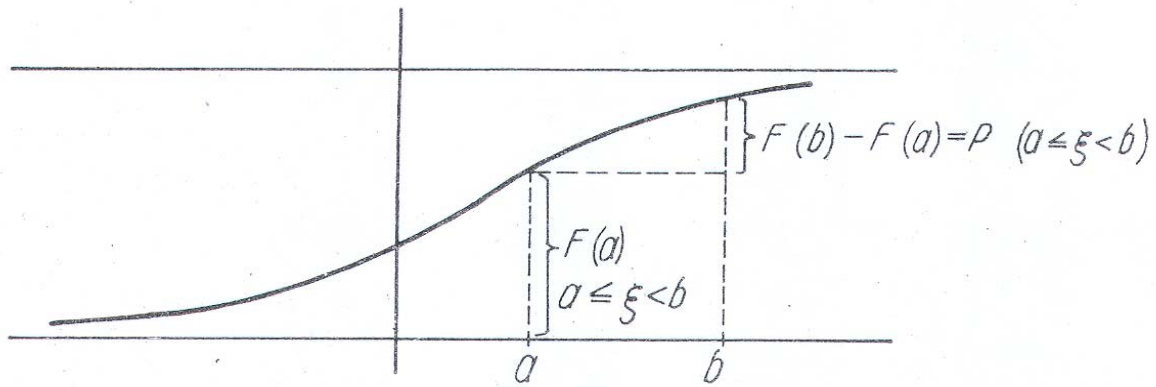
A valószínűségi változóval kapcsolatban elsősorban az érdekel bennünket, hogy értékei milyen sűrűséggel esnek a számegyenes különböző intervallumaiba. Ha ezt a százalékos megoszlást a számegyenes tetszőleges intervallumára ismerjük, akkor azt mondjuk, ismerjük a szóban forgó valószínűségi változó eloszlását. Ha az egyes intervallumokra vonatkozólag kiszámítjuk a  $k_1/n$ ,  $k_2/n$ , ...,  $k_i/n$  relatív gyakoriságokat és az egyes  $\Delta_i$  intervallumokra  $k_i/n$  magasságú téglalapokat rajzolunk, akkor közelítő szemléletes képet nyerünk  $\xi$  valószínűség-eloszlásról. Az így kapott grafikont **hisztogramnak** nevezzük.



Duna, Pozsony évi jégmentes nagyvízi állás (1892-1961) hisztogramja

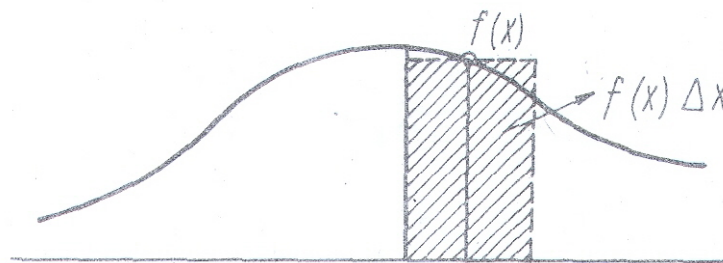
A hisztogram csak közelítő képet ad az eloszlásról. Más megfigyelési adatsor, több megfigyelés vagy szűkebb osztályközök esetében más-más ábrát kapunk. Ennek ellenére első közelítés céljából igen hasznos az ilyen jellegű ábrázolás.

Egy  $\xi$  valószínűségi változó valószínűségi eloszlását akkor tekintjük ismertnek, ha a számegyenes tetszőleges  $(a, b)$  intervallumára vonatkozólag meg tudjuk mondani mi a valószínűsége, hogy a  $\xi$  értéke az  $(a, b)$  intervallumba esik, jelöljük ezt a valószínűséget  $P(a \leq \xi \leq b)$ -vel. A  $P(\xi < x)$  valószínűség az  $x$  változó függvénye, jelöljük ezt a függvényt  $F(x)$ -szel. Az  $F(x)$  függvényt a valószínűségi változó **eloszlásfüggvényének** nevezzük. Az  $F(x)$  eloszlásfüggvény értéke tetszőleges valós  $x$  esetén megadja annak valószínűségét, hogy a kísérlet végrehajtása során  $\xi$  megfigyelt értékét  $x$ -nél kisebbnek találjuk.



F(x) eloszlásfüggvény

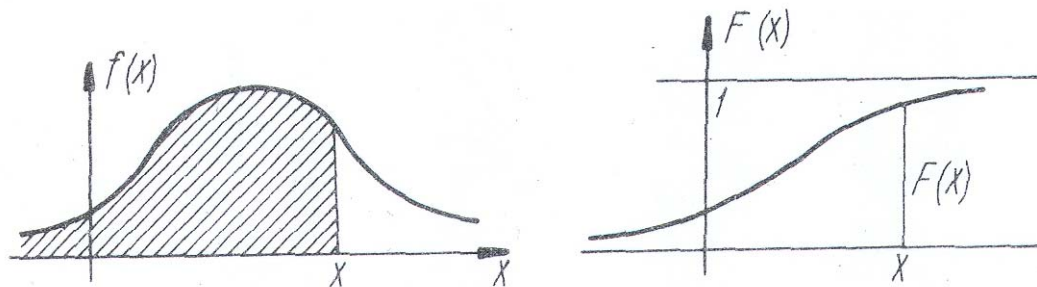
A  $\xi$  valószínűségi változót folytonos eloszlásúnak nevezünk, ha eloszlásfüggvénye  $F(x)$  differenciálható, azaz létezik az  $F'(x) = f(x)$  függvény és  $f(x)$  folytonos. Az  $f(x)$  függvényt a  $\xi$  valószínűségi változó **sűrűségfüggvényének** nevezük.



f(x) sűrűségfüggvény

$$F(b) - F(a) = P(a \leq \xi \leq b) = \int_a^b f(x) dx$$

Annak valószínűségét, hogy a  $\xi$  valószínűségi változó értéke az  $(a, b)$  intervallumba esik, a sűrűségfüggvénynek az illető intervallumon vett integrálja szolgáltatja. Az  $F(x)$  eloszlásfüggvény tehát a sűrűségfüggvény alatti területet adja a  $(-\infty, x)$  intervallum fölött



f(x) és F(x) kapcsolata

Ha egy valószínűségi változóval kapcsolatban független kísérleteket hajtunk végre, akkor a valószínűségi változó ezek során felvett értékei általában egy meghatározott számérték körül ingadoznak. Ezt az – elméleti – értéket, mely körül a tapasztalati értékek ingadoznak **várható értéknek** nevezük. Valamely valószínűség-eloszlás várható értékének vagy centrumának kiszámítása a tömegeloszlás súlypontjának kiszámításával analóg módon történik:

$$M(\xi) = \int_{-\infty}^{+\infty} x f(x) dx$$



A valószínűségi változó értékeinek a centrális pont körüli „szóródását” méri a **szórás**,  $D(\xi)$ . Ennek négyzete, az ún. szórásnégyzet,  $\xi$  és  $M(\xi)$  eltérése négyzetének várható értéke.

$$D^2(\xi) = M \left\{ \left[ \xi - M(\xi) \right]^2 \right\}$$

Legyen  $\varphi(\xi) = \xi^k$ , akkor  $\alpha_k = M(\xi^k)$  várható értékét a  $\xi$  valószínűségi változó k-adik momentumának nevezzük. A várható érték  $\xi$  első momentuma.

Legyen  $\varphi(\xi) = \left[ \xi - M(\xi) \right]^k$ , ekkor  $\mu_k = M \left\{ \left[ \xi - M(\xi) \right]^k \right\}$   $\xi$  valószínűségi változó k-adik centrális momentuma. A valószínűségi változó szórásnégyzete nem más, mint a második centrális momentum

$$D^2(\xi) = \mu_2 = M \left[ \xi - M(\xi) \right]^2 = M(\xi^2) - \left[ M(\xi) \right]^2 = \alpha_2 - \alpha_1^2$$

Folytonos eloszlások számszerű jellemzésére használatos mennyiség még a **medián**, jele  $m_e$ , az az érték, amelynél a valószínűségi változó 0,5 valószínűséggel vesz fel kisebb értéket és ugyancsak 0,5 valószínűséggel vesz fel nagyobb értéket, vagyis amelyre

$$F(m_e) = 0,5$$

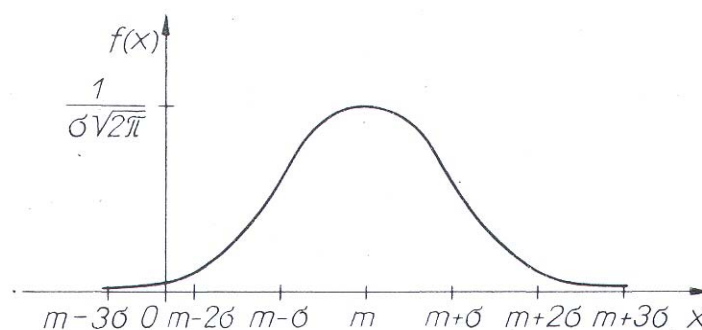
Az  $F(x) = p$  egyenlet megoldását (tételezzük fel, hogy egy megoldása van), a valószínűség-eloszlás p-quantilisének nevezzük és  $Q_p$ -vel jelöljük. Nyilván  $Q_{0,5} = m_e$

A  $Q_{0,25}$  illetve  $Q_{0,75}$  kvantiliseket alsó és felső kvartiliseknek nevezzük.

**Gauss-eloszlás:** Amikor egy kísérlet kimenetelét nagyszámú, egymástól csak kevésé vagy egyáltalán nem függő véletlen tényező határozza meg, mégpedig úgy, hogy az egyes tényezők külön-külön csak igen kis mértékben járulnak hozzá az összes véletlen hatásból eredő ingadozásokhoz, továbbá az egyes tényezők hatásai egyszerűen összeadódnak, akkor ún. normális, vagy más néven Gauss-eloszlás lép fel.

A  $\xi$  várható értéke és szórása:  $M(\xi) = m$ ;  $D(\xi) = \sigma$

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}},$$



Kiseb, mint 0,05 annak valószínűsége (2,28%), hogy egy  $m$  és  $\sigma$  paraméterekkel bíró normális eloszlású  $\xi$  valószínűségi változó megfigyelt értéke az  $x = m$  ponttól  $2\sigma$ -nál nagyobb távolságra essék. Ezt a tényt, a matematikai statisztikában gyakran felhasználják, ez az ún. **2 $\sigma$ -szabály**: Az pedig gyakorlatilag úgyszólván biztos 99,87%, hogy  $\xi$  megfigyelt értéke az  $(m-3\sigma, m+3\sigma)$  intervallumba esik. Az  $m$  paraméter valószínűség számítási jelentése:  $m$  az eloszlás centruma, várható értéke, amely körül  $\xi$  megfigyelt értékei tömörülnek, a  $\sigma$  paraméter pedig az eloszlás szórása.



**Pearson III. eloszlás:** Ha  $m$  db független exponenciális eloszlású, ugyanazon  $\lambda$  paraméterű valószínűségi változó összegét képezzük, akkor Pearson III. eloszlást (gammaeloszlást) kapunk. A beton kockaszilárdsága jó közelítéssel gammaeloszlást követ.

**Student eloszlás:** Az eloszlás alkalmazására akkor van szükség, ha  $n < 200$  elemű mintából meg kell határozni valamilyen kvantilist, ami  $n > 200$  esetben gyakorlatilag normális eloszlást követ.

**Statisztikai minta:** A matematikai statisztika feladata tapasztalati adatokból valamely valószínűségi változó eloszlására, annak ismeretlen paramétereire való következtetés. A tapasztalati adatokat a  $\xi$  valószínűségi változóra vonatkozó mérések útján nyerjük, és statisztikai mintának nevezzük. Legyen a minta elemszáma  $n$ , a mintaelemek sorrendbe rendezve:  $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \dots, \xi_n$ , akkor ezek feldolgozásai

$$\text{Várható érték: } m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \xi_i$$

$$\text{Szórásnégyzet: } \sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\xi_i - m)^2$$

$$\text{Ferdesség: } \gamma_1 = \frac{n\sqrt{n-1} \sum_{i=1}^n (\xi_i - m)^3}{(n-2) \left[ \sum_{i=1}^n (\xi_i - m)^2 \right]^{3/2}}$$

Az adatok számosságához tudni kell, hogy ha az adatot 155-os relatív szórással akarjuk meghatározni, akkor a szóráshoz 50, a ferdeséghez 250 adat szükséges.

**Kis elemszámú minta:** az 5%-os valószínűséghez tartozó karakterisztikus érték a két legkedvezőtlenebb érték alapján:

$n \leq 13$  mérés esetén

$$\xi_k = \alpha \xi_1 - (\alpha - 1) \xi_2$$

$n =$	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$\alpha =$	1,94	1,72	1,60	1,49	1,38	1,29	1,20	1,11	1,03	1,00

$n \geq 14$  mérés esetén:

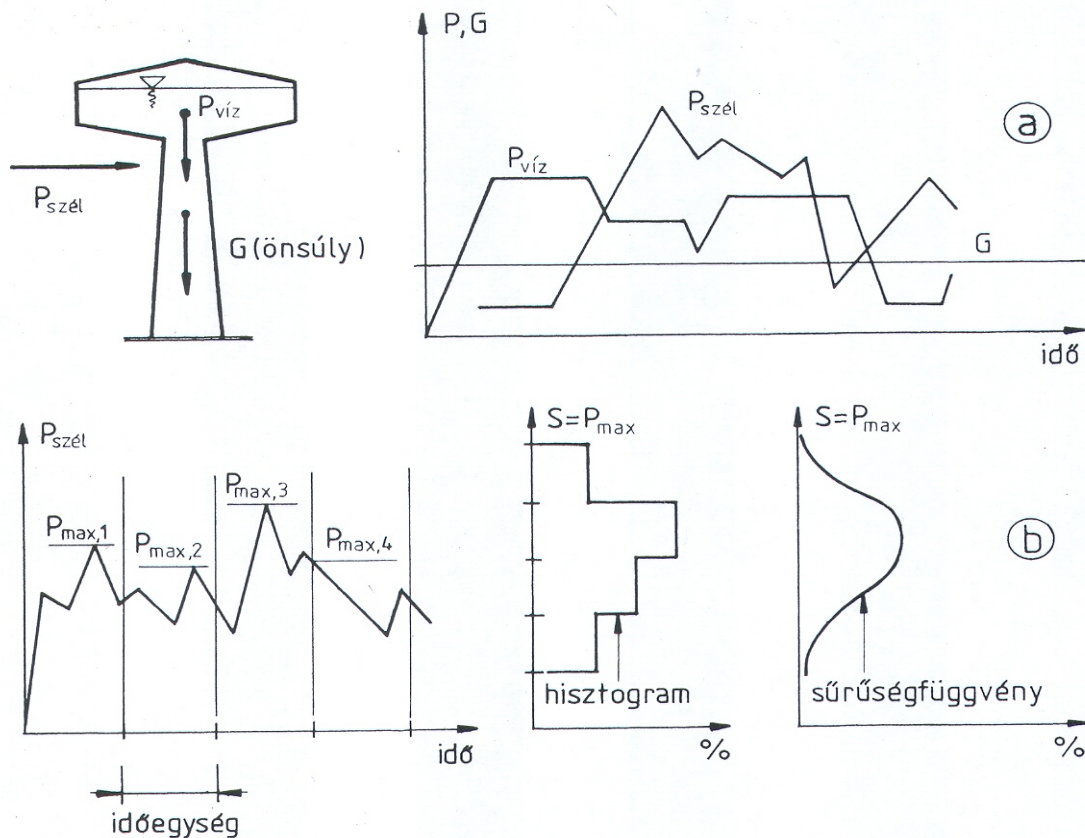
$14 \leq n < 31$	$\xi_k = \xi_1$
$n < 52$	$\xi_k = \xi_2$
$n < 100$	$\xi_k = \xi_3$
$n = 100$	$\xi_k = \xi_5$

A szórás  $n < 5$  kis elemszámú minta esetén:

$$\sigma = \frac{(\xi_{\max} - \xi_{\min})}{d}$$

$n =$	2	3	4
$d =$	1,18	1,69	2,06

**Minőség-ellenőrzés:** A minősítés célja a minőség ellenőrzése. A minőség az alkalmasság mértéke, amellyel valamely termék képes megfelelni használati céljának. A minőségellenőrzés nem tekinthető jogalapnak hibás termék forgalomba hozatalára.



Terhek időbeni változása és statisztikai jellemzőinek meghatározása

## 2. TARTÓSZERKEZETEKET ÉRŐ HATÁSOK

### 2.1. A hatások csoportosítása (részletesebben ld. MA\_3 előadásban)

### 2.2. A hatások karakterisztikus értékei

Egy hatás  $F_k$  karakterisztikus értéke a hatás fő reprezentatív értéke, melyet várható érték, felső vagy alsó érték, vagy névleges érték formájában kell megadni a tervdokumentációban.

Egy **állandó hatás karakterisztikus értéket** a következőképpen kell meghatározni:

- ha a  $G$  változékonysága csekély, akkor egyetlen  $G_k$  érték használható;
- ha a  $G$  változékonysága nem csekély, akkor két értéket kell alkalmazni: egy  $G_{k,sup}$  felső értéket és egy  $G_{k,inf}$  alsó értéket.

A  $G$  állandó hatás változékonysága figyelmen kívül hagyható, ha a  $G$  a tartószerkezet tervezési élettartama során nem változik meg jelentősen, és a relatív szórása kicsi. Ekkor  $G_k$ -t a várható értékkel azonosnak kell tekinteni.

Ha a tartószerkezet nagyon érzékeny a  $G$  változásaira (pl. néhány feszített vasbetonszerkezet-típus), akkor két értéket kell alkalmazni még akkor is, ha a relatív szórás kicsi. Ekkor  $G_{k,inf}$  az 5%-os kvantilise és  $G_{k,sup}$  a 95%-os kvantilise a  $G$  valószínűségi változónak, melyről feltételezhető, hogy normális eloszlást követ.

A tartószerkezetek önsúlyát egyetlen karakterisztikus értékkel lehet jellemezni, és azt a névleges geometriai méretek és az átlagos térfogatsúlyok alapján lehet meghatározni.

Az **esetleges hatások karakterisztikus értéke** ( $Q_k$ ) a következők egyike lehet:

- egy felső érték, melyet a hatás egy előírt referencia-időszak alatt adott valószínűséggel nem halad meg, vagy egy alsó érték, melynél a hatás egy előírt referencia-időszak alatt adott valószínűséggel nem kisebb;

- egy névleges érték, mely abban az esetben írható elő, ha a statisztikai eloszlásfüggvény nem ismert.

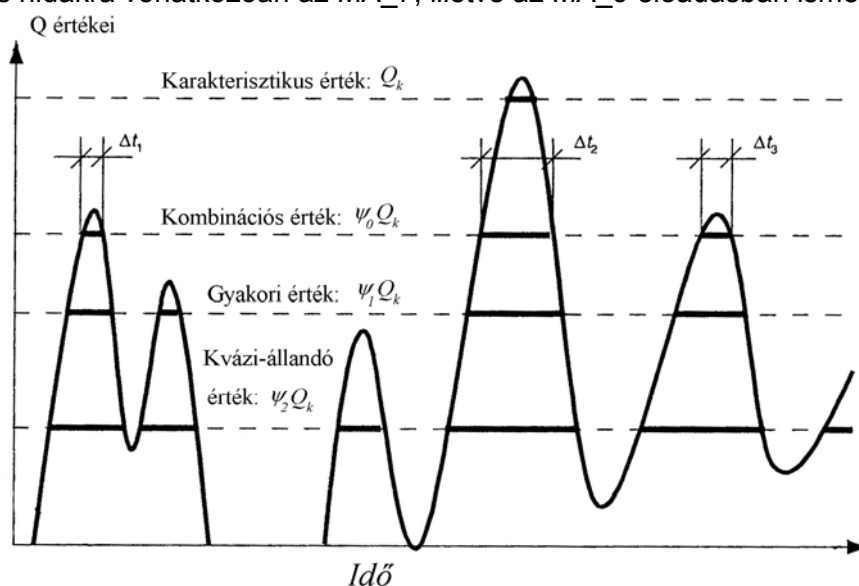
A meteorológiai hatások karakterisztikus értéke az egy éves referencia-időszak alapulvételével, az időben változó részre megadott 0,02 meghaladási valószínűségű érték. Ez az időben változó részre vonatkozó, átlagosan 50 éves visszatérési időnek felel meg.

Az **ellenállás** (teherbírás, szilárdság) **esetében karakterisztikus érték** az anyag- vagy termékjellemző statisztikai eloszlása alapján egy előírt (általában: 5 %-os) küszöbérték, jelölése:  $R_k(f_k)$ ,

A geometriai adatoknál a karakterisztikus érték általában a terv szerinti névleges érték, jelölése:  $L_{nom}$ , vagy  $a_{nom}$ .

### 2.3. A esetleges hatások további reprezentatív értékei

Az esetleges hatások leggyakoribb reprezentatív értékei a  $\psi_i$  ( $\psi_0 > \psi_1 > \psi_2$ ) kombinációs tényezők felhasználásával határozhatók meg. A  $\Psi_i$  –tényezők EC szerint ajánlott értékeit az épületekre és hidakra vonatkozóan az MA\_7, illetve az MA\_9 előadásban ismertetjük.



Az **esetleges hatások további reprezentatív értékei** a következők:

- **kombinációs érték**, ( $\Psi_0 Q_k$ ), amelyet a teherbírasi határállapotok, és az irreverzibilis használhatósági határállapotok igazolásához kell alkalmazni;
- **gyakori érték**, ( $\Psi_1 Q_k$ ), amelyet a (rendkívüli hatásokat is magában foglaló) teherbírasi határállapotok, és a reverzibilis használhatósági határállapotok igazolásához kell alkalmazni;
- **kvázi-állandó érték**, ( $\Psi_2 Q_k$ ), amelyet a (rendkívüli hatásokat is magában foglaló) teherbírasi határállapotok, és a reverzibilis használhatósági határállapotok igazolásához kell alkalmazni. Az időtől függő hatások számításakor szintén a kvázi-állandó értékeket kell használni.

### 2.4. Tervezési értékek

Az F hatás  $F_d$  tervezési értékét a következő általános összefüggéssel lehet meghatározni:

$$F_d = \gamma_f F_{rep} \quad \text{és} \quad F_{rep} = \Psi F_k$$

ahol:

- $F_k$  a hatás karakterisztikus értéke;  
 $F_{rep}$  a hatás vonatkozó reprezentatív értéke;

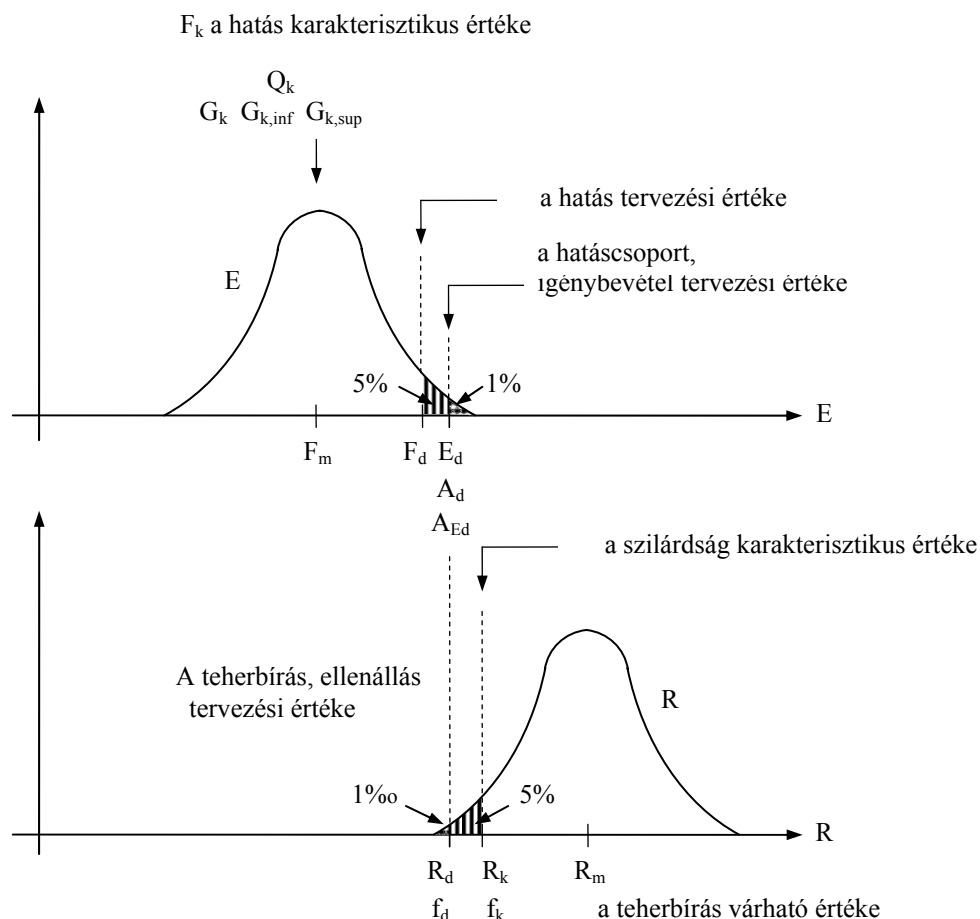
- $\gamma_f$  a hatás parciális tényezője, mely a hatás reprezentatív értékétől való kedvezőtlen irányú eltérés a lehetőségét veszi figyelembe;
- $\Psi$  értéke vagy 1,00, vagy  $\Psi_0$ ,  $\Psi_1$ , vagy  $\Psi_2$ .

A **teherbírás esetében** számításba vett ún. tervezési értékek:

- állandó és esetleges hatásoknál a  $G_k$ , illetve  $G_{k,inf}$ ,  $G_{k,sup}$ , továbbá  $Q_k$  karakterisztikus érték és a vonatkozó  $\gamma_G$ , illetve  $\gamma_{G,inf}$ ,  $\gamma_{G,sup}$ ,  $\gamma_Q$  parciális (biztonsági) tényező szorzata, mint egy adott (általában: 95 %-os ) küszöbérték,
- a komoly következményekkel járó „A” rendkívüli hatás (például: földrengés, vagy meteorológiai hatás rendkívüli értéke) esetén az előírt  $A_d$ , vagy  $A_{Ed}$  érték, vagy rendelkezésre álló adatbázis esetén az (általában: 99 %-os) küszöbérték,
- az ellenállási paramétereknél (például: beton, betonacél szilárdság, vagy pl. a helyzeti állékonyságnál a támfal tömege) a karakterisztikus értéknek egy  $\gamma_R(\gamma_c, \gamma_s)$  parciális (biztonsági) tényezővel osztott értéke, (általában: 1,0 %-os) küszöbérték.

A **használhatóság** esetében figyelembe vett számítási értékek:

- hatási oldalon az állandó hatások és az esetleges hatások közül a domináns hatás karakterisztikus értéke, a nem domináns esetleges hatások esetében a vizsgált állapot szempontjából mérvadó küszöbértéket eredményező  $\psi_i(\psi_0 > \psi_1 > \psi_2) \leq 1,0$  kombinációs tényezőkkel képzett  $\psi_i \cdot Q_{ki}$  reprezentatív érték,
- ellenállás oldalán a paraméterek karakterisztikus értéke.



Jelölések:

- $F_k$  - az egyedi hatás karakterisztikus értéke,
- $F_d$  ( $G_d$ ,  $Q_d$ ) - az egyes hatás tervezési értéke ( $\approx 5\%$ ),
- $G_k$  - állandó teher karakterisztikus értéke (50%-os valószínűségi (átlag) érték),

- $Q_k$  - a esetleges teher karakterisztikus értéke ((adott referencia időszakra vonatkoztatott adott %-os küszöbérték),  
 $E_d$  - a hatás-, vagy tehercsoport tervezési értéke ( $\approx 99\%$ ),  
 $A_d$  – rendkívüli hatás (pl. földrengés, ütközés, különleges hó- és szélhatás) tervezési értéke  
 $A_{Ed}$  - a szeizmikus hatás tervezési értéke,  
 $R_k, f_k$  - a teherbírás, a szilárdság karakterisztikus értéke (5%),  
 $R_d, f_d$  - a teherbírás, a szilárdság tervezési értéke ( $\approx 1\%$ ).

Megjegyzés: A  $G_{k,inf}$ ,  $G_{k,sup}$  az állandó hatások alsó és felső karakterisztikus értéket (általában 5 %, mint alsó-, vagy 95 %-os, mint felső, becsült küszöbértékek), megfelelő adatok hiányában általában a  $G_{k,inf} = 0,95 G_k$  és  $G_{k,sup} = 1,05 G_k$  összefüggések is alkalmazhatók. A  $G_{k,inf}$ ,  $G_{k,sup}$  értékeket általában akkor kell figyelembe venni, ha a  $G$  az ellenállásban játszik szerepet és/vagy a várható érték (pl. talaj esetén) az átlagosnál nagyobb bizonytalansággal becsülhető meg.

### 3. IRODALOM

- Solt Gy.: Valószínűségszámítás. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1971.  
Reimann J.: Valószínűségelmélet és matematikai statisztika. Tankönyvkiadó. Bpest, 1973.  
MSZ EN 1990 Eurocode: A tartószerkezeti tervezés alapjai (2003. augusztus 1.-én közzétett angol nyelvű változatának 2004. év május 1.-én megjelent magyar nyelvű változata).  
Farkas Gy.- Lovas A.- Szalai K.: A tartószerkezeti tervezés alapjai Eurocode szerint. Közúti és Mélyépítési Szemle 56. évfolyam 7-8. szám, 2006. október. Budapest.  
Farkas Gy.- Huszár Zs.-Kovács T.- Szalai K.: Betonszerkezetek méretezése az Eurocode alapján, közúti hidak, épületek. Terc. 2006.  
Gulvanessian H.,-Calgaro J. A.,-Holicky M.: Designers' Guide to EN 1990, Eurocode: Basis of Structural design. Thomas Telford, London, 2002.

## 1. A MÉRETEZÉS ELVE

### 1.1. Bevezető alapkérdések

Méretezni karok, de mire?

Mekkora kár az, ha egy ember elveszti a munkaképességét, vagy az életét?

Milyen információ van a becsléshez?

### 1.2. Méretezéselméleti alapfogalmak

A **tervezési élettartam** nélkül nincs egyértelmű méretezés, ugyanis befolyásolja mind a kapacitás (a tartószerkezet teherbírása, ha erőtani méretezésről van szó; lehet tározó térfogat víztározók esetén), mind a műszaki igény (mértékadó igénybevétel, illetve mértékadó vízmennyiség) nagyságát, az előbbit csökkenti, az utóbbit pedig növeli.

A **kárhányad** az esetleges tönkremenetelkor okozott vagy ki nem elégített igények miatt fellépő kár és a létesítmény vagy szerkezeti elem újralétesítési költségének hányadosa. Más a kárhányad, amikor embertömegekkel is számolni kell.

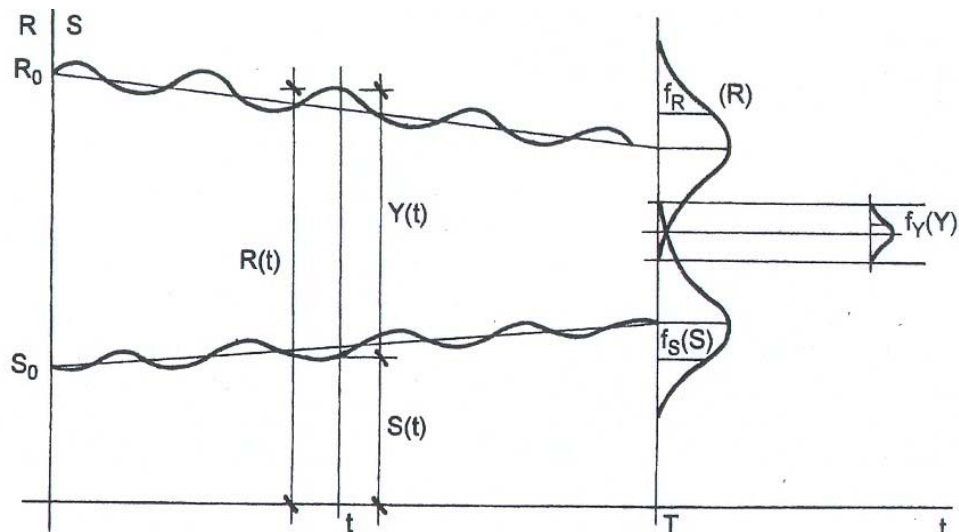
A **biztonság** fogalmát az esetleges tönkremenetel valószínűsége váltotta fel, de ez is csak a kárhányaddal együtt lett értékmérő.

Közgazdaságilag **optimális a létesítmény**, ha a méretezésnél az éves leírasi hányadot (tervezett élettartam), az üzemköltséget, az éves fenntartási költséget és a ki nem elégített igények miatt fellépő éves károk összegét minimalizáljuk.

A valószínűség-elmélet alapján álló méretezésnek az egyik legmodernebb megfogalmazása a következő:

$$P \{ [R(t) - S(t)] \geq 0 \} \geq 1 - 1/r \text{ vagy } P [R(t) / S(t) \geq 1] \geq 1 - 1/r, \quad 0 < t \leq T$$

ahol  $R(t)$  a létesítmény időben csökkenő teherbíró képessége;  $S(t)$  a terhek és hatások okozta igénybevétel;  $1/r$  az esetleges tönkremenetellel szemben vállalt kockázat,  $T$  a tervezési élettartam.



A teherbírás ( $R$ ) és az igénybevétel ( $S$ ) idősorai.

Következik a képletből, hogy mindig kell valamilyen kockázatot vállalni, biztosan megépített létesítmény nincs. A **vállalt kockázat mértéke** attól függ, hogy a kérdéses tartószerkezet esetleges tönkremenetelével kapcsolatban az üzemkieséssel előálló elmaradt hasznot is beszámítva milyen kár keletkezik.

**A kapacitás:** egy valószínűségi változó (pl. az erőteni számításban a tartószerkezet anyagának szakítószilárdsága), ami idősort alkot és két részből tevődik össze: egy trend jellegű rész, ami időben determinisztikusan csökkenő és egy véletlen jellegű rész, amelynek időbeni változása sztochasztikus folyamatot képez. Egy létesítménnyel kapcsolatban többféle kapacitásról is beszélhetünk ( $R_1, R_2, \dots, R_n$ ).

**A műszaki igény:** időben növekvő is lehet (pl. vízellátás; trendszerűen növekvő, és van benne egy szezonális hatás is (téli kisebb, nyári nagyobb vízigeny). Általában a műszaki igény többféle ( $S_1, S_2, \dots, S_n$ ), ( $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ ) és mindegyik egy valószínűségi változó.

**Méretezési tartalék:** (erőteni méretezésnél teherbírási tartalék)

$$Y_i(t) = R_i(t) - \{S_i(t), Q_i(t)\} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad t \leq T$$

**Vállalt kockázat:** Minden méretezésnél  $1/r_i$  vagy  $1/k_i$  kockázatot kell vállalni. Erőteni méretezésnél – a tervezett élettartamra is figyelemmel –, az okozott károk esetleges bekövetkezése valószínűsége ( $1/r$ ) a vállalt kockázat, a második esetben, amikor bizonyos ideig az igények kielégítése csak részleges, a vállalt kockázat ( $1/k$ ) az az időhányad, amikor ez bekövetkezik. A valószínűség-elméleten alapuló méretezés-elméletből ki kell zárni a tudatlanságból, a hiányos ellenőrzésből, a súlyos szabálytalan üzemeltetésből, a bűncselekményből származó hatásokat.

**A biztonság értelmezése használhatósági határállapotban:** Megnövekedtek az építményekkel szemben támasztott minőségi igények. Az épület rendeltetésétől, a beruházó igényétől és anyagi lehetőségeitől függően – esetleg szerkezeti elemenként eltérően – több követelményszint is előírható pl. a vizuális és a fiziológiai-pszichológiai hatás korlátozására. A használhatósági követelmények esetében a káros következmények bekövetkezése optimális valószínűsége mintegy  $10^{-2}$ .

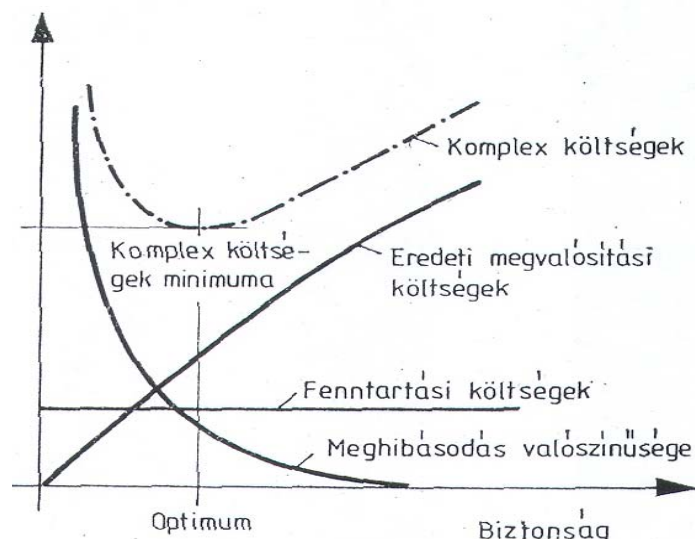
**Az idő szerepe:** A tervezett élettartamtól függően egy esemény lehet várható értéként vagy rendkívülként kezelendő. Az esemény hatóideje sem közömbös. Beszélhetünk rövid idejű vagy tartós hatásokról. Valamennyi szilárdsági, geometriai méret az idők folyamán nem véletlen jellegűen változik, minden építőanyag veszít a szilárdságából, minden geometriai méret csökken. A létesítmény tönkremenetelekor nem közömbös, hogy hány ember tartózkodik benne, és milyen a menekülés lehetősége.

**Lehetséges és valószínű:** Lehetséges hatásokon olyan eseményeket értünk, amelynek a bekövetkezése fizikailag vagy társadalmilag nincs kizárva. Valószínű hatásokon olyan eseményeket értünk, amelynek bekövetkezése a létesítmény tervezett élettartama alatt egy adott szinten, a mérnöki gyakorlatban pl. ~1%-nál nagyobb valószínűséggel előfordulhat.

### 1.3. A létesítmény jellemző költségei

- Beruházási költségek
- Fenntartási költségek
- Üzemköltségek
- A ki nem elégített igények miatt keletkező kár
- Okozott károk

**Költségoptimum:** Kiszámítandók az összes, a méretezés alapjául szolgáló költségek, ha a létesítmény  $t < T$  időpontban tönkremegy, és azokat a tönkremenetel időpontjára tőkésítik. Az  $r_{opt}$  az előzőekben vázolt paraméterek függvénye. A gazdasági tényezőkre tekintettel a méretezés feladata napjainkban az, hogy a szerkezet optimális biztonságú legyen



A komplex költségek minimuma - az optimális biztonság egyszerűsített értelmezése

**Az optimális kockázat:**  $1/r_{\text{opt}} = b \cdot \delta$        $\delta = C / D$ , ahol  $b = 50 - 80$ , a létesítmény típusától függő tényező,  $\delta$  az ún. kárhányad.

A magasépítésben  $b = 80$  és a tönkremenetel esetére  $\delta = 125$  értékkel vehető számításba, így  $1/r_{\text{opt}} = 10^{-4}$  adódik. A **kárhányad** a direkt valószínűségelméleti méretezési eljárásban közvetlenül szerepet játszó paraméter. Ennek alapján pl. egy vázszerkezet nagyobb kárhányaddal bíró oszlopa szigorúbb megítélést kap, mint a kisebb kárhányadú földemlemez.

**Összefoglalva:** a méretezés a létesítmény tervezésével kapcsolatban az a számítás, amely meghatározza a létesítmény kapacitását  $R(t)$  úgy, hogy az a tervezett élettartam ( $T$ ) alatt a fellépő műszaki igényeket  $S(t)$  kielégíteni képes legyen. A kielégítetlenség mértéke csak egy bizonyos ( $1/r$ ,  $1/k$ ) valószínűséggel következhet be. A számított valószínűség ( $1/r$ ) vagy ( $1/k$ ) gazdaságilag optimum legyen.

- Az öntözés és a belvízrendezés biztonsága  $0,3 > 1/k > 0,1$ .
- A vízellátás és a csatornázásnál a biztonság  $0,1 > 1/k > 0,01$  között van.
- A hidraulikai tönkremenetel (árvíz) a tervezett élettartam alatt  $0,01 > 1/r > 10^{-3}$ .
- Magas-építményeknél az erőtni biztonság  $10^{-3} > 1/r > 10^{-4}$  között optimális.
- Közlekedési létesítményeknél, ahol számottevő emberélettel is számolni kell, az erőtni méretezésnél  $10^{-4} > 1/r > 10^{-5}$  az esetleges tönkremenetel valószínűsége.
- Olyan létesítmények erőtni méretezésénél, ahol az esetleges tönkremenetel hatása nagy területre kiterjedő (atomerőművek),  $10^{-5} > 1/r > 10^{-6}$  tönkremeneteli valószínűséggel is számolni kell.
- $1/r < 10^{-6}$  esetleges tönkremeneteli valószínűséggel nem kell számolni, mert ez jelenti az utcán való tartózkodás kockázatát.

## 2. A MÉRETEZÉS TÖRTÉNETI FEJLŐDÉSE

### 2.1. Az erőtni tervezés szabályozásának kiindulása

Az építés hatósági szabályozásának legkorábbi, fennmaradt dokumentuma Hammurabi kőbe vésett, 4000 évvel ezelőtti törvénykönyve.

A XIV-XV. században már voltak számítások, de primitívek, nagy tévedésekkel, sok teoriával és nem a tartószerkezet igazi kérdéseivel foglalkoztak. Egészen a XVIII. század végéig azonban erőtni számításról nem beszélhetünk. A korábbi időkben empirikusan felvett méretek alapján építettek.

Magyarországi szabályzatok: Budapest fő- és székváros 1892-es Építési



Szabályzata; 1906-ban érvénybe lép a Szabályzat Vasbetétes Beton Szerkezetek Tervezése és Építése Tárgyában; 1931-ben megjelenik a Magyar Mérnök és Építési Egylet Vasbeton Szabályzata; A Magyar Országos Szabványügyi Hivatal 1936-ban jelenteti meg az első országos hatályú terhelési előírásokat; 1949-ben bocsátják ki az Országos Magasépítési Méretezési Szabályzatot; a teherhordó szerkezetek méretezésére vonatkozó teljes szabványsorozatot (MSZ 15020) 1953-ban adják ki először, újabb kiadására kisebb módosításokkal 1957-ben, majd teljes átdolgozás után 1971-ben, ill. 1975-ben kerül sor.

## 2.2. A méretezés alapelvei és az Eurocode (EC) szabványsorozat

A számítási modellek visszahatottak a méretezés alapelveire is. A valóságos szerkezetek viselkedését egyre jobban megközelítő modellek jó ideig megőrizték determinisztikus jellegüket, azaz a modellt egyféle meghatározott értékegyüttes jellemezte. A felgyülemelő tömeges anyagvizsgálati eredmények elsőként az anyagmodelleknél tették lehetővé a sztochasztikus modell megalkotását. Később a meteorológiai, környezeti terhekre már világszerte rendelkezésre álló jelentős statisztikai adathalmaz feldolgozásával a tehermodellek korszerűsítése is megkezdődött.

A következőkben a különböző anyagú (beton, acél, öszvér, stb.) tartószerkezetek méretezésének alapelveit foglaljuk össze „MSZ EN 1990 Eurocode: A tartószerkezeti tervezés alapjai” szabvány szerint. Előzményei: a magyar Kazinczy Gábornak, az anyagok képlékeny viselkedésére és a német Mayernek a teherbírásban szeret játszó paraméterek eltérő bizonytalanságaira alapított osztott biztonsági tényezőkre vonatkozó elmélete, továbbá az orosz/szovjet Gvozgyev és a magyar Menyhárd István munkássága, akinek révén - a világon először nálunk – dolgozták ki 1950 évben az osztott biztonsági tényezők rendszerén alapuló „Ideiglenes Közúti Hidszabályzatot”.

## 3. A MÉRETEZÉSI ELJÁRÁSOK

### 3.1. Egyetlen biztonsági tényező eljárások

Egyetlen (vagy globális) biztonsági tényező eljárást alkalmaztak a korábban általánosan használt ún. megengedett feszültségeken, illetve a megengedett terheken, vagy statikai igénybevételeken alapuló eljárások. Ez az eljárás volt használatban nálunk és Kelet-Európában 1949 –ig, továbbá 1990-ig máshol a világon, így Nyugat-Európában.

A méretezés alapösszefüggése

- **megengedett feszültségek** esetében:

$$\sigma_{\max}(E_m, L_m) \leq \sigma_{adm} = \frac{R_m}{\gamma_1}$$

- **megengedett terheken** alapuló eljárásnál:

$$E(E_m, L_m) \leq R(R_m, L_m) \frac{1}{\gamma_2}$$

formában adható meg, ahol  $\sigma_{\max}$  a rugalmasságtan elvei szerint számított legnagyobb feszültség,

$\sigma_{adm}$  - az anyag-szilárdság jellemzésére szolgáló megengedett feszültség;

$E_m, L_m, R_m$  - a teher, vagy hatás (igénybevétel), a geometriai méret, ill. a szilárdság (acél esetében a folyási határ) átlagos (várható) értéke;

$E, R$  – az  $E_m$  teher, vagy hatás, az  $L_m$  geometriai méret alapján meghatározható hatás várható értéke, továbbá az  $R_m$  szilárdság várható értékének figyelembe vételével a törési elmélet, vagy a képlékenységtan elvei szerint meghatározható R ellenállás (teher, vagy statikai igénybevétel) várható értéke.

$\gamma_1, \gamma_2$  - az egységes (egyetlen) biztonsági tényező, mely az anyagtól ill. a szerkezettől függően általában különböző és időben változó értékű volt ( $\gamma_1 \geq \gamma_2$ ).

## 3.2. Osztott biztonsági tényező mértezési eljárások

### 3.2.1. Törési biztonságon alapuló eljárás

Osztott biztonsági (parciális) tényezőket használ az ún. törési biztonságon alapuló azon eljárás, amit határállapotok vizsgálatára vonatkozó módszerének is nevezünk. Ezen eljárás alapösszefüggése

$$E_d[\gamma_G \cdot G_m, \gamma_Q \cdot Q_m, (L_m \pm \Delta_L)_E] \leq R_d \left[ \frac{R_m}{\gamma_R}, (L_m \pm \Delta_L)_R, S_a \right]$$

alakban írható fel, ahol az előzőekben ismertetett jelöléseken túl:

$\gamma_G$ ,  $\gamma_Q$ ,  $\gamma_R$  ill.  $\Delta_L$  – az állandó, illetve az esetleges teherre, továbbá az ellenállásra vonatkozó osztott biztonsági (parciális) tényezők, illetve a geometriai adatokra vonatkozó  $\Delta_L$  tűrés értéke. A  $\gamma$  értékek a teher- és anyag fajtánként idővel változó mértékűek voltak.

$E_d$  ill.  $R_d$  - az  $L_m$  geometriai adatok, továbbá  $E_m$  külső teher ill.  $R_m$  szilárdság várható értékéből a  $\gamma_G$ ,  $\gamma_Q$ ,  $\gamma_R$  illetve  $\Delta_L$  figyelembevételével számítható hatás (mértékadó igénybevétel, vagy mértékadó feszültség tervezési értéke ill. a teherbírás (akkori szóhasználat: határigénybevétel, vagy határfeszültség) tervezési értéke.

$S_a$  - a használhatóság kimerülésének azon esetei (alakváltozás, repedés stb.), amikor a szerkezet használatát korlátozó elváltozásban a szilárdság döntő szerepet nem játszik.

### 3.2.2 Fél-valószínűségi eljárás

A fél-valószínűségi eljárás egy olyan speciális determinisztikus modell, amelynek paramétereit és az erőtani vizsgálat eseteit a szerint veszik fel, hogy azok egy sztochasztikus modell és tapasztalati/elméleti megfontolások alapján nyerhető eredményeket jól közelítsék.

A fél-valószínűségi eljárás alapösszefüggését elvileg

- a teherbírás határállapot vizsgálatához
 
$$S(F_M, L_M) \leq R(F_H, L_H, S_I)$$
- a használhatósági határállapot számításához
 
$$L(F_{ser}, L_m) \leq S_{II}$$

módon lehet megadni, ahol

$S$  - a szerkezetnek vagy a szerkezeti elemnek a terhek és a geometriai adatok tervezési (vagy mértékadó) értékéből meghatározható hatás oldali állapotjellemzője (pl. nyomatéki, nyírási igénybevétel)

$R$  - a szerkezet vagy szerkezeti elem szilárdsági és geometriai adatok tervezési (vagy határ) értékéből megállapítható ellenállási állapotjellemzője (pl. nyomatéki, nyírási teherbírás)

$L$  - a terhek, a geometriai és az ellenállási paraméterek alapértékének (várható értékének) felhasználásával meghatározható mértékadó állapotjellemzője (pl. lehajlás, repedéstágasság).

$F_M$  - az állandó teher, a hasznos teher és az egyéb esetleges terhek tervezési értékeinek értelemszerű csoportosításával nyerhető 99%-os előfordulási valószínűségnek megfelelő mértékadó hatás, tekintettel a terhek egyidejűségére, a tervezett élettartamra, a szerkezet gazdasági jelentőségére és a számítási modell pontatlanságára.

$L_M$ ,  $L_H$  ill.  $L_m$  - a geometriai adatok mértékadó, határ, illetve várható értéke.

$F_H$  - a szerkezet, vagy szerkezeti elem (keresztmetszet) 1%-os előfordulási valószínűségnek megfelelő határteherbírása, az ellenállási paraméterek (szilárdság, geometriai adatok) számítási értékéből meghatározva, tekintettel a tervezett élettartamra, a szerkezet vagy szerkezeti elem gazdasági jelentőségére.

$S_{ser}$  - az állandó teher, a hasznos teher és az egyéb esetleges teher várható értéke,

$S_I$  - az állékonyságra (alaki és helyzeti állékonyságra) vonatkozó állapotjellemző, amelynek túllépése esetén a szerkezet stabilitásvesztés miatt használhatatlanná válik az anyagi szilárdság kimerülése nélkül.

$S_{II}$  - a használhatóságra (pl. eltolódásra, repedésre) vonatkozó korlátérték, amelynek a túllépése esetén a szerkezet használhatóságát korlátozni kell.

### 3.2.3 Parciális tényezők módszere

A parciális tényezők módszere lényegében az osztott biztonsági tényezős eljárás továbbfejlesztett változata, mely a hagyományos osztott biztonsági tényezős eljárásnál nagyobb mértékben támaszkodik a valószínűségi elméleti alapokon nyugvó megbízhatósági elméletre.

Az alapelvek szerint úgy kell megtervezni a szerkezetet, hogy az előirányzott tervezési élettartam alatt azok megfelelő megbízhatósággal és gazdaságosan legyenek alkalmasak a rendeltetésszerű használatra, vagyis megfelelő legyen a teherbírása, használhatósága és a tartóssága, a kiváltó okhoz képest aránytalan mértékben ne károsodjon rendkívüli körülmények között, pl. esetleges robbanás, ütközés és emberi hibák következtében.

A tartószerkezetek előírt megbízhatóságát az EN szerinti tervezéssel, és az ezt kiegészítő megfelelő szintű megvalósítással és minőségbiztosítással kell elérni, figyelembe véve a tervezési élettartamot. A tervezési élettartam szempontjából a szerkezet egésze is elemekre bontható és így azon belül - a cserélhetőség feltételeinek megfelelően - beszélhetünk eltérő tervezési élettartamról.

Az EC az erőtan követelmények teljesülésének ellenőrzéséhez – az előirányzott tervezési élettartam mellett - a teherbírás és használhatósági határállapotokat definiál. A határállapotok megfelelőségét, mindegyik tervezési állapotban igazolni kell.

A határállapot koncepcióban igazolni kell, hogy az alkalmazott tartószerkezeti és tehermodellek alapján eljárva a hatások, az anyagjellemzők vagy termékjellemzők és a geometriai méterek tervezési értékeit alkalmazva, a határállapot túllépése, nem következik be. Ezt az igazolást minden lehetséges tervezési állapotban el kell végezni.

Az EC szerinti számításokban a parciális (vagy biztonsági) tényező ( $\gamma_i$ ) a tervezési és a karakterisztikus érték közötti arányt leíró tényező. A fél-valószínűségi eljárás keretében a **tervezési érték**:

- hatásoknál a parciális tényező és a karakterisztikus érték szorzata,
- ellenállás oldalán a karakterisztikus érték és a parciális tényező hányadosa.

## 4. KÖVETELMÉNYEK

### 4.1. Alapkövetelmények

A tartószerkezeteket úgy kell megtervezni és megvalósítani, hogy az előirányzott élettartamuk során kellő megbízhatósággal és gazdaságosan viseljék a megvalósítás és a használat során várhatóan fellépő összes hatást, és legyenek alkalmasak az előirányzott használatra.

A tartószerkezeteket úgy kell továbbá megtervezni, hogy azok teherbírása, használhatósága, és tartóssága megfelelő legyen.

Tűzhatás esetén a tartószerkezetnek az előírt időtartam alatt megfelelő teherbírással kell rendelkeznie.

A tartószerkezeteket úgy kell megtervezni és megvalósítani, hogy robbanás, ütközés, és emberi hibák következtében a kiváltó okhoz képest aránytalan mértékben ne károsodjanak.

A várható károsodást a következőkben felsoroltak egyidejű vagy egyedi alkalmazásával kell elkerülni vagy korlátozni:

- a tartószerkezetet érintő kockázati tényezők elkerülése, kizárása, vagy korlátozása;

- a figyelembe vett kockázati tényezőkre nem érzékeny tartószerkezeti forma alkalmazása;
- olyan tartószerkezeti forma és tervezési módszer alkalmazása, melynek révén a tartószerkezet képes elviselni egy egyedi tartószerkezeti elem, vagy egy meghatározott tartószerkezet-rész teherviselésből való váratlan kiesését, vagy egy elfogadható mértékű helyi károsodás felléptét;
- el kell kerülni olyan tartószerkezetek alkalmazását, melyek tönkremenetele előjel nélkül következik be;
- a tartószerkezeti elemek összekapcsolása.

Az alapkövetelményeket az anyagok alkalmas megválasztásával, megfelelő tervezéssel és szerkesztési szabályok alkalmazásával, a tervezés, a gyártás, a megvalósítás és a használat során az adott építési feladat szempontjainak figyelembevételével előírt ellenőrzési eljárások alkalmazásával kell kielégíteni.

A fejezet előírásait a tartószerkezet tervezésekor általában meglévő ismeretek és megfelelő gyakorlati tapasztalatok birtokában kell alkalmazni, és azokat a begyakorolt tervezési eljárásokhoz szükséges képzettség mellett, megfelelő gondossággal kell értelmezni.

## 4.2. Megbízhatósági szintek

Az EN 1990 alkalmazási területére eső tartószerkezetek előírt megbízhatóságát az EN 1990–EN 1999 szabványok szerinti tervezéssel, valamint megfelelő szintű megvalósítással, és minőségbiztosítási intézkedésekkel kell elérni.

Különböző megbízhatósági szinteket lehet alkalmazni többek között a teherbírásra és a használhatóságra.

Egy adott szerkezet megbízhatósági szintjének megválasztásakor a következő tényezőket figyelembe kell venni:

- a határállapot elérésnek okát és/vagy módját;
- a tönkremenetel lehetséges következményeit, tekintettel az emberi élettel, a sérülésekkel és a várható anyagi kárral szembeni kockázatra;
- a nyilvánosságnak a tönkremenetellel szembeni ellenérzéseit;
- a tönkremenetel kockázatának csökkentéséhez szükséges költségeket és eljárásokat.

Egy adott szerkezet megbízhatósági szintje megválasztható a tartószerkezet egészének osztályba sorolásával és/vagy a tartószerkezet egyes részeinek osztályba sorolásával.

A teherbíráshoz és a használhatósághoz tartozó megbízhatósági szint a következők megfelelő kombinációjával érhető el.

- megelőző és védelmi óvintézkedések;
- erőtani számítással kapcsolatos intézkedések:
  - a hatások reprezentatív értékeinek megválasztása;
  - a parciális tényezők megválasztása;
- minőségbiztosítással kapcsolatos intézkedések;
- a tartószerkezet tervezése és a megvalósítása során előforduló hibák, valamint a durva emberi hibák számának csökkentése érdekében alkalmazott intézkedések;
- a következő tervezési kérdésekkel kapcsolatos intézkedések:
  - alapkövetelmények;
  - a robusztusság mértéke (szerkezeti integritás);
  - tartósság, beleértve a tervezési élettartam megválasztását is;
  - az altalaj és a lehetséges környezeti hatások előzetes vizsgálatának mértéke és minősége;
  - az alkalmazott mechanikai modellek pontossága;
  - szerkesztési szabályok;
- hatékony megvalósítás;

- a tervdokumentációban előírt eljárások szerint végzett, megfelelő helyszíni vizsgálat és fenntartás.

A tönkremenetel várható okainak megelőzése és/vagy a tönkremenetel következményeinek csökkentése érdekében alkalmazott óvintézkedések – megfelelő körülmények között – korlátozott mértékben egymással helyettesíthetők, feltéve, hogy a megbízhatósági szinteket folyamatosan ellenőrzik.

#### 4.3. Tervezési élettartam

A tervezési élettartamot elő kell írni. Az alábbi táblázatban egy javasolt osztályozás található.

Osztály	Előírt tervezési élettartam (év)	Példák
1	10	Ideiglenes tartószerkezetek <sup>(1)</sup>
2	10–25	Cserélhető tartószerkezeti részek, pl. darupálya-tartók, saruk
3	15–30	Mezőgazdasági és hasonló tartószerkezetek
4	50	Épületek tartószerkezetei és egyéb szokásos tartószerkezetek
5	100	Monumentális épületek tartószerkezetei, hidak, és más építőmérnöki szerkezetek
<sup>(1)</sup> Az olyan tartószerkezeteket vagy azok részeit, melyek újrafelhasználás céljából szétszerelhetők, nem kell ideiglenes szerkezetnek tekinteni.		

#### 4.4. Tartósság

A tartószerkezetet úgy kell megtervezni, hogy a tervezési élettartam során fellépő elhasználódás következtében a tartószerkezet teljesítőképessége - az adott környezeti feltételek és az előírányzott fenntartás mellett - ne csökkenjen egy meghatározott szint alá. (A teherbírási és használhatósági állapotokon belül is.)

Egy tartószerkezet megfelelő tartósságának biztosítása érdekében a következőket kell figyelembe venni:

- a szerkezet előírányzott, vagy előre látható használati körülményeit;
- a szükséges tervezési követelményeket;
- a várható környezeti feltételeket;
- az anyagok és a termékek összetételét, jellemzőit és teljesítőképességét;
- a talajjellemzőket;
- a tartószerkezeti rendszer megválasztását;
- a tartószerkezeti elemek alakját és a szerkezeti részletek kialakítását;
- a kivitelezés minőségét és az ellenőrzés szintjét;
- az alkalmazott védelmi óvintézkedéseket;
- a tervezési élettartam alatt előírányzott fenntartást.

#### 4.5. Minőségbiztosítás

A tervezés során tett feltételezéseket és a tervezési követelményeket kielégítő tartószerkezet létrehozása érdekében megfelelő minőségbiztosítási intézkedéseket kell alkalmazni. Ezek magukban foglalják a megbízhatósági követelmények megfogalmazását, bizonyos szervezési intézkedéseket, valamint a tervezés, a megvalósítás, a használat és a fenntartás egyes szakaszainak ellenőrzését.

## 5. A HATÁRÁLLAPOT-KONCEPCIÓ ALAPELVEI

### 5.1. Általános elvek

Különbséget kell tenni a **teherbírési és a használhatósági határállapotok** között.

A kétfajta határállapot közül az egyik igazolása elhagyható, ha elegendő adat áll rendelkezésre annak bizonyítására, hogy az egyik határállapot követelményei a másikéval egyidejűleg teljesülnek.

A határállapotoknak tervezési állapotokhoz kell kapcsolódniuk. A tervezési állapotok lehetnek tartós, ideiglenes és rendkívüli tervezési állapotok.

Az időtől függő hatásokkal kapcsolatos határállapotok (pl. fáradás) igazolásakor a tartószerkezet tervezési élettartamát figyelembe kell venni.

### 5.2. Tervezési állapotok

A tervezési állapotok megválasztásakor azokat a körülményeket kell figyelembe venni, melyek fennállása esetén a szerkezet be kell, hogy töltsen a funkcióját.

A tervezési állapotokat a következőképpen kell osztályozni:

- **tartós** tervezési állapotok, melyek a szokásos használat körülményeit írják le;
- **ideiglenes** tervezési állapotok, melyek a tartószerkezet rövid ideig tartó használati körülményeit írják le, pl. megvalósítás vagy javítás közben;
- **rendkívüli** tervezési állapotok, melyek a tartószerkezet, vagy a tartószerkezetre ható környezeti feltételek kivételes körülményeit írják le, pl. tűzhatás, robbanás, ütközés, meteorológiai hatás rendkívüli értéke, vagy helyi károsodások következményei;
- **szeizmikus** tervezési állapotok, melyek szeizmikus hatással terhelt szerkezet működési körülményeit írják le.

### 5.3. Teherbírési határállapotok

Az emberek biztonságával, és/vagy a tartószerkezet biztonságával kapcsolatos határállapotokat teherbírési határállapotoknak kell tekinteni.

A tartószerkezet összeomlását megelőző állapotokat, melyeket az egyszerűsítés érdekében az összeomlás helyett vesznek figyelembe, ugyancsak teherbírési határállapotként lehet kezelni.

Ahol előfordulnak, ott a következő teherbírési határállapotokat kell vizsgálni:

- **a merev testnek tekintett** tartószerkezet, vagy egy tartószerkezeti rész egyensúlyának elvesztése.
- **a túlzott mértékű alakváltozás**, a tartószerkezet, vagy egy tartószerkezeti rész mechanizmussá való átalakulása, a törés, a tartószerkezet, vagy egy tartószerkezeti rész stabilitásának elvesztése miatti tönkremenetel;
- **a fáradás, vagy más időtől függő** hatások miatti tönkremenetel.

### 5.4. Használhatósági határállapotok

A tartószerkezetnek, vagy a tartószerkezeti elemeknek a szokásos használati körülmények közötti működésével, az emberek komfortérzetével, és az építmény külső megjelenésével kapcsolatos határállapotokat használhatósági határállapotoknak kell

Különbséget kell tenni a reverzibilis és az irreverzibilis használhatósági határállapotok között.

A használhatósági határállapotok igazolását a következő szempontokkal kapcsolatos követelmények alapján kell elvégezni:

- alakváltozások, melyek befolyásolják a külső megjelenést, a felhasználók komfortérzetét, vagy a tartószerkezet működését (beleértve a gépek és az épületgépészeti eszközök működőképességét is),

- vagy károsodást okoznak a burkolatokban és a nem tartószerkezeti elemekben;
- rezgések, melyek az emberek számára kellemetlenek, korlátozzák a tartószerkezet működőképességét;
- károsodások, melyek várhatóan hátrányosan befolyásolják a külső megjelenést, a tartósságot, vagy a tartószerkezet működését.

### 5.5. Tervezés a határállapot-koncepció alapján

A határállapotra való tervezést az adott határállapotnak megfelelő tartószerkezeti és tehermodellek alapján kell végezni.

Igazolni kell, hogy a határállapot túllépése nem következik be, ha ezek a modellek

- a hatások,
- az anyagjellemzők, vagy
- a termékjellemzők, és
- a geometriai méretek

vonatkozó tervezési értékeit tartalmazzák.

Az igazolásokat minden lehetséges tervezési állapotban és minden terhelési esetre el kell végezni. A fenti követelményeket a **parciális tényezők módszerével** kell igazolni.

Egy adott vizsgálat esetén a terhelési esetek kiválasztásakor meg kell határozni az egyidejű teherelrendezéseket, és a rögzített esetleges és állandó hatásokkal egyidejűleg figyelembe veendő alakváltozások és imperfekciók kombinációját.

## 6. IRODALOM

Mistéth E. Méretezéselmélet. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2001.

MSZ EN 1990 Eurocode: A tartószerkezeti tervezés alapjai (2003. augusztus 1.-én közzétett angol nyelvű változatának 2004. év május 1.-én megjelent magyar nyelvű változata).

Farkas Gy.- Lovas A.- Szalai K.: A tartószerkezeti tervezés alapjai Eurocode szerint. Közúti és Mélyépítési Szemle 56. évfolyam 7-8. szám, 2006. október. Budapest.

Farkas Gy.- Huszár Zs.-Kovács T.- Szalai K.: Betonszerkezetek méretezése az Eurocode alapján, közúti hidak, épületek. Terc. 2006.

Gulvanessian H.,-Calgaro J. A.,-Holicky M.: Designers' Guide to EN 1990, Eurocode: Basis of Structural design. Thomas Telford, London, 2002.

## 1. EU ÉS EU SZABVÁNYOK TÖRTÉNETI HÁTTERE

Dátumok: A két világháború között politikusok, írók, stb. részvételével páneurópai mozgalom jön létre 1924-ben hivatalosan is Bécsben; 1926-ban a 24 ország részvételével rendezett kongresszusokon merült fel a nemzeti határok nélküli Európa ideája; A Népszövetségi francia előterjesztés a föderatív EU előkészítése, de a világháború elsöpörte.

További dátumok: 1948: Benelux vámunió; 1950: MONTANUNIO 6 ország (Benelux, FR, DE és IT) részvételével; 1956: Gazdasági Unió terve, EURATOM és MANTANUNIO egymásra találása; 1957: Közös Piac; 1958 Róma a szerződések életbelépnek; 1960-as évek: EFTA és EU Szabadkereskedelmi Vállalkozás; 1986: egységes EU okmány, létrejön az Európai Közösség (73: DK, UK, IR, 81: GR, 86: SP, PT, 90: DE, 95: AU, FI, SV; NO népszavazáson elvetette, Svájcban fel sem merült a csatlakozás), 92: Maastrich, ma is érvényes EU szerződés.

Európai Tanács: kormányok képviselői (külügyminiszterek) a legfőbb jogalkotó (minősített többség szükséges), de már nem egyforma súllyal szavaznak a résztvevők. EU Bizottság: végrehajtó testület. EU Parlament: 626 képviselő (népesség, terület, gazdaság súlya).

A szabályzatok több mint félévszázados hazai és kelet-európai országbeli, továbbá az amerikai szabályzatok alkalmazási tapasztalatai az 1990 évek kezdetéig Nyugat-Európában eloszlatták a megengedett feszültségek alapján dolgozó mérnökök évtizedes ellenállását és az Európai Unióban bevezették az Európai Előszabványokat (ENV-eket). Ez egy szabványsorozat, témánként különböző kötetekből és azon belül fejezetekből.

Most van az idő, hogy az MSZ 15... mellett érvényesek legyenek az EC szabványok is. Magyar Közlöny 2001. szept. 5. 97. számban 56/2001 (IX.5) FVM rendeletben: „...Az egyes építésügyi nemzeti szabványok kötelező nyilvánításáról szóló 96/1999 (XI.5) FVM rendelete hatályát veszti 2002. jan. 1-én...”.

Az elmúlt évtized tapasztalatai alapján tökéletesített formában és tartalommal került kiadásra az MSZ EN (honosított európai szabvány) 1990 Eurocode: „A tartószerkezeti tervezés alapjai” megnevezésű szabályzat és a kapcsolódó MSZ-EN 1991 Eurocode: „A tartószerkezeteket érő hatások”. Mindkettő a 2003. augusztus 1-én közzétett angol nyelvű változat 2004. május 1-én megjelent magyar nyelvű változata kiegészítve a Magyar Nemzeti Melléklettel, amelyek a magyarországi alkalmazás számára készültek.

Az EN0 és EN1 rendszerbe gyűjtve részletesen taglalja, illetve értelmezi a méretezés alapelveire, a szerkezeti biztonságra, a használhatóságra és a tartósságra vonatkozó ismereteket. Az új szerkezetek tervezéséhez használható EN0, az ún. megbízhatósági módszerre épül és a határállapot-koncepció keretében a parciális tényezők módszerét, alkalmazza.

## 2. EUROCODE: A TARTÓSZERKEZETI TERVEZÉS ALAPJAI

**Eurocode: Basis of structural design**

**Eurocode: Bases de calcul des structures**

**Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung**

**A Tartószerkezeti Eurocode-program a következő szabványokat tartalmazza, melyek általában több részből állnak:**

- EN 1990 Eurocode: A tartószerkezeti tervezés alapjai (Basis of structural design)
- EN 1991 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások (Actions on structures)
- EN 1992 Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése (Design of concrete structures)
- EN 1993 Eurocode 3: Acélszerkezetek tervezése (Design of steel structures)
- EN 1994 Eurocode 4: Betonnal együtt dolgozó acélszerkezetek tervezése (Design of composite steel and concrete structures)
- EN 1995 Eurocode 5: Faszervezetek tervezése (Design of timber structures)
- EN 1996 Eurocode 6: Falazott szerkezetek tervezése (Design of masonry structures)



- EN 1997 Eurocode 7: Geotechnikai tervezés (Geotechnical design)  
EN 1998 Eurocode 8: Tartószerkezetek tervezése földrengésre (Design of structures for earthquake resistance)  
EN 1999 Eurocode 9: Alumíniumszerkezetek tervezése (Design of aluminium structures)

Az Eurocode szabványok tiszteletben tartják a tagállamok szabályozó hatóságainak felelősségét, és ezért biztosítják a jogukat ahhoz, hogy a biztonsági szinttel kapcsolatos értékeket nemzeti szinten, saját maguk határozzák meg.

Az EU és az EFTA tagállamainak egyetértésével az Eurocode-okat hivatkozási dokumentumként a következő célokra alkalmazzák:

- épületek és más építőmérnöki szerkezetek esetén a 89/106/EEC irányelv szerinti alapkövetelmények - különösen az 1. számú alapkövetelmény: Mechanikai szilárdság és stabilitás, és a 2. számú alapkövetelmény: Tűzhatással szembeni biztonság - teljesülésének igazolására szolgáló eszköz;
- építményekről, és azokkal kapcsolatos építőmérnöki szolgáltatásokról szóló megállapodások alapját képező dokumentum;
- az építési termékekre vonatkozó harmonizált műszaki előírások kidolgozásának keretdokumentuma.

Az Eurocode szabványok mind a hagyományos, mind az újszerű tartószerkezetek, vagy azok szerkezeti elemeinek tervezése során alkalmazandó általános szabályokat tartalmazzák. A szokásostól eltérő tartószerkezetekre, vagy a szokásostól eltérő tervezési körülményekre vonatkozó előírásokat nem tartalmazzák, ilyen esetekben a tervezés során elméleti alapokra és tapasztalatokra épülő megfontolásokra van szükség.

**Az Eurocode-okat bevezető nemzeti szabványok** tartalmazzák az adott Eurocode CEN által kiadott teljes szövegét (a mellékletekkel együtt), melyet nemzeti címlap és Nemzeti Előszó előzhet meg, valamint egy Nemzeti Melléklet követhet.

A **Nemzeti Melléklet** csak az Eurocode-ban nemzetileg szabadon megválaszthatónak feltüntetett, ún. nemzetileg meghatározott paraméterekkel kapcsolatban tartalmazhat információkat, melyeket az adott országban létesülő épületek és egyéb építőmérnöki szerkezetek tervezéséhez kell felhasználni, pl.:

- számszerű értékek és osztályba sorolás ott, ahol az Eurocode alternatívákat tartalmaz;
- számszerű érték ott, ahol az Eurocode-ban csak egy jelölés szerepel;
- az adott országra jellemző (geográfiai, éghajlati stb.) adatok, mint pl. hőtérkép;
- alkalmazandó eljárás ott, ahol az Eurocode alternatív eljárásokat tartalmaz.

Ezen kívül tartalmazhat a tájékoztató mellékletek alkalmazásával kapcsolatos állásfoglalást; az Eurocode alkalmazását elősegítő, és azzal nem ellentétes, kiegészítő információkra való hivatkozást.

Új szerkezetek tervezésekor az EN 1990-et közvetlenül kell alkalmazni az EN 1991-EN 1999 Eurocode-okkal együtt.

Az EN 1990 a szerkezetek és a szerkezeti elemek tervezésével, tesztelésével és megvalósításával kapcsolatos szabványokat kidolgozó bizottságok, az ipari partnerek, a tervezők és a kivitelezők, és az illetékes hatóságok számára készült.

### 3. ÁLTALÁNOS ELVEK

#### 3.1. Alkalmazási terület

Az EN 1990 alapelveket, és a szerkezetek biztonságával, használhatóságával és tartósságával kapcsolatos követelményeket tartalmaz, leírja az azokra való tervezés alapjait és az igazolás módját, valamint útmutatást ad a szerkezet megbízhatóságával kapcsolatban felmerülő kérdésekben.

Az EN 1990-et együtt kell alkalmazni az EN 1991–EN 1999 szabványokkal az épületek és más építőmérnöki szerkezetek tervezése során, beleértve a geotechnikai

tervezést, a tűzhatásra és a földrengésre való tervezést, valamint a megvalósítással és az ideiglenes szerkezetekkel kapcsolatos tervezési szempontokat is.

Az EN 1990 alkalmazható olyan szerkezetek tervezéséhez, amelyeknél az EN 1991–EN 1999 szabványok alkalmazási területén kívül eső anyagokat használnak fel, vagy hatásokat vesznek figyelembe.

Az EN 1990 alkalmazható meglévő szerkezetek állapotának felmérésekor, a felújítási és átalakítási munkák tervezésekor, valamint a használati körülményekben bekövetkező változások értékelésekor.

### 3.2. Rendelkező hivatkozások

**Az EN szabványok megnevezései részletesen:**

#### **EN 1990 Eurocode A tartószerkezetek tervezésének alapjai**

- EN 1990 A tartószerkezetek tervezésének alapjai
- EN 1990/A2 A tartószerkezetek tervezésének alapjai. A2 melléklet: Hidak

#### **EN 1991 Eurocode 1 A tartószerkezeteket érő hatások**

- EN 1991-1-1 A tartószerkezeteket érő hatások. Általános hatások. Sűrűség, önsúly és az épületek hasznos terhei
- EN 1991-1-2 A tartószerkezeteket érő hatások. Általános hatások. A tűznek kitett tartószerkezeteket érő hatások
- EN 1991-1-3 A tartószerkezeteket érő hatások. Általános hatások. Hóteher
- EN 1991-1-4 A tartószerkezeteket érő hatások. Általános hatások. Szélhatás
- EN 1991-1-5 A tartószerkezeteket érő hatások. Általános hatások. Hőmérsékleti hatások
- EN 1991-1-6 A tartószerkezeteket érő hatások. Általános hatások. Hatások a megvalósítás során
- EN 1991-1-7 A tartószerkezeteket érő hatások. Általános hatások. Rendkívüli hatások
- EN 1991-2 Hidak forgalmi terhei
- EN 1991-3 Daruk és más gépek hatásai
- EN 1991-4 Silók és tartályok

#### **EN 1992 Eurocode 2 Betonszerkezetek tervezése**

- EN 1992-1-1 Általános előírások és az épületekre vonatkozó szabályok
- EN 1992-1-2 Általános szabályok. Tervezés tűzterhelésre
- EN 1992-2 Hidak
- EN 1992-3 Gátak és folyadéktároló szerkezetek

#### **EN 1993 Eurocode 3 Acélszerkezetek tervezése**

- EN 1993-1-1 Általános előírások és az épületekre vonatkozó szabályok
- EN 1993-1-2 Általános szabályok. Tervezés tűzterhelésre
- EN 1993-1-3 Általános szabályok. Kiegészítő szabályok hidegen alakított elemekhez
- EN 1993-1-4 Általános szabályok. Kiegészítő szabályok a korrózióálló acélokhoz
- EN 1993-1-5 Általános szabályok. Sík lemezszerkezetek kiegészítő szabályai
- EN 1993-1-6 Általános szabályok. Héjszerkezetek teherbírása és állékonysága
- EN 1993-1-7 Általános szabályok. Keresztirányban terhelt, sík lemez szerkezeti elemek
- EN 1993-1-8 Kapcsolatok tervezése
- EN 1993-1-9 Fáradás
- EN 1993-1-10 Az anyagi szívósságra vonatkozó jellemzők
- EN 1993-1-11 Húzott, acél szerkezeti elemekből álló tartószerkezetek tervezése
- EN 1993-2 Acélhidak
- EN 1993-3-1 Tornokok, árbocok, kémények. Tornokok, árbocok

- EN 1993-3-2 Tornycok, árbocok, kémények. Kémények
- EN 1993-4-1 Silók, tartályok és csővezetékek. Silók
- EN 1993-4-2 Silók, tartályok és csővezetékek. Tartályok
- EN 1993-4-3 Silók, tartályok és csővezetékek. Csővezetékek
- EN 1993-5 Szádfalak
- EN 1993-6 Daruk alátámasztó szerkezetei
- EN 1994 Eurocode 4 Betonnal együttműködő acélszerkezetek tervezése**
- EN 1994-1-1 Általános előírások és az épületekre vonatkozó szabályok
- EN 1994-1-2 Általános szabályok Tervezés tűzterhelésre
- EN 1994-2 Hidak
- EN 1995 Eurocode 5 Faszerkezetek tervezése**
- EN 1995-1-1 Általános előírások és az épületekre vonatkozó szabályok
- EN 1995-1-2 Általános szabályok. Tervezés tűzterhelésre
- EN 1995-2 Hidak
- EN 1996 Eurocode 6 Falazott szerkezetek tervezése**
- EN 1996-1-1 Általános szabályok. Falazott szerkezetek vasalással és vasalás nélkül
- EN 1996-1-2 Általános szabályok. Tervezés tűzterhelésre
- EN 1996-2 A falazóanyagok megválasztása és a falazott szerkezetek megvalósítása
- EN 1996-3 Egyszerűsített méretezési módszerek és a falazott szerkezetek egyszerű szabályai
- EN 1997 Eurocode 7 Geotechnikai tervezés**
- EN 1997-1 Általános szabályok
- EN 1997-2 Helyszíni és laboratóriumi talajvizsgálatok
- EN 1998 Eurocode 8 Tartószerkezetek tervezése földrengésre**
- EN 1998-1 Általános szabályok, szeizmikus hatások és az épületekre vonatkozó szabályok
- EN 1998-2 Hidak
- EN 1998-3 Épületek megerősítése és javítása
- EN 1998-4 Silók, tartályok és csőrendszerek
- EN 1998-5 Alapozások, megtámasztó szerkezetek és geotechnikai szempontok
- EN 1998-6 Tornycok, árbocok, kémények
- EN 1999 Eurocode 9 Alumíniumszerkezetek tervezése**
- EN 1999-1-1 Általános előírások
- EN 1999-1-2 Általános szabályok. Tervezés tűzterhelésre
- EN 1999-1-3 Fáradásra érzékeny szerkezetekre vonatkozó kiegészítő szabályok
- EN 1999-1-4 Trapézlemezekre vonatkozó kiegészítő szabályok
- EN 1999-1-5 Héjszerkezetekre vonatkozó kiegészítő szabályok
- EN 1999-2 Fáradás

### 3.3. Feltételezések

Az EN 1990 általános feltételezései a következők:

- a szerkezeti rendszer megválasztását és annak erőtan tervezését megfelelően képzett, és elegendő tapasztalattal rendelkező személyek végzik;
- a megvalósítást megfelelő szakértelemmel és tapasztalattal rendelkező személyek végzik;
- a megvalósítás során, azaz a tervezőirodáknak, a gyárakban, a telephelyeken és az építés helyszínén megfelelő műszaki felügyelet és minőségellenőrzési rendszer működik;
- az építőanyagokat és az építési termékeket az EN 1990, az EN 1991-EN 1999 szabványok, a vonatkozó kivitelezési szabványok, vagy a termékre vonatkozó műszaki előírások szerint használják fel;

- a szerkezet fenntartásáról megfelelő módon gondoskodnak;
- a szerkezetet a tervezési feltételeknek megfelelően használják.

### 3.4. Különbség az alapelvek és az alkalmazási szabályok között

Az EN 1990 egyes bekezdései – jellegüktől függően - vagy alapelvek, vagy alkalmazási szabályok.

Az alapelvek a következők: általános megállapítások és meghatározások, melyeknek nincs alternatívájuk, valamint követelmények és számítási modellek, melyeknek külön előírás hiányában nincs alternatívájuk.

Az alkalmazási szabályok olyan általánosan ismert szabályok, melyek összhangban vannak az alapelvekkel, és megfelelnek az alapelvekben meghatározott követelményeknek.

Az EN 1990-ben az építményekre megfogalmazott alkalmazási szabályoktól el lehet térni abban az esetben, ha igazolható, hogy a helyettük használt szabályok összhangban vannak az alapelvekkel, és a szerkezet biztonságát, használhatóságát és tartósságát tekintve legalább egyenértékűek az Eurocode-okban megfogalmazott alkalmazási szabályokkal.

### 3.5. Fogalom-meghatározások

#### 3.5.1. A Tartószerkezeti Eurocode-okban (EN 1990 - EN 1999) használt közös szakkifejezések

**Építmény (construction works):** minden, ami épített vagy építési tevékenység eredménye. A fogalom épületeket és építőmérnöki szerkezeteket jelöl. Vonatkozik a tartószerkezeti, nem tartószerkezeti és geotechnikai szerkezeti elemeket tartalmazó teljes építményre is.

**Az épület vagy az építőmérnöki szerkezet típusa (type of building or civil engineering works):** az építmény tervezett rendeltetését megjelölő megnevezés, például lakóház, támfal, ipari épület, közúti híd.

**Építési mód (type of construction):** az elsődleges építőanyag megjelölését tartalmazó megnevezés, például vasbeton szerkezet, acélszerkezet, faszervezet, falazott szerkezet, beton együttdolgozó acélszerkezet.

**Építési módszer (method of construction):** az eljárás, ahogyan a megvalósítást végrehajtják, például helyszínen betonozott, előregyártott, szabadon szerelt.

**Építőanyag (construction material):** az építési munkához felhasznált anyag, például beton, acél, fa, falazat.

**Tartószerkezet (structure):** rendezett módon egymáshoz csatlakoztatott szerkezeti elemek szerves együttese, melyet teherviselésre és megfelelő merevségre terveznek.

**Tartószerkezeti elem (structural member):** egy tartószerkezet fizikailag elkülöníthető része, például oszlop, gerenda, lemez, cölöp.

**Tartószerkezeti forma (form of structure):** a tartószerkezeti elemek elrendezése.

**Tartószerkezeti rendszer (structural system):** egy épület, vagy egy építőmérnöki szerkezet teherviselő szerkezeti elemei és az a mód, ahogyan ezek együttműködnek.

**Tartószerkezeti modell (structural model):** a tartószerkezeti rendszer idealizálása az igénybevételek meghatározása, a tervezés és az erőtani követelmények igazolása céljából.

**Megvalósítás (execution):** minden tevékenység, melyet az építmény fizikailag történő létrehozásának céljából végeznek, beleértve az előkészítést, az ellenőrzést és a dokumentálást is. Megjegyzés: A szakkifejezés magában foglalja a helyszíni munkát; jelentheti az alkotóelemek nem helyszíni gyártását és azok ezt követő helyszíni összeépítését is.

### 3.5.2. A tervezésre általában vonatkozó szakkifejezések

**Tervezési követelmények (design criteria):** olyan egyenlőtlenségek, melyek megadják azokat a feltételeket, melyek teljesülését az egyes határállapotokban igazolni kell.

**Tervezési állapot (design situations):** a fizikai feltételek olyan együttese, melyek egy bizonyos időtartam során kialakuló valódi körülményeket jellemzik, és amelyek fennállása esetén a tervezés keretében igazolni kell, hogy a határállapotokat a szerkezet nem lépi túl.

**Ideiglenes tervezési állapot (transient design situation):** a tartószerkezet tervezési élettartamánál lényegesen rövidebb időtartamra vonatkozó, nagyvalószínűséggel fellépő tervezési állapot. Megjegyzés: Az ideiglenes tervezési állapot a tartószerkezet, a használat, a környezeti hatások ideiglenes körülményeit írja le, például a megvalósítás, vagy a javítás során.

**Tartós tervezési állapot (persistent design situation):** a tartószerkezet tervezési élettartamával azonos nagyságrendű időtartamra vonatkozó tervezési állapot. Megjegyzés: Általában a szokásos használat körülményeit írja le.

**Rendkívüli tervezési állapot (accidental design situation):** a szerkezet, vagy az arra működő hatások kivételes feltételek közötti működési körülményeit leíró tervezési állapot, beleértve a tűzhatást, a robbanást, az ütközést és a helyi tönkremenetelt is.

**Tűzhatásra való tervezés (fire design):** a tartószerkezet oly módon való tervezése, melynek eredményeképpen az kielégíti a tűzhatás esetén előírt követelményeket.

**Szeizmikus tervezési állapot (seismic design situation):** a szeizmikus hatás okozta kivételes feltételek közötti működési körülményeket leíró tervezési állapot.

**Tervezési élettartam (design working life):** olyan feltételezett időtartam, melynek során a tartószerkezet, vagy annak egy része az előirányzott fenntartás mellett, de jelentős javítási munkák nélkül, a tervezett rendeltetésének megfelelően használható.

**Kockázati tényező (hazard):** az EN 1990-EN 1999 szabványok elveivel összhangban lévő, szokatlan és komoly következményekkel járó esemény, mint például a szokásostól eltérő környezeti vagy egyéb hatás, elégtelen szilárdság, vagy ellenállás, illetve a tervezett méretekkel való jelentős eltérés.

**Teherelrendezés (load arrangement):** a nem rögzített hatás helyzetének, nagyságának és irányának megadása.

**Terhelési eset (load case):** egy adott vizsgálat során egyidejűleg figyelembe veendő, összetartozó teherelrendezések, valamint a rögzített esetleges és állandó hatásokkal együttesen fellépő alakváltozások és imperfekciók együttese.

**Határállapotok (limit states):** a tartószerkezet olyan állapotai, melyeken túl már nem teljesülnek a vonatkozó tervezési követelmények.

**Teherbírási határállapotok (ultimate limit states):** összeomlással, vagy hasonló jellegű szerkezeti tönkremenetellel járó határállapotok. Megjegyzés: Ezek általában egy tartószerkezet vagy egy tartószerkezeti elem teherbírásának kimerülését jelentik.

**Használhatósági határállapotok (serviceability limit states):** a tartószerkezet, vagy egy tartószerkezeti elem olyan állapotai, melyeken túl a használattal kapcsolatos, előírt követelmények már nem teljesülnek.

**Irreverzibilis használhatósági határállapotok (irreversible serviceability limit states):** olyan használhatósági határállapotok, melyek esetén egy hatásnak a használattal kapcsolatos, előírt követelményeket meghaladó következménye akkor is megmarad, ha maga a hatás megszűnik.

**Reverzibilis használhatósági határállapotok (reversible serviceability limit states):** olyan használhatósági határállapotok, melyek esetén egy hatásnak a használattal kapcsolatos, előírt követelményeket meghaladó következménye megszűnik, ha maga a hatás is megszűnik.

**Használhatósági követelmény (serviceability criterion):** használhatósági határállapotra megfogalmazott tervezési követelmény.

**Ellenállás (resistance):** egy tartószerkezet, vagy egy tartószerkezeti elem, vagy azok egy keresztmetszetének a külső hatásokkal szembeni, mechanikai tönkremenetel nélkül elérhető teherbírása, például hajlítási ellenállás, kihajlási ellenállás, húzási ellenállás.

**Szilárdság (strength):** egy anyagnak külső hatásokkal szembeni ellenállás mértékét kifejező mechanikai jellemzője, rendszerint feszültség mértékegységben.

**Megbízhatóság (reliability):** egy tartószerkezet, vagy egy tartószerkezeti elem azon képessége, melynek révén az a tervezés során előírt követelményeket ki tudja elégíteni, beleértve a tervezési élettartamot is. A megbízhatóságot általában valószínűségelméleti formában adják meg. Megjegyzés: A megbízhatóság fogalma a szerkezet biztonságát, használhatóságát és tartósságát foglalja magában.

**Megbízhatósági szintek (reliability differentiation):** az építmények létrehozásához felhasznált források társadalmi-gazdasági optimalizálásakor alkalmazott mérőszámok, melyek figyelembe veszik az építmény tönkremenetelének összes várható következményét és a költségeket is.

**Tervezési változó (basic variable):** olyan fizikai mennyiségeket jelentő változó, mely a hatásokat, a környezeti feltételeket, a geometriai méreteket és az anyagjellemzőket (beleértve talajadatokat is) írja le.

**Fenntartás (maintenance):** a megbízhatósággal kapcsolatos követelmények kielégítése érdekében, a tartószerkezeti tervezési élettartama során végzett tevékenységek összessége. Megjegyzés: Rendkívüli vagy szeizmikus esemény bekövetkezése után a tartószerkezet helyreállítása céljából végzett tevékenységek általában nem tartoznak a fenn tartás fogalomkörébe.

**Javítás (repair):** a fenntartás fogalomkörén kívül eső, a szerkezet védelme és helyreállítása érdekében végzett tevékenységek.

**Névleges érték (nominal value):** nem statisztikai alapon, hanem például megszerzett tapasztalatokon, vagy fizikai feltételeken alapuló érték.

### 3.5.3. A hatásokra vonatkozó szakkifejezések

**Hatás (F) (action):** a) a tartószerkezetre ható erők (terhek) (közvetlen hatás); b) kényszeralakváltozások vagy kényszergyorsulások, melyeket például hőmérséklet-változás, nedvességtartalom-változás, egyenlőtlen támaszmozgás, vagy földrengés okoz (közvetett hatás).

**Igénybevétel (E) (effect of action):** a hatás következménye a tartószerkezeti elemeken (például belső erő, nyomaték, feszültség, alakváltozás) vagy a teljes szerkezeten (például lehajlás, elfordulás).

**Állandó hatás (G) (permanent action):** olyan hatás, mely egy adott referencia-időszakon belülnagy valószínűséggel mindvégig működik és nagyságának időbeni változása elhanyagolható, vagy ez a változás mindvégig egyirányú (monoton) egészen addig, amíg a hatás el nem ér egy bizonyos határértéket.

**Esetleges hatás (Q) (variable action):** olyan hatás, mely nagyságának időbeli változása nem hanyagolható el és nem is monoton.

**Rendkívüli hatás (A) (accident action):** rövid ideig működő, de jelentős nagyságú hatás, mely a tervezési élettartam során egy adott tartószerkezeten várhatóan nem lép fel. Megjegyzések: Megfelelő intézkedések hiányában egy rendkívüli hatás gyakran komoly következményekkel járhat. A statisztikai elosztással kapcsolatos, rendelkezésre álló adatoktól függően az ütközés, a hó, a szél és a szeizmikus hatások tekinthetők esetleges és rendkívüli hatásnak egyaránt.

**Szeizmikus hatás (AE) (seismic action):** a földrengéssel járó talajmozgásokból adódó hatás.

**Geotechnikai hatás (getechnical action):** az altalajról, a feltöltésről, vagy a talajvízről a tartószerkezetre átadódó hatás.

**Rögzített hatás (fixed action):** olyan hatás, melynek a teljes tartószerkezeten, vagy tartószerkezeti elemén való eloszlása és helyzete oly módon rögzített, hogy a hatás nagyságát és irányát egyértelműen meghatározza a hatásnak a tartószerkezet, vagy a tartószerkezeti elem egy pontjában meghatározott nagysága és iránya.

**Nem rögzített hatás (free action):** olyan hatás, melynek a tartószerkezeten különböző térbeli eloszlásai lehetnek.

**Független hatás (single action):** időben, és a tartószerkezetre ható más hatásoktól térben, statisztikailag független tekinthető hatás.

**Statikus hatás (static action):** olyan hatás, mely a tartószerkezeten, vagy tartószerkezeti elemen nem idéz elő számottevő gyorsulást.

**Dinamikus hatás (dynamic action):** olyan hatás, mely a tartószerkezeten, vagy a tartószerkezeti elemen számottevő gyorsulást idéz elő.

**Kvázi-statikus hatás (quasi-static action):** a statikai modellben egyenértékű statikus hatással figyelembe vehető dinamikus hatás.

**A hatás karakterisztikus értéke ( $F_k$ ) (characteristic value of an action):** a hatás legfontosabb reprezentatív értéke. Megjegyzés: Amennyiben a karakterisztikus érték statisztikai alapon meghatározható, akkor úgy kell felvenni, hogy a tervezési élettartam és a tervezési állapot időtartamának figyelembevételével meghatározott „referencia-időszak” alatt, a kedvezőtlen oldalon figyelembe véve, a hatás ezt az értéket egy előírt valószínűséggel ne haladja meg.

**Referencia-időszak (reference period):** olyan meghatározott időszak, mely az esetleges- és lehetőség szerint a rendkívüli hatások statisztikai alapon történő felvételének alapjául szolgál.

**Az esetleges hatás kombinációs értéke ( $\Psi_0 Q_k$ ) (combination value of a variable action):** amennyiben ez statisztikai alapon végrehajtható, akkor az egyedi hatás oly módon meghatározott reprezentatív értéke, mely esetén a hatások kombinációjaként előálló hatás meghaladási valószínűsége azonos az egyedi hatás karakterisztikus értékének meghaladási valószínűségével. Ez a karakterisztikus értéknek egy  $\Psi_0 \leq 1$  tényezővel meghatározott részeként fejezhető ki.

**Az esetleges hatás gyakori értéke ( $\Psi_1 Q_k$ ) (frequent value of a variable action):** amennyiben ez statisztikai alapon végrehajtható, akkor az egyedi hatás oly módon meghatározott reprezentatív értéke, amely esetén a hatás ezt a reprezentatív értéket a referencia-időszaknak csak egy megadott, kis részében haladja meg, vagy e reprezentatív érték meghaladási valószínűsége egy megadott számmal korlátozva van. Ez a karakterisztikus értéknek egy  $\Psi_1 \leq 1$  tényezővel meghatározott részeként fejezhető ki.

**Az esetleges hatás kváziállandó értéke ( $\Psi_2 Q_k$ ) (quasi-permanent value of a variable action):** az egyedi hatás oly módon meghatározott reprezentatív értéke, melyet a hatás a referencia-időszak jelentős részében meghalad. Ez a karakterisztikus értéknek egy  $\Psi_2 \leq 1$  tényezővel meghatározott részeként fejezhető ki.

**A nem domináns esetleges hatás értéke ( $\Psi Q_k$ ) (accompanying value of a variable action):** az esetleges hatás azon értéke, melyet a hatások kombinációjában egyidejűleg kell alkalmazni a domináns esetleges hatással.

Megjegyzés: A nem domináns esetleges hatás értéke lehet a kombinációs érték, a gyakori érték, vagy a kvázi-állandó érték.

**A hatás reprezentatív értéke ( $F_{rep}$ ) (representative value of an action):** a hatásnak a határállapotok igazolásakor alkalmazott értéke. A reprezentatív érték lehet a karakterisztikus érték ( $F_k$ ) vagy egy nem domináns hatás értéke ( $\Psi F_k$ ).

**A hatás tervezési értéke ( $F_d$ ) (design value of an action):** a hatás reprezentatív értékének és egy  $\gamma_f$  parciális tényezőnek a szorzatából előálló érték. Megjegyzés: A reprezentatív érték és a  $\gamma_F = \gamma_{Sd} * \gamma_f$  parciális tényező szorzatából előálló értéket szintén a hatás tervezési értékének lehet tekinteni.

**A hatások kombinációja (combination of actions):** a különböző, egyidejűleg működő hatások tervezési értékeinek egy csoportja, melyet a szerkezet megbízhatóságának igazolására használnak az adott határállapotokban.

### 3.5.4. Az anyagjellemzőkre vonatkozó szakkifejezések

**Karakterisztikus érték ( $X_k$  vagy  $R_k$ ) (characteristic value):** olyan érték, melyet az anyag- vagy termékjellemző értéke egy elképzelt, végtelen elemszámú kísérletsorozat során adott valószínűséggel nem ér el. Ezt az értéket általában az anyag- vagy termékjellemző

statisztikai eloszlása alapján egy előírt kvantilissal adják meg. Bizonyos esetekben a névleges értéket alkalmazzák karakterisztikus értéként.

**Az anyag- és termékjellemző tervezési értéke ( $X_d$  vagy  $R_d$ ) (design value of a material or product property):** a karakterisztikus értéknek egy  $\gamma_m$  vagy  $\gamma_M$  parciális tényezővel osztott értéke, vagy különleges esetekben közvetlen meghatározott érték.

**Az anyag- és termékjellemző névleges értéke ( $X_{nom}$  vagy  $R_{nom}$ ) (nominal value of a material or product property):** Megfelelő dokumentumokban, mint például európai szabványokban, vagy előszabványokban meghatározott érték, melyet általában karakterisztikus értéként alkalmaznak.

### 3.5.5. A geometriai méretekre vonatkozó szakkifejezések

**A geometriai méret karakterisztikus értéke ( $a_k$ ) (characteristic value of a geometrical property):** általános esetben a terveken megadott érték. Indokolt esetben a geometriai méret statisztikai eloszlás alapján meghatározott, előírt kvantilis is lehet.

**A geometriai méret tervezési értéke ( $a_d$ ) (design value of a geometrical property):** általános esetben egy névleges érték. Indokolt esetben a geometriai méret statisztikai eloszlás alapján meghatározott, előírt kvantilis is lehet. Megjegyzés: A geometriai méret tervezési értéke általában azonos a karakterisztikus értékkel. Azonban olyan esetekben, ahol a vizsgált határállapot nagyon érzékeny a geometriai méret értékére, mint például a geometriai imperfekciók hatásának figyelembevételével végzett kihajlási vizsgálat során, szükséges lehet a két értéket külön kezelni. Ilyen esetekben a tervezési értéket általában közvetlenül határozzák meg, például európai szabványok, vagy az előszabványok alapján. Alternatívaképpen ez az érték statisztikai alapon is meghatározható, ekkor a karakterisztikus értéknél kisebb előfordulási valószínűségi kvantilist (pl. ritkábban előforduló értéket) kell felvenni.

### 3.5.6. Az erőtani számításra vonatkozó szakkifejezések

MEGJEGYZÉS: Az e szakaszban felsorolt meghatározások nem feltétlenül vannak kapcsolatban az EN 1990-nel, de azért vannak mégis itt felsorolva, hogy az erőtani számításokkal kapcsolatos EN 1991-EN 1999 szabványok szerinti szakkifejezések egymással összhangban legyenek.

**Erőtani számítás (structural analysis):** a tartószerkezet bármely pontján fellépő igénybevétel meghatározása céljából kidolgozott eljárás vagy algoritmus. Megjegyzés: Bizonyos esetekben az erőtani számítást a következő három szinten kell elvégezni, mindhárom esetben különböző erőtani modell alkalmazásával: globális erőtani vizsgálat, tartószerkezeti elemek vizsgálata, lokális vizsgálatok.

**Globális erőtani vizsgálat (global analysis):** egy tartószerkezeten fellépő, a tartószerkezetre működtetett hatásokkal egyensúlyban lévő és a geometriai méretektől, a tartószerkezet kialakításától és az anyagjellemzőktől függő, összetartozó belső erők és nyomatékok, vagy feszültségek meghatározása.

**Elsőrendű, lineárisan rugalmas erőtani vizsgálat igénybevétel-átrendeződs figyelmebevétele nélkül (first order linear-elastic analysis without redistribution):** lineáris feszültség-alakváltozás, vagy nyomaték-görbület összefüggésen alapuló, a tervezett geometriai méretek figyelmebevételel végrehajtott rugalmas erőtani vizsgálat.

**Elsőrendű, lineárisan rugalmas erőtani vizsgálat igénybevétel-átrendeződs figyelmebevételel (first order linear-elastic analysis with redistribution):** olyan lineárisan rugalmas erőtani vizsgálat, melynek során a belső erőket és nyomatékokat a működő külső hatásokkal összeférhető módon módosítják úgy, hogy az elfordulási képességet számszerűen nem határozzák meg.

**Másodrendű, lineárisan rugalmas erőtani vizsgálat (second order linear-elastic analysis):** lineáris feszültség-alakváltozás összefüggésen alapuló, a terhelés hatására megváltozott alakú tartószerkezet geometriai méreteinek figyelmebevételel végrehajtott rugalmas erőtani vizsgálat.



**Elsőrendű, nemlineáris erőtani vizsgálat (first order non-linear analysis):** nemlineáris anyagtörvényen alapuló, a tervezett geometriai méretek figyelembevételével végrehajtott erőtani vizsgálat. Megjegyzés: Az elsőrendű erőtani vizsgálat megfelelő feltételezések alkalmazásával lehet rugalmas, vagy rugalmas-tökéletesen képlékeny, vagy rugalmas-képlékeny, vagy merev-képlékeny.

**Másodrendű, nemlineáris vizsgálat (second order non-linear analysis):** nemlineáris anyagtörvényen alapuló, a terhelés hatására megváltozott alakú tartószerkezet geometriai méreteinek figyelembevételével végrehajtott erőtani vizsgálat. Megjegyzés: A másodrendű, nemlineáris erőtani vizsgálat rugalmas-tökéletesen képlékeny, vagy rugalmas-képlékeny lehet.

**Elsőrendű, rugalmas-tökéletesen képlékeny erőtani vizsgálat (first order elastic-perfectly plastic analysis):** egy lineárisan rugalmas, és egy azt követő, felkeményedés nélküli képlékeny szakaszt tartalmazó nyomaték-görbület összefüggésen alapuló, a tervezett geometriai méretek figyelembevételével végrehajtott erőtani vizsgálat.

**Másodrendű, rugalmas-tökéletesen képlékeny erőtani vizsgálat (second order elastic-perfectly plastic analysis):** egy lineárisan rugalmas, és egy azt követő, felkeményedés nélküli képlékeny szakaszt tartalmazó nyomaték-görbület összefüggésen alapuló, a terhelés hatására elmozdult (vagy megváltozott alakú) tartószerkezet geometriai méreteinek figyelembevételével végrehajtott erőtani vizsgálat.

**Rugalmas-képlékeny erőtani vizsgálat (elsőrendű vagy másodrendű) [elasto-plastic analysis (first or second order)]:** egy lineárisan rugalmas, és egy azt követő, felkeményedés nélküli, vagy felkeményedést figyelembe vevő képlékeny szakaszt tartalmazó feszültség-alakváltozás, vagy nyomaték-görbület összefüggésen alapuló erőtani vizsgálat. Megjegyzés: Általában a tervezett geometriai méreteken alapul, de a terhelés hatására elmozdult (vagy megváltozott alakú) tartószerkezet geometriai méreteinek figyelembevételével is készülhet.

**Merev-képlékeny erőtani vizsgálat (rigid plastic analysis):** a tartószerkezet tervezett geometriai méreteinek figyelembevételével végrehajtott erőtani vizsgálat, melynek során a teherbírás közvetlen meghatározása a határállapot-elmélet alapján történik. Megjegyzés: A nyomaték-görbület összefüggés nem tartalmaz sem rugalmas, sem felkeményedő szakaszt.

### 3.6. Jelölések

#### 3.6.1. Latin nagybetűk

A	Rendkívüli hatás
$A_d$	A rendkívüli hatás tervezési értéke
$A_{Ed}$	A szeizmikus hatás tervezési értéke, $A_{Ed} = \gamma_1 A_{Ek}$
$A_{Ek}$	A szeizmikus hatás karakterisztikus értéke
$C_d$	Névleges érték, vagy bizonyos, tervezéskor alkalmazott anyagjellemzőtől függő érték
E	Igénybevétel
$E_d$	Az igénybevétel tervezési értéke
$E_{d,dst}$	A destabilizáló hatásból származó igénybevétel tervezési értéke
$E_{d,stb}$	A stabilizáló hatásból származó igénybevétel tervezési értéke
F	Hatás
$F_d$	A hatás tervezési értéke
$F_k$	A hatás karakterisztikus értéke
$F_{rep}$	A hatás reprezentatív értéke
G	Állandó hatás
$G_d$	Az állandó hatás tervezési értéke
$G_{d,inf}$	Az állandó hatás alsó tervezési értéke
$G_{d,sup}$	Az állandó hatás felső tervezési értéke
$G_k$	Az állandó hatás karakterisztikus értéke
$G_{k,j}$	A j-edik állandó hatás karakterisztikus értéke
$G_{k,j,sup}$	A j-edik állandó hatás felső karakterisztikus értéke

$G_{kj,inf}$	A j-edik állandó hatás alsó karakterisztikus értéke
$P$	A feszítésből származó hatás vonatkozó reprezentatív értéke (lásd az EN 1992-EN 1996 és az EN 1998-EN 1999 szabványokat)
$P_d$	A feszítésből származó hatás tervezési értéke
$P_k$	A feszítésből származó hatás karakterisztikus értéke
$P_m$	A feszítésből származó hatás várható értéke
$Q$	Esetleges hatás
$Q_d$	Az esetleges hatás tervezési értéke
$Q_k$	Az esetleges hatás karakterisztikus értéke
$Q_{k,1}$	A domináns esetleges hatás karakterisztikus értéke
$Q_{k,i}$	A nem domináns i-edik esetleges hatás karakterisztikus értéke
$R$	Ellenállás
$R_d$	Az ellenállás tervezési értéke
$R_k$	Az ellenállás karakterisztikus értéke
$X$	Anyagjellemző
$X_d$	Az anyagjellemző tervezési értéke
$X_k$	Az anyagjellemző karakterisztikus értéke

### 3.6.2. Latin kisbetűk

$a_d$	A geometriai méret tervezési értéke
$a_k$	A geometriai méret karakterisztikus értéke
$a_{nom}$	A geometriai méret névleges értéke
$u$	A tartószerkezet, vagy a tartószerkezeti elem vízszintes eltolódása
$w$	A tartószerkezeti elem függőleges eltolódása

### 3.6.3. Görög nagybetűk

$\Delta a$	A névleges geometriai méret különleges tervezési célokból történő megváltoztatása, pl. az imperfekciók következményeinek értékelésekor
------------	--

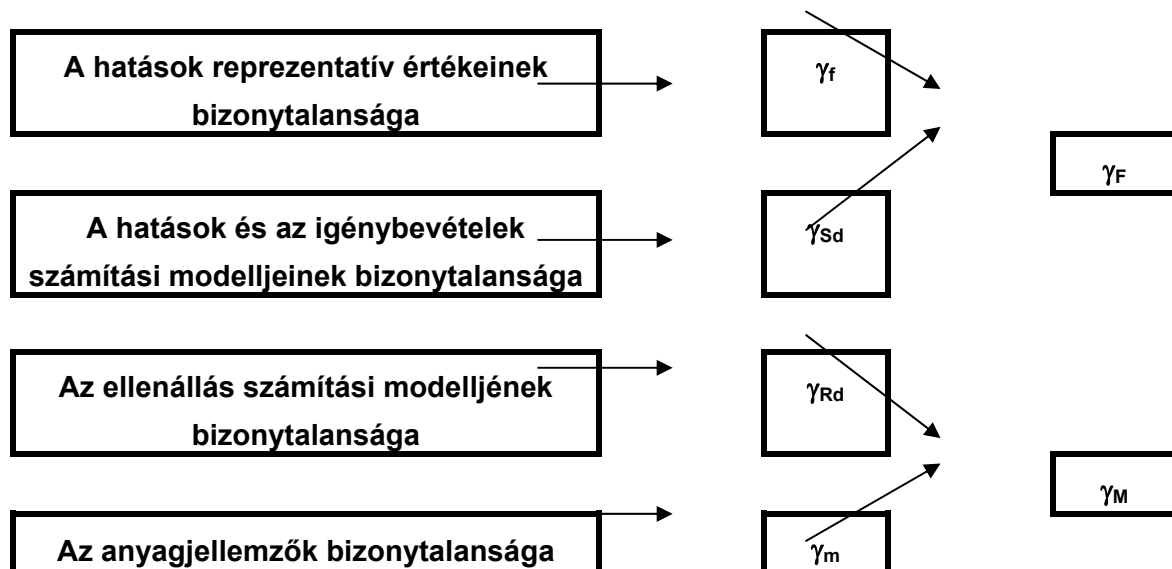
#### Görög kisbetűk

$\gamma$	Parciális tényező (teherbírasi vagy használhatósági határállapothoz)
$\gamma_f$	A hatás parciális tényezője, mely a hatás reprezentatív értéktől való kedvezőtlen irányú eltérésének lehetőségét veszi figyelembe
$\gamma_F$	A hatás parciális tényezője, mely a számítási modell bizonytalanságait és a méreteltéréseket is figyelembe veszi
$\gamma_g$	Az állandó hatás parciális tényezője, mely a hatás reprezentatív értéktől való kedvezőtlen irányú eltérésének lehetőségét veszi figyelembe
$\gamma_G$	Az állandó hatás parciális tényezője, mely a számítási modell bizonytalanságait és a méreteltéréseket is figyelembe veszi
$\gamma_{G,j}$	A j-edik állandó hatás parciális tényezője
$\gamma_{Gj,sup}$	A j-edik állandó hatás felső tervezési értékének számításához alkalmazott parciális tényező
$\gamma_{Gj,inf}$	A j-edik állandó hatás alsó tervezési értékének számításához alkalmazott parciális tényező
$\gamma_I$	Fontossági tényező
$\gamma_m$	Az anyagjellemző parciális tényezője
$\gamma_M$	Az anyagjellemző parciális tényezője, mely a számítási modell bizonytalanságait és a méreteltéréseket is figyelembe veszi
$\gamma_P$	A feszítésből származó hatás parciális tényezője (lásd az EN 1992–EN 1996 és az EN 1998–EN 1999 szabványokat)
$\gamma_q$	Az esetleges hatás parciális tényezője, mely a hatás reprezentatív értéktől való kedvezőtlen irányú eltérésének lehetőségét veszi figyelembe

$\gamma_Q$	Az esetleges hatás parciális tényezője, mely a számítási modell bizonytalanságait és a méreteltéréseket is figyelembe veszi
$\gamma_{Q,i}$	Az i-edik állandó hatás parciális tényezője
$\gamma_{Rd}$	Az ellenállás számításához alkalmazott modell bizonytalanságait figyelembe vevő parciális tényező
$\gamma_{Sd}$	A hatások és/vagy az igénybevételek számításához alkalmazott modell bizonytalanságait figyelembe vevő parciális tényező
$\eta$	Átszámítási tényező
$\xi$	Csökkentő tényező
$\Psi_0$	Az esetleges hatás kombinációs értékét megadó együttható
$\Psi_1$	Az esetleges hatás gyakori értékét megadó együttható
$\Psi_2$	Az esetleges hatás kvázi-állandó értékét megadó együttható

### 3.7. Az EN 1990 szerinti parciális tényezők

Az Eurocode-okban szereplő egyes parciális tényezők közötti kapcsolatot az alábbi ábra vázlatosan ismerteti.



### 3.8. Magyar Nemzeti Melléklet MSZ EN 1990 NM

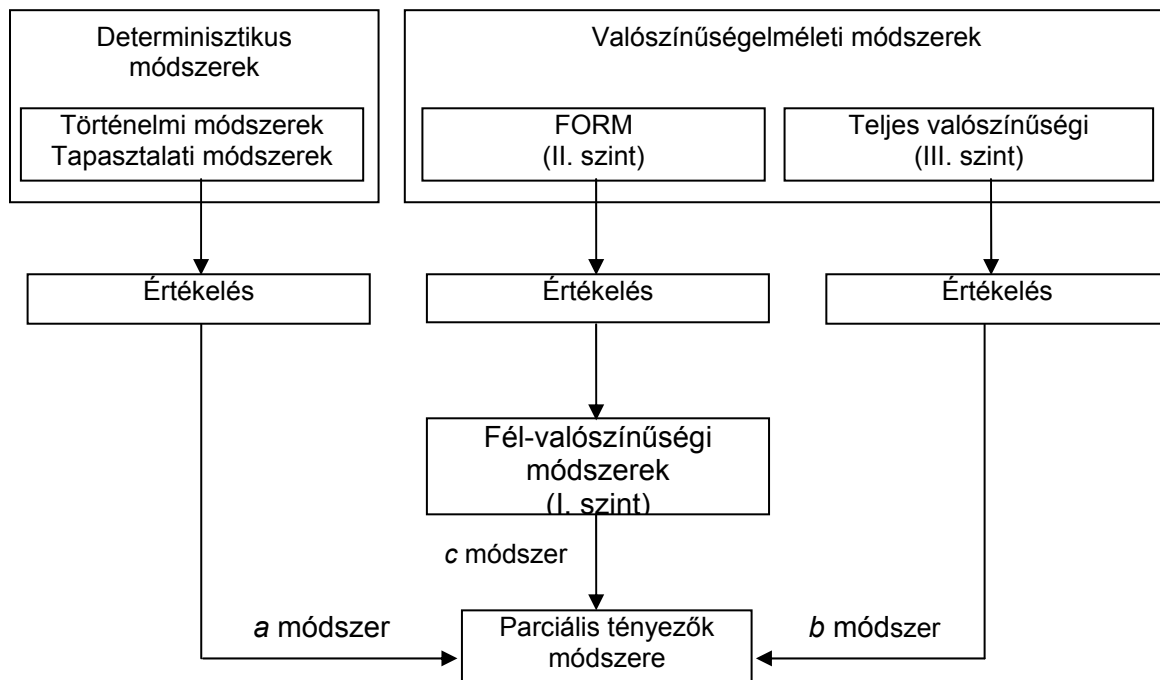
Magyar Nemzeti Melléklet az Eurocode 0-hoz: A tartószerkezeti tervezés alapjai  
Hungarian National Appendix for Eurocode 0: Basis of structural design

## 4. IRODALOM

MSZ EN 1990 Eurocode: A tartószerkezeti tervezés alapjai (2003. augusztus 1.-én közzétett angol nyelvű változatának 2004. év május 1.-én megjelent magyar nyelvű változata).

## 1. A TARTÓSZERKEZET MÉRETEZÉSE MEGBÍZHATÓSÁGI MÓDSZERREL

### 1.1. A méretezési módszerek áttekintése



A megbízhatósági módszerek áttekintése

A **determinisztikus módszerhez** sorolható az évtizedekig használt rugalmasságtani elveken alapuló megengedett feszültségek módszere, majd ennek továbbfejlesztéseként a szerkezeti anyagok képlékeny viselkedését is figyelembe vevő törési állapot vizsgálatán alapuló eljárás.

Az első osztott biztonsági tényező előírásokhoz Magyarországon (MSZ) és európai országokban (DIN, stb.) az „a” módszert alkalmazták, míg az újabb európai (EC) előírások a „b” módszeren alapulnak. Az „a” **módszernél** tapasztalati adatokra építve az idők során a méretek fokozatos csökkentésével közelítették a teherbírás biztonsági elégséges szintjét. A „b” **módszernél**, pedig az „a” módszerrel készült szerkezetek használatával szerzett tapasztalatok alapján a teherbírásra és a tartósságra is tekintettel elméletileg optimális szinten határozzák meg a tartószerkezet szükséges és elégséges méreteit.

A szükséges és elégséges tartószerkezeti méretek optimális szintjének kidolgozásához előtérbe kerültek a méretezés-, valószínűségelméleti módszerek, és az ún. megbízhatósági eljárás. A **megbízhatósági módszer kezdeti változata** a félvalószínűségi (I. szint) eljárás, ahol a tartószerkezet használhatatlanná válásához a vállalható kockázatot - az egyes paraméterek bizonytalanságának arányait figyelembe véve - szétosztják az ellenállás és a hatás oldalára, illetve ezeken belül az egyes paramétereknél bevezetett biztonsági (mai szóhasználattal: parciális) tényezők révén.

Az ún. **elsőrendű megbízhatósági** (II. szint, FORM – the first order reliability method) módszernél a hatás és az ellenállás várható értékeit hasonlítják össze az egyes paraméterek relatív szórásának és a vállalható kockázathoz tartozó megbízhatósági index figyelembe vételével. Az elsőrendű megbízhatósági eljárás alapelveinek gyakorlati megvalósítása az ún. **parciális tényezők módszere**.

A **teljes valószínűségi módszerek** (III. szint) a választott valószínűségi problémára elvben egyértelmű és pontos választ adnak. A statisztikai adatok hiányosságainak következtében azonban a III. szintű módszer csak kivételes esetekben alkalmazható. A II. szintű módszer gyakorlatilag is olyan jól kimunkáltak, hogy azok

alkalmazása legtöbb méretezési problémának megoldásához, már elegendő pontosságúnak tekinthető.

A II. illetve a III. szintű módszerek esetében a szerkezet megbízhatóságának mértékét a  $P_s = (1-P_f)$  túlélési valószínűséggel lehet meghatározni, ahol  $P_f$  a tönkremenetel valószínűsége a figyelembevett tönkremeneteli mód és egy megfelelő referencia időszak mellett. A tönkremeneteli valószínűség és az ehhez tartozó  $\beta$  megbízhatósági index a szabályzati előírások egyes értékeinek felvételéhez és a tartószerkezetek biztonsági szintjeinek összehasonlításához elfogadottan alkalmazott értékek. A  $\beta$  értékek azonban nem feltétlenül jelentik az adott számú tartószerkezet tönkremeneteléhez rendelhető pontos értéket.

Az első Eurocode-ok az a) módszeren alapultak. A c), vagy az ún. egyenértékű módszereket az Eurocode-ok következő generációjában alkalmazták.

## 1.2. A tartószerkezet megbízhatósága

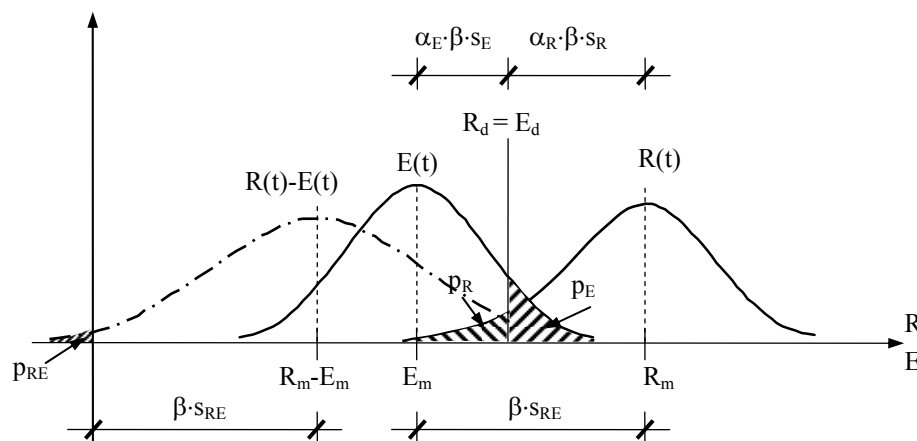
### 1.2.1. Az erőtani követelmények teljesülésének feltételei

A biztonsági tényezőt nem használó valószínűségi alapon álló méretezési módszer gyakorlati alkalmazására több eljárás ismeretes. Az alábbiakban egy közelítő, egyszerűbb változat bemutatására kerül sor.

A tervezett  $T$  gazdaságos élettartamon belül bármely ( $0 \leq t \leq T$ ) időpontra érvényesen a méretezés alapösszefüggése.

**a teherbírási állapot szempontjából (1. ábra)**

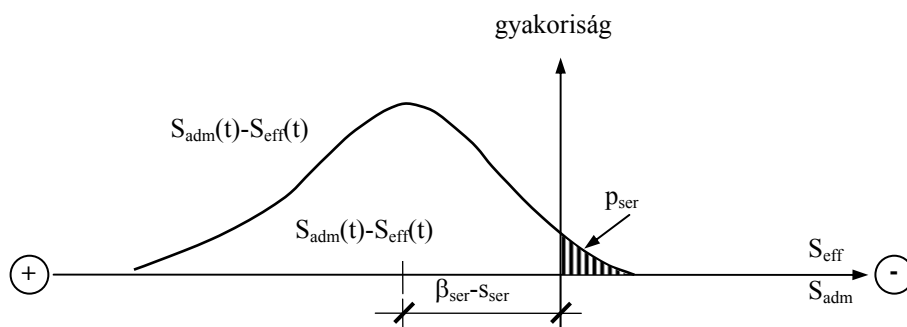
$$\text{Prob}\{[R(t) - E(t)] = \Delta_{RE}(t) \geq 0\} \geq (1 - p_{RE,opt})$$



1. ábra: A kockázat értelmezése a teherbírási határállapot esetén

**a használhatósági állapot szempontjából (2. ábra)**

$$\text{Prob}\{[S_{adm}(t) - S_{eff}(t)] = \Delta_S(t) \geq 0\} \geq (1 - p_{ser,opt})$$



2. ábra: A kockázat értelmezése a használhatósági határállapot esetében

A fentiekben:

$R(t)$ ,  $E(t)$  - az ellenállás és a hatás értékei  $t$  időpontban,

$p_{RE,opt}$ , illetve  $p_{ser,opt}$  - a nem kívánt állapotok (a tönkremenetel, ill. a korlátozott használhatóság) kialakulásának optimális valószínűsége, vagy kockázata;

$S_{adm}(t)$ , illetve  $S_{eff}(t)$  - a használhatósági feltételekből származtatható megengedett, illetve tényleges (vagy számított) elváltozás.

A tervezés alapvető célkitűzése, hogy szerkezet nem kívánt  $p_{RE}$  ill.  $p_{ser}$  teherbírásai illetve használhatósági határállapotok kockázata ne legyen nagyobb, mint az adott esetre vonatkozó  $p_{RE,opt}$ , ill.  $p_{ser,opt}$  optimális kockázat, azaz a megfelelőségi feltétele a teherbírás szempontjából (1. ábra)

$$p_{RE} \leq p_{RE,opt}$$

használhatóság szempontjából (2. ábra)

$$p_{ser} \leq p_{ser,opt}$$

### 1.2.2. A $\beta$ megbízhatósági index fogalma

Az 1. és 2. ábrában jelölt  $\beta_i$  ( $\beta_{RE}$ ,  $\beta_{ser}$ ) megbízhatóság index és a vonatkozó  $p_i$  ( $p_{RE}$ ,  $p_{ser}$ ) értékek között

$$P_i = \Phi(-\beta_i)$$

matematikai összefüggés van (itt  $\Phi[R(t)-E(t)]$  illetve  $\Phi[S_{adm}-S_{eff}(t)]$  az eredő eloszlás függvénye,  $\Phi$  a szokványos normális eloszlás eloszlásfüggvénye).

Ilyen formán  $p_{RE}$  kockázathoz (1. ábra),

$$R_m - E_m - \beta_{RE} \cdot s_{RE} = 0$$

illetve a  $p_{ser}$ -hez (2. ábra)

$$S_{adm} - S_m - \beta_{ser} \cdot s_{ser} = 0$$

feltételek rendelkeznek. Itt

$R_m$ ,  $E_m$  - a teherbírás, illetve a hatás várható értéke,

$S_{adm}$ ,  $S_m$  - a használhatósági állapot jellemzésére szolgáló elváltozás (pl. eltolódás, repedéstágasság) megengedett értéke, illetve várható értéke,

$s_{RE}$  - teherbírásban szerepet játszó paraméterek eredő-szórása, amelynek minél pontosabb meghatározása - hasonlóan a  $\delta$  kárhányad és  $\beta$  megbízhatóság index tényezőkhöz - a módszer egyik kulcskérdése,

$s_{ser}$  - a használhatósági állapothoz tartozó, eredő szórás.

Megjegyzések:

Az ellenállás  $R=R(X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n)$  illetve a hatás  $E=E(Y_1, Y_2, \dots, Y_i, \dots, Y_k)$  általában többváltozós függvények. E függvényekben szereplő független változókra vonatkozó adatbázisokból egy-egy véletlen jellegűen „kisorsolt” értéksor segítségével meghatározható  $R_i$  és  $E_i$  értékek sora adja az  $R$ , illetve  $E$  eloszlásfüggvényeket. Ezen értékek várható értéke a keresett  $R_m$ , illetve  $E_m$ . A meghatározott egyes  $R_i$  és  $E_i$  érték-különbségek sora az eredő eloszlásfüggvény. Ezen eloszlásfüggvény negatív tartománya a  $p_{RE}$  a teherbírásra vonatkozó kockázat. (Az  $R_m$ , illetve  $E_m$  közelítő értékét kapjuk egyébként, ha a vonatkozó  $R$  és  $E$  függvénybe, az abban szereplő független változók várható értékeit helyettesítjük be).

A vizsgált használhatósági  $S$  állapotjellemző ugyancsak többváltozós függvény. Az 1) szerinti eljárással meghatározható a használhatósági állapothoz tartozó eloszlásfüggvény azon területe, amely a vizsgált  $S_{adm}$  értéknél nagyobb részek területösszege a keresett  $p_{ser}$  kockázat.

A fentiek alapján a 1. és 2. ábrákban az eredő gyakorisági függvény negatív szakaszának területe:  $p_{RE}$ , ill.  $p_{ser}$ , a teherbírás, illetve a használhatóság kockázata.

Normális eloszlások feltételezése esetén a  $\beta$  és a  $p$  közötti kapcsolat számsora az alábbi táblázatban található.

A kockázat, megbízhatóság és biztonsági index összefüggése

P kockázat	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$
(1-p) megbízhatóság	0,90	0,990	0,9990	0,99990	0,999990	0,9999990
$\beta$ megbízhatósági index	1,282	2,326	3,090	3,719	4,265	4,753

A  $\beta$  megbízhatósági indexhez és az ennek megfelelő  $p$  kockázathoz tartozó (1-p) értéket megbízhatóságnak szokás nevezni és a  $\delta$  kárhányadhoz hasonlóan fontos helye van a korszerű szerkezettervezésben.

Valamely szerkezet, illetve szerkezeti elem vagy keresztmetszetre vonatkozó megbízhatóság egyszerűbb megfogalmazása a fenti összefüggések alapján

**a teherbírásra**

$$\beta_{RE} = \frac{R_m - E_m}{S_{RE}}$$

**a használhatóságra**

$$\beta_{ser} = \frac{S_{adm} - S_{eff}}{S_{ser}}$$

módon számítható.

### 1.2.3. Az eredőeloszlás szórásának meghatározása

Az összehasonlító számítások szerint a kelet-európai országokban elfogadottnál nagyobb értékű parciális tényezőket az EC0 kidolgozói azzal indokolják, hogy a fentiekben szereplő és a hagyományos értelmezésű relatív szórás fogalmát az előírások keretében kibővítették a fentiekben már említett egyéb (számítási és geometriai bizonytalanságok) tartalmakkal.

Pontosabb számítás igénye esetén a megbízhatósági index és a kockázat közötti kapcsolat felvételénél tekintettel kell lenni az eredőeloszlás  $a_{RE}$  ferdeségére.

A gyakorlati számításokhoz jól használható összetartozó  $a_{RE}$ ,  $p_{RE}$  és  $\beta$  értékek az alábbi táblázatban találhatók.

A  $\beta$  értékei  $p$  kockázat és a ferdeség függvényében

$a_{RE}$ ferdeség	p kockázat					
	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$
-1	1,376	3,053	4,665	6,185	7,621	8,978
-0,8	1,329	2,919	4,264	5,422	6,422	7,284
-0,6	1,337	2,767	3,856	4,702	5,361	5,873
-0,4	1,338	2,6	3,454	4,045	4,454	4,753
-0,2	1,332	2,422	3,14	3 719	4,265	4,753
0	1,282	2,326	3,09	3,719	4,265	4,753
0,2	1,258	2,179	2,808	3,299	3,707	4,056
0,4	1,231	2,03	2,533	2,899	3,184	3,414
0,6	1,2	1,881	2,268	2,525	2,708	3,843
0,8	1,166	1,733	2,018	2,185	2,28	2,358
1	1,128	1,589	1,786	1,884	1,936	1,965

Az  $\beta_{RE} = \frac{R_m - E_m}{S_{RE}}$ , illetve  $\beta_{ser} = \frac{S_{adm} - S_{eff}}{S_{ser}}$  szerint erőtani követelmény, hogy  $\beta_{RE}$ ,

illetve  $\beta_{ser}$  megbízhatósági index értékei ne legyenek kisebbek az adott esetre vonatkozóan a  $\beta_{opt}$ , és az  $a_{RE}$  értékekhez a fenti táblázatból nyerhető  $\beta_{opt}$  optimális értéknél, azaz

$$\beta_{RE} \geq \beta_{RE,opt}, \quad \text{illetve} \quad \beta_{ser} \geq \beta_{ser,opt}$$

## 2. ÉPÍTMÉNYEK MEGBÍZHATÓSÁGI SZINTJEI

### 2.1. Megbízhatósági szintek

#### 2.1.1. Kárhányad szerinti osztályozás

A megbízhatósági szintek meghatározása érdekében kárhányad szerinti osztályozást (CC) lehet végezni, mely figyelembe veszi a tartószerkezeti tönkremenetel, vagy a működésben bekövetkezett zavar következményeit az alábbi táblázat szerint.

A következmények osztályozásának kritériuma a tartószerkezet, vagy a tartószerkezeti elem tönkremenetel szempontjából megítélt jelentősége.

A szerkezeti kialakítástól és a tervezés során meghozott döntésektől függően az egyes tartószerkezeti elemek tartozhatnak ugyanazon, magasabb, vagy alacsonyabb kárhányad szerinti osztályba, mint a teljes tartószerkezet.

#### A kárhányad szerinti osztályok definíciója az EN 0 szerint

Kárhányad szerinti osztály	Leírás	Példák az épületek és az építőmérnöki szerkezetek köréből
CC3	Az emberélet elvesztésének jelentősége <b>nagy</b> , vagy a gazdasági, társadalmi, környezeti következmények <b>rendkívül jelentősek</b>	Lelátók, közösségi épületek, ahol a tönkremenetellel járó kár nagy (pl. koncertterem)
CC2	Az emberélet elvesztésének jelentősége <b>közepes</b> , a gazdasági, társadalmi, környezeti következmények <b>számottevőek</b>	Lakó- és irodaházak, közösségi épületek, ahol a tönkremenetellel járó kár közepes (pl. irodaház)
CC1	Az emberélet elvesztésének jelentősége <b>kicsi</b> , a gazdasági, társadalmi, környezeti következmények <b>nem jelentősek</b> , vagy <b>elhanyagolhatók</b>	Mezőgazdasági épületek, melyekben szokásos esetben emberek nem tartózkodnak (pl. raktárak), növényházak

#### 2.1.2. A $\beta$ tényező értékei szerinti osztályozás

##### A $\beta$ ajánlott minimális értékei

Megbízhatósági osztály	A $\beta$ minimális értékei	
	1 éves referencia-időszak	50 éves referencia-időszak
RC3	5,2	4,3
RC2	4,7	3,8
RC1	4,2	3,3



MEGJEGYZÉS: Az EN 1990, valamint az A1 mellékletben és az EN 1991-EN 1999 szabványokban megadott parciális tényezők alkalmazásával **általában olyan szerkezet** tervezhető, melyeknél 50 éves referencia-időszak esetén a  **$\beta$  érték nagyobb, mint 3,8**.

Az **RC2 megbízhatósági osztályhoz**, és az ennek megfelelő CC2 kárhányad szerinti osztályhoz 1 éves, illetve 50 éves tervezési élettartam esetén ajánlott  $\beta$  megbízhatósági index EN0 szerinti értékeit az alábbi táblázat tartalmazza. E táblázat egyúttal tartalmazza a fáradási és a használhatósági határállapotok vizsgálatához rendelt  $\beta$  értékeket is.

#### A $\beta$ ajánlott értékei a különböző határállapotok esetén az EN0 szerint

Határállapot	Előírányzott $\beta$ megbízhatósági index	
	1 év	50 év
Téherbírási	4,7	3,8
Fáradási		1,5 – 3,8
Használhatósági (irreverzibilis)	2,9	1,5

A **tönkremenetel tényleges gyakorisága** erősen függ az emberi hibáktól, melyet a parciális tényezők módszere nem vesz figyelembe. Ezért a  $\beta$  nem szükségszerűen jelzi előre a tartószerkezeti tönkremenetel tényleges gyakoriságát.

A  $\beta$  megbízhatósági index és a  $P_f$  kockázat közötti  $P_f = \Phi(-\beta)$  összefüggés normális eloszlásfüggvény alkalmazásával nyerhető értékeit a következő táblázatban tüntetjük fel. Itt  $\Phi$  a normális eloszlás függvényét szimbolizálja.

#### A $\beta$ és a $P_f$ közötti összefüggés

$P_f$	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$
$\beta$	1,28	2,32	3,09	3,72	4,27	4,75	5,20

### 2.1.3. A parciális tényezők értékei szerinti osztályozás

A megbízhatósági szintek meghatározásának egyik módja a tartós tervezési állapotokban, az alapkombinációhoz alkalmazott  $\gamma_F$  tényezők szerinti osztályozás. Például, a tervezés és a megvalósítás során alkalmazott ellenőrzés azonos szintje esetén egy, a parciális tényezőkre vonatkozó  $K_{FI}$  szorzótényezőt lehet alkalmazni.

#### A hatásokra vonatkozó $K_{FI}$ tényező (factor for action)

A hatásokra vonatkozó $K_{FI}$ tényező	Megbízhatósági osztály		
	RC1	RC2	RC3
$K_{FI}$	0,9	1,0	1,1

## 2.2. EN0 szerinti ellenőrzési szintek

Annak érdekében, hogy az előzőekben előírányzott megbízhatósági szint érvényesüljön a tervező, vagy megrendelő az EN0 alapján előírja a megvalósítási tervek, illetve a kivitelezés ellenőrzésének a követelményeit.

### 2.2.1. Osztályozás a tervellenőrzési szintek alapján

A tervellenőrzési szintek meghatározása különböző **szervezeti minőségellenőrzési intézkedés** bevezetését jelenti, melyeket egyidejűleg is lehet alkalmazni. Például, a tervellenőrzési szintek meghatározása olyan más intézkedésekkel együtt alkalmazható, mint pl. a tervezők és az ellenőrző hatóságok osztályozása. Az alábbi táblázatban három lehetséges **tervellenőrzési szint** (DSL) található.

**Tervellenőrzési szintek (DSL) (design supervision levels)**

Tervellenőrzési szintek	Jellemzők	Ajánlott minimális követelmények a számítások, a tervlapok és a műszaki leírások ellenőrzéséhez
DSL3 az RC3-mal összhangban	Kibővített ellenőrzés	Független ellenőrzés: A tervezőtől független szervezet által végzett ellenőrzés.
DSL2 az RC2-vel összhangban	Szokásos ellenőrzés	A működési szabályzat szerinti felelős tervezőtől független személyek által végzett ellenőrzés.
DSL1 az RC1-gyel összhangban	Szokásos ellenőrzés	Önellenőrzés: A tervező által végzett ellenőrzés.

A tervellenőrzési szintek meghatározása a tervezett építmény típusától függően magában foglalhatja a tervezőknek és/vagy a tervellenőröknek (ellenőrök, ellenőrző hatóságok, stb.) a szakértelem, a tapasztalat és azok belső szervezeti felépítése alapján történő osztályozását is.

**2.2.2. Ellenőrzés a megvalósítás során**

Három helyszíni ellenőrzési szintet (IL) lehet megkülönböztetni a következő táblázat szerint. A helyszíni ellenőrzési szintek kapcsolatban lehetnek a megválasztott megbízhatósági osztályokkal, és azokat megfelelő minőségbiztosítási intézkedések formájában lehet megvalósítani.

**A helyszíni ellenőrzés szintjei (IL) (inspection levels)**

A helyszíni ellenőrzés szintje	Jellemzők	Követelmények
IL3 az RC3-mal összhangban	Kibővített ellenőrzés	Független ellenőrzés
IL2 az RC2-vel összhangban	Szokásos ellenőrzés	A működési szabályzat keretei között végzett ellenőrzés
IL1 az RC1-gyel összhangban	Szokásos ellenőrzés	Önellenőrzés

**3. IGAZOLÁS A PARCIÁLIS TÉNYEZŐK MÓDSZERÉVEL****3.1. Általános elvek**

A parciális tényezők módszerének alkalmazása során igazolni kell, hogy ha a tervezési modellekben a hatások, vagy az igénybevételek és az ellenállás tervezési értékeit alkalmazzák, akkor a figyelembe veendő tervezési állapotokban egyik határállapot sincs túllépve.

A parciális tényezők módszerében a tervezési változókat (azaz a hatásokat, az ellenállásokat és a geometriai méreteket) - a parciális tényezők és a  $\Psi$ -tényezők alkalmazása révén - a tervezési értékeikkel adják meg.

A parciális tényezők és a  $\Psi$ -tényezők számszerű értékei elvben a következő két módszer egyikével határozhatók meg.

a) Az építési hagyományokból az idők során leszűrt tapasztalatok értékelése alapján.

MEGJEGYZÉS: A jelenleg elérhető Eurocode-okban előírányzott parciális tényezők és  $\Psi$ -tényezők legtöbbje esetén ez az elsődleges alapelv.

b) Kísérleti adatok és helyszíni megfigyelések statisztikai kiértékelése alapján. (Ezt egy valószínűségi elméleten alapuló megbízhatósági módszer keretében kell elvégezni.)

A b) módszer egyedüli, vagy az a) módszerrel kombinált alkalmazása esetén, a teherbírási határállapotra vonatkozó parciális tényezők értékeit úgy kell megválasztani, hogy a jellegzetes tartószerkezetek megbízhatósági szintje a lehető legközelebb legyen az előírt megbízhatósági indexhez.

A vizsgált tervezési állapotokban, az egyes határállapotok igazolása során a kritikus terhelési esetben szereplő egyedi hatásokat e fejezet szerint kell kombinálni. Azonban azokat a hatásokat, melyek – pl. fizikai okok miatt - egyidejűleg nem léphetnek fel, nem kell más hatásokkal kombinálni.

A tervezési értékeket az e fejezetben és az EN 1991–EN 1999 szabványokban leírtak szerint a karakterisztikus, vagy más reprezentatív értékek és a parciális tényezők, valamint egyéb tényezők együttes alkalmazásával kell meghatározni.

**Korlátozások:** Az EN 1990 szabványban megadott alkalmazási szabályok statikus teherrel - beleértve az egyenértékű statikus teherrel, vagy dinamikus növelő tényezővel figyelembe vett dinamikus hatásokat, valamint a szélhatást és a forgalmi terheket - terhelt szerkezetek teherbírási és használhatósági határállapotaira érvényesek. Nemlineáris vizsgálat és fáradásvizsgálat esetén az EN 1991-EN 1999 szabványok különböző részeiben megadott egyedi előírásokat kell alkalmazni.

## 3.2. Teherbírási határállapotok

### 3.2.1. Általános elvek

A szilárdság kimerülésével összefüggő teherbírási határállapotok definíciója az ENO szerint:

- EQU (static equilibrium): A merev testnek tekintett tartószerkezet vagy bármely tartószerkezeti rész **helyzeti állékonyságának** elvesztése, amikor:
  - az egy forrásból származó hatások értékének, vagy térbeli eloszlásának kismértékű változása jelentős következményekkel jár, és
  - az építőanyagok, vagy a talaj szilárdsága általában nem domináns.
- STR (structure): A tartószerkezet vagy a tartószerkezeti elem **szilárdsági tönkremenetele** vagy túlzott mértékű alakváltozása, beleértve az alaptesteket, cölöpöket, résfalakat stb., amikor a tartószerkezet építőanyagainak szilárdsága domináns.
- GEO: Az **altalaj törése**, vagy túlzott mértékű alakváltozása, ahol a talaj, vagy a kőzet szilárdsága az ellenállásban jelentős szerepet játszik.
- FAT: A tartószerkezet, vagy a tartószerkezeti elemek **fáradási törése**.

### 3.2.2. A helyzeti állékonyság és a szilárdság vizsgálata

A helyzeti állékonyság határállapotának vizsgálata során igazolni kell, hogy:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stab} \quad \text{ahol:}$$

$E_{d,dst}$  - a destabilizáló hatásokból származó igénybevételek tervezési értéke;

$E_{d,stab}$  - a stabilizáló hatásokból származó igénybevételek tervezési értéke.

Egy keresztmetszet, egy tartószerkezeti elem, vagy egy kapcsolat törési, vagy túlzott alakváltozás bekövetkezte miatti határállapotának (STR és/vagy GEO) vizsgálata során igazolni kell, hogy:

$$E_d \leq R_d, \quad \text{ahol:}$$

$E_d$  - az igénybevételek (belső erő, nyomaték, vagy a belső erőket, nyomatékokat tartalmazó vektormennyiség) tervezési értéke,

$R_d$  - a megfelelő ellenállás tervezési értéke.

### 3.2.3. A hatások kombinációja (a fáradás kivételével)

Minden kritikus terhelés esetben az igénybevételek tervezési értékét ( $E_d$ ) az egyidejűnek tekintett hatások kombinálásával kell meghatározni.

Mindegyik hatáskombinációnak tartalmaznia kell:

- egy domináns esetleges hatást, vagy
- egy rendkívüli hatást.

A hatásokat az alábbiak szerint kell kombinálni.

Ha az igazolás eredménye rendkívül érzékeny egy állandó hatás nagyságának a tartószerkezet mentén való változásaira, akkor e hatás kedvezőtlen és a kedvező részét két, egymástól független hatásként kell figyelembe venni.

**A hatások kombinációja tartós és ideiglenes tervezési állapotokban (alapkombinációk):**

$$E_{d,1} = \gamma_{Sd} \left[ \sum_{j \geq 1} (\gamma_{G,j,\text{sup}} G_{k,j,\text{sup}} "+" \gamma_{G,j,\text{inf}} G_{k,j,\text{inf}}) "+" \gamma_P P_k "+" \gamma_{Q,1} Q_{k,1} "+" \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \right]$$

vagy részletes erőtan vizsgálat esetén a kombinációs összehasonlításnál:

$$E_{d1} = \gamma_{Sd} \cdot \max \left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} (\gamma_{G,j,\text{sup}} G_{k,j,\text{sup}} "+" \gamma_{G,j,\text{inf}} G_{k,j,\text{inf}}) "+" \gamma_P P_k "+" \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} "+" \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \\ \sum_{j \geq 1} (\xi_j \gamma_{G,j,\text{sup}} G_{k,j,\text{sup}} "+" \gamma_{G,j,\text{inf}} G_{k,j,\text{inf}}) "+" \gamma_P P_k "+" \gamma_{Q,1} Q_{k,1} "+" \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \end{array} \right.$$

**A hatások kombinációja rendkívüli tervezési állapotokban:**

$$E_{d,2} = \gamma_{Sd} \left[ \sum_{j \geq 1} (G_{k,j,\text{sup}} "+" G_{k,j,\text{inf}}) "+" P_k "+" A_d "+" (\psi_{1,1} \text{ vagy } \psi_{2,1}) Q_{k,1} "+" \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \right],$$

**A hatások kombinációja szeizmikus tervezési állapotokban:**

$$E_{d,3} = \gamma_{Sd} \left[ \sum_{j \geq 1} (G_{k,j,\text{sup}} "+" G_{k,j,\text{inf}}) "+" P "+" A_{Ed} "+" \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \right],$$

ahol

$\gamma_{Sd}$  – a számítási modell megbízhatóságával, vagy a szerkezet szokványostól való eltéréseivel összefüggésben, tervezői mérlegeléssel választott kiegészítő parciális tényező, (pl.  $K_{fi}$  tényező a 2.1.3. fejezet szerint) A Nemzeti Melléklet szerint (STR/GEO)-ban szereplő  $\gamma_{Sd}$  tényező értékét – a vizsgált tervezési feladat jellegétől függően - a tervező mérlegelése alapján - 1,05 és 1,15 között kell felvenni.

„+” – a „kombináció előjeles összegezéssel” kifejezést jelöli,

$G_{k,j,\text{sup}}$ ,  $G_{k,j,\text{inf}}$  – a j-edik állandó hatás alsó vagy felső karakterisztikus értéke,

$P_k$  - a feszítésből származó hatás karakterisztikus értéke,

$Q_{k,1}$  – a domináns esetleges hatás karakterisztikus értéke,

$Q_{k,i}$  – a nem domináns i-edik esetleges hatás karakterisztikus értéke,

$\xi$  – csökkentő tényező, értéke általában 0,85, azaz  $\xi \gamma_{G,j,\text{sup}} = 0,85 \cdot 1,35 \sim 1,15$

$\gamma_{G,j,\text{sup}}$ ,  $\gamma_{G,j,\text{inf}}$  – a j-edik állandó hatás alsó vagy felső parciális tényezője, általában:

$$\gamma_{G,j,\text{sup}} = 1,35 \text{ és } \gamma_{G,j,\text{inf}} = 1,00,$$

$\gamma_P$  – a feszítés parciális tényezője,

$\gamma_{Q,1}$  - a domináns esetleges hatás parciális tényezője,  $\gamma_{Q,1} = 1,50$ ,

$\gamma_{Q,i}$  - a nem domináns esetleges hatás parciális tényezője  $\gamma_{Q,i} = 1,50$ , ha  $Q_i$  kedvezőtlen hatású, egyébként  $\gamma_{Q,i} = 0$ ,

$A_d$  – a rendkívüli (ütközés, tűzhatás és a kivételes mértékű meteorológiai hatás) tervezési értéke,

$A_{Ed}$  – a szeizmikus hatás tervezési értéke,

$\psi_0$ ,  $\psi_1$ ,  $\psi_2$  – a kombinációs tényezők.

Megjegyzések:

- $\psi_{1,1} Q_{k,1}$  és  $\psi_{2,1} Q_{k,1}$  között a rendkívüli esemény bekövetkezte (ütközés, tűzhatás, vagy rendkívüli esemény, illetve tervezési helyzet szerinti körülményektől függően kell választani. ( $\psi_{1,1} > \psi_{2,1}$ )
- az EC0 szerint a geotechnikai hatások esetén  $\gamma_i$  tényező értéke:

- merev testnek tekintett tartószerkezet, vagy tartószerkezeti rész helyzeti állékonyságának vizsgálatához:  $\gamma_{Gj,sup} = 1,1$ ;  $\gamma_{Gj,inf} = 0,9$  és  $\gamma_{Q,1} = \gamma_{Q,i} = 1,50$ , ha Q hatása kedvezőtlen, ha nem, akkor  $\gamma_{Q,1} = \gamma_{Q,i} = 0$ ,
- helyzeti állékonyság igazolásakor, ha a tartószerkezeti elemek ellenállását is figyelembe kell venni, akkor  $\gamma_{Gj,sup} = 1,35$ ;  $\gamma_{Gj,inf} = 1,15$  és  $\gamma_{Q,1} = \gamma_{Q,i} = 1,50$ , ha Q hatása kedvezőtlen, ha nem, akkor  $\gamma_{Q,1} = \gamma_{Q,i} = 0$ ,
- a geotechnikai hatások tervezési értékeinek meghatározásához:  $\gamma_{Gj,sup} = \gamma_{Gj,inf} = 1,0$  és  $\gamma_{Q,1} = \gamma_{Q,i} = 1,30$ , ha a Q hatása kedvezőtlen, ha nem, akkor  $\gamma_{Q,1} = \gamma_{Q,i} = 0$ .
- a kivételes mértékű
  - hőteher mint rendkívüli hatás:  $s_{Ad} = C_{esl} \cdot s_k$ , ahol az MSZ EN 1991-1-3 szerint  $s_k \geq 1,25 \text{ kN/m}^2$  a hőteher karakterisztikus értéke és  $C_{esl} = 2,0$ , továbbá
  - szélhatás: a határoló fal, ablakok esetleges helyi tönkremenetelét feltételezve az ellenállást biztosító teherviselő szerkezetre a szél nyomás és szívás együttes értéke hat, mint rendkívüli hatás.
  - Megjegyzés: az anyagok parciális tényezője általában betonhoz:  $\gamma_c = 1,5$ , acélra  $\gamma_s = \gamma_p = 1,15$ , de a rendkívüli tehercsoportra vonatkozó ellenállás számításához a parciális tényező a betonra:  $\gamma_c = 1,2$ , az acélra  $\gamma_s = \gamma_p = 1,0$ .
- Az ellenállási oldalon a parciális tényezők értékei
  - tartós és ideiglenes tervezési állapot tehercsoportra történő vizsgálat esetén
  - betonra:  $\gamma_c = 1,5$ , acélra:  $\gamma_s = \gamma_p = 1,15$ ,
  - rendkívüli tehercsoport esetén, pedig a betonra:  $\gamma_c = 1,2$ , az acélra  $\gamma_s = \gamma_p = 1,0$ .
  - helyszíni és az előregyártott betonszerkezetek kivitelezése során, illetve a megépült szerkezetekből kivett vizsgálati elemek esetében az alkalmazott minőségellenőrzési rendszer bizonyos feltételeinek teljesülése esetén, az anyagok parciális tényezői több fokozatban csökkenthetők  $\gamma_c \leq 1,3$  és  $\gamma_s = \gamma_p \leq 1,05$  értékhatárig.

### 3.3. Használhatósági határállapotok

#### 3.3.1. A használhatóság igazolása

Igazolni kell, hogy:  $E_d \leq C_d$

ahol:

- $C_d$  az adott használhatósági követelményhez tartozó korlát tervezési értéke;  
 $E_d$  a használhatósági követelményben előírt, és a vonatkozó hatáskombináció alapján meghatározott igénybevétel tervezési értéke.

#### 3.3.2. Használhatósági követelmények

A használhatósági követelmények igazolásakor számításba vett alakváltozásokat a vonatkozó A melléklet alapján, az építési mód figyelembevételével, valamint a megrendelő, vagy a nemzeti hatóság egyetértésével kell értelmezni. Megjegyzés: Más használhatósági követelmények, mint pl. a repedéstágasság, a feszültségek, vagy az alakváltozások korlátozása, a csúszási ellenállás tekintetében lásd az EN 1991-EN 1999 szabványokat.

#### 3.3.3. A hatások kombinációja

Az adott tervezési helyzetben figyelembe veendő hatáskombinációknak összhangban kell lenniük a vizsgált használhatósági és teljesítőképességi követelményekkel.

**A terhek karakterisztikus kombinációja:** (repedésmentesség igazolása; betonnyomófeszültségek korlátozása a keresztirányú repedések elkerülése érdekében:  $\sigma_c \leq 0,6$

$f_{ck}$ ; acél-húzófeszültségek korlátozása a képlékeny alakváltozások elkerülése érdekében:  $\sigma_s \leq 0,8 f_{yk}$ , ill.  $\sigma_p \leq 0,75 f_{pk}$  (hidak esetén  $0,65 f_{pk}$ ).

$$E_{ser,a} = \sum_{j \geq 1} (G_{kj,sup} + G_{kj,inf}) + P_k + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

**A terhek gyakori kombinációja:** (feszített vasbetonszerkezetek repedéskorlátozása; épületek alakváltozásának korlátozása és térbeli merevségének ellenőrzése).

$$E_{ser,b} = \sum_{j \geq 1} (G_{kj,sup} + G_{kj,inf}) + P_k + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

**A terhek kvázi-állandó kombinációja:** (a tartós hatások következményeinek, a szerkezeti elemek eltolódásának, a vasbeton szerkezet repedéstágasságának vizsgálatához; beton-nyomófeszültségek korlátozása a kúszási alakváltozások korlátozása érdekében.)

$$E_{ser,c} = \sum (G_{kj,sup} + G_{kj,inf}) + P_k + \sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

**Az anyagok parciális tényezői:** Használhatósági határállapotok esetén az anyagjellemzőkre vonatkozó  $\gamma_M$  parciális tényezők értékét 1,0-ra kell felvenni, kivéve, ha az EN 1992–EN 1999 szabványok másként írják elő.

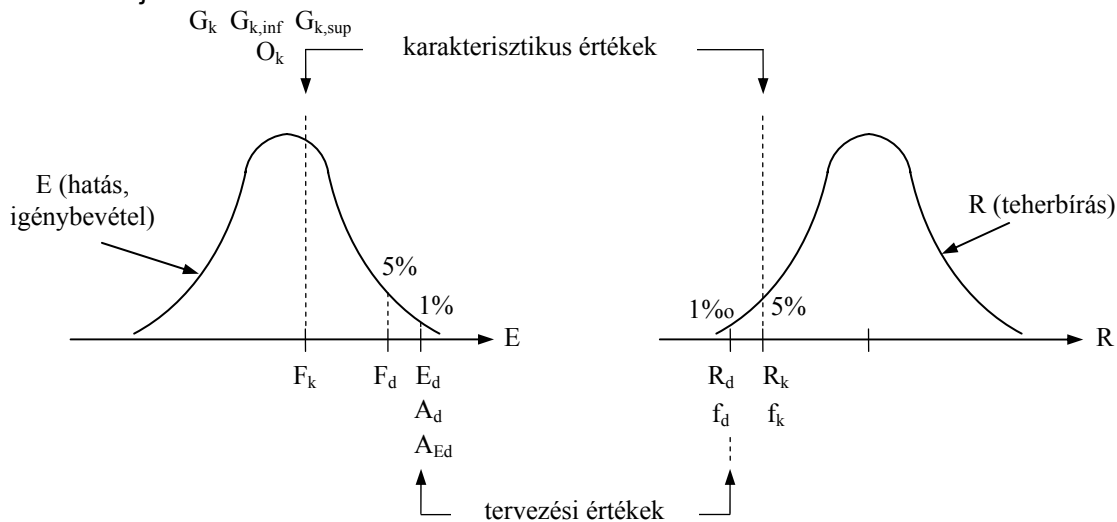
### 3.4. Az erőtni követelmények

Az erőtni (teherbírási, használhatósági) követelmény teljesülésének vizsgálatára szolgáló kiinduló adatok

**A teherbírás ellenőrzéséhez:**

- a hatás  $F_k$ , illetve az ellenállás  $R_k$  karakterisztikus értékeiből számítható  $E_d(M_{Ed}, N_{Ed}, V_{Ed}, T_{Ed})$  igénybevételek, továbbá a szilárdsági, vagy a másodrendű hatásokból származó stabilitásvesztési ellenállás  $R_d(M_{Rd}, N_{Rd}, V_{Rd}, T_{Rd})$  tervezési értéke,
- a szerkezet helyzeti állékonyságát (elcsúszását, felborulását, felúszását) destabilizáló ( $E_{d,dst}$ ), illetve stabilizáló ( $E_{d,stab}$ ) állapotjellemzők,
- a fáradás következtében kialakuló törési állapothoz tartozó  $D_d$  tönkrementeli állapotjellemző,
- a tűzállósággal kapcsolatban a  $T_R$  ellenállás-megmaradási és  $T_E$  értékmentési idő.
- A teherbírási követelmények teljesülnek, ha az

$E_d(M_{Ed}, N_{Ed}, V_{Ed}, T_{Ed}) \leq R_d(M_{Rd}, N_{Rd}, V_{Rd}, T_{Rd})$ ,  $E_{d,dst} \leq E_{d,stab}$ ,  $D_d \leq 1,0$  és  $T_E \leq T_R$  feltételek teljesülnek.



Az ábrában, a fentiekben nem szereplőkön kívüli jelölések:

- $F_k$  - az egyedi hatás karakterisztikus értéke,
- $F_d$  ( $G_d$ ,  $Q_d$ ) – az egyes hatás tervezési értéke ( $\approx 5\%$ ),
- $G_k$ , - állandó teher karakterisztikus értéke (mint 50%-os valószínűségi (átlag) érték),
- $Q_k$  - a esetleges teher karakterisztikus értéke (adott referencia időszakra vonatkoztatott adott %-os küszöbérték),
- $E_d$  - a hatás-, vagy tehercsoport tervezési értéke ( $\approx 99\%$ ),
- $R_k$ ,  $f_k$  - a teherbírás, a szilárdság karakterisztikus értéke (5%),
- $R_d$ ,  $f_d$  - a teherbírás, a szilárdság tervezési értéke ( $\approx 1\%$ ).

Megjegyzések: Az  $M_{Rd}$ ,  $N_{Rd}$ ,  $V_{Rd}$  és  $T_{Rd}$  (hajlító nyomaték, normálerő, nyírási erő, továbbá csavaró nyomatéki) ellenállások képzésének módját a vonatkozó anyagszabványok tartalmazzák. A helyzeti állékonyságra, a fáradási és tűzállósági vizsgálatokra a továbbiakban nem térünk ki, e feladatokkal más kiadványok és az egyes anyagszabványokkal foglalkozó dolgozatok tárgyalják.

### A használhatóság ellenőrzéséhez :

A tehercsoportosítások szerint számítható hatások:

- $\sigma_{E,ser}$  - normálfeszültségek,
- $y_{E,ser}$  – alakváltozások, eltolódások és
- $w_{E,ser}$  - repedésmentességi, repedészáródási vagy repedésmegnyílási

állapotjellemzők.

A használhatósági követelmények teljesülnek, ha az állapotjellemzők nem nagyobbak, mint a vonatkozó előírásokban található esztétikai, üzemeltetési, vagy korrózióvédelmi szempontból előírt, a tartós használhatóságot biztosító vonatkozó ( $\sigma_{adm}$ ,  $y_{adm}$ ,  $w_{adm}$ ) korlátértékek, azaz

$$\sigma_{E,ser} \leq \sigma_{adm}, \quad y_{E,ser} \leq y_{adm}, \quad w_{E,ser} \leq w_{adm}, \quad \text{feltételek, teljesülnek.}$$

## 3.5. Épületekre vonatkozó szabályok

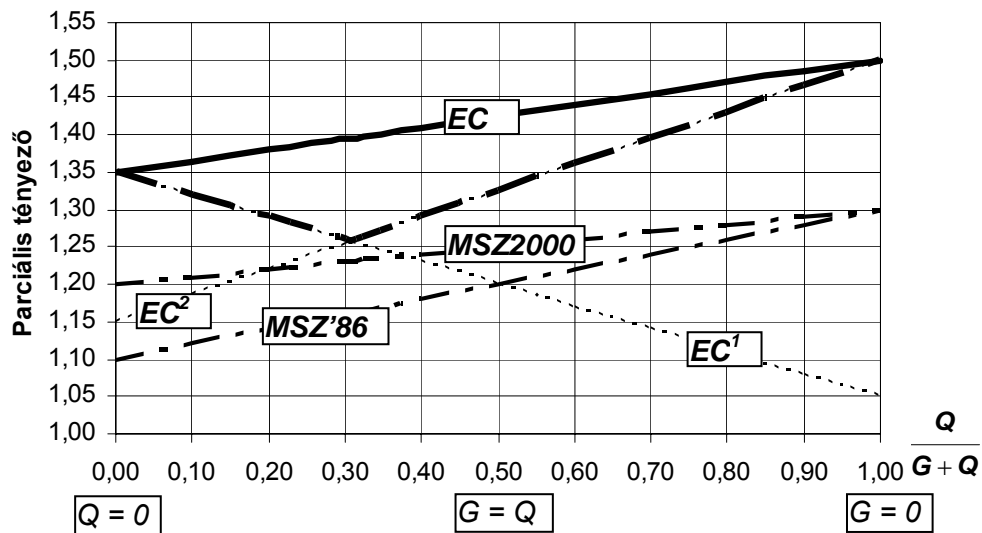
Azon hatásokból származó igénybevételeket, melyek fizikai, vagy funkcionális okokból egyidejűleg nem léphetnek fel, a hatáskombinációkban nem kell egyidejűleg figyelembe venni.

**A.1.1. táblázat: Az épületekre vonatkozó  $\Psi$ -tényezők ajánlott értékei**

Hatás	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
<b>Épületek hasznos terhei</b> kategóriák szerint (lásd az EN 1991-1-1-et)			
A kategória: lakások, lakóépületek	0,7	0,5	0,3
B kategória: irodák	0,7	0,5	0,3
C kategória: gyülekezésre szolgáló területek	0,7	0,7	0,6
D kategória: üzletek	0,7	0,7	0,6
E kategória: raktárak	1,0	0,9	0,8
F kategória: járműforgalom, járműsúly $\leq 30\text{kN}$	0,7	0,7	0,6
G kat: járműforgalom, $30\text{kN} < \text{járműsúly} \leq 160\text{kN}$	0,7	0,5	0,3
H kategória: tetők	0	0	0
<b>Épületek hőterhei</b> (lásd az EN 1991-1-3-at)*			
Finnország, Izland, Norvégia, Svédország	0,7	0,5	0,2
A többi H >1000 m tengerszint feletti magasságban lévő CEN Tagállam	0,7	0,5	0,2
A többi H $\leq 1000$ m tengerszint feletti magasságban lévő CEN Tagállam	0,5	0,2	0
<b>Épületek szélterhei</b> (lásd az EN 1991-1-4-et)	0,6	0,2	0
<b>Hőmérsékleti</b> (nem tűz)hatások épületekben	0,6	0,5	0

**Nemzetileg meghatározott paraméterek:** Az épületek hőterhei esetén Magyarországon figyelembe veendő  $\Psi$  tényezők a következők:  $\Psi_0 = 0,5$ ,  $\Psi_1 = 0,2$ ,  $\Psi_2 = 0,0$ .

### 3.6. Az MSZ és az EC szerinti parciális tényezők összehasonlítása



## 4. IRODALOM

MSZ EN 1990 Eurocode: A tartószerkezeti tervezés alapjai (2003. augusztus 1.-én közzétett angol nyelvű változatának 2004. év május 1.-én megjelent magyar nyelvű változata).

Farkas Gy.- Lovas A.- Szalai K.: A tartószerkezeti tervezés alapjai Eurocode szerint. Közúti és Mélyépítési Szemle 56. évfolyam 7-8. szám, 2006. október. Budapest.

Farkas Gy.- Huszár Zs.-Kovács T.- Szalai K.: Betonszerkezetek méretezése az Eurocode alapján, közúti hidak, épületek. Terc. 2006.

Gulvanessian H.,-Calgaro J. A.,-Holicky M.: Designers' Guide to EN 1990, Eurocode: Basis of Structural design. Thomas Telford, London, 2002.



## 1. TARTÓSZERKEZETEKET ÉRŐ HATÁSOK 1-1. RÉSZ

### **Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások 1-1. rész: Általános hatások. Sűrűség, önsúly és az épületek hasznos terhei**

Eurocode 1: Actions on structures Part 1-1: General actions – Densities, self-weight, imposed loads for buildings

#### 1.1. Általános elvek, információk

Az EN 1991-1-1 épületek és építőmérnöki szerkezetek tartószerkezeti tervezése során figyelembe veendő hatásokat és tervezési útmutatást tartalmaz, a következő szempontok szerint:

- az építőanyagok és a tárolt anyagok sűrűsége;
- a tartószerkezeti elemek önsúlya; és
- épületek hasznos terhei.

A járműforgalmi célra használt területek megadott terhei olyan járművek esetén érvényesek, melyek összsúlya maximum 160 kN.

Az EN 1991-1-1 egyes bekezdései – jellegüktől függően - vagy alapelvek, vagy alkalmazási szabályok.

Az alapelvek a következők:

- általános megállapítások és meghatározások, melyeknek nincs alternatívájuk, valamint;
- követelmények és számítási modellek, melyeknek külön előírás hiányában nincs alternatívájuk.

Az alkalmazási szabályok olyan általánosan ismert szabályok, melyek összhangban vannak az alapelvekkel, és megfelelnek az alapelvekben meghatározott követelményeknek.

Az EN 1991-1-1-ben az építményekre megfogalmazott alkalmazási szabályoktól el lehet térni abban az esetben, ha igazolható, hogy a helyettük használt szabályok összhangban vannak az alapelvekkel, és a szerkezet biztonságát, használhatóságát és tartósságát tekintve legalább egyenértékűek az Eurocode-okban megfogalmazott alkalmazási szabályokkal.

#### 1.2. Fogalommeghatározások

**Térfogatsúly:** A térfogatsúly az anyag, beleértve a mikropórusokat, a pórusokat és a légzárványokat is, egységnyi térfogatának teljes súlya. Megjegyzés: Ez a kifejezést a mindennapos használatban gyakran „sűrűségnek” rövidítik (mely szigorúan véve az egységnyi térfogatra eső tömeget jelenti).

**Súrlódási szög:** Az púpozott halomban elhelyezkedő ömlesztett anyag természetes módon kialakuló oldalfelületeinek a vízszintessel bezárt szöge.

**Jármű összsúly:** A jármű összsúlya a jármű önsúlyának és a megengedett legnagyobb szállított anyagsúlynak az összege.

**Tartószerkezeti elemek:** A tartószerkezeti elemek fogalma az elsődleges tartószerkezeteket és az alátámasztó szerkezeteket foglalja magába. Hidak esetén a tartószerkezeti elemek a hosszhatók, a szerkezeti lemezek és az alátámasztást biztosító elemek, mint pl. a ferdekábelek.

**Nem tartószerkezeti elemek:** A nem tartószerkezeti elemek a tartószerkezethez kapcsolódó takaró- és burkolati elemek, beleértve az útburkolatokat és a nem tartószerkezeti szerepű mellvédeket is. A tartószerkezethez rögzített, vagy azon elhelyezkedő gépészeti szerelvények és gépi berendezések is ebbe a fogalomba tartoznak.

**Válaszfalak:** Nem teherviselő falak.

**Mozgatható válaszfalak:** A mozgatható válaszfalak olyan falak, melyek a földemen áthelyezhetők, felépíthetők, vagy eltávolíthatók, vagy egy másik helyen újra felépíthetők.

## 2. A HATÁSOK OSZTÁLYOZÁSA

### 2.1. Önsúly

Az építmények önsúlyát rögzített állandó hatásnak kell tekinteni, lásd az EN 1990.

Ha az önsúly az időben változhat, akkor azt a felső és az alsó karakterisztikus értékkel kell figyelembe venni. Azonban néhány esetben, ha a hatás nem rögzített (pl. mozgatható válaszfalak esetén, az önsúlyt járulékos hasznos teherként kell kezelni. Megjegyzés: Ez különösen akkor érvényes, ha az „állandó” hatás kedvező.

A feltöltések súlyát állandó terheknek kell tekinteni, és a feltöltés eloszlásának esetleges megváltozását a tervezés során figyelembe kell venni. Megjegyzés: A földnyomásokkal kapcsolatos részletes adatok az EN 1997-ben találhatók.

A tetőkön és a teraszokon működő földterheket állandó hatásnak kell tekinteni.

A tervezés során figyelembe kell venni azt, hogy a tervezési élettartam során ellenőrizhetetlen, halmozódó folyamatok miatt a nedvességtartalom és a vastagság változhat.

### 2.2. Hasznos terhek

E szabványban lévő egyéb előírás hiányában a hasznos terheket nem rögzített, esetleges hatásnak kell tekinteni, lásd az EN 1990. Megjegyzés: A hidak hasznos terheit lásd az EN 1991-2-ben.

Azon rendkívüli tervezési állapotok esetén, ahol járműütközés, vagy gépi berendezések miatti rendkívüli terhek előfordulhatnak, ezeket a terheket az EN 1991-1-7 szerint kell felvenni.

A hasznos terheket kvázi-statisztikus hatásoknak kell tekinteni (lásd az EN 1990). A tehermodellek figyelembe vehetnek dinamikus hatásokat, ha rezonanciajelenség nem várható, vagy a tartószerkezet dinamikus válasza nem számottevő, lásd az EN 1992-EN 1999 szabványokat. Ha az emberek összehangolt, ritmikus, táncoló, vagy ugráló mozgása miatt rezonanciajelenség fellépte várható, akkor a tehermodelleket különleges dinamikai vizsgálat keretében kell meghatározni.

#### Nemzetileg meghatározott paraméterek

A hasznos terhek karakterisztikus értékei általános esetben tartalmazzák a födémterület funkciójának megfelelő, szokásos működési körülmények esetén fellépő dinamikus hatásokat is. Olyan esetekben, ahol a dinamikus hatást is okozó hasznos terhek karakterisztikus értékének felvétele egyedileg történik (pl. ipari célú födémterületek, darupályák), vagy ha az adott esetben a tervező és/vagy a megbízó ezt kifejezetten indokoltnak tartja, ott a dinamikai számítás mellőzése esetén szükséges lehet a (számításban kvázi-statisztikusnak tekintett) hasznos teher által okozott dinamikus hatás mértékének figyelembevétele. Ez egy  $\varphi$  dinamikus növelő tényező alkalmazásával lehetséges.

Az ipari épületek födémein működő gépek keltette dinamikus hatás esetén, valamint tánc- vagy tornaterem céljára készült helyiségek, embercsoport mozgása által okozott ritmikus erőhatásnak kitett egyéb építmények (pl. tribünök), továbbá állattartási épületek szerkezeteinek vizsgálatakor a hasznos terhek okozta dinamikus hatást - a dinamikai számítás mellőzése esetén - a következő NM1. táblázatban szereplő  $\varphi$  dinamikus növelő tényezőkkel lehet figyelembe venni, melyet a hasznos teher karakterisztikus értékével együtt kell alkalmazni.

**NM1. táblázat: Dinamikus tényezők**

Vizsgált szerkezeti elem, illetve szerkezet	Dinamikus tényező $\varphi$
födém (lemez, gerenda, stb.)	1,3
fal, oszlop	1,1
alapozás	1,0

### 3. TERVEZÉSI ÁLLAPOTOK

Az EN 1990 szerint kijelölt tervezési állapotok mindegyikében meg kell határozni a fellépő állandó és esetleges terheket.

#### 3.1. Állandó terhek

A tartószerkezeti és a nem tartószerkezeti elemek teljes önsúlyát a hatáskombinációkban egyetlen hatásként kell figyelembe venni.

A tárolási célú épületekre vonatkozó tervezési állapotokban az ömlesztett anyagok származási helyét és nedvességtartalmát figyelembe kell venni. Megjegyzés: A táblázatokban megadott sűrűségi értékek légszáraz állapotú anyagokra vonatkoznak.

Az önsúlyterhek tervezési értékét a következő összefüggés adja meg:

$$G_d = \gamma_G G_k \quad \text{ahol:}$$

- $G_k$  az állandó terhek karakterisztikus értéke, számszerű értékeit a megadott táblázatokban, az építőanyagokra és a tárolt anyagokra megadott térfogatsúlyok alapján lehet meghatározni,
- $\gamma_G$  az állandó terhek biztonsági tényezője ( $\gamma_{Ginf}$  vagy  $\gamma_{Gsup}$  értékkel figyelembe véve).

#### 3.2. Hasznos terhek

##### 3.2.1. Általános elvek

A különböző típusú terhekkel terhelt területek tervezése során a kritikus teheresetet kell figyelembe venni.

Azon tervezési állapotokban, melyekben a hasznos teher más esetleges hatásokkal (pl. szélhatás, hőteher, daruk és gépi berendezések hatásai) egyidejűleg működik, a teheresetben figyelembe vett teljes hasznos terhet egyetlen hatásnak kell tekinteni.

Ha a teherismétlődések száma, vagy a rezgés hatásai fáradást idézhetnek elő, akkor egy fáradási tehermodellt kell kidolgozni.

Ha a tartószerkezet érzékeny a rezgésekre, akkor szükség esetén a hasznos terhek dinamikai modelljeit kell alkalmazni. A tervezési eljárást az EN 1990 5.1.3. szakasza tartalmazza.

A hasznos terhek tervezési értékét a következő összefüggés(ek) adja:

$$Q_d = \gamma_Q Q_k \quad \text{és/vagy} \quad q_d = \gamma_Q q_k \quad \text{ahol:}$$

- $Q_k$  és  $q_k$  a hasznos terhek karakterisztikus értékei, számszerű értékeik a megadott táblázatokban találhatóak,
- $\gamma_Q$  a hasznos terhek biztonsági tényezője.

##### 3.2.2. Az épületekre vonatkozó további előírások

A tetőkön a hasznos terhekkel nem kell egyidejűleg működőnek feltételezni a hőterheket és a szélhatásokat.

Ha a hasznos terhet egyidejű, nem domináns esetleges hatásként veszik figyelembe az EN 1990 szerint, akkor vagy csak a  $\Psi$  kombinációs, vagy csak az  $\alpha_n$  csökkentő tényezőt kell alkalmazni.

### 4. AZ ÉPÍTŐANYAGOK ÉS A TÁROLT ANYAGOK SŰRŰSÉGE

Az építőanyagok és a tárolt anyagok sűrűségének karakterisztikus értékeit elő kell írni. Az átlagos értékek karakterisztikus értéként figyelembe vehetők. Megjegyzés: A táblázatok a tárolt anyagok sűrűségének és sűrűlődségi szögének átlagos értékeit adja meg. Ha érték helyett egy tartomány szerepel, akkor az annak feltételezésével történt, hogy az

átlagos érték erősen függ az anyag származási helyétől, és ekkor a megfelelő értéket minden építési munka esetén egyedileg kell megállapítani.

Olyan anyagok esetén (pl. új és újszerű anyagok), melyek nem szerepelnek a táblázatokban, a sűrűség karakterisztikus értékét, minden építési munka esetén egyedileg kell meghatározni.

Olyan anyagok esetén, melyek alkalmazása során a sűrűségnek jelentős szórása van, pl. a származási hely, a nedvességtartalom, stb. miatt, a sűrűség karakterisztikus értékét az EN 1990 alapján kell felvenni. Ha a sűrűségeket megbízható módon, közvetlenül határozzák meg, akkor ezen értékek a tervezés során felhasználhatók.

## **5. AZ ÉPÍTMÉNYEK ÖNSÚLYA**

### **5.1. A hatások értelmezése**

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

Az építmények önsúlya magában foglalja a tartószerkezeti és a nem tartószerkezeti elemek, a rögzített gépészeti berendezések, a föld- és az egyéb feltöltések súlyát is.

Nem tartószerkezeti elemek a következők: a tetőszerkezet fedése; burkolatok és felületképzések; válaszfalak és bélésfalazatok; karfák, biztonsági korlátok, mellvédek és szegélykövek; falburkolatok; álmennyezetek; hőszigetelések; hídtartozékok; rögzített gépészeti berendezések.

### **5.2. Az önsúly karakterisztikus értéke**

#### **5.2.1. Általános elvek**

Az önsúly, a geometriai méretek és a sűrűség karakterisztikus értékeinek meghatározását az EN 1990 alapján kell végezni.

A tervlapokon feltüntetett méreteket névleges geometriai méretnek kell tekinteni.

#### **5.2.2. Épületekre vonatkozó további előírások**

Gyárban előállított elemek, pl. födémrendszerek, homlokzatburkolatok, álmennyezetek, liftek és az épületek gépészeti berendezései esetén a szükséges adatokat a gyártó is megadhatja.

A mozgatható válaszfalak önsúlyából származó igénybevételek meghatározásakor egy egyenértékű, egyenletesen megoszló terhet kell figyelembe venni, és azt a hasznos teherrel kell összegezni.

#### **5.2.3. Hidakra vonatkozó további előírások**

A nem tartószerkezeti elemek (pl. vasúti hidak ágyazata), vagy a terepszint alatt lévő szerkezetek (pl. átereszek) feletti feltöltés sűrűségének figyelembevételkor egy alsó és egy felső karakterisztikus értéket kell alkalmazni, ha az anyag konszolidációja, telítődése, vagy a jellemzőiben bekövetkező egyéb változás a használat során játszódik le.

Az elektromos kábelek, a csővezetékek és a gépészeti vezetékek átvezetéséhez készült vezetékcsatornák önsúlyát egy alsó és egy felső karakterisztikus értékkel kell figyelembe venni.

**A1. táblázat: Építőanyagok – betonok és habarcsok**

Anyagok	Sűrűség $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]
<b>beton</b> (lásd az EN 206-ot)	
könnyűbeton	
LC 1,0 sűrűségi osztály	9,0-10,0 <sup>1)2)</sup>
LC 1,2 sűrűségi osztály	10,0-12,0 <sup>1)2)</sup>
LC 1,4 sűrűségi osztály	12,0-14,0 <sup>1)2)</sup>
LC 1,6 sűrűségi osztály	14,0-16,0 <sup>1)2)</sup>
LC 1,8 sűrűségi osztály	16,0-18,0 <sup>1)2)</sup>
LC 2,0 sűrűségi osztály	18,0-20,0 <sup>1)2)</sup>
normál sűrűségű beton	24,0 <sup>1)2)</sup>
nehézbeton	> <sup>1)2)</sup>
<b>habarcs</b>	
cementhabarcs	19,0-23,0
gipszhabarcs	12,0-18,0
cementes mészhabarcs	18,0-20,0
mészhabarcs	12,0-18,0
<sup>1)</sup> Szokásos mennyiségű lágyvasalás, vagy feszített vasalás esetén 1,0 kN/m <sup>3</sup> -rel növelni kell.	
<sup>2)</sup> Frissbeton állapotban 1,0 kN/m <sup>3</sup> -rel növelni kell.	

**Nemzetileg meghatározott paraméterek** A betonra vonatkozó testsűrűségi értékeket az alábbi táblázatban mutatjuk be.

**Betonra vonatkozó térfogatsúlyok**

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

\*a helyi anyagoktól függően a testsűrűsége az adott tartományban változhat

**A.2. táblázat: Építőanyagok – falazatok**

**A.3. táblázat: Építőanyagok – faanyagok**

**A.4. táblázat: Építőanyagok – fémek**

**A.5. táblázat: Építőanyagok – egyéb anyagok**

**A.6. táblázat: Hidak anyagai**

**A.7. táblázat: Tárolt anyagok – építőanyagok és építési anyagok**

**A.8. táblázat: Tárolt termékek – mezőgazdasági anyagok**

**A.9. táblázat: Tárolt termékek – élelmiszerek**

**A.10. táblázat: Tárolt termékek – folyadékok**

**A.11. táblázat: Tárolt termékek – szilárd tüzelőanyagok**

**A.12. táblázat: Tárolt termékek – ipari és általános anyagok**

**NM7. táblázat: Járatos hazai falazat típusok térfogatsúlyai**

## 6. ÉPÜLETEK HASZNOS TERHEI

### 6.1. A hatások értelmezése

Az épületek hasznos terhei a használatból származnak. Az e fejezetben megadott értékek a következő használati körülményekre vonatkoznak:

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

Az e fejezetben előírt hasznos terhek modellje egyenletesen megoszló teher, vonal mentén megoszló teher, koncentrált teher, vagy ezek kombinációja.

A hasznos terhek értékeinek meghatározásához a földem- és tetőterületeket részekre kell osztani és a használat szerinti osztályokba kell besorolni.

Az e fejezetben megadott terhek nem tartalmazzák a nehéz berendezések (pl. ipari konyhák, radiológiai helyiségek, kazánházak, stb.) terheit. A nehéz berendezések terheit a megbízó és/vagy az illetékes hatóság egyetértésével kell megállapítani.

### 6.2. Teherelrendezések

#### 6.2.1. Közbenső födémek, gerendák és tetőfödémek

Egy földem(szint), vagy egy tető(szint) tartószerkezetének tervezése során a hasznos terhet nem rögzített hatásként kell figyelembe venni, és a határfelület azon részén kell működnök feltételezni, mely a vizsgált igénybevétel szempontjából a legkedvezőtlenebb.

Ha a mértékadó teherelrendezésben másik szinteken is vannak hasznos terhek, akkor azokat egyenletesen megoszló teherként (rögzített hatásként) lehet figyelembe venni.

A földémszerkezet lokális ellenállását egy koncentrált teher figyelembevételével végzett elkülönített vizsgálattal kell igazolni, melynek során – egyéb előírás hiányában – a koncentrált terhet nem kell egyidejűnek tekinteni az egyenletesen megoszló terhekkel és más esetleges hatásokkal.

Egy adott földemterület-osztály alapján meghatározott hasznos terhet csökkenteni lehet a vizsgált tartószerkezeti elemet terhelő földemterület méretétől függő  $\alpha_A$  tényezővel.

#### 6.2.2. Oszlopok és falak

A több szintet alátámasztó oszlopok és falak tervezése során az egyes szintekhez tartozó födémeken működő teljes hasznos terheket egyenletesen megoszlnak lehet feltételezni.

Ha egy oszlopot, vagy egy falat több szint hasznos terhe terhel, akkor az egyes födémek teljes hasznos terhei csökkenthetők egy  $\alpha_n$  tényezővel.

### 6.3. A hasznos terhek karakterisztikus értéke

#### 6.3.1. Lakó-, szociális, kereskedelmi és irodai földemterületek

##### 6.3.1.1. Osztályozás

A lakó-, a szociális, a kereskedelmi és az irodaépületek területeit a használat jellege alapján fel kell osztani, és a 6.1. táblázat szerinti osztályokba be kell sorolni.

A földemterületek ezen osztályozásától függetlenül dinamikus hatásokat kell figyelembe venni, ha a használat során jelentős dinamikus hatásokra lehet számítani.

6.1. táblázat: Födémterület-osztályok

Osztály	Jellemző használat	Példa
A	Háztartási és tartózkodási célra használt területek	lakóházak és lakások helyiségei; kórházak szobái és kórtermei; szállodák és szállók szobái; konyhák és mellékhelyiségek
B	Irodaterületek	
C	Emberek gyülekezésre alkalmas területek (az A, B, és D <sup>1)</sup> osztályban felsorolt területek kivételével)	<p><b>C1:</b> Asztalokkal ellátott födémterületek, stb. pl.: iskolák, kávéházak, vendéglők, éttermek, olvasótermek, porták födémterületei</p> <p><b>C2:</b> Rögzített ülőhelyekkel ellátott födémterületek pl.: templomok, színházak, mozik, konferenciatermek, előadótermek, gyűléstermek, várótermek, vasúti várótermek födémterületei</p> <p><b>C3:</b> Emberek mozgását akadályozó tárgyak nélküli födémterületek pl.: múzeumok, kiállítótermek, stb. födémterületei; középületek, irodaépületek, szállodák, kórházak és vasútállomások előkertjeinek közlekedési célú födémterületei</p> <p><b>C4:</b> Testmozgásra használt födémterületek pl.: tánctermekek, tornatermek, színpadok</p> <p><b>C5:</b> Jelentős tömeg összegyülekezésére szolgáló födémterületek pl.: nyilvános eseményeket befogadó épületek, mint pl. hangversenytermek, sportcsarnokok, beleértve azok lelátóit, teraszait és közlekedési célú födémterületeit, vasúti peronok</p>
D	Bevásárlóközpontok	<p><b>D1:</b> Általános kiskereskedelmi üzletek födémterületei</p> <p><b>D2:</b> Bevásárlóközpontok födémterületei</p>
<sup>1)</sup> C4 és a C5 esetén a dinamikus hatásokat figyelembe kell venni, lásd az EN 1990-et. Az E osztály esetén lásd a 6.3. táblázatot.		
1. MEGJEGYZÉS: A várható használat jellegétől függően az általában C2, C3, C4 osztályba sorolt födémterületek a megbízó és/vagy a Nemzeti Melléklet döntése alapján a C5 osztályba is besorolhatók. Indokolt esetben (pl. a megbízó döntése alapján) a táblázatban lévő besorolástól kedvezőtlenebb irányba el lehet térni.		

### 6.3.1.2. A hatások számszerű értékei

A 6.1. táblázat szerint födémterület-osztályokba sorolt födémterületek tervezésekor a  $q_k$  (egyenletesen megoszló) és a  $Q_k$  (koncentrált) teher karakterisztikus értékeit kell figyelembe venni a következő táblázatok szerint. Megjegyzés: A  $q_k$ -t az általános hatásokból származó igénybevételek meghatározásához, a  $Q_k$ -t a helyi hatások vizsgálatához kell alkalmazni.

A helyi vizsgálatokhoz egy önmagában működő  $Q_k$  koncentrált terhet kell figyelembe venni. Megjegyzés: Ez a felület általában egy 50mm oldalhosszúságú négyzetnek feltételezhető.

A 6.2. és 6.3. táblázatokban szerepelnek az EC (EN 1991-1-1) eredeti ajánlásai és a Nemzeti Mellékletben (MSZ EN 1991-1-1 NM) előírt értékek. Ahol a táblázatokban az EC (EN 1991-1-1) a terhekre egy tartományt ad meg, ott a nemzeti mellékletek számára ajánlott érték aláhúzva szerepel. Mint megfigyelhető a Magyar Nemzeti Melléklet az ajánlásokat általában elfogadja. A két teher nem egyidejű alkalmazása esetén ajánlott értékek aláhúzva jelennek meg.

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

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

A koncentrált terhet úgy kell tekinteni, hogy az egy, a födém használati módjának és geometriai méreteinek megfelelő felületen a födém, az erkély, vagy a lépcső tetszőleges pontjában működhet.

A több célra használt födémeket a legkedvezőtlenebb terhelési osztálynak megfelelő teherre kell tervezni, melyből a vizsgálat szerkezeti elemében a legnagyobb igénybevétel vagy alakváltozás (pl. erő vagy lehajlás) keletkezik.

Ha egy födém a terhek oldalirányban mozoghatnak, akkor a mozgatható válaszfalak önsúlyát egy egyenleten megoszló  $q_k$  teherrel lehet figyelembe venni, melyet a 6.2. táblázat szerinti hasznos terhekkel összegezni kell. Ezen egyenletesen megoszló teher intenzitása a válaszfalak önsúlyától a következőképpen függ:

- $\leq 1,0$  kN/m folyóméter önsúlyú mozgatható válaszfalak esetén:  $q_k = 0,5$  kN/m<sup>2</sup>;
- $\leq 2,0$  kN/m folyóméter önsúlyú mozgatható válaszfalak esetén:  $q_k = 0,8$  kN/m<sup>2</sup>;
- $\leq 3,0$  kN/m folyóméter önsúlyú mozgatható válaszfalak esetén:  $q_k = 1,2$  kN/m<sup>2</sup>.

Ennél nehezebb válaszfalakat a tervezés során

- a válaszfalak elhelyezkedése és iránya;
- a födém tartószerkezeti rendszere

alapján kell figyelembe venni.

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

$$\alpha_A = 5/7 \cdot \psi_0 + A_0/A$$

szorzótényező alkalmazásával, de C és D födémkategóriák esetén  $\alpha_A \geq 0,6$ , és F-H födém- és tetőkategóriák esetén  $\alpha_A = 1,0$ , ahol

$\psi_0$  – az EN 1990 szerinti kombinációs tényező. Az A-D kategóriában  $\psi_0 = 0.7$ . Az E kategóriában  $\psi_0 = 1$ .

A - a terhelt födémterület,  $A_0 = 10,0$  m<sup>2</sup>



Ha egy függőleges tartószerkezeti elemet több földem hasznos terhei terhelnek, akkor e terhek csökkenthetők egy  $\alpha_n$  csökkentő tényezővel.

Ha azonban a más esetleges hatásokkal képzett kombinációban a hasznos teher karakterisztikus értéke  $\Psi$  tényezővel szorozva kerül figyelembe vételre, akkor az  $\alpha_n$  tényezővel való csökkentés az épület egyik szintjén sem alkalmazható.

Az  $\alpha_n$  csökkentő tényező értéke A-E földemkategóriák esetén:

$$\alpha_n = \frac{2 + (n - 2)\Psi_0}{n} \quad \text{ahol:}$$

$\Psi_0$  EN 1990 szerinti kombinációs tényező,  
 $n$  a terhelte függőleges tartószerkezeti elem felett elhelyezkedő szintek száma (>2).  
 F-G földemkategóriák esetén  $\alpha_n = 1,0$ .

### 6.3.2. Tárolási és ipari célú földemterületek

#### 6.3.2.1. Osztályozás

6.3. táblázat: Tárolási és ipari célú földemterület-használati osztályok

Osztály	Jellemző használat	Példa
E1	Olyan földemterületek, ahol áruk felhalmozódása várható, beleértve ezek megközelítési útjait is	Tárolási célra használt földemterületek, beleértve a könyvek és egyéb iratok tárolását is
E2	Ipari használat	

#### 6.3.2.2. A hatások számszerű értékei

6.4. táblázat: Tárolási célú földemterületek hasznos terhei

Osztályba sorolás	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]		$Q_k$ [kN]	
	EN 1991-1-1 ajánlás	MSZ EN 1991-1-1 NM	EN 1991-1-1 ajánlás	MSZ EN 1991-1-1 NM
<b>E1</b>	7,5	7.5	7,0	

Az állattartási épületek helyiségeiben figyelembe veendő hasznos teher karakterisztikus értéke:

- kis állatok (állatsúly  $\leq 0,25$  kN/db) tartására szolgáló épületekben: 1,5 kN/m<sup>2</sup>
- egyéb állatok tartására szolgáló épületekben: 5,0 kN/m<sup>2</sup>.

A hasznos teher karakterisztikus értéke a legnagyobb teherérték kell, hogy legyen, mely figyelembe veszi a dinamikus hatásokat is. A teherelrendezést úgy kell előírni, hogy az a használat során lehetséges legkedvezőtlenebb állapotot idézze elő.

Tárolási célú földemterületeken a függőleges terhek karakterisztikus értékét a sűrűség és a rakodási magasság felső tervezési értékének figyelembevételével kell felvenni. Ha a tárolt anyag a falakat, stb. vízszintes erővel terheli, akkor a vízszintes erőt az EN 1991-4 alapján kell meghatározni. A feltöltésből és a leürítésből származó hatásokat figyelembe kell venni.

#### 6.3.2.3. Targoncák által okozott hatások

#### 6.3.2.4. Szállítójárművek által okozott hatások

#### 6.3.2.5. Fenntartási célra alkalmazott különleges eszközök által okozott hatások

### 6.3.3. Garázsok és járműforgalmi földemterületek (hidak kivételével)

### 6.3.3.1. Osztályozás

Épületek parkolási és járműforgalmi célra használt födémterületeit a járművekkel való megközelíthetőség alapján a 6.7. táblázat szerinti két födémterület-osztály egyikébe kell besorolni.

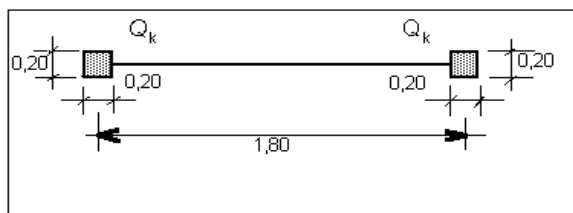
6.7. táblázat: Épületek járműforgalmi és parkolási célú födémterületei

Járműforgalmi födémterület-osztályok	Jellemző használat	Példák
F	Járműforgalmi és parkolási célra használt födémterületek könnyű járművek ( $\leq 30$ kN összsúly, és a vezetőülésein kívül $\leq 8$ ülés) számára	garázsok; parkolók, parkolóházak
G	Járműforgalmi és parkolási célra használt födémterületek közepesen nehéz járművek (két tengelyen $> 30$ kN, $\leq 160$ kN összsúly) számára	megközelítési utak; szállítási útvonalak, tűzoltófelszerelések megközelítési útjai ( $\leq 160$ kN összsúlyú járművek)
1. MEGFEGYZÉS: Az F osztályúra tervezett födémterületek megközelítését a tartószerkezetbe épített eszközökkel fizikailag korlátozni kell. 2. MEGFEGYZÉS: Az F és G osztályúra tervezett födémterületeket megfelelő figyelmeztető jelzésekkel kell ellátni.		

### 6.3.3.2. A hatások számszerű értékei

Az alábbi ábrán látható geometriai méretű, egyetlen tengelyből álló  $Q_k$  tengelyterhet, és egy  $q_k$  egyenletesen megoszló terhet kell alkalmazni. A  $Q_k$  és a  $q_k$  karakterisztikus értékeit a 6.8. táblázat tartalmazza. Megjegyzés: A  $q_k$ -t az általános hatásokból származó igénybevételek meghatározásához, a  $Q_k$ -t a helyi hatások vizsgálatához kell alkalmazni.

Megjegyzés: Az F födémterület-osztály esetén (lásd a 6.8. táblázatot) a négyzet alakú kerékfelfekvési terület oldalhossza 100 mm, a G osztály esetén (lásd a 6.8. táblázatot) 200 mm.



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

6.8. táblázat: Garázsok és járműforgalmi födémterületek hasznos terhei

Osztályba sorolás	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]		$Q_k$ [kN]	
	EN 1991-1-1 ajánlás	MSZ EN 1991-1-1 NM	EN 1991-1-1 ajánlás	MSZ EN 1991-1-1 NM
<b>F</b>	1,5- <u>2,5</u>	2.5	10- <u>20</u>	20
<b>G</b>	5,0	5.0	40- <u>90</u>	90

### 6.3.4. Tetők

#### 6.3.4.1. Osztályozás

A tetőket a megközelíthetőségük alapján a 6.9. táblázat szerinti három födémterület-osztály egyikébe kell besorolni.

**6.9. táblázat: A tetők osztályozása**

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

Az I födémterület-osztályba tartozó tetők hasznos terheit a használat jellegétől függően 6.2., 6.4. és a 6.8. táblázatok tartalmazzák.

A K födémterület-osztályba tartozó, helikopter-leszállóhelyként működő tetők terheit a HC helikopter-osztályok alapján kell felvenni, lásd a 6.11. táblázatot.

#### 6.3.4.2. A hatások számszerű értékei

**6.10. táblázat: H födémterület-használati osztályba tartozó tetők hasznos terhei**

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

A 6.10. táblázatban megadott minimális értékek nem veszik figyelembe a fenntartási munkák során fellépő, ellenőrizetlen építőanyag-felhalmozódás lehetőségét.

Tetők esetén elkülönített vizsgálatokat kell végezni az egymástól függetlenül működőnek feltételezett  $Q_k$  koncentrált teher és a  $q_k$  egyenletesen megoszló teher figyelembevételével.

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

A K födémterület-osztályba tartozó tetők esetén a helikopter-leszállóhelyeken működő hatásokat a 6.11. táblázat alapján, dinamikus tényezők figyelembevételével kell meghatározni. A helikopter felszálláshoz tartozó  $Q_k$  teherrel együtt alkalmazandó, ütközési hatásokat figyelembe vevő  $\varphi$  dinamikus tényező értékét  $\varphi = 1,40$ -re lehet felvenni

**6.11. táblázat: A K osztályú tetők helikopter-leszállóhelyeinek hasznos terhei**

Helikopter osztály	Helikopter felszálláshoz tartozó teher, $Q$	Helikopter felszálláshoz tartozó teher, $Q_k$	A terhelt terület méretei [m×m]
HC1	$Q \leq 20$ kN	$Q_k = 20$ kN	0,2 x 0,2
HC2	$20$ kN < $Q \leq 60$ kN	$Q_k = 60$ kN	0,3 x 0,3

### 6.3.5. Korlátként működő mellvédek és elválasztó falak vízszintes terhei

Az elválasztó fal, vagy a mellvéd tetején, de legfeljebb 1,20 m magasságban működő, vonal menti  $q_k$  teher karakterisztikus értékeit a 6.12. táblázat szerint kell felvenni.

Olyan területeken, melyek a nyilvános események során túlszűfoltta válhatnak, pl. sportstadionok, lelátók, színházak, gyűléstermek vagy előadótermek, a vonal menti terhet a C5 födémterület-osztálynak megfelelően kell felvenni.

**6.12. táblázat: Elválasztó falak és mellvédek vízszintes terhei**

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

## 7. PÉLDÁK FÖDÉMEK TEHERKOMBINÁCIÓIRA

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

Tekintsünk először egy lakóépület valamely közbenső födémét. Az illető szerkezeti elem kategóriába sorolása a 6.1. táblázat szerint „A”, így a födém egyenletesen megoszló terhének karakterisztikus értéke a 6.2. táblázat szerint:  $q_k = 2 \text{ kN/m}^2$ . A födém legyen 15 cm vasbeton lemez, rajta valamilyen úsztatott padló szerkezet található, alsó oldalára 1.5 cm vakolatot hordtak fel. A födém önsúlyának karakterisztikus értéke  $g_k = 5.5 \text{ kN/m}^2$ . Részletes erőtan vizsgálatához a teher  $p_d$  tervezési értékét kell meghatározni. Felhasználva a parciális - és kombinációs tényezők vonatkozó értékeit (MSZ EN 1990) a födémteher  $p_d$  tervezési értékére az alábbi módon aktualizálható:

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

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

$$p_d = 9.525 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

## 8. IRODALOM

MSZ EN 1990 Eurocode: A tartószerkezeti tervezés alapjai (2003. augusztus 1.-én közzétett angol nyelvű változatának 2004. év május 1.-én megjelent magyar nyelvű változata).

MSZ EN 1991-1-1 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások 1-1. rész: Általános hatások. Sűrűség, önsúly és az épületek hasznos terhei.

Farkas Gy.- Huszár Zs.-Kovács T.- Szalai K.: Betonszerkezetek méretezése az Eurocode alapján, közúti hidak, épületek. Terc. 2006.

Huszár Zs.- Lovas A.- Szalai K.: Tartószerkezeti hatások az Eurocode szerint. Közúti és Mélyépítési Szemle 56. évfolyam 7-8. szám, 2006. október. Budapest.

# 1. HÓTEHER

**Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások 1-3. rész: Általános hatások. Hóteher**  
Eurocode 1: Actions on structures. General actions. Snow loads

## 1.1. Általános elvek

### 1.1.1. Alkalmazási terület

Eltérő rendelkezés hiányában e szabvány nem alkalmazható 1500 m-t meghaladó tengerszint feletti magasság esetén.

E szabvány nem ad útmutatást egyes, a hóteherre vonatkozó különleges esetekre, például:

- a tető magasabb részéről lecsúszó vagy lezúduló hó okozta ütközési hóterhekre;
- a szélteher növekedésére, amely abból származik, hogy a hó jelenléte vagy a jégkéreg kialakulása következtében megváltozik az épület alakja vagy mérete;
- olyan területeken érvényes hóterhekre, ahol a hó egész évben jelen van;
- a jégteherre;
- a hó okozta oldalirányú terhekre (például helyi hófelhalmozódásból származó oldalirányú terhekre);
- hidak hóterhére.

Az építőmérnöki szerkezetek hóterhei egyes esetekben kísérleti vizsgálatokkal és igazolt vagy megfelelően kalibrált numerikus módszerekkel határozhatók meg.

### 1.1.2. Fogalommeghatározások

**A felszíni hóteher karakterisztikus értéke (characteristic value of snow load on the ground):** A felszíni hótehernek a kivételes hóterhek nélkül számított, 0,02 éves meghaladási valószínűségű értéke.

**Az építéshely tengerszint feletti magassága (altitude of the site):** Az építmény tervezett – vagy meglévő szerkezet esetén tényleges – helyének az átlagos tengerszinthez viszonyított magassági elhelyezkedése.

**Kivételes felszíni hóteher (exceptional snow load on the ground):** Az a teher, amelyet a kivételesen kis valószínűséggel jelentkező hóesés következtében a talajon kialakuló hóréteg okoz.

**A tető hóterhének karakterisztikus értéke (characteristic value of snow load on the roof):** A felszíni hóteher karakterisztikus értéke szorozva a megfelelő szorzótényezőkkel. Megjegyzés: E szorzótényezőket azon az alapon állapították meg, hogy a tető számított hóterhének előfordulási valószínűsége ne haladja meg a felszíni hóteher karakterisztikus értékének előfordulási valószínűségét.

**A tető felhalmozódás nélküli hóterhe (undrifted snow load on the roof):** A tetőn egyenletesen eloszló, a más éghajlati hatások működése előtt megvalósuló hóterhet leíró teherelrendezés, amelyet csak a tető alakja befolyásol.

**A tető felhalmozódott hóterhe (drifted snow load on the roof):** A tetőn például a szél hatására egyik helyről a másikra átmozgatott hóból származó teher eloszlását leíró teherelrendezés.

**A tető hóterhének alaki tényezője (roof snow load shape coefficient):** A tető hóterhének és a talaj felhalmozódás nélküli hóterhének hányadosa, a szél és a hőmérséklet hatásai nélkül.

**Hőmérsékleti tényező (thermal coefficient):** A tetőn átáramló, a hó megolvadását okozó hőnek a tető hóterhére gyakorolt hatását leíró együttható.

**Szél miatti tényező (exposure coefficient):** A hőhatásnak nem kitett tetőn kialakuló hótehercsökkenésnek vagy növekedésnek a felszíni hóteher karakterisztikus értékéhez viszonyított nagyságát megadó együttható.

**Kivételes hófelhalmozódás miatti teher (load due to exceptional snow load):** A kivételesen kis valószínűséggel előforduló hóeloszlásból a tetőn kialakuló hóréteg okozta terhet leíró teherelrendezés.

## 1.2. A hatások besorolása

Ha e szabvány másként nem rendelkezik, a hóterhet az EN0 szerinti értelemben esetleges, nem rögzített statikus hatásnak kell tekinteni.

A kivételes hóteher a földrajzi helytől függően rendkívüli hatásnak tekinthető.

A kivételes hófelhalmozódásból származó teher a földrajzi helytől függően rendkívüli hatásnak tekinthető.

## 1.3. Tervezési állapotok

### 1.3.1. Általános elvek

Az EN0-ban leírtakkal összhangban minden tervezési állapotra meg kell határozni a mértékadó hóterhet.

Helyi hatásokra (1.6. fejezet) az állandó/ideiglenes tervezési állapot érvényes.

### 1.3.2. Szokásos körülmények

Ahol kivételes hóteher és kivételes hófelhalmozódás várhatóan nem alakul ki, tartós/ideiglenes tervezési állapotot kell figyelembe venni mind a hófelhalmozódás nélküli, mind a hófelhalmozódást is tartalmazó teherelrendezésre.

### 1.3.3. Kivételes körülmények

Az alábbi esetekben az 1.4.3. és 1.5.2. fejezetekben leírtak szerinti tervezési állapotot kell figyelembe venni mind a hófelhalmozódás nélküli, mind a hófelhalmozódást is tartalmazó teherelrendezésre:

- Ha valahol kivételes hóteher kialakulhat, de kivételes hófelhalmozódás nem.
- Ha valahol kivételes hóteher várhatóan nem alakul ki, de kivételes hófelhalmozódás igen.
- Ha valahol kivételes hóteher és kivételes hófelhalmozódás egyaránt kialakulhat.

## 1.4. Felszíni hóteher

### 1.4.1. Karakterisztikus értékek

A felszíni hóteher karakterisztikus értékét ( $s_k$ ) az EN0 szerinti fogalom meghatározás szerint kell meghatározni.

Azokban a különleges esetekben, amelyekben pontosabb adatok szükségesek, a felszíni hóteher karakterisztikus értéke ( $s_k$ ) az építéshely közelében, kellően védett helyen végzett hosszú távú megfigyelések adatainak statisztikai feldolgozásával pontosítható. Megjegyzés: Mivel a mért legnagyobb téli értékek számában általában jelentős az eltérés, 20 évnél rövidebb mérési időszak erre a célra a legtöbb esetben nem alkalmas.

Ha egy adott helyen a hóteherre vonatkozó mérési adatok egyedi, kivételes értékeket tartalmaznak, amelyek nem kezelhetők a statisztika általános módszereivel, a karakterisztikus értéket e kivételes értékek figyelembevételével célszerű meghatározni.

A kivételes értékek az 1.4.3. szakasz szerint, a szokásos statisztikai módszerektől elkülönítve vehetők figyelembe.

### 1.4.2. További reprezentatív értékek

Az EN0 szerint a tetők hóterhének további reprezentatív értékei a következők:

- A kombinációs érték:  $\psi_0$  s
- A gyakori érték:  $\psi_1$  s
- A kváziállandó érték:  $\psi_2$  s

Épületek esetén a  $\psi_0$ ,  $\psi_1$  és  $\psi_2$  tényezők ajánlott értékét az épület tervezett helyének függvényében, az EN0 szerinti táblázatából célszerű felvenni, lásd MA\_7 előadás

### 1.4.3. A kivételes felszíni hóterhek kezelése

Ahol kivételes felszíni hóteher alakulhat ki, annak értéke a következőképpen határozható meg:

$$s_{Ad} = C_{esl} s_k$$

ahol:

$s_{Ad}$  a kivételes felszíni hóteher tervezési értéke az adott helyen;

$C_{esl}$  a kivételes hóterhek tényezője;

$s_k$  a felszíni hóteher karakterisztikus értéke az adott helyen.

Megjegyzés: A  $C_{esl}$  tényező értéke a nemzeti mellékletben határozható meg. A  $C_{esl}$  tényező ajánlott értéke 2,0.

## 1.5. Tetők hóterhei

### 1.5.1. A teher jellege

A tervezés során figyelembe kell venni, hogy a hó a tetőn több különböző elrendezésben is elhelyezkedhet.

A tető jellemzői és más befolyásoló tényezők közül a következőket célszerű kiemelni:

- a tető alakját;
- hőtani jellemzőit;
- felszínének érdességét;
- a tető alatt keletkező hó mennyiségét;
- a szomszédos épületek távolságát;
- a környező terepviszonyokat;
- a helyi meteorológiai viszonyokat, különösen a széljárást, a hőmérséklet ingadozását és a (hó vagy eső formájában hulló) csapadék előfordulási valószínűségét.

### 1.5.2. Teherelrendezések

A következő két elsődleges teherelrendezést kell figyelembe venni:

- a tető felhalmozódás nélküli hóterhe;
- a tető felhalmozódott hóterhe

A tetők hóterhét a következőképpen kell meghatározni:

a) a **tartós / ideiglenes** tervezési állapotokra:

$$s = \mu_i C_e C_t s_k$$

b) azokra a **rendkívüli tervezési állapotokra**, amelyekben a kivételes hóteher képezi a rendkívüli hatást c) albekezdése szerinti eset kivételével:

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

- c) azokra a rendkívüli tervezési állapotokra, amelyekben a kivételes hófelhalmozódás képezi a rendkívüli hatást a következő tetőfajtákra:
- összekapcsolódó nyeregtetőkre;
  - magasabb szerkezethez csatlakozó vagy ahhoz közeli tetőkre;
  - kiálló részek, akadályok és parapetfalak mögött felhalmozódó hőtömeggel terhelt tetőkre.
- Itt azt célszerű feltételezni, hogy a hófelhalmozódásból kivételes terhelés származik, és a tetőn másutt nincs hőtömeg.

$$S = \mu_i S_k$$

ahol:

$\mu_i$	a hóteher alaki tényezője;
$S_k$	a felszíni hóteher karakterisztikus értéke;
$S_{Ad}$	a kivételes felszíni hóteher tervezési értéke az adott helyen;
$C_e$	a szél miatti tényező;
$C_t$	a hőmérsékleti tényező.

A terhelést függőlegesnek célszerű feltételezni, és a tetőfelület vízszintes vetületére célszerű vonatkoztatni.

Ha a tetőn lévő hó mesterséges eltávolítására vagy átrendezésére lehet számítani, a tetőt az ennek megfelelő teherelrendezésekre célszerű tervezni. Megjegyzés: A jelen szakaszban előírt hóterhek csak a hó természetes elrendeződését veszik figyelembe.

Ahol a hóra eső hullhat és ennek következtében a hó megolvadhat és megfagyhat, ott a tető hóterhét célszerű növelni, különösen akkor, ha a hó és a jég eltorlaszolja a tető csapadékvíz-elvezető rendszerét.

A tető hóterhének meghatározása során célszerű figyelembe venni a  $C_e$  szél miatti tényezőt. A  $C_e$  tényező értékének megválasztásakor célszerű tekintetbe venni az építéshely környezetének fejlesztésére vonatkozó terveket. A terepviszonyok függvényében megadott eltérő előírás hiányában a  $C_e$  tényező értékét 1,0-re célszerű felvenni.

### 5.1. táblázat A $C_e$ tényező értéke a terepviszonyok függvényében

Terep	$C_e$
Szeles <sup>a</sup>	0,8
Szokásos <sup>b</sup>	1,0
Védett <sup>c</sup>	1,2

<sup>a</sup> Szeles terep: sík, akadálymentes területek, amelyeknek valamennyi oldalukon legfeljebb a terep, a magasabb építmények vagy a fák nyújtanak elhanyagolható mértékű védelmet.

<sup>b</sup> Szokásos terep: olyan területek, ahol a terepviszonyok, a szomszédos építmények vagy a fák miatt a szél nem hordja el jelentős mennyiségben a havat az építmények tetőszerkezetéről.

<sup>c</sup> Védett terep: olyan területek, amelyeken a vizsgált építmény sokkal alacsonyabban helyezkedik el a környező terepnél, illetőleg ahol magas fák és/vagy magasabb építmények fogják azt közre.

A  $C_t$  hőmérsékleti tényezőt a nagy ( $> 1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) hőátbocsátási tényezőjű tetők, különösen egyes üvegtetők hóterhének csökkentésére célszerű felhasználni, a hővesztésig miatti hóolvadás figyelembevételére. Minden más esetben:  $C_t = 1,0$

A tetők hóterhének **tervezési értékét** a következő összefüggés adja meg:

$$S_d = \gamma_s S \quad \text{ahol:}$$



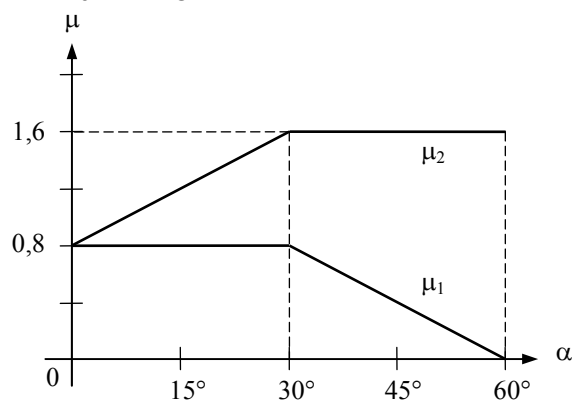
s: a vízszintessel a szöglet bezáró tetők vízszintes vetületére vonatkoztatott függőleges irányú hőteher alapértéke,  
 $\gamma_s$ : a hőteher parciális tényezője,  $\gamma_s = 1,5$ .

### 1.5.3. Tetők alaki tényezői

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

Különös figyelemmel célszerű meghatározni a hőteher alaki tényezőjét olyan tetők esetén, amelyek külső geometriája a hőteher jelentős megnövekedését okozhatja a lineáris keresztmetszetű teherformán érvényesülő hőteherhez képest.

A **nyeregtetők** következőkben ismertetésre kerülő változataihoz tartozó  $\mu_i$  alaki tényezők összefoglalása az alábbi ábrán illetve az azt követő táblázatban látható, ahol  $\alpha$  a tetősík vízszintessel bezárt hajlásszöge:



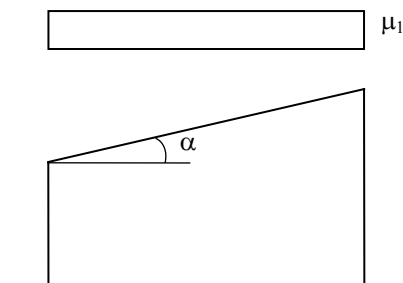
Nyeregtetők alaki tényezőinek összefoglalása.

Az ábrán:  $\mu_1$  alaki tényező a félnyereg- és nyeregtetőknél,  
 $\mu_2$  alaki tényező az összekapcsolódó nyeregtetőknél játszik szerepet.

Az táblázat értékei akkor érvényesek, ha a hó tetőről való lecsúszását semmi sem akadályozza. Ha a tetőn hófogó vagy más, a hó mozgását akadályozó elem helyezkedik el, illetőleg ha a tető alsó szélét parapetfal zárja le, akkor a hőteher alaki tényezője legalább 0,8 legyen.

#### 1.5.3.1 Félnyeregtetők

A figyelembe veendő teherelrendezést az alábbi ábra mutatja, a hozzájuk tartozó alaki tényezők számítási összefüggéseit és értékeit a korábbi ábra tartalmazza.

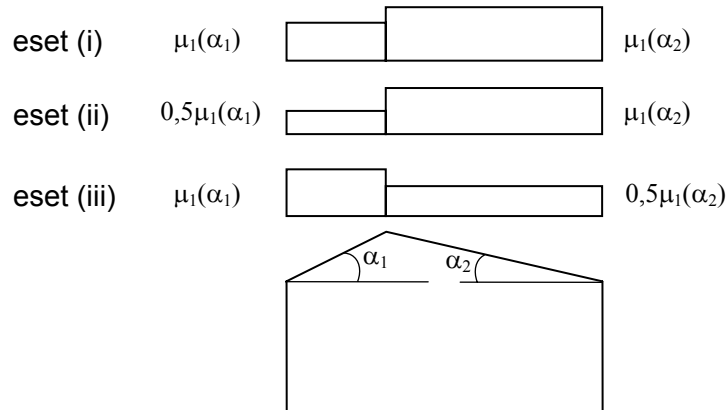


Ha a tetőn attikafal, hófogó vagy egyéb, a hó lecsúszását akadályozó szerkezet van, akkor a hőteher  $\mu_1$  alaki tényezőjének minimális értéke 0,8.

#### 1.5.3.2 Nyeregtetők

A figyelembe veendő teherelrendezéseket az alábbi ábra mutatja, a hozzájuk tartozó alaki tényezők számítási összefüggéseit és értékeit pedig a korábbi táblázat tartalmazza.

Az (i) jelű a szélhatás nélküli, míg az (ii) és az (iii) jelű a szél hatására módosult teheresetet mutatja. Ezek közül értelemszerűen a vizsgált hatás szempontjából mértékadót kell kiválasztani.



Hasonlóan a félnyereg tetők esetéhez ha a tetőn attikafal, hófogó vagy egyéb, a hó lecsúszását akadályozó szerkezet van, akkor a hóteher  $\mu_1$  alaki tényezőjének minimális értéke 0,8.

**1.5.3.3 Összekapcsolódó nyeregtetők**

**1.6. Helyi hatások**

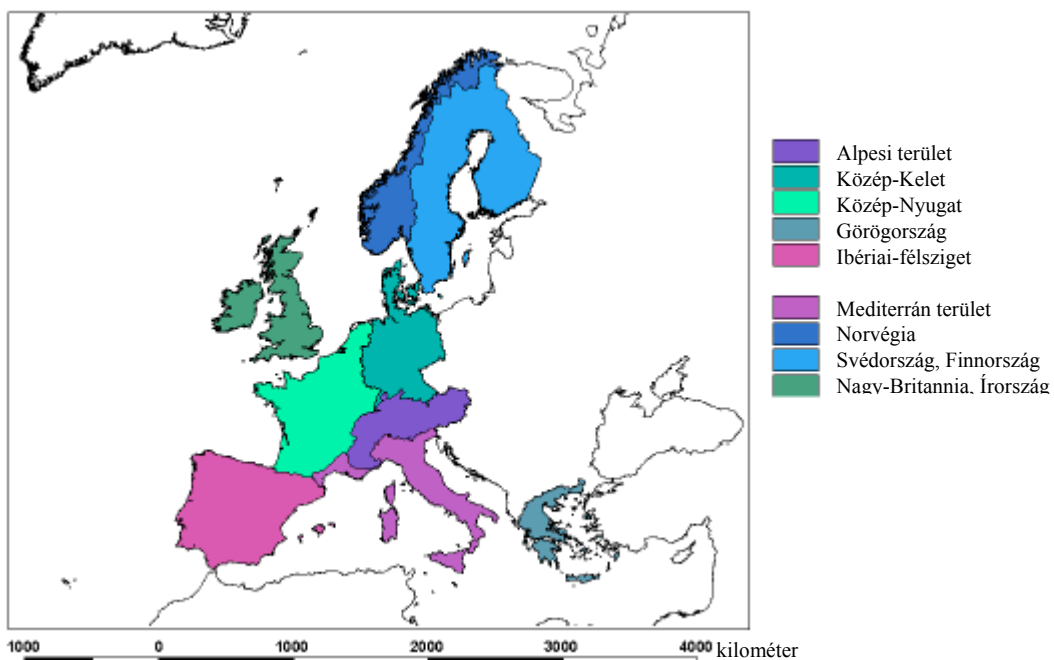
Ez a fejezet a következő esetek helyi vizsgálatához adja meg az erőket:

- hófelhalmozódás kiálló részek és akadályok mögött;
- a tető széle;
- hófogók.

A megadott erőket a tartós/ideiglenes tervezési állapotban kell figyelembe venni.

**1.7. Európai térképek a felszíni hóteher felvételéhez**

**Európai éghajlati területek**



## 1.8. A hó halmazsűrűsége

A hó halmazsűrűsége változó. Általában növekszik a hóréteg korával, és függ a földrajzi helytől, az éghajlati viszonyoktól és a tengerszint feletti magasságtól.

Hacsak a korábbi fejezetek másképp nem rendelkeznek, a felszíni hó átlagos halmazsűrűségeként az alábbi táblázatban megadott tájékoztató értékek vehetők figyelembe.

**A hó átlagos halmazsűrűsége**

A hó típusa	A hó térfogatsúlya [kN/m <sup>3</sup> ]
Friss	1,0
Megüledett (a havazás után több órával vagy nappal)	2,0
Régi (a havazás után több héttel vagy hónappal)	2,5 - 3,5
Nedves	4,0

## 1.9. Hóterhek a magyar méretezési előírások szerint

Végül is – figyelembe véve pl. a közelmúlt szélsőségesebb hóterheit -, az  $s_k$  felszíni hóteher **karakterisztikus értékét** Magyarország területén a következő összefüggés adja:

$$s_k = 0.25 \left( 1 + \frac{A}{100} \right) \left[ \frac{kN}{m^2} \right] \quad \text{ahol: } A \quad \text{a tengerszint feletti magasság [m]}$$

De a hóteher alsó korlátja Magyarországon 1,25 kN/m<sup>2</sup>, mely 400 m tengerszint feletti magasságnak felel meg.

## 2. SZÉLHATÁS

**Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások 1-4. rész: Általános hatások. Szélhatás**  
Eurocode 1: Actions on structures Part 1-4: General actions – Wind actions

### 2.1. Általános elvek

#### 2.1.1. Alkalmazási terület

Az EN 1991-1-4 az épületek és az építőmérnöki szerkezetek tartószerkezeti tervezésekor a természetes szélhatások meghatározására vonatkozó útmutatást tartalmaz minden figyelembevett terhelt felület esetére. Így vonatkozik a teljes tartószerkezetre, a tartószerkezet részeire vagy a tartószerkezethez kapcsolódó elemekre, pl. összetevőkre, burkolati egységekre és azok rögzítéseire, biztonsági korlátokra és zajvédő falakra.

Ez a rész érvényes:

- legfeljebb 200 m magasságú épületekre és építőmérnöki szerkezetekre
- legfeljebb 200 m-es támaszközt tartalmazó hidakra, feltéve, hogy azok kielégítik a dinamikai válaszra vonatkozó követelményeket.

Ez a rész földre alapozott tartószerkezetekre, azok alkotóelemeire és a hozzájuk kapcsolódó kiegészítő elemekre ható szélhatások karakterisztikus értékének meghatározása céljából készült.

A tartószerkezetre ható szélhatások meghatározásához szükséges bizonyos jellemzők a tartószerkezet elhelyezkedésétől, továbbá a meteorológiai adatok hozzáférhetőségétől és minőségétől, a terep típusától, stb. függnek

Ez a rész nem tartalmaz útmutatást a helyi hőmérsékleti hatásoknak a szélhatás karakterisztikus értékére gyakorolt hatásaival, pl. a sarkvidéki hőmérsékletű légrétegek gyors irányváltozásával, a tölcsérhatással vagy a tornádókkal kapcsolatban.

Ez a rész szintén nem tartalmaz útmutatást a következő esetekkel kapcsolatban:

- nem párhuzamos övű, rácsos szerkezetű tornyokra ható szélhatások,
- kihorgonyzott árbocokra és kihorgonyzott kéményekre ható szélhatások,
- csavarási rezgések, pl. központi merevítő maggal készült magasépületek esetén,
- híd-felszerkezetek rezgései keresztirányú szélörvények következtében,
- kábelhidak,
- olyan rezgések, ahol az alaprezgésnél magasabb sajátrezgéseket is figyelembe kell venni.

### 2.1.2. Fogalommeghatározások

**A szélesebbesség kiindulási alapértéke:** Éves, 0,02 meghaladási valószínűségű, 10 perces időintervallumon értelmezett átlagos, iránytól független szélesebbesség a nyíltvidéki, sík terepszint feletti 10 m magasságban a tengerszint feletti magasság figyelembevételével (ha szükséges).

**A szélesebbesség alapértéke:** A szélesebbesség kiindulási alapértékének a szélirány és (ha szükséges) az évszak figyelembevételével módosított értéke.

**Átlagos szélesebbesség:** A szélesebbesség alapértékének a beépítettség és a domborzat figyelembevételével módosított értéke.

**Nyomási tényező:** A külső nyomási tényezők az épületek külső felületeire ható szél következtében fellépő hatásokat adják meg; a belső nyomási tényezők az épületek belső felületeire ható szél következtében fellépő hatásokat adják meg. A külső nyomási tényezők vagy globális tényezők vagy helyi tényezők lehetnek. A helyi tényezők 1 m<sup>2</sup> vagy ennél kisebb terhelte felületekre vonatkozó nyomási tényezőket jelentik, pl. kisméretű szerkezeti elemek és rögzítések esetén; a globális tényezők a 10 m<sup>2</sup>-nél nagyobb terhelte felületekre vonatkozó nyomási tényezőket jelentik. A hasznos nyomási tényezők egy szerkezetre, tartószerkezeti elemre vagy egy alkotóelemre ható, egységnyi felületen fellépő eredő szélhatást adják meg.

**Erőtényező:** Az erőtényezők egy szerkezet, egy szerkezeti elem vagy egy alkotóelem egészére ható szél általános hatását adják meg, beleértve a súrlódási hatásokat is, ha azok az adott esetben nincsenek kifejezetten figyelmen kívül hagyva.

**Háttértényező-tényező:** A háttértényező azt veszi figyelembe, hogy a nyomás és a szerkezet felülete között nincs kölcsönösen egyértelmű összefüggés.

**Rezonanciaválasz-tényező:** A rezonanciaválasz-tényező egy adott sajátrezgésen rezonanciát okozó örvénylést veszi figyelembe.

## 2.2. Tervezési állapotok

Az EN 1990 szerint felvett összes tervezési állapothoz meg kell határozni a vonatkozó szélhatásokat. Az EN 1990-el összhangban általában figyelembe kell venni azokat a további hatásokat (mint pl. hó, forgalmi terhek vagy jég), melyek módosítják a szélből származó igénybevételeket.

Az EN 1990-el összhangban általában figyelembe kell venni az egyes megvalósítási fázisok során létrejövő szerkezeti változásokat (mint pl. a szerkezet különböző alakjai, dinamikai jellemzők, stb.), melyek módosíthatják a szélből származó igénybevételeket.

Ha a tervezés során azt feltételezték, hogy bizonyos ablakok és ajtók vihar esetén zárva vannak, akkor ezek nyitott állapotát és az ebből adódó helyzetet általában rendkívüli tervezési állapotként kell kezelni.

## 2.3. A szélhatások modellezése

A szélhatások az időben változnak és a zárt szerkezetek külső felületén közvetlenül fellépő nyomást fejtenek ki, továbbá a külső felület áteresztőképessége miatt közvetett módon a belső felületekre is hatnak. Nyitott szerkezetek belső felületére közvetlen módon is

működhetnek. A felületekre ható nyomások a tartószerkezet vagy az egyes burkolati elemek felületére merőleges irányú erőket eredményeznek. Továbbá olyan esetekben, amikor a szél a szerkezetek nagy felületeit súrolja, a felület síkjába eső súrlódási erők jelentős nagyságúak lehetnek.

A szélhatás olyan egyszerűsített nyomások és erők halmazát jelenti, melyekből származó igénybevételek egyenértékűek a turbulens szél következtében fellépő legnagyobb igénybevételekkel.

Egyéb előírás hiányában a szélhatásokat általában rögzített esetleges hatásnak kell tekinteni.

Az EN 1991-1-4 felhasználásával számított szélhatások karakterisztikus értékek, ezek a szélesebb vagy a torlónyomás alapértékein alapulnak. Az EN0 szerint az alapértékek éves, 0,02 meghaladási valószínűségű karakterisztikus értékek, melyekhez 50 év átlagos visszatérési idő tartozik. Megjegyzés: Minden, a szélhatások alapértékekből való meghatározásához alkalmazott együttható vagy modell úgy került megválasztásra, hogy a számított szélhatások előfordulási valószínűsége nem haladja meg ezen alapértékek előfordulási valószínűségét.

A szél tartószerkezetre gyakorolt hatása (azaz a szerkezet válasza) függ a tartószerkezet méretétől, alakjától és dinamikai jellemzőitől. Ez a rész a szélirányú, állandó amplitúdójú hajlítási alaprezgéssel rezonáns szélirányú örvénylésből származó dinamikai válasszal foglalkozik.

A tartószerkezet választását a befolyásolatlan szélmezőben a referenciamagasságban fellépő torlónyomás  $q_p$  csúcserőértékéből, az erő- és nyomási tényezőkből és a szerkezeti tényezőkből. A  $q_p$  függ a széllal kapcsolatos éghajlati jellemzőktől, a beépítettségtől, a domborzattól és a referenciamagasságtól. A  $q_p$  egyenlő az átlagos torlónyomás és a rövididejű nyomásváltozásokból származó többlet összegével.

## 2.4. A szélnyomás tervezési értéke

Az EN1 szerint az ilyen magasságú épületek dinamikai hatásokra nem érzékenyek, így ezen ismertetés nem tárgyalja a szél dinamikus hatásait; ezen kívül nem foglalkozik a szélsúrlódás kérdéseivel sem.

Az EN1 szerint a szél hatásai a felületre merőleges szélnyomás, vagy szélerők formájában modellezhetők. A továbbiakban csak a felületi szélnyomásokat tartalmazó modell kerül ismertetésre.

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

Egy épület adott külső felületére működő szélnyomás tervezési értékét a következő összefüggés adja meg:

$$W_d = \gamma_w W_e \quad \text{ahol:}$$

$w_e$  az épület külső felületén működő szélnyomás karakterisztikus értéke,

$\gamma_w$  a szélhatás parciális tényezője,  $\gamma_w = 1,5$ .

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

## 2.5. Az épület külső felületein működő szélnyomás a terepadottságokkal összefüggésben

A szélnyomás a szélességből valamilyen  $z$  magasságban az alábbi összefüggéssel számítható:

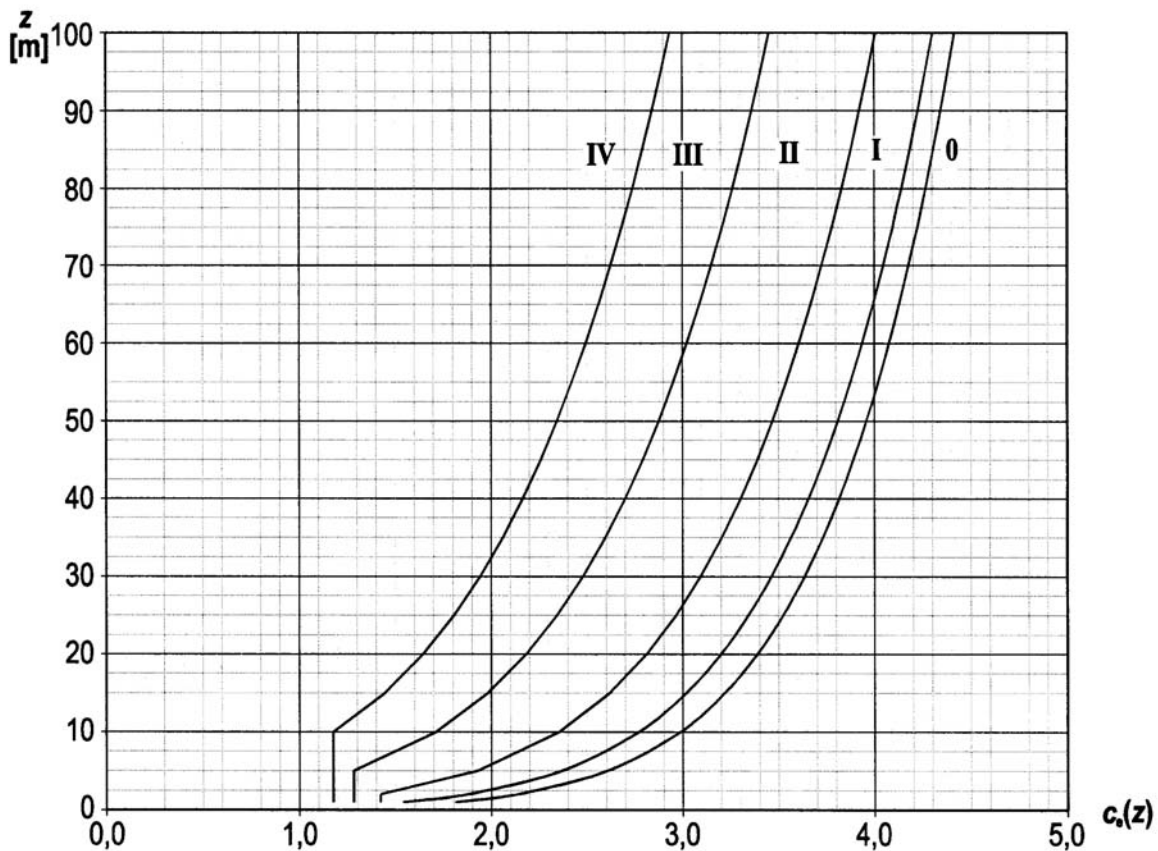
$$q_p = q_b c_e(z) \quad \text{ahol:}$$

$q_b$  az átlagos torlónyomás, ami egyben a szélteher karakterisztikus értékét jelenti és Magyarország területén  $q_b = 0,25 \text{ kN/m}^2$  veendő számításba.

$z$  referencia magasság;

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

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



A  $c_e(z)$  helyszíntényező értéke

## 2.6. Épületek külső nyomási tényezői

A következő ismertetés az épületek külső nyomási tényezőit tárgyalja, de ezen belül nem foglalkozik a donga alakú tetők és kupolák és összetett tetőzetek külső nyomási tényezőivel.

Az épületek külső felületeire ható szélnyomás:

$$w_e = q_p(z_e) c_{pe} \quad \text{ahol:}$$

$z_e$  az a) pont szerinti referencia magasság,  
 $q_p(z_e)$  referencia magasságtól függő szélnyomás,  
 $c_{pe}$  a külső nyomási tényező.

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

$$\begin{aligned} c_{pe} &= c_{pe,1} & \text{ha } A \leq 1 \text{ m}^2; \\ c_{pe} &= c_{pe,1} + (c_{pe,10} - c_{pe,1}) \log_{10} A & \text{ha } 1 \text{ m}^2 < A < 10 \text{ m}^2; \\ c_{pe} &= c_{pe,10} & \text{ha } 10 \text{ m}^2 \geq A, \end{aligned} \quad \text{ahol:}$$

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

A vizsgált épület szerkezeti elemire ható összegzett szélterő:

$$F_w = c_s c_d \sum_{\substack{\text{felület} \\ \text{elemek}}} w_e A_{ref} \quad \text{ahol:}$$

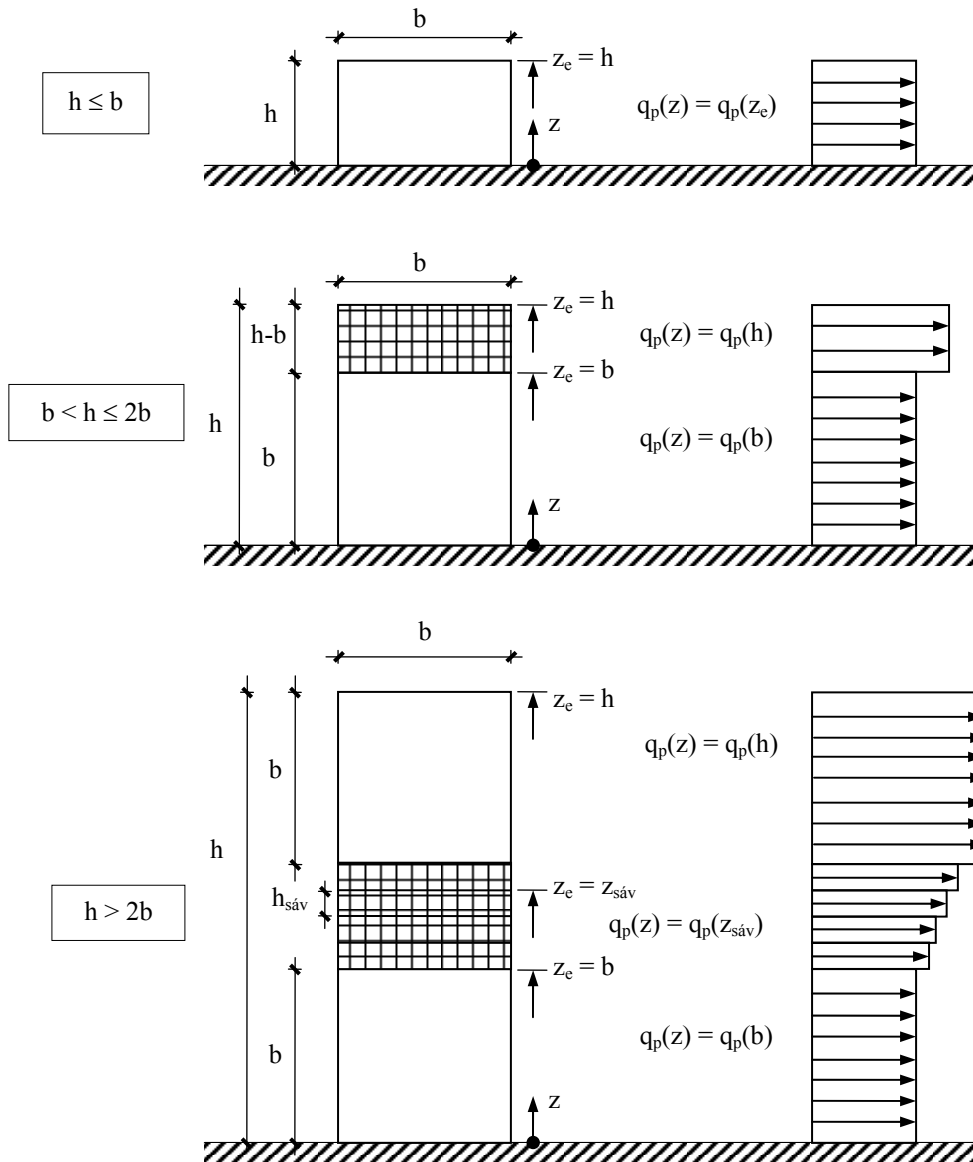
$c_s c_d$  szerkezeti tényező, mely a méret tényező ( $c_s$ ) és a szélhatás dinamikus tényezőjének ( $c_d$ ) szorzata. E szorzat értéke szokványos esetekben 1. Az ettől eltérő estekre vonatkozó szabályozást a EN 1991-1-4 szabvány 6. fejezete tartalmazza.

$A_{ref}$  az egyes részterületek nagysága.

### 2.6.1 A $z_e$ referencia magasság meghatározása a téglalap alaprajzú épületek függőleges falaihoz

A széltámadta oldalfal magassága mentén értelmezett különböző zónák nagyságát és az egyes zónákban figyelembe veendő  $z_e$  referenciamagasságot a 2.2.1. ábra szerint kell felvenni a széltámadta oldalfal  $h/b$  aránya alapján, ahol  $h$  a széltámadta oldalfal magassága,  $b$  pedig a szél irányára merőleges szélességi méret.

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



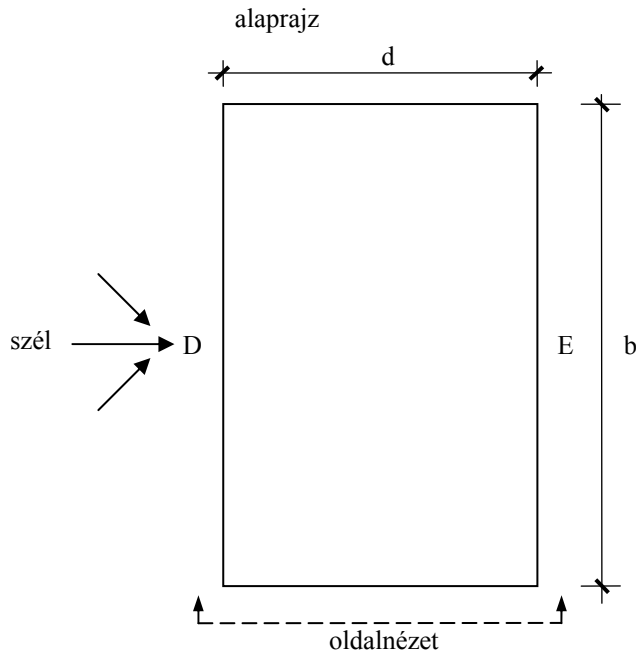
Az alábbi ábra alaprajzi nézetében értelmezett A, B, C, D és E zónáihoz tartozó  $c_{pe,1}$  ill.  $c_{pe,10}$  tényezők az ábrát követő táblázatban találhatóak. Az A, B és C zónák önmagukban egyensúlyi erőrendszert alkotnak, ezért a teljes épület merevítő rendszerének az ábrán megadott irányú szélteherre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

**Téglalap alaprajzú épületek függőleges oldalainak  $c_{pe,1}$  és  $c_{pe,10}$  külső nyomási tényezői**

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

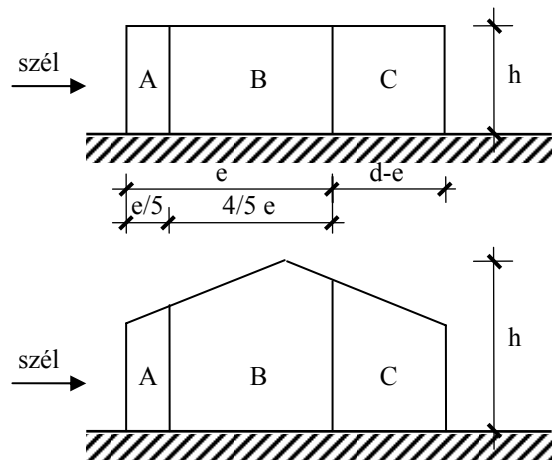
A  $d/h = 1$  ill.  $d/h = 10$  közé eső értékekre lineáris interpoláció alkalmazandó.



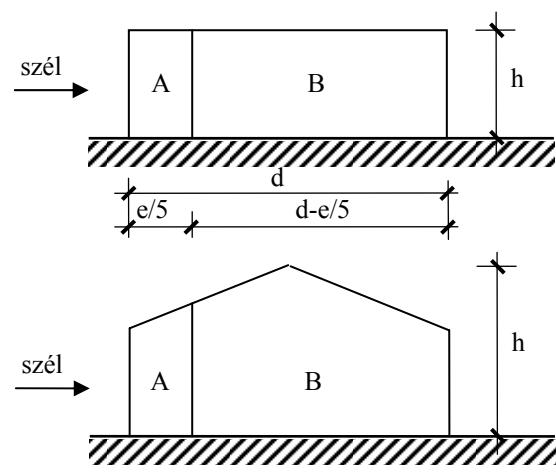


$$e = \min \begin{cases} b \\ 2h \end{cases}$$

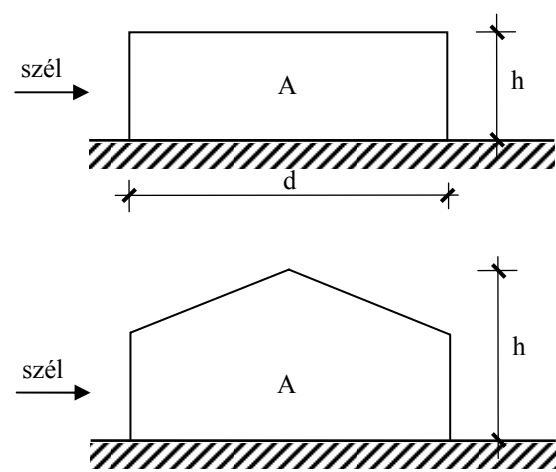
b: szélirányra merőleges méret  
 oldalnézet  $e < d$  esetén



oldalnézet  $e \geq d$  esetén



oldalnézet  $e \geq 5d$  esetén



**2.6.2 Lapostetők ( $\alpha < \pm 5^\circ$ )**

**2.6.3 Fél nyeregtetők**

**2.6.4 Nyeregtetők**

**3. HŐMÉRSÉKLETI HATÁS**

**Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások. 1-5. rész: Általános hatások.**

**Hőmérsékleti hatások**

Eurocode 1: Actions on structures. General actions. Thermal actions

**3.1. Általános elvek**

**3.1.1. Alkalmazási terület**

A szabvány az épületekre, a hidakra és más tartószerkezetekre, valamint ezek tartószerkezeti elemeire működő hőmérsékleti hatások meghatározásához ad meg

alapelveket és szabályokat. Tartalmazza az épületek burkolataira és egyéb, nem teherhordó jellegű részeire vonatkozó alapelveket is.

E szabvány megadja a tartószerkezeti elemek hőmérséklet-változásait. Tartalmazza továbbá a nap- és évszakonkénti hőmérséklet-változásnak kitett tartószerkezetek tervezése során figyelembe veendő hőmérsékleti hatások karakterisztikus értékét. Az ilyen hatásoknak nem kitett szerkezetek tervezése során hőmérsékleti hatást nem feltétlenül kell figyelembe venni.

Azokkal a szerkezetekkel, amelyekben a hőmérsékleti hatás alapvetően rendeltetészerű használatukból következik (például hűtőtornyok, silók, tartályok, meleg és hideg tárolóterek, meleg és hideg közművezetékek stb.), a 7. fejezet foglalkozik. A kéményekre az EN 13084-1 vonatkozik.

### 3.1.2. Szakkifejezések és meghatározásuk

**Hőmérsékleti hatások (thermal actions):** A tartószerkezetre vagy a tartószerkezeti elemre működő hőmérsékleti hatások a hőmérséklet-eloszlás adott időszakban bekövetkező változásából származó hatásokat jelentik.

**Árnyékban mért léghőmérséklet (shade air temperature):** Az árnyékban mért léghőmérséklet egy fehérre festett, szellőzőnyílásokkal ellátott fadobozban, az úgynevezett Stevenson-ernyőn elhelyezett hőmérőkkel mért hőmérséklet.

**Árnyékban mért legmagasabb léghőmérséklet,  $T_{max}$  (maximum shade air temperature):** Az árnyékban mért legmagasabb léghőmérséklet az árnyékban mért léghőmérsékletnek az óránként mért legnagyobb értékek alapján számított, 0,02 éves meghaladási valószínűségű (amely 50 év átlagos visszatérési idővel egyenértékű) éves értéke.

**Árnyékban mért legalacsonyabb léghőmérséklet,  $T_{min}$  (minimum shade air temperature):** Az árnyékban mért legalacsonyabb léghőmérséklet az árnyékban mért léghőmérsékletnek az óránként mért legkisebb értékek alapján számított, 0,02 éves meghaladási valószínűségű (amely 50 év átlagos visszatérési idővel egyenértékű) éves értéke.

**Kezdeti hőmérséklet,  $T_0$  (initial temperature):** A tartószerkezeti elem alakváltozásainak megállításakor (kivitelezésének befejezésekor) működő hőmérséklet.

**Burkolat (cladding):** Az épület időjárási hatásokkal szembeni védelemre szolgáló része. A burkolat általában csak saját önsúlyát és/vagy a szélterhet viseli.

**Egyenletes hőmérséklet-változás (uniform temperature component):** A keresztmetszet mentén állandó hőmérséklet, amely meghatározza a szerkezeti elem vagy a szerkezet tágulását vagy összehúzódását (hidakra ugyanezt gyakran "effektív" hőmérsékletnek nevezik, de e szabványban egységesen az "egyenletes" megjelölést használjuk).

**Egyenlőtlen hőmérséklet-változás (temperature different component):** A szerkezeti elem hőmérséklet-eloszlásának az a része, amely a szerkezeti elem széle és a belsejében elhelyezkedő tetszőleges pont hőmérsékletének különbségét adja.

### 3.2. A hatások besorolása

A hőmérsékleti hatásokat az EN0 szerint esetleges, közvetett hatásnak kell tekinteni

Eltérő megjelölés hiányában a hőmérsékleti hatások e szabvány szerinti értékei mindig karakterisztikus értékek. Eltérő rendelkezés hiányában – mint például ideiglenes tervezési állapotokra – a hőmérsékleti hatások e szabvány szerinti értékei mindig 0,02 éves meghaladási valószínűségűek.

### 3.3. Tervezési állapotok

Az EN 1990-nel összhangban minden mértékadó tervezési állapotra meg kell határozni a mértékadó hőmérsékleti hatásokat. Megjegyzés: A nap- és évszakonkénti, éghajlati vagy használati okokból származó hőmérséklet-változásnak nem kitett szerkezetek tervezése során hőmérsékleti hatást nem feltétlenül kell figyelembe venni.

Ki kell mutatni, hogy a teherviselő szerkezet elemeiben a hőmérsékleti hatások következtében fellépő mozgások nem okoznak túlzott feszültségeket. A túlzott feszültségek kialakulása ellen az épület dilatációs szakaszokra bontásával lehet védekezni, vagy ezeket a feszültségeket a tervezéskor figyelembe kell venni.

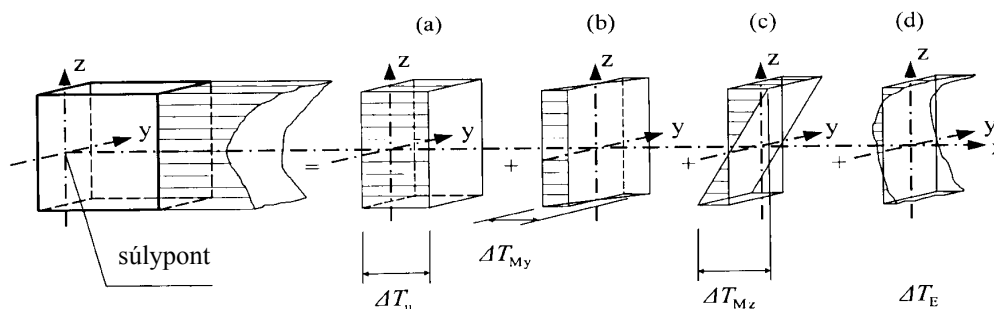
### 3.4. A hatások leírása

Az árnyékban mért léghőmérséklet nap- és évszakonkénti változásai, a napsugárzás, a másodlagos sugárzások stb. következtében a tartószerkezet egyes elemeiben változik a hőmérséklet-eloszlás.

A hőmérsékleti hatások nagysága a helyi éghajlati viszonyoktól függ, de emellett szerepet játszik a szerkezet tájolása, összömege, burkolatai (például az épületek külső falburkolata), valamint épületek esetén a fűtési és szellőztetési rendszer, illetőleg a hőszigetelés.

Egy adott tartószerkezeti elemen belül a hőmérséklet-változás felosztható a következő négy alapösszetevőre, amint azt a 4.1. ábra szemlélteti:

- egyenletes hőmérséklet-változás,  $\Delta T_u$ ;
- z-z tengely menti lineáris hőmérséklet-változás,  $\Delta T_{Mz}$ ;
- y-y tengely menti lineáris hőmérséklet-változás,  $\Delta T_{My}$ ;
- nemlineáris hőmérséklet-változás,  $\Delta T_E$ . Ez utóbbi olyan, önmagában egyensúlyban lévő feszültségeloszlást eredményez, amely a tartószerkezeti elem egészének vizsgálatakor elhanyagolható.



A hőmérséklet-változás összetevőinek sematikus ábrája

Az alakváltozások, és ebből következően a feszültségek is, függenek a vizsgált tartószerkezeti elem geometriájától és peremfeltételeitől, továbbá a felhasznált anyag fizikai jellemzőitől. Ha különböző lineáris hőtágulási együtthatójú anyagokat alkalmazunk együttműködő szerkezetben, akkor a hőmérsékleti hatást célszerű figyelembe venni.

A hőmérsékleti hatásból származó igénybevételek és alakváltozások számítását az anyagok lineáris hőtágulási együtthatója felhasználásával célszerű meghatározni.

A hőmérsékleti összetevőkből származó igénybevételek és alakváltozások számításához egyes, gyakran előforduló anyagok lineáris hőtágulási együtthatóját a szabvány C1. táblázata adja meg, beton esetén ez  $1 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$  értékre vehető fel.

### 3.5. Épületek hőmérséklet-változásai

#### 3.5.1. Általános elvek

Az éghajlati és használati eredetű hőmérséklet-változások okozta hőmérsékleti hatásokat az épületek tervezése során akkor kell figyelembe venni, ha a hőhatás miatti alakváltozások és/vagy feszültségek következtében a szerkezet túllépheti teherbírási vagy használhatósági határállapotát.

A hőmérséklet-változás miatti térfogatváltozást, illetőleg feszültségeket befolyásolhatja továbbá:

- a szomszédos épületek árnyékoló hatása;
- eltérő lineáris hőtágulási együtthatójú és hőátadási képességű anyagok használata;
- eltérő egyenletes hőmérsékletű, eltérő alakú keresztmetszetek használata.

A nedvesség és más környezeti tényezők ugyancsak befolyásolhatják a szerkezeti elemek térfogatának megváltozását.

### 3.5.2. A hőmérsékletek meghatározása

Épületekben az éghajlati és használati eredetű hőmérséklet-változások okozta hőmérsékleti hatásokat a jelen szakasz szerint, a nemzeti (regionális) adatok és tapasztalatok figyelembevételével célszerű meghatározni.

Az éghajlati hatásokat az árnyékban mért léghőmérséklet és a napsugárzás változásai alapján kell figyelembe venni. A rendeltetészerű használatból (melegítésből, technológiai vagy ipari folyamatokból) származó hatásokat az adott esetnek megfelelően, egyedi módon kell felvenni.

A szerkezeti elemre működő, éghajlati és használati eredetű hőmérsékleti hatásokat a következő alapvető mennyiségekkel kell megadni:

- a  $\Delta T_u$  egyenletes hőmérsékleti összetevővel, amelyet a szerkezeti elem  $T$  átlagos hőmérsékletének és  $T_0$  kezdeti hőmérsékletének különbsége ad;
- a keresztmetszet, illetőleg a keresztmetszetet alkotó egyes rétegek külső és belső felületén érvényes hőmérséklet különbségeként adódó  $\Delta T_M$  lineárisan változó hőmérsékleti összetevővel;
- a szerkezet különböző részeinek átlagos hőmérséklete közötti különbség által meghatározott  $\Delta T_p$  hőmérséklet-különbséggel.

Megjegyzés: A  $\Delta T_M$  és  $\Delta T_p$  értéke eseti alapon, egyedileg előírható.

A  $\Delta T_u$ ,  $\Delta T_M$  és  $\Delta T_p$  összetevőkön kívül szükség szerint helyi hőmérsékleti hatásokat is célszerű figyelembe venni (például a teherhordó szerkezeti elemek vagy burkolatok megtámasztásainál vagy lerögzítéseinél). A hőmérsékleti hatásokat az épület helyének és szerkezeti kialakításának megfelelően kell meghatározni.

### 3.5.3. A hőmérséklet-eloszlások meghatározása

A szereplő  $T$  hőmérsékletet a szerkezeti elem téli vagy nyári átlagos hőmérsékletéből, egy adott hőmérséklet-eloszlás alapján célszerű meghatározni. Szendvicsszerkezetű elem esetén a  $T$  egy adott réteg átlagos hőmérsékletét jelenti.

1. MEGJEGYZÉS: A hővezetési elmélet módszereit a Szabvány D melléklete tartalmazza.

2. MEGJEGYZÉS: Ha a szerkezeti elem egyetlen rétegből áll, és a környezeti feltételek mindkét oldalon azonosak, akkor  $T$  értéke közelítően a  $T_{in}$  belső és a  $T_{out}$  külső környezeti hőmérséklet számtani közepeként határozható meg.

#### Tájékoztató adatok a $T_{in}$ belső környezeti hőmérsékletre

Évszak	$T_{in}$ hőmérséklet
Nyár	$T_1$
Tél	$T_2$
Magyarországon $T_1 = 20 \text{ °C}$ és $T_2 = 25 \text{ °C}$ .	

**Tájékoztató adatok a földfelszín felett elhelyezkedő szerkezeti elemek  $T_{out}$  hőmérsékletére**

Évszak	Jelentős tényező	$T_{out}$ hőmérséklet °C-ban	
Nyár	Relatív hőelnyelő képesség a felület színétől függően	0,5 világos, fényes felület	$T_{max} + T_3$
		0,7 világos, színes felület	$T_{max} + T_4$
		0,9 sötét felület	$T_{max} + T_5$
Tél		$T_{min}$	
Magyarországon $T_{max} = 35^{\circ}\text{C}$ ; $T_{min} = -15^{\circ}\text{C}$ ; $T_3 = 0^{\circ}\text{C}$ , $T_4 = 2^{\circ}\text{C}$ és $T_5 = 4^{\circ}\text{C}$ felvétele ajánlott északkeleti, $T_3 = 18^{\circ}\text{C}$ , $T_4 = 30^{\circ}\text{C}$ és $T_5 = 42^{\circ}\text{C}$ pedig délnyugati vagy vízszintes tájolású szerkezeti elemek esetén.			

Ha erre vonatkozó adatok nem állnak rendelkezésre, akkor a  $T_{max}$  és  $T_{min}$  fenti értékeit az adriai tengerszint feletti magasság (mAf.) függvényében a következőképpen kell módosítani:

- ha az épület  $\pm 0,00$  m szintjének tengerszint feletti magassága nem nagyobb, mint 200 mAf., akkor a  $T_{max}$  és a  $T_{min}$  fenti értékeit módosítás nélkül kell alkalmazni.
- ha az épület  $\pm 0,00$  m szintjének tengerszint feletti magassága nagyobb, mint 200 mAf., akkor a  $T_{min}$  értékét 100 m-enként  $0,5^{\circ}\text{C}$ -kal, a  $T_{max}$  értékét 100 m-enként  $1,0^{\circ}\text{C}$ -kal kell csökkenteni.

A tervezés során egy épület teljes magassága mentén az adott épület  $\pm 0,00$  m szintjére meghatározott  $T_{max}$  és  $T_{min}$  értékeket kell figyelembe venni.

A fentiekől eltérő tájolás vagy a vízszintessel bezárt szög mértékétől függően a fenti értékek között lineáris interpoláció alkalmazható.

### 3.6. Hidak hőmérséklet-változásai

A hidakra vonatkozó szabályokat az MA\_10 előadás tartalmazza.

### 3.7. Ipari kémények, csővezetékek, silók, tartályok és hűtőtornyok hőmérséklet-változásai

Az áramló meleg gázokkal vagy folyadékokkal, illetőleg eltérő hőmérsékletű anyagokkal érintkező szerkezeteket (például ipari kéményeket, csővezetékeket, silókat, tartályokat és hűtőtornyokat) az adott helyzetnek megfelelően a következő hőmérsékleti hatásokra kell tervezni:

## 4. PÉLDÁK TETŐFÖDÉMEK TEHERKOMBINÁCIÓIRA

### 4.1 Tetőfödém teher tervezési értéke a teherbírasi határállapot vizsgálatához

A következő példa egy lakóépület járható lapos tetőfödémje. A födémre – végleges állapotban – szél- és hóteher hat. A teherbírasi határállapot ellenőrzésére szolgáló kombinációban vizsgálandó, hogy hasznos -, a szél- vagy a hóteher kiemelése ad-e nagyobb értéket, lásd MA\_7 előadás összefüggéseit.

$$p_d = \max \begin{cases} \gamma_{G,\text{sup}} g_k + \gamma_Q \psi_0 q_k + \gamma_Q \psi_{0,w} w_k + \gamma_Q \psi_{0,s} s_k \\ \xi \gamma_{G,\text{sup}} g_k + \gamma_Q q_k + \gamma_1 \psi_{0,w} w_k + \gamma_Q \psi_{0,s} s_k \\ \xi \gamma_{G,\text{sup}} g_k + \gamma_Q w_k + \gamma_Q \psi_{0,q} q_k + \gamma_Q \psi_{0,s} s_k \\ \xi \gamma_{G,\text{sup}} g_k + \gamma_Q s_k + \gamma_Q \psi_{0,q} q_k + \gamma_Q \psi_{0,w} w_k \end{cases}$$

A megfelelő parciális és kombinációs tényezőkkel (MA\_7 előadás):

$$p_d = \max \begin{cases} 1.35 g_k + 1.5 \cdot 0.7 q_k + 1.5 \cdot 0.6 w_k + 1.5 \cdot 0.6 s_k = 1.35 g_k + 1.05 q_k + 0.9 w_k + 0.9 s_k \\ 0.85 \cdot 1.35 g_k + 1.5 q_k + 1.5 \cdot 0.6 w_k + 1.5 \cdot 0.6 q_{hó} = 1.15 g_k + 1.5 q_k + 0.9 w_k + 0.9 s_k \\ 0.85 \cdot 1.35 g_k + 1.5 w_k + 1.5 \cdot 0.7 q_k + 1.5 \cdot 0.6 q_{hó} = 1.15 g_k + 1.5 w_k + 1.05 q_k + 0.9 s_k \\ 0.85 \cdot 1.35 g_k + 1.5 s_k + 1.5 \cdot 0.7 q_k + 1.5 \cdot 0.6 w_k = 1.15 g_k + 1.5 s_k + 1.05 q_k + 0.9 w_k \end{cases}$$

Megjegyezzük, hogy amennyiben az önsúly nem mutatkozna egyértelműen dominánsnak, akkor a fenti EC<sub>1</sub> és EC<sub>2</sub> kombinációhoz még további 2 esetet kellene vizsgálni. Az EC<sub>1</sub> és EC<sub>2</sub> kombináció vizsgálata mellett nem feledkezhetünk meg a hóteherre vonatkozó rendkívüli tervezési helyzetről sem. Ennek vizsgálatára szolgáló hatáskombináció aktualizálásával:

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

Ebben a kombinációban a földem hasznos terhének valamint a széltehernek az egyidejűségi tényezője 0.

#### 4.2.2 A teher tervezési értéke a tetőfödém függőleges eltolódásának vizsgálatához

Ha a tetőfödém lehajlását szeretnénk vizsgálni, akkor az ehhez szükséges kvázi-állandó kombinációt az alábbi módon kell összeállítani (MA\_7 előadás).

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

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

$$g_{ser,c} = g_k + 0.3 q_k$$

## 5. IRODALOM

- MSZ EN 1990 Eurocode: A tartószerkezeti tervezés alapjai (2003. augusztus 1.-én közzétett angol nyelvű változatának 2004. év május 1.-én megjelent magyar nyelvű változata).
- MSZ EN 1991-1-3 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások 1-3. rész: Általános hatások. Hóteher.
- MSZ EN 1991-1-4 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások 1-4. rész: Általános hatások. Szélhatás.
- MSZ EN 1991-1-5 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások 1-5. rész: Általános hatások. Hőmérsékleti hatások.
- Farkas Gy.- Huszár Zs.-Kovács T.- Szalai K.: Betonszerkezetek méretezése az Eurocode alapján, közúti hidak, épületek. Terc. 2006.
- Huszár Zs.- Lovas A.- Szalai K.: Tartószerkezeti hatások az Eurocode szerint. Közúti és Mélyépítési Szemle 56. évfolyam 7-8. szám, 2006. október. Budapest.

## 1. A KÖZÚTI HIDAK TERVEZÉSÉNEK ALAPJAI

A tartószerkezetek tervezésének Eurocode (EC) szerinti alapelveit a korábbi előadások tartalmazták. Más tartószerkezetekhez hasonlóan a hidak tartószerkezetét is a határállapot-koncepció alapján, a parciális tényezők módszerének alkalmazásával kell megtervezni.

A **határállapot-koncepció** szerinti tervezés során meg kell különböztetni

- teherbírási és
- használhatósági határállapotokat

A végleges jellegű hidak előírányzott **tervezési élettartama** 100 év. Ideiglenes jellegű hidakat általában 5-10 év tervezési élettartamra lehet tervezni.

A **tervezési állapotok** megkülönböztetésével a vizsgált tartószerkezet alapvető működési körülményeit, ill. e működési körülmények közötti különbségeket lehet jellemezni. A tervezés során általában négy tervezési állapotot kell megkülönböztetni, melyek hidak esetén a következők lehetnek:

- tartós tervezési állapot (üzemszerű működési körülmények)
- ideiglenes tervezési állapot (átmeneti, rövid ideig tartó, nem üzemszerű működési körülmények, pl. építés, átépítés, felújítás, megerősítés, stb.)
- rendkívüli tervezési állapot (kivételes esetekben előforduló működési és használati körülmények, pl. ütközések)
- szeizmikus tervezési állapot (földrengés esetén).

A teherbírási határállapotokra vonatkozó erőtani követelmények teljesülését mindegyik tervezési állapotban igazolni kell. A használhatósági határállapotokat csak bizonyos tervezési állapotokban kell igazolni.

A **parciális tényezők módszere** szerint az erőtani követelmények általában a hatásoldali jellemzők (általában igénybevételek) tervezési értékeinek és az ellenállás-oldali jellemzők (általában igénybevételek) tervezési értékeinek az összehasonlítását jelentik.

A hatásoldali igénybevételeket ill. azok tervezési értékét az egyes hatások reprezentatív ( $F_{rep}$ ) ill. tervezési ( $F_d$ ) értékéből és a geometriai méretek névleges ( $a_{nom}$ ) ill. tervezési ( $a_d$ ) értékéből kell meghatározni általánosan elfogadott statikai módszerek alkalmazásával. A hatások reprezentatív és tervezési értékeinek értelmezését az MA\_4 tartalmazza. Egy hatásnak több reprezentatív értéke van, a hozzá tartozó előfordulási valószínűség mértékétől függően.

A hatásoldali jellemzők előállításakor a hatásokat (általában a belőlük származó igénybevételeket) – tekintettel a hatások egyidejűségére és az eredő hatásoldali jellemző (általában igénybevétel) előírányzott előfordulási valószínűségére – hatáskombinációkba kell csoportosítani. A hatások a hatáskombinációkban reprezentatív értékeikkel szerepelnek.

Egy hatás fő reprezentatív értéke a *karakterisztikus érték*, amely lehet

- várható érték
- adott előfordulási valószínűséghez tartozó alsó vagy felső érték (kvantilis).

Az egyes hatásokat általában a karakterisztikus értékekkel definiálják, ez alól kivétel a rendkívüli hatás, melynek – az előidéző rendkívüli körülmény értelmezéséből adódóan – csak tervezési értéke van.

## 2. HIDAKAT TERHELŐ ERŐK ÉS HATÁSOK

A hidakat érő hatások lehetnek állandó, esetleges, rendkívüli és szeizmikus hatások.

### 2.1. Állandó jellegű terhelő erők és hatások

Állandó jellegű terhelő erőn és hatáson olyan hatást kell érteni, mely a híd tervezési élettartama során nagy valószínűséggel (~85%) mindvégig működik és nagyságának időbeni változása elhanyagolható, vagy ez a változás – egy bizonyos határérték eléréséig – mindvégig monoton.

Ha az állandó hatás változékonysága (pl. önsúly) elhanyagolható, akkor annak karakterisztikus értékét a várható értékkel (vagy a névleges geometriai méretekből és névleges térfogatsúlyokból meghatározott értékkel) szabad azonosnak tekinteni ( $G_k$ ).

Ha az állandó hatás változékonysága nem hanyagolható el (pl. földnyomás), akkor egy alsó ( $G_{k,inf}$ ) és egy felső ( $G_{k,sup}$ ) karakterisztikus értéket kell meghatározni a hatás változékonyságának mértékétől függően. Általában megfelelő, ha az alsó karakterisztikus értéket az 5%-os, a felső karakterisztikus értéket a 95%-os kvantilisben határozzák meg.

Közúti hidak esetén - ha ilyen fellép, akkor - állandó hatásként általában

- a tartószerkezeti és nem tartószerkezeti elemek önsúlyát
- a földnyomást
- a víznyomást (talajvíznyomás, áramlási nyomás)
- a támaszmozgásokat
- az időben lejátszódó lassú alakváltozások (a beton zsugorodása és kúszása, az acélok relaxációja) következményeit
- a feszítést
- a saruellenállást kell figyelembe venni.

Az áramlási nyomásból származó hidrodinamikus erőt az adott körülményektől (a hatás tartósságától) függően esetleges hatásként is figyelembe lehet venni.

### 2.1.1. Önsúly

A hídon lévő tartószerkezeti és nem tartószerkezeti elemek önsúlyának  $G_k$  karakterisztikus értékét az anyagok névleges térfogatsúlyai és a névleges geometriai méretek alapján kell meghatározni.

A hidakra felhordott burkolatok önsúlyát a következő térfogatsúlyok alkalmazásával lehet meghatározni:

- betonburkolat 25 kN/m<sup>3</sup>
- hengereltaszfalt burkolat 23-24 kN/m<sup>3</sup>
- öntöttaszfalt burkolat 24-25 kN/m<sup>3</sup>

Ha az önsúly egyes összetevői (pl. a nem tartószerkezeti elemek önsúlya) esetén a térfogatsúlyok vagy a geometriai méretek bizonytalansága számottevő, akkor célszerű az önsúly alsó ( $G_{k,inf}$ ) és felső ( $G_{k,sup}$ ) karakterisztikus értékeinek az alkalmazása.

### 2.1.2. Földnyomás

### 2.1.3. Víznyomás

### 2.1.4. Támaszmozgások

### 2.1.5. Lassú alakváltozások

### 2.1.6. Feszítés

### 2.1.7. Saruellenállás

## 2.2. Esetleges hatások

Egy esetleges hatásnak ( $Q$ ) a összesen négy reprezentatív értéke van, melyek az előfordulási valószínűség nagysága alapján különböznek egymástól. Ezek (jelöléssel együtt) a következők:

- karakterisztikus érték  $Q_k$
- kombinációs érték  $\Psi_0 Q_k$
- gyakori érték  $\Psi_1 Q_k$
- kvázi-állandó érték  $\Psi_2 Q_k$

ahol a  $\Psi_0$ ,  $\Psi_1$  és  $\Psi_2$  az ún.  $\Psi$ -tényezők.

A kombinációs értéket más esetleges hatásokkal való egyidejűség figyelembevételére kell alkalmazni, a gyakori érték az adott hatás üzemszerű működési körülmények között fellépő mértékét modellezi, míg a kvázi-állandó érték a hatás tartós részének figyelembevételére szolgál.



Meteorológiai jellegű hatások esetén (szélhatás, hőmérsékleti hatás) a karakterisztikus érték általában (egy évnél hosszabb tervezési állapot esetén) az egy éves referencia-időszakhoz tartozó, 0,02 meghaladási valószínűségű érték (mely 50 éves visszatérési időnek felel meg). Egy évnél rövidebb időtartamú ( $T$ ) tervezési állapot esetén (pl. a megvalósítás során) a visszatérési idők ( $\tau$ ) a következők:

- 3 hónap  $< T \leq 1$  év esetén  $\tau = 10$  év,
- 3 nap  $< T \leq 3$  hónap esetén  $\tau = 5$  év,
- $T \leq 3$  nap esetén  $\tau = 2$  év.

A hidak főtartószerkezeteinek vizsgálatánál figyelembe veendő forgalmi tehermodellek karakterisztikus értékei 50 éves referencia-időszakhoz tartozó 0,05 meghaladási valószínűségű értékek (melyek 1000 éves visszatérési időnek felelnek meg).

Ugyanezen tehermodellek gyakori értékei 1 hét visszatérési időnek megfelelő értékek.

A kvázi-állandó érték általában az adott referencia-időszakhoz tartozó 0,5 meghaladási valószínűségű érték. Emiatt pl. hidak forgalmi terhei és a meteorológiai terhek esetén a kvázi-állandó érték általában zérus vagy nincs értelmezve.

Hidak tervezésekor esetleges hatásként

- a tartós és ideiglenes tervezési állapotok vizsgálata során általában
  - a hidak és a hídfők mögötti töltések (forgalomból származó) forgalmi terheit
  - a fáradást okozó hatásokat
  - a szélhatást
  - hőmérsékleti hatásokat
  - a jég, az áramló víz és a hullámverés által okozott hatásokat
  - a saruellenállást
  - az építési terheket
- a rendkívüli tervezési állapotok vizsgálata során (rendkívüli hatások) a fentiekén kívül általában
  - végleges állapotban a közúti járműforgalomból adódóan
    - a híd alatt vagy a hídon áthaladó járműveknek a híd tartószerkezeteivel való ütközéséből és
    - a hídon áthaladó járművek kerekeinek a gyalogjárdán vagy a kerékpárúton való megjelenéséből
  - a megvalósítás során döntően az emberi tevékenységből adódó
    - ütközésekből, beakadásokból, leesésekből, lokális tönkremenetelekből
- szeizmikus tervezési állapot vizsgálata során (szeizmikus hatás)
  - a földrengésből

származó hatásokat kell figyelembe venni.

Az áramlási nyomásból származó hidrodinamikus erőt az adott körülményektől (a hatás tartósságától) függően állandó hatásként is figyelembe lehet venni.

### 3. ESETLEGES HATÁSOK KÖZÚTI HIDAK TERVEZÉSÉHEZ

A járműforgalomból származó hatások közül csak a közúti járműforgalomból származó hatásokat ismertetjük, a vasúti járműforgalomból származó hatásokkal más kiadványok foglalkoznak.

#### 3.1. Közúti járműforgalomból származó terhek

A legfeljebb 200 m terhelt hosszal rendelkező közúti hidak tervezésekor forgalmi (hasznos) teherként

- az útpályán (kocsipályán) a közúti forgalom hatását leíró függőleges (3.1.3. pont) és vízszintes (3.1.4. pont) tehermodelleket,
- a közúti hidak gyalogjárdáin pedig az 3.1.5. pont szerinti terheket kell alkalmazni.

Mindegyik tehermodell tartalmazza a forgalomból származó dinamikus hatást, azaz külön dinamikus tényező alkalmazására (az egyedi (pl. az illetékes hatóság által külön előírt) esetektől eltekintve) nincs szükség.

Ha a híd terhelt hossza nagyobb, mint 200 m, akkor a főtartószerkezet vizsgálata során a fenti tehermodellek hasznos teherként történő alkalmazása általában a biztonság javára történik. Emiatt ezen esetekben indokolt lehet és az EC előírásai szerint lehetőség is van egyedi forgalmi tehermodellek alkalmazására, melyeket az illetékes hatósággal egyetértésben kell felvenni.

A forgalmi terhekből származó hatás több-összetevőjű hatás, vagyis a megadott hatáskombinációkban a forgalmi terhek függőleges és vízszintes modelljei nem önmagukban, hanem ún. **forgalmi tehercsoportokba** (gr1...gr5) rendezve szerepelnek. Az e forgalmi tehercsoportok eredményeként adódó forgalmi hatást a továbbiakban, mint egyetlen esetleges hatást kell a többi esetleges hatással kombinálni.

Fárasztó terhelés esetén a fáradásvizsgálathoz fáradási tehermodelleket kell alkalmazni.

### 3.1.1. Terhelési osztályok

A hídon várható forgalom összetételétől, sűrűségétől és az áthaladó járművek sajátosságaitól függően a közúti hidak terhelési osztályba sorolását az  $\alpha$  és  $\beta$  terhelési osztályba sorolási tényezőkkel kell elvégezni, melyek értékei Magyarország területén a következők:

- I. terhelési osztály (autópályák, autópálya-csomóponti ágak, országos főutak hídjai, továbbá Budapest főváros hídjai a gyűjtő- és lakóutak kivételével):  

$$\alpha_{Qi} = 1,0 \quad (i = 1,2,3)$$

$$\alpha_{qi} = \alpha_{qr} = 1,0$$
- II. terhelési osztály (az alsóbbrendű országos utak, a Budapesten kívüli városok főforgalmi és forgalmi útjain lévő hidak, továbbá a budapesti gyűjtő- és lakóutak hídjai):  

$$\alpha_{Q1} = 0,8; \quad \alpha_{Q2} = \alpha_{Q3} = 1,0$$

$$\alpha_{q1} = 0,8; \quad \alpha_{qi, (i \geq 2)} = \alpha_{qr} = 1,0$$
- III. terhelési osztály (községek forgalmi útjain és egyéb önkormányzati gyűjtő- és lakóutakon, továbbá közforgalom számára megnyitott magánutakon lévő hidak):  

$$\alpha_{Qi} = 0,6; \quad (i = 1,2,3)$$

$$\alpha_{q1} = 0,6; \quad \alpha_{qi, (i \geq 2)} = \alpha_{qr} = 1,0$$

ahol  $i$  az a forgalmi sáv sorszámát jelöli, továbbá  $\beta_Q = \alpha_{Q1}$ .

A fenti  $\alpha$  tényezőket az 1. tehermodell, a  $\beta$  tényezőt pedig a 2. tehermodell (azonos  $i$  indexű) karakterisztikus értékeinek szorzótényezőiként kell alkalmazni.

### 3.1.2. Forgalmi sávok

A függőleges tehermodellek alkalmazásához az útpályát forgalmi sávokra kell osztani a következő táblázat szerint.

**Az útpálya felosztása forgalmi sávokra**

Az útpálya szélessége ( $w$ )	A forgalmi sávok (egész) száma ( $n_l$ )	Egy forgalmi sáv szélessége	A fennmaradó terület szélessége
$w < 5,4 \text{ m}$	$n_l = 1$	3 m	$w - 3 \text{ m}$
$5,4 \text{ m} \leq w < 6 \text{ m}$	$n_l = 2$	$w/2$	0
$6 \text{ m} \leq w$	$n_l = \text{int}(w/3)$	3 m	$w - 3 n_l$

Megjegyzés: Az  $\text{int}(\ )$  jelölés a zárójelben szereplő érték „egész részét” jelöli.

Ha a hídon az útpálya szélessége változik, a forgalmi sávok száma a következő:

- 1, ahol  $w < 5,4$  m;
- 2, ahol  $5,4 \text{ m} \leq w < 9$  m;
- 3, ahol  $9 \text{ m} \leq w < 12$  m.

Ha egy útpályát egy közepső, rögzített elválasztó szerkezet fizikailag két részre oszt, a fenti sávfelosztást mindegyik útpályarészre külön el kell végezni. Ha az elválasztó szerkezet eltávolítható, akkor a teljes útpályaszélességet alapul véve kell a sávfelosztást végrehajtani.

A sávokat a vizsgált hatás szempontjából, a rajtuk elhelyezett tehermodellek kedvezőtlen hatásának mértéke alapján számozni kell. A legkedvezőtlenebb hatást eredményező sáv száma 1, a második legkedvezőtlenebb hatást eredményezőé 2, és így tovább. A fennmaradó terület több részletben is kiosztható.

Ha egy felszerkezeten fizikailag két különálló részre osztott útpálya található, – a fentiek szerint külön-külön elvégzett sávfelosztás után – egyetlen sávszámozást kell alkalmazni. Ha a két különálló útpálya külön felszerkezeten helyezkedik el, a felszerkezet tervezése során mindkét útpálya sávjait külön kell számozni.

Ha két különálló felszerkezetet egyetlen alépítmény (pl. hídfő) támaszt alá, akkor az alépítmény tervezése esetén a két útpályára egyetlen sávszámozást kell alkalmazni.

### 3.1.3. Függőleges tehermodellek

Az alábbi tehermodellek a függőleges terhek karakterisztikus értékeit tartalmazzák.

Az egyes tehermodellek megkülönböztetése az alapján történik, hogy mely tervezési állapotban és milyen jellegű vizsgálatra (általános vagy helyi) alkalmazhatók.

- 1. tehermodell (LM1): A közúti személy és teherforgalom hatásait írja le. Tartós és ideiglenes tervezési állapotban veendő figyelembe, általános és helyi vizsgálatra egyaránt.
- 2. tehermodell (LM2): Az igen rövid tartószerkezeti elemen fellépő dinamikus hatást modellezi. Tartós és ideiglenes tervezési állapotban, csak helyi vizsgálatra kell figyelembe venni.
- 3. tehermodell (LM3): Különleges járművek modellje. Csak ideiglenes tervezési állapotban, általános és helyi vizsgálatra alkalmazható.
- 4. tehermodell (LM4): Embertömeg-modell. Csak ideiglenes tervezési állapotban, kizárólag általános vizsgálatra alkalmazható.

#### 3.1.3.1. Az 1. tehermodell (Load Model 1, LM1)

A tehermodell két azonos tengelyű, sávonként különböző összsúlyú koncentrált járműterhekből (ikertengelyek, Tandem System, TS) és sávonként (ill. fennmaradó területenként) különböző intenzitású, egyenletesen megoszló terhekből (Uniformly Distributed Load, UDL) áll.

Az ikertengelyek tengelysúlyai:  $\alpha_{Qi}Q_{ik}$ , (az egy tengelyeken lévő keréksúlyok azonosak); az egyenletesen megoszló terhek intenzitása:  $\alpha_{qi}q_{ik}$  ill.  $\alpha_{qr}q_{rk}$ , ahol  $i$  a sávszámot jelenti. A koncentrált és megoszló terhek karakterisztikus értékei az alábbi táblázatban találhatóak. Az  $\alpha_{Qi}$ ,  $\alpha_{qi}$  és  $\alpha_{qr}$  terhelési osztályba sorolási tényezők.

**Az 1. tehermodell karakterisztikus értékei**

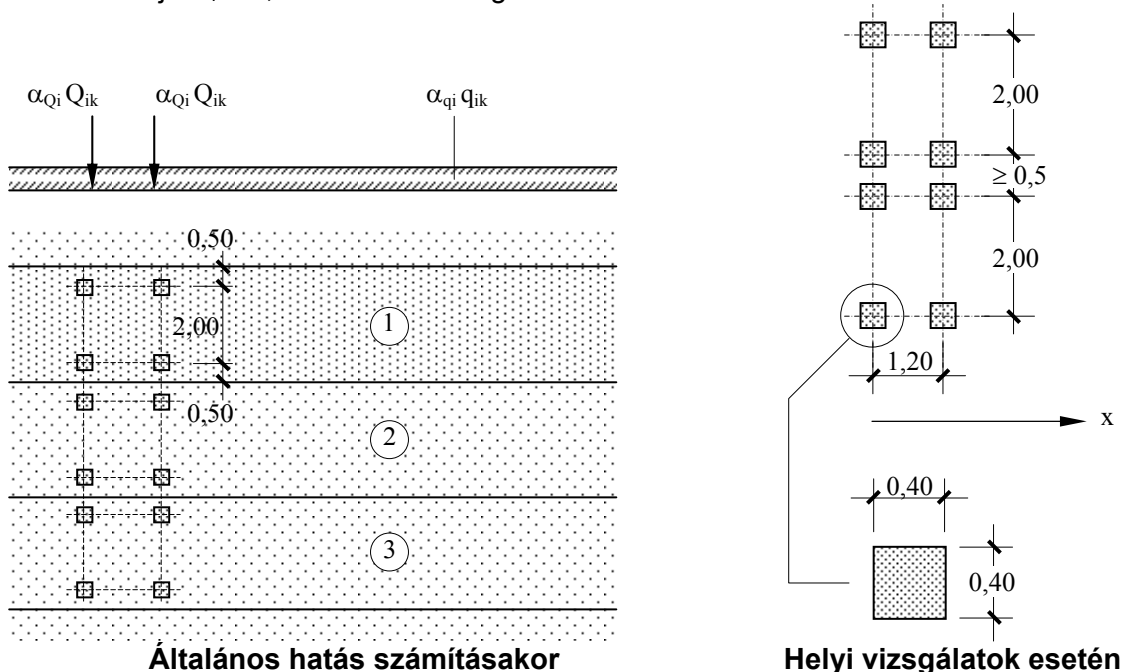
Sáv	MEGOSZLÓ TEHER	Ikertengely
	$q_{ik}$ (vagy $q_{rk}$ ) [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_{ik}$ [kN]
1. sáv	9,0	300
2. sáv	2,5	200
3. sáv	2,5	100
Többi sáv	2,5	0
Fennmaradó terület	2,5	0

A koncentrált kerékterher az alábbi ábra szerinti érintkezési felületen egyenletesen megoszlnak tekinthető, és a pályaszerkezeten keresztüli szétterjedése - a szerkezeti lemez középvonaláig terjedően -  $45^\circ$ -osnak tételezhető fel.

Az általános hatás számítása során a terhek mértékadó elhelyezésekor az ikertengelyeket a sávok hossz tengelyei mentén mozognak kell feltételezni, a megoszló terhet pedig csak a sáv kedvezőtlen hatást eredményező részén kell működtetni.

Helyi vizsgálatok esetén az ikertengelyeket nem kell a sávok tengelyvonalában elhelyezni, azok kerekeinek tengelyei keresztirányban legfeljebb 0,5 m-re megközelíthetik egymást.

Az általános hatás számítására és helyi vizsgálatok esetére egy gyakori elhelyezési példát, az ikertengely geometriai méreteit és a kerekek felfekvési felületének méreteit az alábbi ábra mutatja  $w_1 = 3,0$  m sáv szélesség esetén.



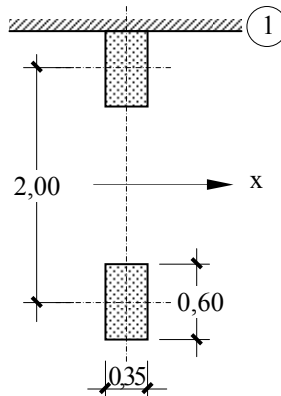
### Az 1. tehermodell leírása és alkalmazása

Alternatív egyszerűsítési lehetőségek az általános hatás számítása során:

- A 2. és 3. sz. sávban lévő ikertengely helyettesíthető egyetlen, a 2. sz. sávban elhelyezendő ikertengellyel, melynek tengelysúlya:  $(\alpha_{Q2}200 + \alpha_{Q3}100)$  kN.
- 10 m-nél nagyobb támaszköz esetén az ikertengelyek mindegyik sávban velük azonos súlyú, egytengelyű járművel helyettesíthetők. Ekkor az egyes sávokon működő tengelysúlyok:
  - $\alpha_{Q1}600$  kN az 1. sávon;
  - $\alpha_{Q2}400$  kN a 2. sávon;
  - $\alpha_{Q3}200$  kN a 3. sávon.

#### 3.1.3.2. A 2. tehermodell (LM2)

E tehermodell egyetlen  $\beta_Q Q_{ak} = \beta_Q 400$  kN tengelysúlyból, vagy ha az mértékadó, akkor egyetlen  $\beta_Q 200$  kN nagyságú koncentrált erőből áll az alábbi ábra szerinti geometriai méretekkel. A tengelyterher keréksúlyai azonosak. Ez a modell az útpályán bárhol elhelyezkedhet.



**A 2. tehermodell leírása**

A koncentrált kerékteher az ábra szerinti érintkezési felületen egyenletesen megoszlónak tekinthető, és a pályaszerkezeten keresztüli szétterjedése - a szerkezeti lemez középvonaláig terjedően - 45<sup>0</sup>-osnak tételezhető fel.

**3.1.3.3. A 3. tehermodell (LM3)**

E tehermodellhez tartozó járműmodellek olyan különleges járművek hatásait írják le, melyek a közúti forgalomban csak engedéllyel közlekedhetnek. A különleges járműveket (azok geometriai és súlyadatait) nemzetileg egyedi módon lehet meghatározni, az EC azonban ajánlott járműveket ad meg.

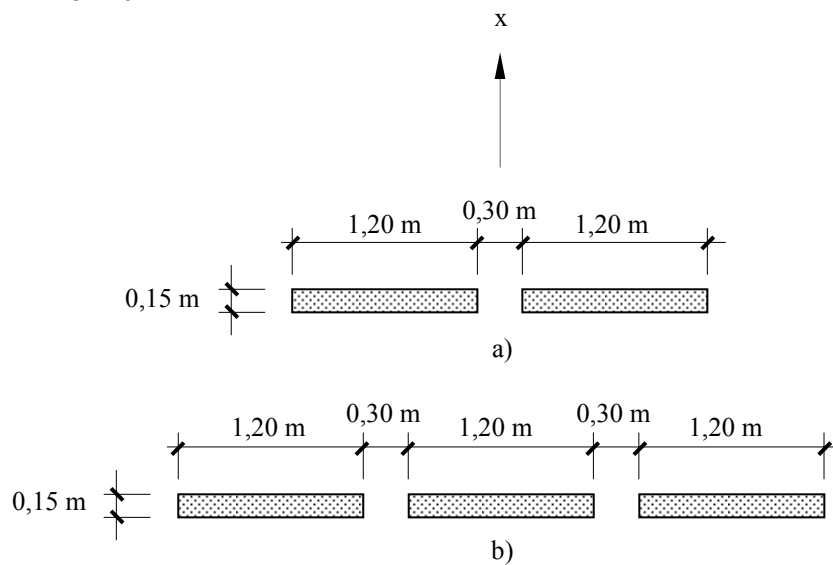
Az EC által ajánlott modellek 150, 200 vagy 240 kN tengelysúlyú, az alábbi táblázat és ábra szerinti tengelyelrendezésű és geometriai méretű járművekből állnak, ahol n a tengelyek számát, e pedig a tengelytávolságot jelenti. Az egyes modellek jelölései a táblázatban dőlt betűvel szerepelnek.

**A különleges járművek ajánlott modelljei**

Összsúly	150 kN súlyú tengelyek	200 kN súlyú tengelyek	240 kN súlyú tengelyek
<b>600 kN</b>	<i>600/150</i> n = 4×150 e = 1,50 m		
<b>900 kN</b>	<i>900/150</i> n = 6×150 e = 1,50 m		
<b>1200 kN</b>	<i>1200/150</i> n = 8×150 e = 1,50 m	<i>1200/200</i> n = 6×200 e = 1,50 m	
<b>1500 kN</b>	<i>1500/150</i> n = 10×150 e = 1,50 m	<i>1500/200</i> n = 1×100 + 7×200 e = 1,50 m	
<b>1800 kN</b>	<i>1800/150</i> n = 12×150 e = 1,50 m	<i>1800/200</i> n = 9×200 e = 1,50 m	
<b>2400 kN</b>		<i>2400/200</i> n = 12×200 e = 1,50 m <i>2400/200/200</i> n = 6×200 + 6×200 e = 5×1,5 + 12 + 5×1,5 m	<i>2400/240</i> n = 10×240 e = 1,50 m

3000 kN		$3000/200$ $n = 15 \times 200$ $e = 1,50 \text{ m}$ $3000/200/200$ $n = 8 \times 200 + 7 \times 200$ $e = 7 \times 1,5 + 12 + 6 \times 1,5 \text{ m}$	$3000/240$ $n = 1 \times 120 + 12 \times 240$ $e = 1,50 \text{ m}$
	3600 kN	$3600/200$ $n = 18 \times 200$ $e = 1,50 \text{ m}$	$3600/240$ $n = 15 \times 240$ $e = 1,50 \text{ m}$ $3600/240/240$ $n = 8 \times 240 + 7 \times 240$ $e = 7 \times 1,5 + 12 + 6 \times 1,5 \text{ m}$

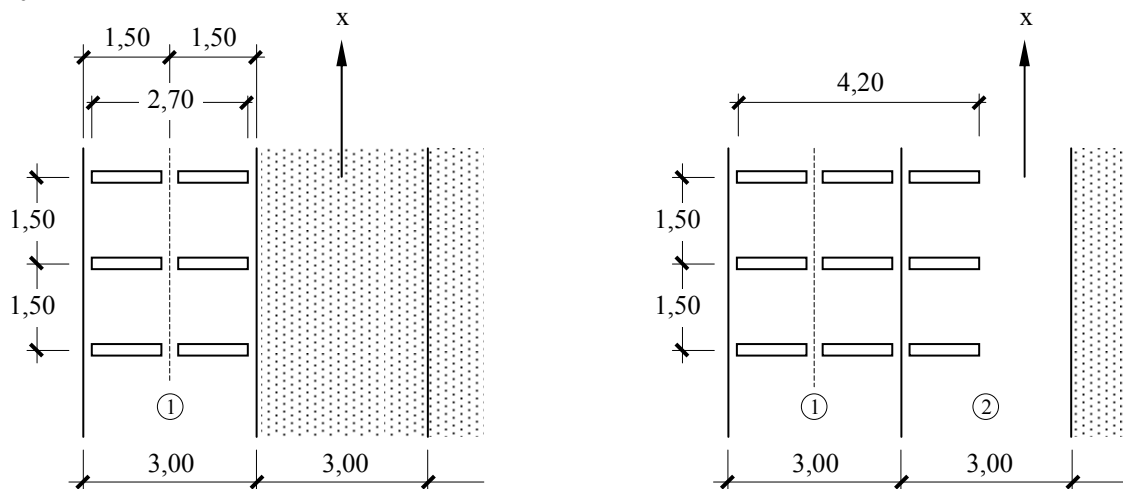
A koncentrált kerékterhek az ábra szerinti érintkezési felületeken egyenletesen megoszlónak tekinthetők, és a pályaszerkezeten keresztüli szétterjedése - a szerkezeti lemez középvonaláig terjedően -  $45^\circ$ -osnak tételezhető fel.



**A különleges járművek tengelyterheinek elrendezése**

A különleges járművek útpályán való elhelyezkedésére vonatkozóan az EC részletes szabályokat ad meg.

Az útpályán a 150 és 200 kN tengelysúlyú modelleket az 1. sz. sávon, a 240 kN tengelysúlyú modelleket az 1. és a 2. sz. sávon a legkedvezőtlenebb helyzetbe kell elhelyezni az alábbi ábra szerint.



**A különleges járművek elhelyezése az útpályán**

A tervezés során azt lehet feltételezni, hogy ezek a járművek vagy kis sebességgel ( $\leq 5$  km/h), vagy szokásos (70 km/h) sebességgel közlekednek. Szokásos sebességgel közlekedőnek feltételezett különleges járművek esetén a különleges járműre a következő dinamikus tényezőt kell figyelembe venni.

$$\varphi = 1,4 - \frac{L}{500} \geq 1,0$$

ahol L a kedvezőtlen hatást eredményező terhelt hossz [m]-ben.

Különleges járművek alkalmazása esetén a különleges járművek és az 1. tehermodell útpályán való egyidejű előfordulásának lehetőségére tekintettel kell lenni (a gr5 forgalmi tehercsoportnak megfelelően).

#### 3.1.3.4. A 4. tehermodell (LM4)

E tehermodell egy  $q_{fk} = 5,0$  kN/m<sup>2</sup> intenzitású, egyenletesen megoszló teherből áll, mely a híd teljes felületén összegyülekező embertömeget írja le. E terhet az útpálya vizsgált hatás szempontjából kedvezőtlen részén kell működtetni.

#### 3.1.4. Vízszintes tehermodellek

Forgalmi hatásként fékező- és gyorsítási erőket és centrifugális erőket kell figyelembe venni.

A vízszintes tehermodellekben szereplő mennyiségek karakterisztikus értékeket jelentenek.

##### 3.1.4.1. Fékező- és gyorsítási erők

##### 3.1.4.2. Centrifugális erők

#### 3.1.5. Közúti gyalogjárdák és kerékpárutak terhe

A közúti hídon lévő gyalogjárdákat és kerékpárutakat egy  $q_{fk}$  egyenletesen megoszló teherrel (UDL), vagy – ha ez kedvezőtlenebb – egy 0,1 m oldalhosszúságú négyzetfelületen megoszló  $Q_{fkk}$  koncentrált erővel kell terhelni. E terhek karakterisztikus értékei a következők:

$$q_{fk} = 5,0 \text{ kN/m}^2 \quad \text{és} \quad Q_{fkk} = 10 \text{ kN}$$

A koncentrált teher pályaszerkezeten keresztüli szétterjedése - a szerkezeti lemez középvonaláig terjedően - 45<sup>0</sup>-osnak tételezhető fel.

Gyalogos és kerékpáros közlekedésre nem alkalmas kiemelt szegélyszávokat e teherrel nem kell terhelni.

A közúti gyalogjárdák és kerékpárutak a megoszló terhének a gr1a tehercsoportban (az 1. tehermodellel egyidejűen) figyelembe vett *kombinációs értéke*:

$$q_{fk}^* = 1,0 \text{ kN/m}^2.$$

#### 3.1.6. Forgalmi tehercsoportok

A forgalmi tehercsoportokat külön kell definiálni a tartós és az ideiglenes tervezési állapotokhoz.

##### 3.1.6.1. Forgalmi tehercsoportok a tartós tervezési állapothoz

Az ismertett forgalmi terhek függőleges és vízszintes tehermodelljeit, valamint a közúti gyalogjárdák és kerékpárutak terheit a gr1a, gr1b, gr2, ..., gr5-tel jelölt forgalmi tehercsoportokba kell sorolni az alábbi táblázat szerint. (A táblázatban az egyes tehercsoportok domináns összetevőit dupla vonalas keret jelöli.)

## A forgalmi tehercsoportok összeállítása

		ÚTPÁLYA					GYALOGJÁRDÁK ÉS KERÉKPÁRUTAK	
A teher típusa		Függőleges erők			Vízszintes erők		Csak függőleges erők	
Teherrendszer		LM1 (TS és UDL rendszerek)	LM2 (egyetlen tengely)	LM3 (különleges járművek)	LM4 (embertömeg teher)	Fékezés és gyorsítási erők	Centrifugális és egyéb keresztirányú erők	Egyenletesen megoszló teher
Teher- csoportok	gr1a	Karakterisztikus értékek						Kombinációs érték
	gr1b		Karakterisztikus Érték					
	gr2	Gyakori érték				Karakterisztikus érték	Karakterisztikus érték	
	gr3							Karakterisztikus érték
	gr4				Karakterisztikus érték			Karakterisztikus érték
	gr5	Gyakori érték		Karakterisztikus érték				

A 2. tehermodellt (gr1b) semmilyen más forgalmi teherrel nem szabad egyidejűnek feltételezni.

A gr5 forgalmi tehercsoportban a kis sebességgel ( $\leq 5$  km/h) közlekedőnek feltételezett különleges járművel egyidejű 1. tehermodell gyakori értékét a különleges jármű által elfoglalt sávokban a különleges jármű külső tengelyeitől számított 25 m távolságon belül nem kell működtetni.

A szokásos sebességgel (70 km/h) közlekedőnek feltételezett különleges járműből az általuk elfoglalt sávokon általában kettőt kell figyelembe venni, míg a többi sávon és a fennmaradó területen az 1. tehermodell gyakori értékét kell működtetni.

### 3.1.6.2. Forgalmi tehercsoportok az ideiglenes tervezési állapothoz

Ideiglenes tervezési állapot esetén ugyanazokat a forgalmi tehercsoportokat, változatlan összetételben kell alkalmazni, mint amelyek a tartós tervezési állapot szerepelnek, egyetlen kivétellel. A fenti táblázatban tartós tervezési állapotra megadott gr1 tehercsoportban az 1. tehermodell ikertengelyeinek karakterisztikus értékei helyett azok 0,8-szorosát kell figyelembe venni. Minden egyéb reprezentatív érték változatlan.

### 3.1.6.3. A forgalmi tehermodellek reprezentatív értékei

Az egyes forgalmi tehermodellek reprezentatív értékei a  $\psi$  kombinációs tényezők alkalmazásával állíthatók elő. PI. a gr2 tehercsoportban szereplő 1. tehermodell gyakori értéke az 1. tehermodell összetevőinek (a TS és az UDL tehernek) a rájuk vonatkozó  $\psi_1$  kombinációs tényezőkkel való szorzása révén állítható elő (az ikertengelyre és a megoszló teherre más-más kombinációs tényező vonatkozik).

### 3.1.6.4. A forgalmi tehercsoportok reprezentatív értékei

A fenti. táblázat alapján előállított – egymást kölcsönösen kizáró - forgalmi tehercsoportokat a hatáskombinációkban - a megfelelő reprezentatív értékekkel - egyetlen esetleges teherként kell figyelembe venni. A forgalmi tehercsoportok reprezentatív értékei:

- A forgalmi tehercsoportok karakterisztikus értékei:  
Azonosak a fenti táblázatban megadott gri tehercsoportokkal.



- A forgalmi tehercsoportok gyakori értéke:  
Azonos az 1. tehermodell gyakori értéke, vagy a 2. tehermodell gyakori értéke, vagy a közúti gyalogjárdák és kerékpárutak gyakori értéke közül a vizsgált esetben a legkedvezőtlenebbikkel, mely egy adott esetben a másik kettőt, továbbá minden más egyéb forgalmi összetevő alkalmazását kizárja.
- A forgalmi tehercsoportok kvázi-állandó értéke:  
Általános esetben értéke zérus.

### 3.1.7. A hídfők mögötti töltésekre ható, közúti járműforgalomból származó terhek

Közúti hidak hídfői és a hídfőkhöz csatlakozó szárnyfalak, támfalak és egyéb, talajjal érintkező szerkezetek méretezésekor a hídfő mögötti útpályán általában az 3.1.3. pont szerinti függőleges és az 3.1.4. pont szerinti vízszintes terhekből kell kiindulni. E szerkezetek tervezéséhez az EC nem határoz meg külön tehermodelleket, azonban a közúti forgalom azonossága miatt a hídon alkalmazott tehermodellek alkalmazását – esetenként azok egyszerűsített változatát – ajánlja figyelembe venni.

A vasúti hidak hídfői és a hídfőkhöz csatlakozó egyéb szerkezetek tervezésével más kiadványok foglalkoznak.

#### 3.1.7.1. Függőleges terhek

#### 3.1.7.2. Vízszintes terhek

### 3.1.8. Fáradási tehermodellek

A közúti hidak forgalmi terhei, a váltakozó intenzitású egyéb esetleges hatások (pl. meteorológiai hatások) és különösképpen ezek közül az alternáló hatások (pl. szélhatás) fárasztó terhelést jelentenek és a tartószerkezet kritikus pontjainak fáradásához vezethetnek.

A fáradás veszélye abban az esetben merül fel, ha a vizsgált tartószerkezeti elemben a váltakozó hatás mértéke a teljes hatás jelentős részét teszi ki (pl. acélhidak esetén). Betonhidak esetén ez az arány általában 0,5 alatt marad, ezért fáradásvizsgálatot általában csak abban az esetben kell végezni, ha a híd jelentős forgalmi terhelést visel, illetve a váltakozó hatás aránya (pl. a jelentős mértékű szélhatás miatt) az előbbi értéket várhatóan meghaladja.

A közúti forgalom, mint fárasztó terhelés által előidézett feszültségspektrum függ a forgalom összetételétől, a forgalom által keltett dinamikus hatás nagyságától, a forgalomban résztvevő járművek geometriai méreteitől, hídpályán való elhelyezkedésüktől és a súlyadataiktól. Mindezek figyelembevételére forgalmi tehermodellek állnak rendelkezésre, melyek különböznek az egyéb erőtan vizsgálatoknál figyelembe veendő korábbi forgalmi tehermodellektől.

Az általános hatások számítása során a fáradási tehermodelleket a kijelölt forgalmi sávok tengelyében kell elhelyezni. A lokális hatások (pl. pályalemez) számításakor a fáradási tehermodelleket az útpályán a vizsgált hatás szempontjából legkedvezőtlenebb helyzetbe kell állítani.

A fáradási tehermodellek jó minőségű útburkolatnak megfelelő dinamikus hatást tartalmaznak. Ha az útburkolat minősége ettől eltérő, továbbá a dilatációk környezetében a fáradási tehermodellekből számított hatásokat egy kiegészítő dinamikus tényezővel szorozni kell.

#### 3.1.8.1. Forgalmi kategóriák

#### 3.1.8.2. Az 1. fáradási tehermodell

#### 3.1.8.3. A 2. fáradási tehermodell („gyakran előforduló tehergépjárművek)

#### 3.1.8.4. A 3. fáradási tehermodell (egyetlen jármű)

#### 3.1.8.5. A 4. fáradási tehermodell („szabványos” tehergépjárművek)

#### 3.1.8.6. A fáradási tehermodellek alkalmazása

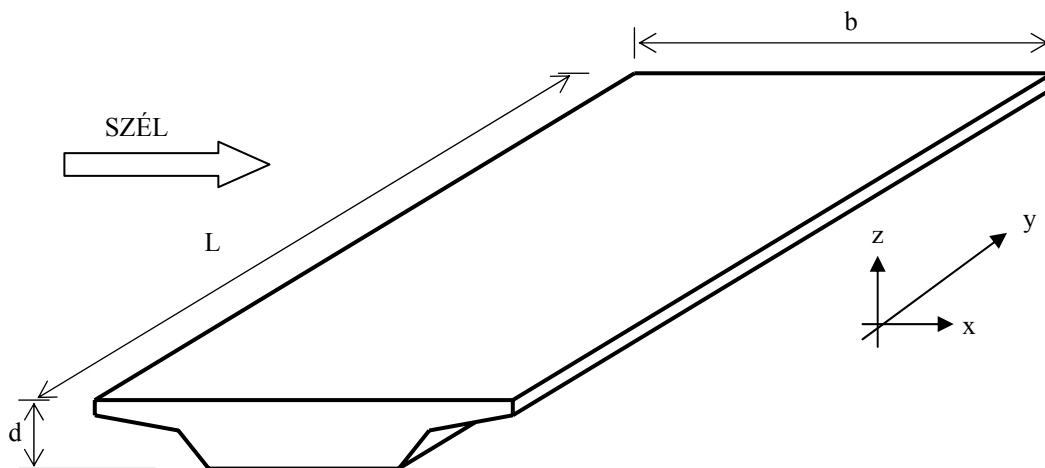
### 3.2. Szélteher

Az EC szerinti szélmodell (közel) állandó szerkezeti magasságú (lemezes, bordás vagy szekrényes keresztmetszetű) gerendahíd-felszerkezetekre és közbenő alépítményekre (hídpillérekre) vonatkozik. Olyan hidak esetén, ahol a szél hatása a forgalmi terhekhez képest jelentős és ahol a hatáskombinációkban a szél jelenti a domináns esetleges hatást (ívhidak, kábelhidak, fedett hidak, mozgatható hidak, stb.), ott a hídra működő szélhatást egyedi vizsgálatok alapján meghatározott szélmodellek alapján lehet felvenni.

Az említett lemezes, bordás vagy szekrényes keresztmetszetű, szokásos kialakítású és anyagú (acél, beton, együttdolgozó, fa, alumínium), 40 m-nél kisebb támaszközökkel rendelkező, gerendahidak esetén a szél okozta hatások meghatározásához dinamikai vizsgálatra általában nincs szükség. A következőkben ismertetett szélmodellt ez esetben lehet alkalmazni.

A felszerkezetre és a hídpillére ható, azonos irányú szélerőket általában egyidejűnek kell tekinteni.

#### 3.2.1. A híd felszerkezetére ható szélerők



A híd felszerkezetére ható szélerők

A tervezés során a híd felszerkezetén az ábra szerinti szélerőket kell figyelembe venni.

A hidak felszerkezetén általános esetben a domináns szélerő az  $x$  irányú szélből ( $F_{wk,x}$ ) adódik.

Mivel a  $z$  irányú szélerő ( $F_{wk,z}$ ) egymástól jelentősen különböző szélirányok esetén is kialakulhat, ezért ha ez a vizsgált hatás szempontjából kedvezőtlen, akkor a  $z$  irányú szélerőket általában célszerű egyidejűnek tekinteni az  $x$  vagy az  $y$  irányban fellépő szélerőkkel.

Az  $y$  irányban fellépő szélerőket ( $F_{wk,y}$ ) általában nem kell egyidejűnek tekinteni az  $x$  ( $F_{wk,x}$ ) vagy a  $z$  ( $F_{wk,z}$ ) irányú szélerőkkel.

A híd tervezése során a fentiek szerint egyidejűnek tekintett szélerőket a továbbiakban egyetlen esetleges hatásként - a szélhatás  $F_{wk}$  karakterisztikus értékeként - kell kezelni, és ennek megfelelően kell figyelembe venni a 2.1.6. pont szerinti hatáskombinációkban is.

Ha a hatáskombinációkban a szélhatás a forgalmi terhekkel egyidejűként van figyelembe véve, és a szélhatás nem domináns esetleges teherként szerepel, akkor a szélhatás  $\psi_0 F_{wk}$  kombinációs értéke nem lehet nagyobb, mint egy  $F_w^*$  érték. Az  $F_w^*$  értéket (vagyis annak  $F_{w,x}^*$ ,  $F_{w,y}^*$  és  $F_{w,z}^*$  összetevőit) az  $F_{wk}$ -val (vagyis annak  $F_{wk,x}$ ,  $F_{wk,y}$  és  $F_{wk,z}$  összetevőivel) azonos módon kell meghatározni a következő pontok szerint, csak a számítás során a szélesebbesség  $v_{b,0}$  alapértéke helyett egy  $v_{b,0}^* = 23$  m/s értéket kell alkalmazni.

A karakterisztikus értékekre, beépítettségi osztályokra, kitétségi tényezőkre vonatkozó összefüggések hasonlóak az épületekre vonatkozó szabályokhoz, MA\_9 előadás.

### 3.2.1.1. Az x irányú szélerő

### 3.2.1.2. Az y irányú szélerő

### 3.2.1.3. A z irányú szélerő

### 3.2.2. A hídpillérekre ható szélerők

## 3.3. Hőmérsékleti hatások

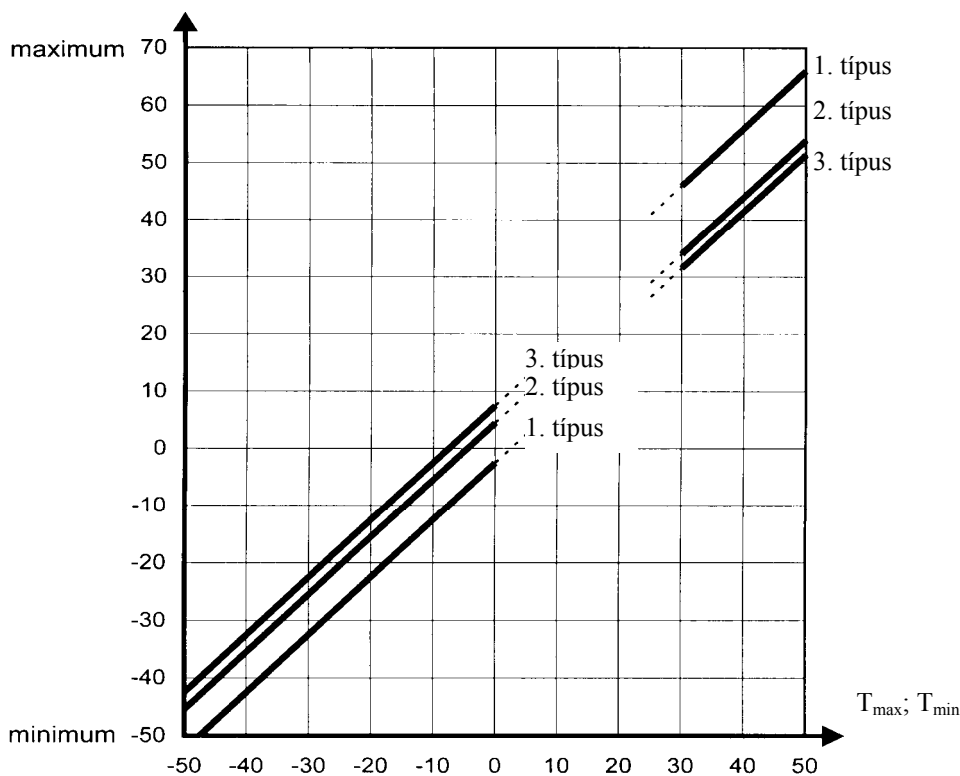
A hídszerkezetek hőmérséklet-eloszlásának – pl. a környező levegő hőmérsékletének megváltozása következtében fellépő - megváltozásából származó hatásokat a hídszerkezetek tervezése során figyelembe kell venni. Ha a szerkezet hőmérséklet-eloszlásának megváltozásából származó alakváltozások gátolva vannak (pl. statikailag határozatlan szerkezetek esetén, súrlódási hatások következtében, stb.), akkor a szerkezetben igénybevételek lépnek fel.

A hőmérsékleti hatást, terhelő alakváltozást teherbírási határállapotban csak akkor kell figyelembe venni, ha a tönkremenetelt jelentős képlékeny alakváltozások nem előzik meg (pl. fáradási vagy stabilitásvesztési tönkremenetel esetén), továbbá, ha a hatáskombinációkban domináns esetleges hatást jelent. Használhatósági határállapotokban, ahol a szerkezet döntően rugalmas állapotban marad, a hőmérsékleti hatást figyelembe kell venni.

Általános esetben elegendő a hídszerkezetben fellépő hőmérséklet-változást két összetevővel szabad leírni; az egyik a keresztmetszet magassága mentén állandó értékű (egyenletes hőmérséklet-változási összetevő), a másik lineáris (lineáris hőmérséklet-változási összetevő) hőmérséklet-eloszlást jelent.

### 3.3.1. A híd-felszerkezetek hőmérséklet-változásai

$$T_{e,max}; T_{e,min}$$



A híd-felszerkezetek ( $T_{e,min}$ ) és ( $T_{e,max}$ ) hőmérsékleteinek meghatározása

A fenti ábra a híd-felszerkezet legalacsonyabb  $T_{e,min}$  és legmagasabb  $T_{e,max}$  hőmérsékletének és a környező levegő  $T_{min}$  és  $T_{max}$  hőmérsékletének a viszonyát adja meg különböző híd-felszerkezetek esetén (1. típus: acél felszerkezet, 2. típus: együttdolgozó felszerkezet, 3. típus: beton felszerkezet).

### 3.3.1.1. Egyenletes hőmérséklet-változási összetevő

A szerkezet  $T_0$  építési hőmérsékletét – pontosabb adat hiányában –  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra kell felvenni.

Az egyenletes hőmérséklet-változási összetevő

- legnagyobb összehúzódáshoz tartozó része:  $\Delta T_{N,con} = T_0 - T_{e,min}$
- legnagyobb táguláshoz tartozó része:  $\Delta T_{N,exp} = T_{e,max} - T_0$

összefüggéssel határozható meg.

A saruk és a dilatációs szerkezetek mozgási tartományának tervezésekor a fenti  $\Delta T_{N,con}$  és  $\Delta T_{N,exp}$  értékeket általános esetben  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -szal, a saruk és a dilatációk előírt hőmérsékleten történő beállításakor  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ -szal kell megnövelni.

A különböző szerkezeti elemek egyenletes hőmérséklet-változási összetevői közötti eltérés mértékét

- az elsődleges tartószerkezeti elemek között  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra (pl. ívfőtartó és függesztőkábel között)
- a függesztő- vagy lehorgonyzó kábelek és a pályaszerkezet (vagy pilon) között világos színű kábelek esetén  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra, sötét színű kábelek esetén  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra kell felvenni.

### 3.3.1.2. Lineáris hőmérséklet-változási összetevő

A lineáris hőmérséklet-változási összetevő eredményeként a keresztmetszet magassága mentén lineáris hőmérséklet-eloszlást kell figyelembe venni. Lineáris hőmérséklet-változási összetevő alakulhat ki a függőleges és vízszintes síkban egyaránt.

Függőleges síkban a felszerkezet alsó és felső síkja (a keresztmetszet alsó és felső szála) közötti hőmérséklet-különbség értékét ( $\Delta T_{M,cool}$  és  $\Delta T_{M,heat}$ ) az alábbi táblázat tartalmazza  $50\text{ mm}$  burkolatvastagság esetén.

Függőleges síkú lineáris hőmérséklet-változási összetevők

A felszerkezet típusa	A felső felület melegebb	Az alsó felület melegebb
	$\Delta T_{M,cool}$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	$\Delta T_{M,heat}$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]
1. típus: Acél felszerkezet	13	18
2. típus: Együttdolgozó felszerkezet	18	15
3. típus: Beton felszerkezet	5	10
– beton szekrénytartó	8	15
– beton gerendaszerkezet	8	15
– betonlemez		

A tényleges burkolatvastagság figyelembevétele az alábbi táblázat szerinti  $k_{sur}$  tényező alkalmazásával lehetséges, mellyel a fenti táblázat szerinti  $\Delta T_{M,cool}$  és  $\Delta T_{M,heat}$  értékeket kell megszorozni.

A tényleges burkolatvastagságot figyelembevevő  $k_{sur}$  tényezők

Burkolat vastagság [mm]	1. típus		2. típus		3. típus	
	A felső felület	Az alsó felület	A felső felület	Az alsó felület	A felső felület	Az alsó felület
	melegebb		melegebb		melegebb	
nincs burkolat	0,7	0,9	0,9	1,0	0,8	1,1
csak vízszigetelés (sötét színű)	1,6	0,6	1,1	0,9	1,5	1,0
50	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
100	0,7	1,2	1,0	1,0	0,7	1,0
150	0,7	1,2	1,0	1,0	0,5	1,0

Vízszintes síkban lineáris hőmérséklet-változási összetevőt szokásos gerendahíd-felszerkezetek esetén nem kell figyelembe venni.

Ha azonban a felszerkezet egyik oldala jelentősen nagyobb mértékben van kitéve a napsugárzás hatásának, ill. erre érzékeny szerkezeti megoldások (pl. ívfőtartók, kábelhidak pilonjai) esetén vízszintes síkban is javasolt lineáris hőmérséklet-változási összetevő figyelembevétele. Ez esetben a szerkezet két oldala közti hőmérséklet-különbség legalább  $5^{\circ}\text{C}$  legyen.

Beton anyagú szekrénytartók esetén – ha a külső és a belső levegő hőmérséklete között jelentős különbség alakulhat ki - az oldalfalak külső és belső felületei közötti hőmérséklet-különbséget  $15^{\circ}\text{C}$ -ra kell felvenni.

### 3.3.1.3. A hőmérséklet-változási összetevők egyidejűsége

A hatáskombinációkban a híd-felszerkezetek esetén figyelembevett  $T_k$  hőmérsékleti hatás karakterisztikus értékét az egyenletes ( $\Delta T_{N,con}$  vagy  $\Delta T_{N,exp}$ ) és a lineáris ( $\Delta T_{M,cool}$  vagy  $\Delta T_{M,heat}$ ) hőmérséklet-változási összetevők egyidejűségének figyelembevételével kell meghatározni a következők szerint:

$$T_k = \max \left\{ \begin{array}{l} T_{N,con} \text{ (vagy } T_{N,exp}) + 0,75 T_{M,cool} \text{ (vagy } T_{M,heat}) \\ 0,35 T_{N,con} \text{ (vagy } T_{N,exp}) + T_{M,cool} \text{ (vagy } T_{M,heat}) \end{array} \right.$$

### 3.3.2. A hídpillérek hőmérséklet-változásai

## 3.4. Saruellenállás

A mozgó és a fix saruk ellenállásából származó (vízszintes) erőket akkor kell esetleges jellegű hatásnak tekinteni, ha az más, esetleges jellegűnek tekintett hatás (pl. zsugorodás) következtében jön létre. Ez esetben a saruellenállásból származó vízszintes erőket a korábbiak értelemszerű alkalmazásával lehet meghatározni.

## 3.5 Az áramló víz, a hullámverés és a jég által okozott hatások

A hídszerkezetek vízbe merülő szerkezeti elemeire (pl. folyami hidak mederhíd-pilléreire) ható víz által okozott hatásokat általában figyelembe kell venni.

### 3.5.1. Az áramló víz által okozott hatások

### 3.5.2. A hullámverés által okozott hatások

### 3.5.3. A jég által okozott hatások

### 3.6. Építési terhek

A megvalósítás (átépítés, megerősítés, felújítás, stb.) során fellépő esetleges jellegű építési terheket csak a megvalósításhoz tartozó ideiglenes (vagy rendkívüli) tervezési állapotokban kell figyelembe venni.

A vonatkozó ideiglenes tervezési állapotokban az építési terheket ( $Q_c$ ) – ahol ez fizikailag lehetséges - a többi esetleges hatással egyidejűnek kell feltételezni a hatáskombinációkban.

#### 3.6.1. Az építési terhek típusai

#### 3.6.2. A betonozás során fellépő építési terhek

#### 3.6.3. A támaszok egyenlőtlen eltolódásai építési állapotban

#### 3.6.4. Rendkívüli hatások a megvalósítás során

## 4. KÖZÚTI JÁRMŰFORGALOMBÓL SZÁRMAZÓ RENDKÍVÜLI HATÁSOK

A következőkben a közúti hidak tervezésekor rendkívüli tervezési állapotokban figyelembe veendő rendkívül hatásokat ismertetjük. A vasúti hidak vasúti járműforgalomból származó rendkívüli hatásaival más kiadványok foglalkoznak.

A közúti hidak tervezése során figyelembe veendő rendkívüli hatások származhatnak

- a híd alatt áthaladó járműveknek (közúti, vasúti, vízi) a híd valamelyik tartószerkezeti elemével (pillérrel, felszerkezettel) való ütközéséből,
- a hídon áthaladó járműveknek a kiemelt szegélyhez, korláthoz, terelőfalhoz vagy a híd tartószerkezetéhez történő ütközéséből,
- a hídon áthaladó járművek kerek(ei)nek a gyalogjárdán vagy a kerékpárúton való váratlan megjelenéséből.

További rendkívüli hatások és rendkívüli körülmények adódhatnak megvalósításkor, az építési munkafolyamatok során fellépő, előre nem várt helyzetekből adódóan (pl. ütközések, leesések, beakadások, lokális tönkremenetelek, tűz, stb.).

A rendkívüli hatásokat csak rendkívüli tervezési állapotban kell figyelembe venni. A rendkívüli hatásoknak csak tervezési értékük van (ld. a rendkívüli tervezési állapotban figyelembe veendő hatáskombinációt).

A jelen pontban ismertetett rendkívüli hatásoknak a híd felszerkezetén előforduló más esetleges hatásokkal való egyidejűségére vonatkozó szabályokat a következő pontok külön-külön tartalmazzák.

A tervezett működési körülmények között figyelembe veendő rendkívüli hatások részletes ismertetését az MSZ EN 1991-1-7 tartalmazza.

### 4.1. A híd alatt áthaladó járművek ütközéséből származó erők

Egy közúti híd alatti forgalom lehet közúti, vasúti vagy vízi forgalom, ezért a közúti hidak megtámasztó alépítményi szerkezeteinek tervezésekor a közúti, a vasúti és a vízi járművekkel történő ütközést kell figyelembe venni.

A híd alatt áthaladó járműveknek a híd megtámasztó alépítményi szerkezeteivel (hídpillérek, keretlábak, stb.) történő ütközését a tervezés során tekintettel kell lenni. Az ütközésből származó hatást a következő pontok szerinti egyenértékű statikus erőkkel lehet figyelembe venni.

Az ütközési erők abban az esetben érvényesek, ha az ütközésnek kitett megtámasztó tartószerkezeti elemek ütközés elleni védelemmel nincsenek ellátva. Ha az ütközésnek kitett szerkezetek ütközés elleni védelemmel vannak ellátva, akkor a megadott ütközőerők a védelem mértékétől függő mértékben csökkenthetők.

A hatáskombinációkban a megtámasztó szerkezeti elemekre ható, jelen pont szerinti ütközési erőkkel egyidejűleg a híd felszerkezetén működő forgalmi terhekből összeállított forgalmi tehercsoportnak a vonatkozó hatáskombináció szerinti reprezentatív (ha a forgalmi tehercsoport domináns esetleges teher, akkor a gyakori, ha nem domináns, akkor a kvázi-állandó) értékét kell figyelembe venni.

#### **4.1.1. Közúti jármű ütközése alépítményi szerkezettel**

#### **4.1.2. Vasúti jármű ütközése alépítményi szerkezettel**

#### **4.1.3. Vízi jármű ütközése alépítményi szerkezettel**

#### **4.1.4. Ütközés a híd felszerkezetével**

### **4.2. A hídon áthaladó járművek ütközéséből származó erők**

A hídon áthaladó járművek ütközéséből ütközőerők léphetnek fel

- a jármű-visszatartó rendszer elemein (korlátok, terelőfalak),
- a tartószerkezet elemein,
- a kiemelt szegélyen

#### **4.2.1. Ütközőerő a jármű-visszatartó rendszer elemein**

#### **4.2.2. Ütközőerő a tartószerkezet elemein**

#### **4.2.3. Ütközőerő a kiemelt szegélyen**

### **4.3. Jármű a gyalogjárdán vagy a kerékpárúton**

## **5. HIDAKAT TERHELŐ ESETLEGES HATÁSOK SZEIZMIKUS TERVEZÉSI ÁLLAPOTOKBAN**

A földrengésből származó hatások függőhidak, ferdekábeles hidak, valamint általában 50 m-nél nagyobb nyílású egyéb hidak esetében érik el a tartós, ideiglenes és egyéb rendkívüli tervezési állapotban számítható hatások mértékét.

Hidak földrengésvizsgálatát az MSZ EN 1998-1 alapján kell végezni, mely tartalmazza a földrengésvizsgálat bemenő adatainak, azaz

- a Magyarország területén figyelembe veendő talajgyorsulás tervezési értékének,
- a híd környezetében lévő altalaj adottságaira vonatkozó mennyiségek,
- a szerkezet képlékeny viselkedési tulajdonságait is figyelembe vevő tervezési spektrumok,
- a szerkezet képlékeny viselkedési tulajdonságait jellemző ún. viselkedési tényező felvételére vonatkozó szabályokat, továbbá a szeizmikus (földrengésből származó) hatás meghatározásához alkalmazandó számítási eljárást is.

## **6. HATÁSKOMBINÁCIÓK ÖSSZEÁLLÍTÁSÁNAK SZABÁLYAI**

Közúti hidak tervezése során a teherbírasi határállapotok erőtani követelményeinek teljesülését az összes (tartós, ideiglenes, rendkívüli, szeizmikus) tervezési állapotban, a használhatósági határállapotok erőtani követelményeinek teljesülését csak tartós és ideiglenes tervezési állapotokban kell igazolni a következők szerint.

A hatáskombinációk képzése során

- tartós és ideiglenes tervezési állapotokban az állandó jellegű terhelő erőket és hatásokat, továbbá a felsorolt esetleges jellegű terhelő erőket és hatásokat (a rendkívüli hatások kivételével) kell figyelembe venni

- rendkívüli tervezési állapotban az állandó, az esetleges, továbbá – attól függően, hogy megvalósítás alatt lévő vagy már végleges állapotú hídról van-e szó - a rendkívüli hatásokat is figyelembe kell venni
- szeizmikus tervezési állapotban az állandó, az esetleges és a szeizmikus hatásokat kell figyelembe venni

a valóságban lehetséges legkedvezőtlenebb összeállításban, tekintettel az egyes hatások ismertetésekor említett - más hatásokkal való egyidejűségre vonatkozó - szabályokra, valamint a 6.3. pontban megadott további egyidejűségi szabályokra is.

### 6.1. A teherbírás igazolása

A teherbírás igazolása során igazolni kell, hogy a figyelembe veendő terhekből és terhelő hatásokból a következők szerint összeállított igénybevétel tervezési értéke ( $E_d$ ) nem nagyobb, mint a teherbírás tervezési értéke ( $R_d$ ), azaz:  $E_d \leq R_d$

#### Tartós és ideiglenes tervezési állapotban

##### A helyzeti állékonyság igazolásakor:

$$E_d = \sum_{j \geq 1} (\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf} + \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}) + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{0i} Q_{ki}$$

##### A tartószerkezeti elemek szilárdságával összefüggő tönkremenetel esetén:

- közelítő számítás esetén (alapkombináció)

$$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{0i} Q_{ki}$$

- részletes erőteni számítás esetén:

$$E_d = \max \left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} (\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup} + \gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}) + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} \Psi_{01} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{0i} Q_{ki} \\ \sum_{j \geq 1} (0,85 \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup} + \gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}) + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{0i} Q_{ki} \end{array} \right.$$

##### Rendkívüli tervezési állapotban

$$E_d = \sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + A_d + \Psi_{11} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \Psi_{2i} Q_{ki}$$

##### Szeizmikus tervezési állapotban

$$E_d = \sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \Psi_{2i} Q_{ki}$$

ahol:

- $G_{kj}$  - a  $j$ -edik állandó hatás karakterisztikus értéke  
Ha az állandó hatás változékonysága jelentős, akkor a  $G_{kj}$  (várható) érték helyett az állandó hatás alsó ( $G_{kj,inf}$ ) és felső ( $G_{kj,sup}$ ) karakterisztikus értékeit kell értelemszerűen alkalmazni.
- $P_k$  - a feszítési hatás karakterisztikus értéke
- $Q_{k1}$  - a domináns esetleges hatás karakterisztikus értéke
- $Q_{ki}$  - a nem domináns,  $i$ -edik esetleges hatás karakterisztikus értéke
- $A_d$  - a rendkívüli hatás (tervezési) értéke
- $A_{Ed}$  - a szeizmikus hatás (tervezési) értéke
- $\gamma_{Gj}$  - a  $j$ -edik állandó hatás parciális tényezője  
Ha az állandó hatás a vizsgált igénybevétel szempontjából kedvező hatású is lehet, akkor (egyetlen  $\gamma_{Gj}$  érték helyett) az állandó hatás alsó ( $\gamma_{Gj,inf}$ ) és felső ( $\gamma_{Gj,sup}$ ) parciális tényezőit kell alkalmazni. Az azonos forrásból származó állandó hatások mindegyikét – az eredő hatásnak a vizsgált igénybevétel



szempontjából kedvező vagy kedvezőtlen voltától függően – vagy a  $\gamma_{Gj,inf}$  vagy a  $\gamma_{Gj,sup}$  parciális tényezővel kell szorozni.

$\gamma_P$  - a feszítés parciális tényezője

$\gamma_Q$  - az esetleges hatás parciális tényezője

$\psi_0, \psi_1, \psi_2$  - kombinációs tényezők a táblázat szerint.

Tartós és ideiglenes tervezési állapotokban a parciális tényezők közötti hidakra vonatkozó értékei az alábbi táblázatban találhatóak. A táblázati értékek tartalmazzák a számítási modell bizonytalanságaival összefüggő biztonsági hányadot is.

**Parciális tényezők a közúti hidak tervezéséhez**

Hatás	Parciális tényező	
	Jelölés	Érték
<b>A1) Helyzeti állékonyság vizsgálata esetén</b>		
$\sum_{j \geq 1} (\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf} + \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}) + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \psi_{0i} Q_{ki}$		
Állandó hatások (terhek és terhelő alakváltozások) kedvezőtlen	$\gamma_{G,sup}$	1,05
kedvező	$\gamma_{G,inf}$	0,95 <sup>(1)</sup>
Feszítőerő	$\gamma_P$	1,00 <sup>(2)</sup>
Forgalmi hatások vagy építési terhek kedvezőtlen	$\gamma_Q$	1,35
kedvező		0
Egyéb esetleges hatások kedvezőtlen	$\gamma_Q$	1,50
kedvező		0
<b>A2a) Tartószerkezeti elemek szilárdsági tönkremenetele esetén (geotechnikai hatások nincsenek)</b>		
$\max \left\{ \begin{aligned} &\sum_{j \geq 1} (\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup} + \gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}) + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} \psi_{01} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \psi_{0i} Q_{ki} \\ &\sum_{j \geq 1} (0,85 \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup} + \gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}) + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \psi_{0i} Q_{ki} \end{aligned} \right.$		
Állandó terhek (teher jellegű hatások) kedvezőtlen	$\gamma_{G,sup}$	1,35
kedvező	$\gamma_{G,inf}$	1,00
Zsugorodás	$\gamma_{sh}$	1,00
Süllyedés kedvezőtlen	$\gamma_{Gset}$	1,2 vagy 1,35 <sup>(3)</sup>
kedvező		0
Feszítőerő	$\gamma_P$	1,00 <sup>(2)</sup>
Forgalmi hatások kedvezőtlen	$\gamma_Q$	1,35
kedvező		0
Egyéb esetleges hatások kedvezőtlen	$\gamma_Q$	1,50
kedvező		0
<b>A2b) Tartószerkezeti elemek szilárdsági tönkremenetele esetén (geotechnikai hatások esetén és ha az altalaj ellenállása is szerepet játszik)</b>		
$\sum_{j \geq 1} (\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf} + \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}) + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \psi_{0i} Q_{ki}$		
Állandó terhek (terhek és terhelő alakváltozások) kedvezőtlen	$\gamma_{G,sup}$	1,00

kedvező	$\gamma_{G,inf}$	1,00
Süllyedés kedvezőtlen kedvező	$\gamma_{Gset}$	1,00 0
Feszítőerő	$\gamma_P$	1,00 <sup>(2)</sup>
Forgalmi hatások kedvezőtlen kedvező	$\gamma_Q$	1,15 0
Egyéb esetleges hatások kedvezőtlen kedvező	$\gamma_Q$	1,30 0

Megjegyzések:

- (1) Ellensúlyok esetén, ha az ellensúly térfogatsúlyának bizonytalansága nagy,  $\gamma_{G,inf} = 0,8$ .
- (2) A legtöbb teherbírasi határállapotban a feszítőbetéttel bevitt feszítés kedvező hatású, ezért  $\gamma_{P,fav} = 1,0$ . Stabilitási vizsgálatoknál, ahol a feszítőerő növekedése kedvezőtlen hatású (pl. külső kábeles feszítés)  $\gamma_{P,unfav} = 1,3$ . Lokális vizsgálatoknál  $\gamma_{P,unfav} = 1,2$  értéket kell alkalmazni.
- (3) Lineárisan rugalmas elven történő igénybevétel-számítás esetén  $\gamma_{Gset} = 1,2$ , nemlineáris számítás esetén  $\gamma_{Gset} = 1,35$ .

A fenti táblázatban szereplő parciális tényezőket a teherbírasi kimerülésének módjától függően a következőképpen kell alkalmazni:

- A helyzeti állékonyság vizsgálata esetén a fellépő hatások parciális tényezőit a táblázat A1 része szerint kell felvenni.
- A tartószerkezeti elemek szilárdságának kimerülése miatt bekövetkező teherbírasi határállapotok esetén, ha a vizsgált elemet geotechnikai hatások nem terhelik (pl. sarura állított felszerkezet tartószerkezeti elemei), akkor a fellépő hatások parciális tényezőit a táblázat A2a része szerint kell felvenni.
- A tartószerkezeti elemek szilárdságának kimerülése miatt bekövetkező teherbírasi határállapotok esetén, ha a vizsgált elemet geotechnikai hatások is terhelik és az ellenállásban az altalaj szilárdsága is szerepet játszik (pl. alépítmények szerkezeti elemei), akkor a fellépő hatások parciális tényezőinek megválasztásakor a következő módszerek valamelyikét kell alkalmazni.
  - Külön vizsgálat az A2a és az A2b rész szerinti parciális tényezőkkel, melyeket külön-külön mind a geotechnikai, mind a nem geotechnikai hatásokra alkalmazni kell. A két vizsgálat közül a kedvezőtlenebb eredményű veendő figyelembe.
  - Egyetlen vizsgálat az A2a rész szerinti parciális tényezőkkel, melyeket mind a geotechnikai, mind a nem geotechnikai hatásokra alkalmazni kell.
  - Egyetlen vizsgálat, melynek során a nem geotechnikai hatásokra az A2a rész szerinti parciális tényezőket, a geotechnikai hatásokra az A2b rész szerinti parciális tényezőket kell alkalmazni.

#### Kombinációs tényezők a közúti hidak tervezéséhez

Hatás	Jelölés		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Forgalmi terhek	gr1 (LM1)	Ikertengely (TS)	0,75	0,75	0
		Megoszló és járdateher (UDL)	0,40	0,40	0
	gr1b	Egytengelyű modell (LM2)	0	0,75	0

	gr2 (vízszintes erők)	0	0	0
	gr3 (gyalogosforgalomból származó terhek)	0	0	0
	gr4 (LM4) (embertömeg)	0	0,75	0
	gr5 (különleges járművek)	0	0	0
Szélhatás	$F_{wk}$ - tartós tervezési állapotban	0,6	0,2	0
	- megvalósítás során fellépő ideiglenes tervezési állapotban	0,8	-	0
	$F_w^*$	1,0	-	-
Hőmérsékleti hatás	$T_k$	0,6 <sup>(1)</sup>	0,6	0,5
Építési teher	$Q_c$	1,0		1,0

Megjegyzések: <sup>(1)</sup> A hőmérsékleti hatást teherbírasi határállapotban csak abban az esetben kell figyelembe venni, ha annak hatása jelentős (pl. fáradási vagy stabilitásvesztéssel járó tönkremenetel esetén, ill. ha domináns esetleges hatás). Egyéb esetben, teherbírasi határállapotokban  $\psi_0 = 0$  érték alkalmazható.

## 6.2. A használhatóság igazolása

A használhatósági határállapotok erőtan követelményeit csak tartós és ideiglenes tervezési állapotban kell igazolni, e vizsgálatokhoz közúti hidak esetén a következő hatáskombinációkat kell alkalmazni:

### a) Karakterisztikus kombináció

$$E_a = \sum_{j \geq 1} G_{kj} + (P_{k,inf} \text{ vagy } P_{k,sup}) + Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{0i} Q_{ki}$$

### b) Gyakori kombináció

$$E_b = \sum_{j \geq 1} G_{kj} + (P_{k,inf} \text{ vagy } P_{k,sup}) + \psi_{11} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{2i} Q_{ki}$$

### c) Kvázi-állandó kombináció

$$E_c = \sum_{j \geq 1} G_{kj} + (P_{k,inf} \text{ vagy } P_{k,sup}) + \sum_{i \geq 1} \psi_{2i} Q_{ki}$$

A fenti összefüggések szerint a feszítőerő bizonytalanságaira való tekintettel használhatósági határállapotokban a  $P_k$  (várható)érték helyett a feszítési hatás alsó ( $P_{k,inf}$ ) és felső ( $P_{k,sup}$ ) értékeit kell értelemszerűen alkalmazni.

A  $\psi$  tényezők értékei a fenti táblázatban találhatóak.

## 6.3. A forgalmi terhek más hatásokkal való egyidejűsége

A teherbírasi és a használhatósági határállapotokra vonatkozó hatáskombinációk összeállításakor a hatáskombinációk képzésére vonatkozó szabályokon túl az egyes hatások egyidejűségére vonatkozó szabályokat is alkalmazni kell.

A következő felsorolásban az egyidejűséget kizáró szabályok találhatóak meg.

A korábban összeállított – egymást kölcsönösen kizáró - forgalmi tehercsoportok a forgalmi terhek egymással való egyidejűségének szabályait is rögzítik.

A forgalmi tehercsoportok más esetleges hatásokkal való egyidejűségére vonatkozó szabályok a következők:

- A 2. tehermodellt (LM2) tartalmazó forgalmi tehercsoportot (gr1b), valamint a gyalogjárdákon és kerékpárutakon fellépő  $Q_{fwb}$  semmilyen más esetleges teherrel nem kell egyidejűnek feltételezni.
- Az 1. tehermodellt (LM1) tartalmazó forgalmi tehercsoportot (gr1a) legfeljebb a  $\psi_0 F_{wk}$  és  $F_w^*$  értékű szélterhek közül a kisebbikkel kell egyidejűnek feltételezni.

- A szélhatást egyáltalán nem kell egyidejűnek feltételezni
  - a vízszintes tehermodell tartalmazó forgalmi tehercsoporttal (gr2),
  - a gyalogjárdákon és a kerékpárutakon fellépő terheket tartalmazó forgalmi tehercsoporttal (gr3),
  - a 4. tehermodell (LM4) tartalmazó forgalmi tehercsoporttal (gr4).

A forgalmi terhektől különböző esetleges hatások egymással való egyidejűségére vonatkozó szabályok a következők:

- Az építési tevékenységből származó terheket, vagyis a személyzet és a kézi szerszámok súlyából származó építési terhet ( $Q_{ca}$ ) nem kell egyidejűnek feltételezni a szélhatással ( $F_{wk}$  vagy  $F_w^*$ ).
- A szélhatást és a hőmérsékleti hatást általában nem kell egyidejűnek feltételezni.

Az esetleges hatások egyidejűségére vonatkozó fenti szabályok alapján a táblázatokban megadott parciális és kombinációs tényezők számszerű értékeinek behelyettesítésével a következőkben hatáskombinációk összeállítására vonatkozó példákat adunk meg.

## 7. IRODALOM

- MSZ EN 1990 Eurocode: A tartószerkezeti tervezés alapjai (2003. augusztus 1.-én közzétett angol nyelvű változatának 2004. év május 1.-én megjelent magyar nyelvű változata).
- MSZ EN 1991-2 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások 1-2. rész: Általános hatások. Hidak forgalmi terhei.
- Farkas Gy.- Huszár Zs.-Kovács T.- Szalai K.: Betonszerkezetek méretezése az Eurocode alapján, közúti hidak, épületek. Terc. 2006.
- Gulvanessian H.,-Calgaro J. A.,-Holicky M.: Designers' Guide to EN 1990, Eurocode: Basis of Structural design. Thomas Telford, London, 2002.

# 1. ERŐHATÁSÁBRÁK ÖSSZEFOGLALÁSA

## Alapfogalmak

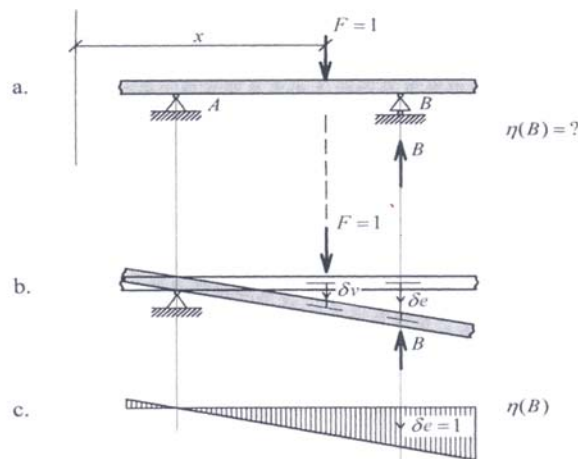
**Igénybevétel** a tartó egy rögzített keresztmetszetében a teher helyzetének ismeretében adható meg.

**Igénybevételi függvény** leírja egy rögzített helyzetű (álló) teher-együttes hatására az adott igénybevétel változását a keresztmetszet helyzetének változása függvényében. Az igénybevételi ábra az igénybevételi függvény képe.

**Az igénybevételi hatásfüggvény** leírja a tartó egy rögzített helyzetű keresztmetszetében keletkező igénybevétel változását a mozgó egység erő helyzetének a változása függvényében. A hatásábra a hatásfüggvény képe. A hatásfüggvény egy ordinátája megadja, hogy mekkora az adott keresztmetszetben az igénybevétel értéke a mozgó egység erő ordináta feletti helyzetében.

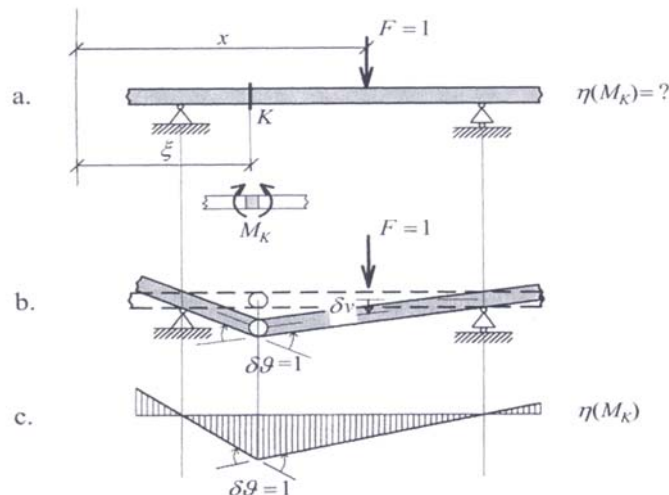
## Erő hatásfüggvények a virtuális elmozdulások tétele alapján

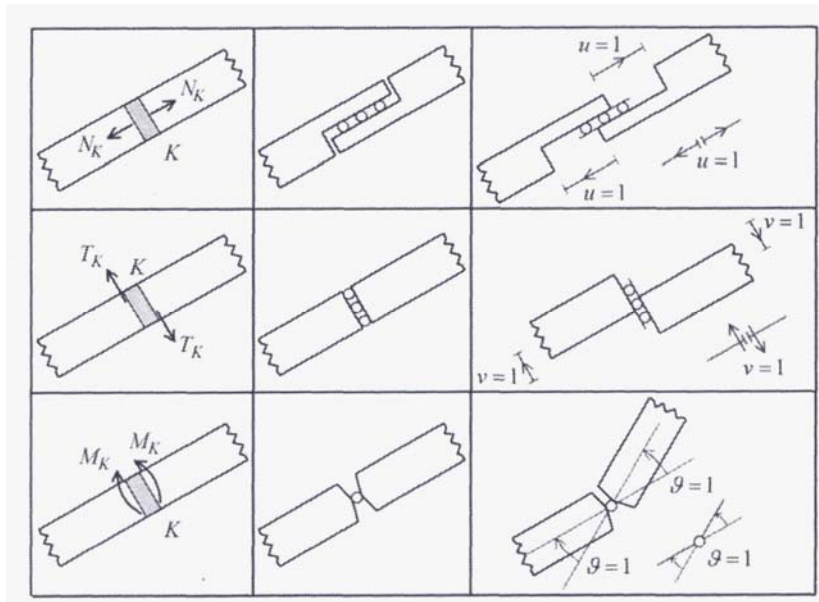
Egy külső reakcióerő hatásábrája a támasz helyén beiktatott, a reakcióerővel munkakompatibilis, azzal ellentett irányú egységnyi abszolút elmozdulásból kapott függőleges eltolódási ábra.



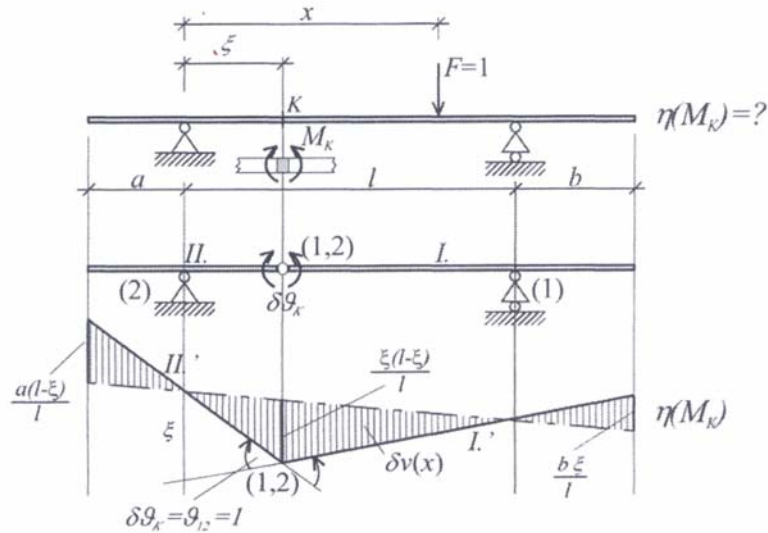
## Belső erők (igénybevételek) hatásfüggvényei

Az igénybevételi hatásába a keresztmetszetben beiktatott, az igénybevétellel munkakompatibilis, azzal egyező irányú egységnyi relatív elmozdulásból kapott függőleges eltolódási ábra.

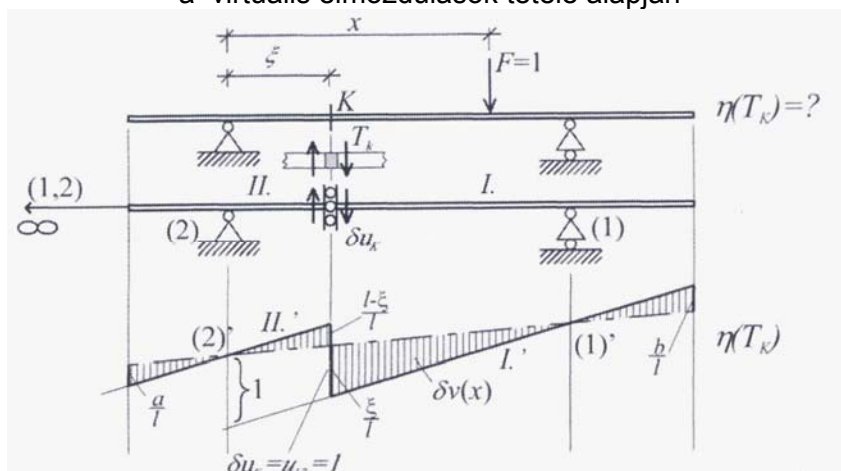




Relatív elmozdulásnak megfelelő egy-szabadságfokú belső kapcsolat



Kéttámaszú konzolos tartó K keresztmetszetének  $\eta(M_K)$  hajlítónyomatóéki hatásábrája a virtuális elmozdulások tétele alapján



Kéttámaszú konzolos tartó K keresztmetszetének  $\eta(T_K)$  nyíróerő hatásábrája a virtuális elmozdulások tétele alapján

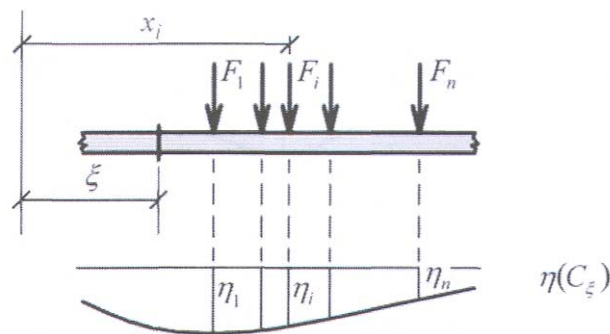
## 2. KERESZTMETSZETEK IGÉNYBEVÉTELI SZÉLSŐÉRTÉKEI

### Alapfogalmak

A tartószerkezet terheit állandó és esetleges teherként osztályozzuk. Az egyszerűség kedvéért a továbbiakban feltételezzük, hogy az állandó teher a tartó hossza mentén végig egyenletesen megoszló. Ezzel szemben az esetleges megoszló terhet részleges, vagy parciális elrendezésűnek tekintjük, tetszőleges kiterjedéssel. A több koncentrált erőből álló erőcsoport erői között a távolságok rögzítettek, és általában megfordíthatónak tekintjük.

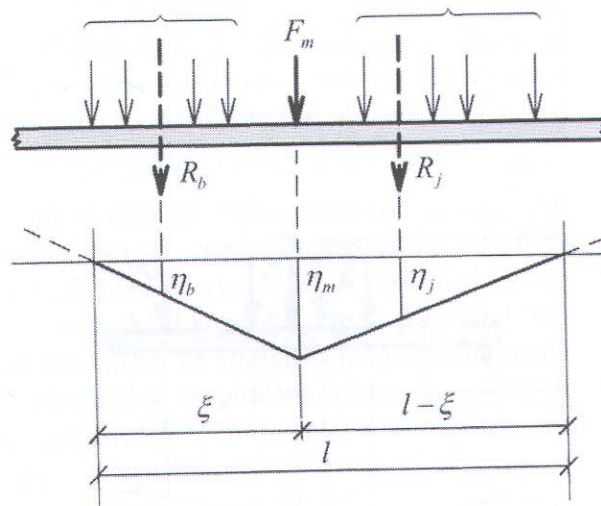
A mozgó esetleges tehernek azt a helyzetét, amely a vizsgált keresztmetszetben az igénybevétel szélsőértékét idézi elő, **mértékadó teherállásnak** nevezzük. A mértékadó teherállás keresztmetszethez tartozó fogalom.

### Koncentrált erőkből álló teher mértékadó elhelyezése



$$C_{\xi} = \sum_{i=1}^n F_i \cdot \eta_i$$

Ha az erőcsoport alatti hatására általános háromszög alakú, akkor a háromszög csúcsa fölé helyezendő erőt a viszonyított terhek szabálya alapján tudjuk kiválasztani.



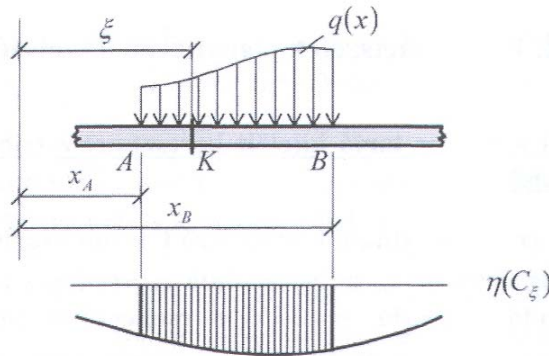
$$R_b \leq R \frac{\xi}{l} \leq R_b + F_m$$

Ahol:  $l$  a háromszög nullpontjai közötti távolság,  $\xi$  a vizsgált keresztmetszet távolsága a háromszög bal oldali nullpontjától,  $R_b$  a keresztmetszettől balra lévő erők eredője,  $F_m$  a háromszög csúcsa felett álló erő, és  $R$  az erőcsoport eredője.

### Megoszló teher mértékadó elhelyezése

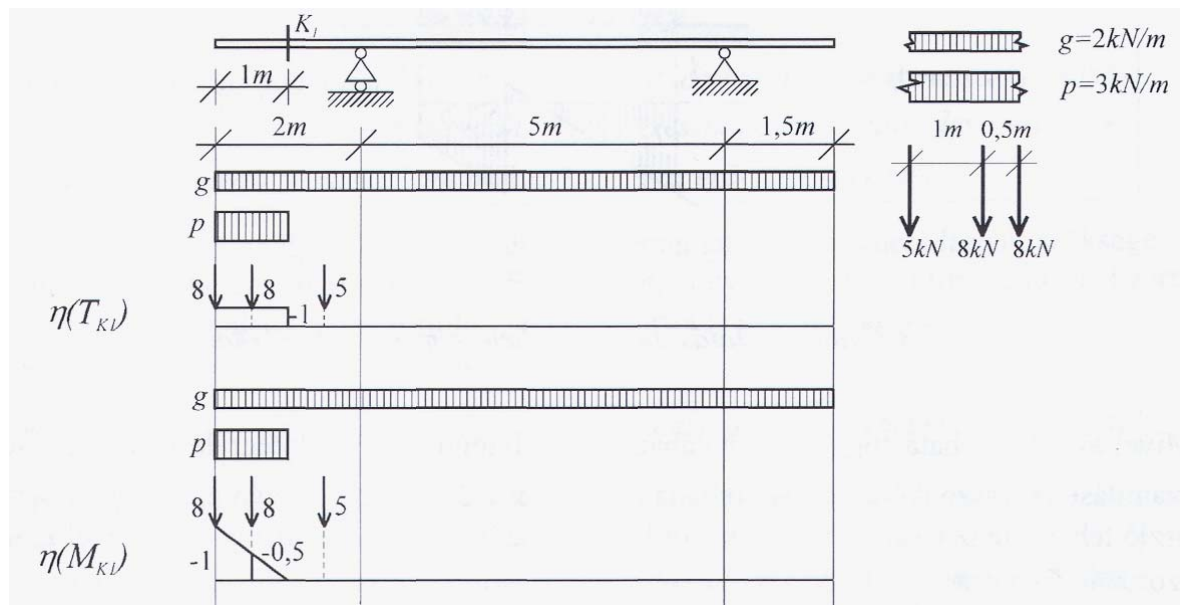
Működjön a  $q(x)$  függvénnyel adott megoszló teher a tartó  $x_A$  és  $x_B$  koordináták közötti szakaszán. Hatására a  $\xi$  koordinátájú keresztmetszetben

$$C_\xi = \int_{x_A}^{x_B} q(x) \cdot C_\xi(x) dx \text{ igénybevétel keletkezik.}$$



Ha a megoszló teher állandó értékű, akkor  $C_\xi = \int_{x_A}^{x_B} q \cdot C_\xi(x) dx = q \int_{x_A}^{x_B} C_\xi(x) dx = q \cdot A_\eta^{AB}$  ahol  $A_\eta^{AB}$  az  $\eta(C_\xi)$  hatására  $x_A$  és  $x_B$  koordinátákkal megadott szakaszának előjeles területe.

### Kéttámaszú konzolos tartó



$$A_T^+ = 0m, A_T^- = -1m, A_T = -1m$$

$$T_{\max}^+ = g \cdot A_T + p \cdot A_T^+ + \sum F_i \cdot \eta_i^+ = -2 \cdot 1 = -2kN = T_{\min}^-$$

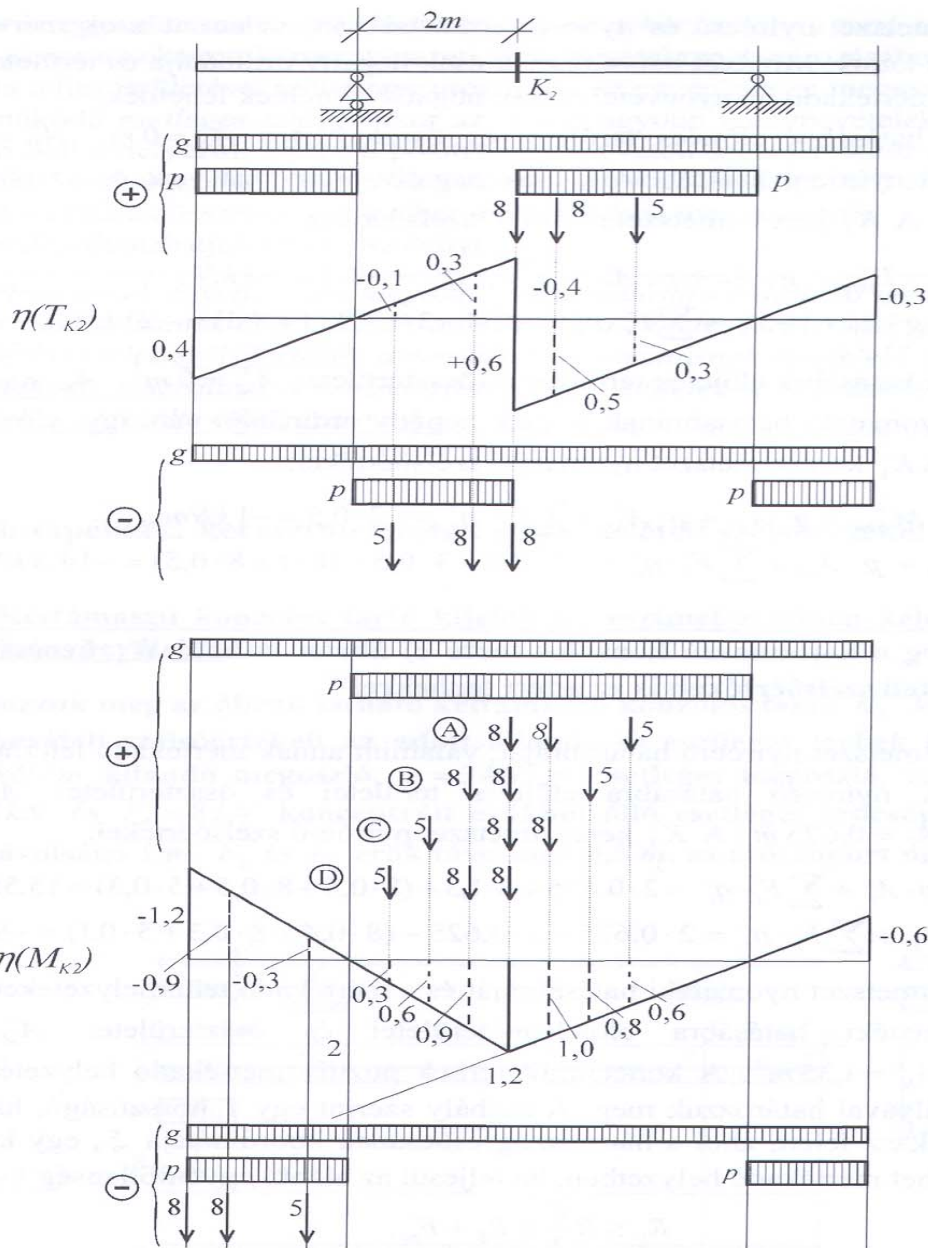
$$T_{\max}^- = g \cdot A_T + p \cdot A_T^- + \sum F_i \cdot \eta_i^- = -2 \cdot 1 - 3 \cdot 1 - (8 \cdot 1 + 8 \cdot 1) = -21kN$$

$$A_M^+ = 0m^2, A_M^- = -0,5m^2, A_M = -0,5m^2$$

$$M_{\max}^+ = g \cdot A_M + p \cdot A_M^+ + \sum F_i \cdot \eta_i^+ = -2 \cdot 0,5 = -1kNm = M_{\min}^-$$

$$M_{\max}^- = g \cdot A_M + p \cdot A_M^- + \sum F_i \cdot \eta_i^- = -2 \cdot 0,5 - 3 \cdot 0,5 - (8 \cdot 1 + 8 \cdot 0,5) = -14,5kNm$$





$$A_T^+ = 1,3m, A_T^- = -0,625m, A_T = -0,675m$$

$$T_{\max}^+ = g \cdot A_T + p \cdot A_T^+ + \sum F_i \cdot \eta_i^+ = 2 \cdot 0,765 + 3 \cdot 1,3 + (8 \cdot 0,6 + 8 \cdot 0,5 + 5 \cdot 0,3) = 15,55kN$$

$$T_{\max}^- = g \cdot A_T + p \cdot A_T^- + \sum F_i \cdot \eta_i^- = 2 \cdot 0,675 - 3 \cdot 0,625 - (8 \cdot 0,4 + 8 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,1) = -6,625kN$$

$$A_M^+ = 3m^2, A_M^- = -1,65m^2, A_M = 1,35m^2$$

A. eset:  $0 \leq 8,4 \leq 8$  nem lehetséges, B. eset  $8 \leq 8,4 \leq 16$ , ekkor a hatás 20,8kN,  
 C. eset:  $5 \leq 8,4 \leq 13$ , ekkor a hatás 20,6kN, és D. eset:  $13 \leq 8,4 \leq 0$  nem lehetséges

$$M_{\max}^+ = g \cdot A_M + p \cdot A_M^+ + \sum F_i \cdot \eta_i^+ = 2 \cdot 1,35 + 3 \cdot 3,0 + 20,8 = 32,5kNm$$

$$M_{\max}^- = g \cdot A_M + p \cdot A_M^- + \sum F_i \cdot \eta_i^- = 2 \cdot 1,35 - 3 \cdot 1,65 - (8 \cdot 1,2 + 8 \cdot 0,9 + 5 \cdot 0,3) = -20,55kNm$$

### 3. IRODALOM

Kurutzné Kovács M.: Tartók Statikája. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2005.

## 1. KERESZTMETSZETEK IGÉNYBEVÉTELI TERVEZÉSI ÉRTÉKEI

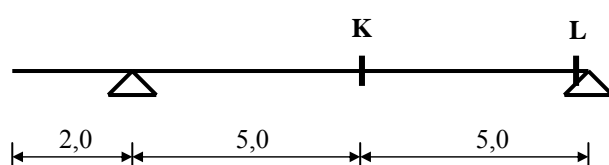
### 1.1. Alapfogalmak

A tartószerkezetek méretezésekor az MSZ-EN szerinti parciális és kombinációs tényezőket kell alkalmazni a szabályzat szerint számított, vagy meghatározott teher karakterisztikus értékei mellett.

A következő néhány példa az igénybevételek tervezési értékei számítását mutatja be adott állandó és esetleges teher alapértékek, valamint fiktív parciális és kombinációs tényezők mellett.

### 1.2. Kéttámaszú tartó

Határozza meg az alábbi ábrán látható tartó **K** keresztmetszetében a nyomaték és az **L** keresztmetszetében a nyíróerő alsó és felső tervezési értékét. Az önsúly parciális tényezője szakaszonként változhat!



Önsúlyteher:	Hasznos teher:
$g = 8,0 \text{ kN/m}$	$q = 5,0 \text{ kN/m}$
$\gamma_{g,\text{inf}} = 0,9$	$\gamma_q = 1,5$
$\gamma_{g,\text{sup}} = 1,35$	

Adatok:

$$k := 2 \cdot \text{m} \quad l := 10 \cdot \text{m}$$

$$g := 8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \gamma_{g,\text{inf}} := 0.9 \quad \gamma_{g,\text{sup}} := 1.35$$

$$q := 5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \gamma_q := 1.5$$

Megoldás:

$$M_{K,\text{min}} := - \left( \gamma_{g,\text{sup}} \cdot \frac{g \cdot k^2}{2} + \gamma_q \cdot \frac{q \cdot k^2}{2} \right) \cdot \frac{1}{2} + \gamma_{g,\text{inf}} \cdot \frac{g \cdot l^2}{8}$$

$$M_{K,\text{min}} = 71.70 \text{ kNm}$$

$$M_{K,\text{max}} := - \left( \gamma_{g,\text{inf}} \cdot \frac{g \cdot k^2}{2} \right) \cdot \frac{1}{2} + \gamma_{g,\text{sup}} \cdot \frac{g \cdot l^2}{8} + \gamma_q \cdot \frac{q \cdot l^2}{8}$$

$$M_{K,\text{max}} = 221.55 \text{ kNm}$$

$$V_{L,\text{min}} := -\gamma_{g,\text{sup}} \cdot \frac{g \cdot l}{2} - \gamma_q \cdot \frac{q \cdot l}{2} + \gamma_{g,\text{inf}} \cdot \frac{g \cdot k^2}{2 \cdot l}$$

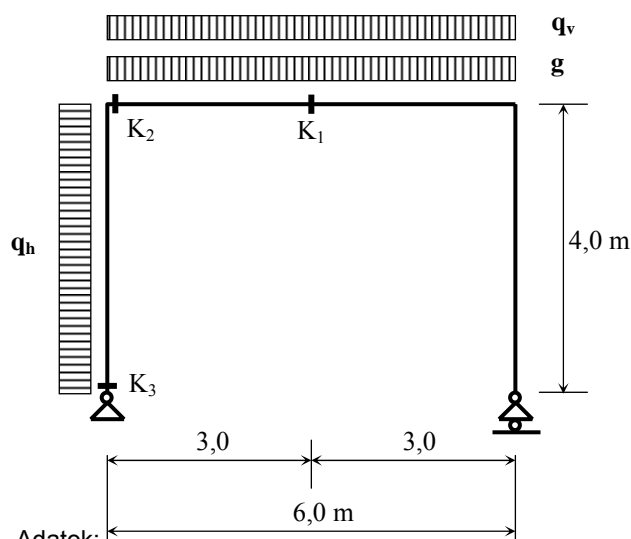
$$V_{L,\text{min}} = -90.06 \text{ kN}$$

$$V_{L,\text{max}} := -\gamma_{g,\text{inf}} \cdot \frac{g \cdot l}{2} + \gamma_{g,\text{sup}} \cdot \frac{g \cdot k^2}{2 \cdot l} + \gamma_q \cdot \frac{q \cdot k^2}{2 \cdot l}$$

$$V_{L,\text{max}} = -32.34 \text{ kN}$$

### 1.3. Kéttámaszú keret

Határozza meg az alábbi ábrán látható keret **K<sub>1</sub>** keresztmetszetében a nyomaték, **K<sub>2</sub>** keresztmetszetében a nyomaték és a nyíróerő, **K<sub>3</sub>** keresztmetszetében a nyíróerő alsó és felső tervezési értékeit! A keret önsúlya elhanyagolható. A  $q_h$  vízszintes teher mindkét irányban működhet. A  $q_v$  és  $q_h$  esetleges terhek kombinációs tényezője ( $\psi$ ) azonos.



Állandó teher: Esetleges terhek:

$$g = 5,0 \text{ kN/m}$$

$$\gamma_{g,\text{inf}} = 0,9$$

$$\gamma_{g,\text{sup}} = 1,35$$

$$q_h = \pm 2,5 \text{ kN/m}$$

$$q_v = 6,0 \text{ kN/m}$$

$$\gamma_q = 1,5$$

$$\psi = 0,6$$

Adatok:

$$L := 6 \cdot \text{m} \quad H := 4 \cdot \text{m}$$

$$g := 5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \gamma_{g,\text{inf}} := 0.9 \quad \gamma_{g,\text{sup}} := 1.35$$

$$q_v := 6 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad q_h := 2.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \gamma_q := 1.5 \quad \Psi := 0.6$$

Megoldás:

$$M_{K1,\text{min}} := \gamma_{g,\text{inf}} \cdot \frac{g \cdot L^2}{8} - \gamma_q \cdot \frac{q_h \cdot H^2}{2} \cdot \frac{1}{2}$$

$$M_{K1,\text{min}} = 5.25 \text{ kNm}$$

$$M_{K1,\text{max}} := \gamma_{g,\text{sup}} \cdot \frac{g \cdot L^2}{8} + \gamma_q \cdot \frac{q_v \cdot L^2}{8} + \gamma_q \cdot \frac{q_h \cdot H^2}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \Psi$$

$$M_{K1,\text{max}} = 79.88 \text{ kNm}$$

$$M_{K2,\text{min}} := -\gamma_q \cdot \frac{q_h \cdot H^2}{2}$$

$$M_{K2,\text{min}} = -30.00 \text{ kNm}$$

$$M_{K2,\text{max}} := \gamma_q \cdot \frac{q_h \cdot H^2}{2}$$

$$M_{K2,\text{max}} = 30.00 \text{ kNm}$$

$$V_{K2,\text{min}} := \gamma_{g,\text{inf}} \cdot \frac{g \cdot L}{2} - \gamma_q \cdot \frac{q_h \cdot H^2}{2 \cdot L}$$

$$V_{K2,\text{min}} = 8.50 \text{ kN}$$

$$V_{K2,\text{max}} := \gamma_{g,\text{sup}} \cdot \frac{g \cdot L}{2} + \gamma_q \cdot \frac{q_v \cdot L}{2} + \gamma_q \cdot \frac{q_h \cdot H^2}{2 \cdot L} \cdot \Psi$$

$$V_{K2,\text{max}} = 50.25 \text{ kN}$$

$$V_{K3,\text{min}} := -\gamma_q \cdot q_h \cdot H$$

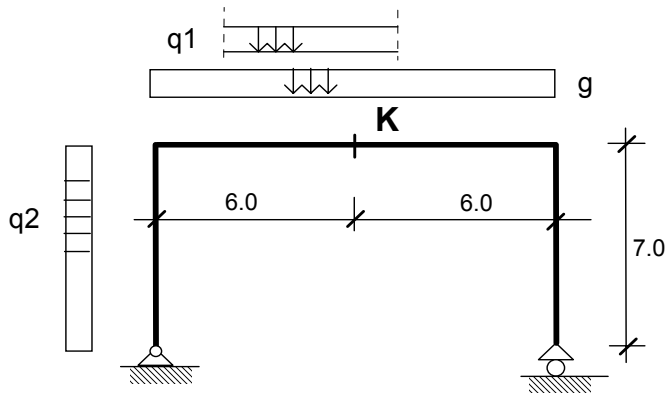
$$V_{K3,\text{min}} = -15.00 \text{ kN}$$

$$V_{K3,\text{max}} := \gamma_q \cdot q_h \cdot H$$

$$V_{K3,\text{max}} = 15.00 \text{ kN}$$

#### 1.4. Kéttámaszú keret

Határozza meg az alábbi ábrán látható keret **K** keresztmetszetében a nyomaték alsó és felső tervezési értékét  $q_1$  (függőleges) és  $q_2$  (vízszintes) esetleges terhek mértékadó elhelyezésével! A  $q_2$  teher mindkét vízszintes irányban működhet. A  $g=4 \text{ kN/m}$  állandó teher parciális tényezői:  $\gamma_{g,\text{inf}} = 0.9$ ,  $\gamma_{g,\text{sup}} = 1.1$ . Az esetleges terhek és parciális tényezőik:



függőleges teher:  
 $q_1 = 5 \text{ kN/m}$ ,  
 $\gamma_{q1} = 1.5$

vízszintes teher:  
 $q_2 = \pm 8 \text{ kN/m}$   
 $\gamma_{q2} = 1.4$

Mindkét esetleges teher kombinációs tényezője:  $\psi = 0.6$  legyen!

Adatok:

kN := 1000 N

kNm := kN·m

$$g := 4 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_1 := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_2 := 8 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$l := 12\text{-m}$$

$$h := 7\text{-m}$$

$$\gamma_{g.\text{inf}} := 0.9$$

$$\gamma_{g.\text{sup}} := 1.1$$

$$\gamma_{q1} := 1.5$$

$$\gamma_{q2} := 1.4$$

$$\psi := 0.6$$

Nyomatékok a K keresztmetszetben a g és q1 terhek alapértékeiből

$$M_{K.g} := g \cdot \frac{l^2}{8}$$

$$M_{K.q1} := q_1 \cdot \frac{l^2}{8}$$

$$M_{K.g} = 72 \text{ kNm}$$

$$M_{K.q1} = 90 \text{ kNm}$$

Függőleges reakció (B) a görgőnél a q2 teher alapértékéből

$$B := q_2 \cdot \frac{h^2}{2 \cdot l}$$

$$B = 16.333 \text{ kN}$$

Nyomaték a K keresztmetszetben a q2 teher alapértékéből

$$M_{K.q2} := B \cdot \frac{l}{2}$$

$$M_{K.q2} = 98 \text{ kNm}$$

Mértékadó nyomatékok a K keresztmetszetben, pozitív és negatív maximum

$$M_{K.\text{pozitív}} := \max \left( \left( \gamma_{g.\text{sup}} \cdot M_{K.g} + \psi \cdot \gamma_{q1} \cdot M_{K.q1} + \gamma_{q2} \cdot M_{K.q2} \right), \left( \gamma_{g.\text{sup}} \cdot M_{K.g} + \gamma_{q1} \cdot M_{K.q1} + \psi \cdot \gamma_{q2} \cdot M_{K.q2} \right) \right)$$

$$M_{K.\text{pozitív}} = 297.4 \text{ kNm}$$

$$M_{K.\text{negatív}} := \gamma_{g.\text{inf}} \cdot M_{K.g} - \gamma_{q2} \cdot M_{K.q2}$$

$$M_{K.\text{negatív}} = -72.4 \text{ kNm}$$

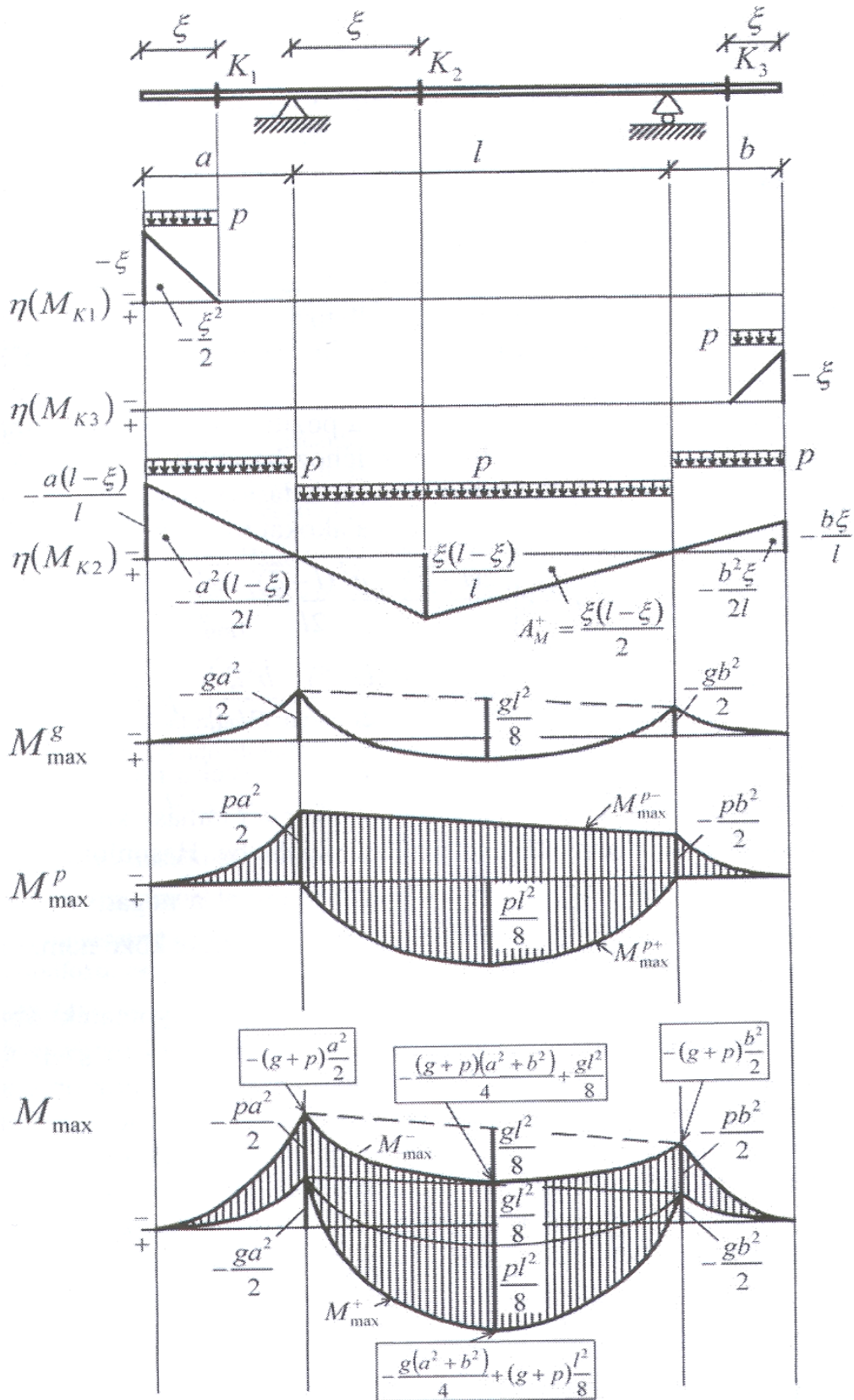
## 2. MAXIMÁLIS IGÉNYBEVÉTELI ÁBRÁK

### 2.1. Alapfogalmak

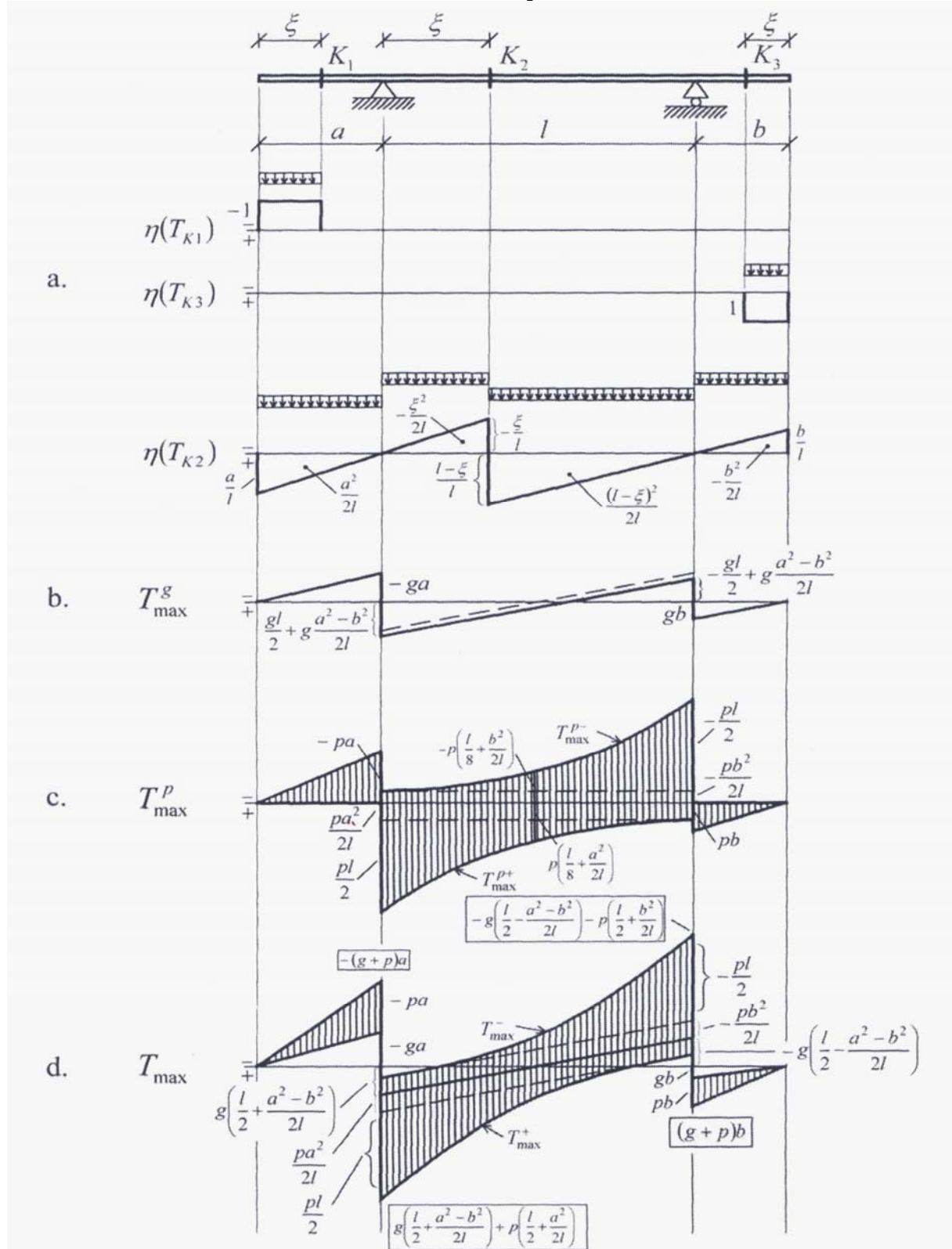
Egy keresztmetszet mértékadó igénybevételeit két előjeles szám, lehetséges igénybevételeit pedig a két szám által meghatározott intervallum adja meg. Az intervallumokat felmérve a tartó tengelyére, a lehetséges igénybevételek ábráját kapjuk. A **maximális ábra** a lehetséges igénybevételek ábrájának a burkológörbéje.

Más szóval: a maximális ábra egy olyan diagram, amelynek egy-egy ordinátája megmutatja, hogy a tartón működő, állandó és esetleges teher következtében mekkora az ordináta keresztmetszetében fellépő legnagyobb pozitív és legnagyobb negatív igénybevétel.

2.2. Kéttámaszú konzolos tartó maximális nyomatéki ábrái



2.3. Kéttámaszú konzolos tartó maximális nyírőerő ábrái



3. IRODALOM

Kurutzné Kovács M.: Tartók Statikája. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2005.

# 1. KÍSÉRLETTEL SEGÍTETT TERVEZÉS

## 1.1. Alkalmazási terület

A tervezés alapulhat kísérletek és számítások kombinációján. Megjegyzés: Kísérleteket pl. a következő körülmények esetén lehet végezni:

- ha megfelelő számítási modellek nem állnak rendelkezésre;
- ha nagyszámú, hasonló szerkezeti elemet alkalmaznak;
- a tervezés során tett feltételezések teljesülésének ellenőrzése céljából.

A kísérlettel segített tervezés során az adott tervezési állapotban szükséges megbízhatósági szintet biztosítani kell. A kísérleti elemek korlátozott számát a statisztikai értékelés során figyelembe kell venni.

Az EN 1991-EN 1999 szabványok szerinti parciális tényezőkkel összehasonlítható parciális tényezőket (beleértve a számítási modellekkel kapcsolatos parciális tényezőket is) kell alkalmazni.

## 1.2. A kísérletek típusai

Különbséget kell tenni a kísérletek alábbi típusai között:

a) Olyan kísérletek, melyek adott terhelési körülmények esetén közvetlenül megadják a tartószerkezet, vagy a tartószerkezeti elem teherbírási, vagy használhatósági jellemzőit. Ilyen kísérletek pl. fárasztó terheléssel, vagy ütközési teherrel végezhetőek.

b) Előírt kísérleti eljárás alkalmazásával egy adott anyagjellemző meghatározására irányuló kísérletek; mint pl. talajvizsgálat a helyszínen, vagy laboratóriumban, vagy új anyagok vizsgálata.

c) A tehermodell, vagy az igénybevételek számításához alkalmazott modell paramétereiben lévő bizonytalanság csökkentésére irányuló kísérletek; mint pl. szélcsatorna-kísérletek, vagy hullámból ill. áramlásból származó hatások azonosítása.

Az (a), (b), (c) és (d) típusú kísérletek esetén, ahol csak lehetséges, a tervezési értékeket a kísérleti eredményekből, elfogadott statisztikai módszerek alkalmazásával kell meghatározni. Lásd a D5-D8. szakaszokat. Megjegyzés: A (c) típusú kísérletek eredményeinek kiértékeléséhez lehetséges, hogy különleges eljárásokat kell alkalmazni.

d) Az ellenállás számításához alkalmazott modell paramétereiben lévő bizonytalanság csökkentésére irányuló kísérletek; mint pl. tartószerkezet-részek, vagy tartószerkezeti elemeken végzett vizsgálatok (pl. tető- vagy földémszerkezetek esetén)

e) a leszállított termékek azonosításhoz, vagy minőségellenőrzéséhez, ill. a gyártási jellemzők egyenletességének vizsgálatához alkalmazott ellenőrző kísérletek; mint pl. hidak kábeleinek vizsgálata, vagy betonkocka-vizsgálatok.

f) a megvalósítás során, a megépült tartószerkezeti részekről szükséges adatok megszerzése céljából végzett kísérletek; mint pl. cölöpterherbírás vizsgálata, kábelerők ellenőrzése a megvalósítás során.

g) a megépült tartószerkezet, vagy tartószerkezeti elem viselkedésének ellenőrzése céljából végzett kísérletek, mint pl. a rugalmas lehajlás mérése, rezgési frekvencia, vagy csillapítás mérése.

Az (e), (f) és (g) típusú kísérleteket minősítő vizsgálatoknak lehet tekinteni, mivel ezekben a tervezés során még nem áll rendelkezésre kísérleti eredmény. Tervezési értéként olyan biztonsággal felvett értékeket kell alkalmazni, melyek esetén elvárható, hogy azok egy későbbi időpontban teljesítik az ((e), (f) és (g) kísérletekre meghatározott) minősítési feltételeket.



### 1.3. A kísérletek megtervezése

A kísérletek végrehajtása előtt a kísérleti tervet jóvá kell hagynia a kísérletet végző szervezetnek. Ennek a kísérleti tervnek tartalmaznia a kísérlet tárgyát és minden olyan előírást, mely a kísérleti elemek legyártásához és kiválasztásához, a kísérlet megvalósításához és annak értékeléséhez szükséges. A **kísérleti tervnek** a következőkkel kell foglalkoznia:

- a kísérlet tárgya és az alkalmazási feltételek;
- a kísérleti eredmények előrebecslése;
- a kísérleti elemekre és a mintavételre vonatkozó előírások;
- terhelési előírások;
- kísérleti elrendezés;
- mérések;
- a kísérlet értékelése és a kísérleti beszámoló.

A **kísérlet tárgya** és az alkalmazási feltételek: A kísérlet tárgyát világosan meg kell határozni, pl. a szükséges jellemzők, bizonyos tervezési paraméterek kísérlet során történő változásának hatása és az érvényesség tartománya. Meg kell adni a kísérlet korlátozó körülményeit és a szükséges átszámításokat (pl. léptékhatás).

A **kísérleti eredmények előrebecslése**: A kísérleti eredmények előrebecslését befolyásoló minden jellemzőt és körülményt figyelembe kell venni, beleértve:

- a geometriai méreteket és azok változékonyságát;
- a geometriai imperfekciókat;
- az anyagjellemzőket;
- a gyártás és a megvalósítás módszere által befolyásolt paramétereket;
- a környezeti feltételek léptékhatásait, és ahol ez előfordul, tekintettel mindenfajta sorrendiségre.

A várható tönkremeneteli módot és/vagy a számítási modelleket, valamint az ehhez tartozó változókat rögzíteni kell. Ha bármiféle kétség van afelől, hogy melyik tönkremeneteli mód fog bekövetkezni, akkor a kísérleti tervet ehhez kapcsolódó előkísérletek alapján kell összeállítani. Megjegyzés: Figyelemmel kell lenni arra a tényre, hogy egy tartószerkezeti elem esetén alapjaiban különböző tönkremeneteli módok fordulhatnak elő.

A kísérleti elemekre és a mintavételre vonatkozó előírások: A kísérleti elemek jellemzőit elő kell írni, vagy olyan mintavételi eljárással kell előállítani, mely a valódi tartószerkezet működési körülményeit modellezi.

A következő tényezőket kell figyelembe venni:

- méretek és mérettűrések;
- a mintadarabok anyaga és gyártási módja;
- a kísérleti elemek száma;
- mintavételi eljárás;
- korlátozások.

Olyan mintavételi eljárást kell előírni, hogy annak eredményeként statisztikai értelemben reprezentatív minta adódjon.

Figyelmet kell fordítani a kísérleti elemek és a termékcsoportok közötti azon különbségekre, melyek befolyásolhatják a kísérleti eredményeket.

**Terhelési előírások:** A kísérlet tervezése során elő kell írni a következő terhelési és környezeti feltételeket:

- terhelési pontok;
- terhelési történet;
- megtámasztások;
- hőmérsékletek;
- relatív nedvességtartalom;
- elmozdulással vagy erővel vezérelt terhelések, stb.



A terhelés sorrendjét úgy kell megválasztani, hogy az a tartószerkezeti elem várható használati körülményeinek feleljen meg mind szokásos, mind szélsőséges használati feltételek esetén. Ahol ez előfordul, ott a szerkezeti válasz és a terhelés működtetéséhez alkalmazott berendezés kölcsönhatását figyelembe kell venni.

Ha a szerkezeti viselkedés olyan hatás(ok)tól függ, melyek nem szisztematikusan változnak, akkor ezeket a hatásokat a reprezentatív értékekkel kell figyelembe venni.

Kísérleti elrendezés: A kísérleti felszerelést a kísérletek típusa és a várható mérés határok figyelembevételével kell megválasztani. Különös figyelmet kell fordítani a terhelő és a megtámasztó berendezések megfelelő szilárdságát és merevségét, a lehajlások kialakulásához rendelkezésre álló teret, stb. biztosító intézkedésekre.

Mérések: A kísérlet előtt minden mérni kívánt jellemzőt kísérleti elemenként fel kell sorolni. Ezen túlmenően listákat kell készíteni

- a) a mérési helyekről;
- b) a mérési eredmények rögzítéséről, ha szükséges beleértve:
  - az eltolódások kialakulásának időbeli történetét;
  - a sebességeket;
  - a gyorsulásokat;
  - az alakváltozásokat;
  - az erőket és a nyomásokat;
  - a szükséges gyakoriságot;
  - a mérések pontosságát, és
  - a megfelelő mérőeszközöket.

A kísérlet értékelése és a kísérleti beszámoló: Különleges irányelvek a D5-D8. szakaszokban találhatóak. A kísérletekkel kapcsolatos minden szabványt fel kell sorolni.

#### 1.4. A tervezési értékek származtatása

Egy anyagjellemző, egy modell paraméter, vagy egy ellenállási jellemző tervezési értékének kísérleti meghatározását a következő módok valamelyike szerint kell végrehajtani:

- a) egy karakterisztikus érték meghatározása, melyet ezután el kell osztani egy parciális tényezővel, és esetenként, ha szükséges, szorozni kell egy explicit módon kifejezett átszámítási tényezővel.
- b) a tervezési érték közvetlen meghatározása, implicit, vagy explicit módon figyelembe véve az eredmények átszámítását és a szükséges teljes megbízhatóságot.

Megjegyzés: Általában az a) módszert kell előnyben részesíteni, feltéve, hogy a szokásos tervezési eljárásból a parciális tényező értéke már ismert

A karakterisztikus érték kísérleti meghatározása [(a) módszer] esetén a következőket kell figyelembe venni:

- a kísérleti eredmények szórása;
- az elvégzett kísérletek számából származó statisztikai bizonytalanság;
- előzetes statisztikai ismeretek.

A karakterisztikus értékre vonatkozó parciális tényezőt a megfelelő Eurocode-ból kell kivenni, feltéve, hogy a kísérletek, és a számszerű igazolásokban alkalmazott parciális tényező szokásos alkalmazási területe között megfelelő hasonlóság van.

Ha a tartószerkezet, vagy a tartószerkezeti elem szerkezeti válasza, vagy az anyag ellenállása olyan befolyásoló hatásoktól függ, melyeket a kísérlet nem megfelelő módon vesz figyelembe, pl.:

- időtől függő és tartóssági hatások;
- lépték- és mérethatások;
- különböző környezeti és terhelési körülmények, különböző peremfeltételek;
- ellenállási hatások,

akkor ezeket a hatásokat a számítási modellben megfelelő módon figyelembe kell venni.

### 1.5. A statisztikai értékelés általános elvei

A kísérleti eredmények értékelése során a kísérleti elemek viselkedését és a tönkremeneteli módot össze kell hasonlítani az előzetes elméleti vizsgálatok eredményeivel. Ha jelentős eltérés adódik, akkor arra magyarázatot kell keresni: ez további, - esetleg különböző körülmények között végrehajtott - kísérleteket tehet szükségessé, vagy az elméleti modell módosítását eredményezheti.

A kísérleti eredmények értékelését statisztikai eljárással kell végezni, az alkalmazandó eloszlásról és annak paramétereiről rendelkezésre álló (statisztikai) adatok felhasználásával. Az e mellékletben ismertetett módszer csak a következő feltételek teljesülése esetén alkalmazható:

- a statisztikai adatok (a megelőző ismereteket is beleértve) megfelelő mértékben homogén, azonosított csoportból származnak;
- elegendő mennyiségű adat áll rendelkezésre.

Megjegyzés: A kísérleti eredmények értékelésének három szintjét kell megkülönböztetni:

- ha csak egy (vagy nagyon kevés számú) kísérletet hajtottak végre, akkor szokásos statisztikai értékelést nem lehet készíteni. Csak jelentős mennyiségű előzetes adat, valamint ezen adatok és a kísérleti eredmények jelentőségének viszonylagos mértékére vonatkozó feltevések alkalmazása esetén lehetséges egy statisztikai jellegű értékelés készítése (Bayesian-eljárások, lásd az ISO 12491-et);
- ha egy paraméter kiértékelése céljából nagyobb mennyiségű kísérletsorozatot hajtottak végre, akkor elképzelhető, hogy szokásos statisztikai értékelést lehet készíteni. Az általános esetekre vonatkozóan ennek kidolgozott rendszere van, amint azt a D7. szakasz is bemutatja. Ezen értékelés során még szükség van néhány, a vizsgált paraméterrel kapcsolatos előzetes adat felhasználására, de általában kisebb mennyiségben, mint az előző esetben.
- ha egy modell, vagy néhány hozzá kapcsolódó paraméter kalibrálása céljából szükséges mennyiségű kísérletsorozatot hajtottak végre, akkor szokásos statisztikai értékelést lehet készíteni.

Egy kísérlet értékelésének eredményét csak a kísérlet során alkalmazott előírások és terhelési jellemzők esetén szabad érvényesnek tekinteni. Ha az eredményeket más tervezési paraméterek és más terhelési feltételek esetére extrapolálni kell, akkor megelőző kísérletekből és elméleti vizsgálatokból származó további adatokat kell felhasználni.

## 2. HIDAK PRÓBATERHELÉSE

## 3. IRODALOM

MSZ EN 1990 Eurocode: A tartószerkezeti tervezés alapjai (2003. augusztus 1.-én közzétett angol nyelvű változatának 2004. év május 1.-én megjelent magyar nyelvű változata).

ISO 2394 General principles on reliability for structures

EN ISO 9001:2000 Quality management systems. Requirements (ISO 9001:2000)