

## Híddaruk méretezési segédlete Bővített kiadás 2019.



A sorozat szerkesztője:  
**NAGY GYULA**  
a Magyar Mérnöki Kamara elnöke

Készült a Magyar Mérnöki Kamara Anyagmozgatógépek, Építőgépek és Felvonók Tagozatának gondozásában, a 2019. évi Feladat Alapú Pályázatok pénzügyi keretéből.

A kiadvány a Magyar Mérnöki Kamara tulajdona. Másolása, teljes terjedelmében való közlése csak a Kamara engedélyével lehetséges. Minden jog fenntartva.

*Szerzők:*  
**Gódor Balázs**  
**Dr. Kása László**  
**Székely Bence**

*Lektorálta:*  
**Kéki László**

**Kiadó:**

Magyar Mérnöki Kamara  
1117 Budapest, Szerémi u. 4  
[info@mmk.hu](mailto:info@mmk.hu), [www.mmk.hu](http://www.mmk.hu)

## Tartalomjegyzék

1. A pályamű vezetői összefoglalója.....	10
2. Bevezetés .....	12
3. Előzmények és rövid történeti áttekintés .....	13
3.1. Előírások, méretezési eljárások hatása az emelőgépekre.....	13
3.2. Méretezési elvek történetének rövid áttekintése .....	14
3.3. A méretezési eljárások értékelése az üzemeltetői szemszögből.....	16
4. Általános elvek és követelmények a tervezésnél .....	17
4.1. Szabványok alkalmazásának általános elvei.....	17
5. Módszerek a szerkezetek alkalmasságának igazolására.....	19
5.1. Méretezési eljárások.....	19
5.1.1. Határállapot módszere .....	19
5.1.2. Megengedett feszültség módszere .....	20
5.2. Magas kockázatú alkalmazások .....	21
5.2.1. Kockázati osztályba sorolás.....	21
5.2.2. Kockázati tényezők.....	22
5.2.3. Egyéb magas kockázatú alkalmazások .....	22
6. Daruk osztályba sorolása az MSZ EN 13001-1 szerint .....	23
6.1. A működési ciklusok összes száma.....	23
6.2. Átlagos elmozdulás vagy szögelfordulás .....	24
6.3. Terhelések gyakorisága.....	26
6.4. Gyorsulások átlagos száma .....	27
6.5. Feszültségtörténet meghatározása.....	27
6.5.1. Általános elvek.....	27
6.5.2. Feszültség amplitúdók gyakorisága.....	28
6.6. Fáradási osztály meghatározása.....	29
6.7. Daruk osztályba sorolása az ISO 4301-1 szabvány szerint .....	29
6.8. Daruk várható élettartamának meghatározása az ISO 12482 szabvány alapján.....	30
6.8.1. Bevezetés.....	30
6.8.2. A várható élettartam az ISO 12482 szabvány alapján .....	30
6.8.2.1. Regisztrálási tényező .....	30
6.8.2.2. Teljes felújítás (GO - General Overhaul).....	31
6.8.2.3. A tervezett használati idő/várható élettartam meghatározási módszerei.....	31

7. Darukra ható terhelések meghatározása az MSZ EN 13001-2 szerint .....	32
7.1. Jelölések, megnevezések.....	32
7.2. Terhelések csoportosítása .....	35
7.3. Rendszeres terhelések.....	36
7.3.1. Önsúlyból származó terhelések .....	36
7.3.2. Teheremelésből származó terhelések .....	37
7.3.3. Emelt teher egy részének elengedése.....	42
7.3.4. Egyenetlen felületen való haladás .....	43
7.3.5. Hajtások okozta terhelések.....	45
7.3.6. Elmozdulások okozta terhelések .....	48
7.4. Esetleges terhelések .....	49
7.4.1. Üzemi szélterhelések.....	49
7.4.1.1. Daru szélterhelése .....	49
7.4.1.2. Emelt teher szélterhelése.....	54
7.4.2. Egyéb környezeti terhelések .....	55
7.4.3. Ferdefutás okozta terhelések.....	55
7.4.3.1. A ferdefutási szög meghatározása .....	56
7.4.3.2. A ferdefutás okozta terhelés számítási módszerének kiválasztása.....	57
7.4.3.3. A ferdefutás okozta terhelések meghatározása MEREV egyszerűsített számítási módszer segítségével.....	57
7.4.3.4. A ferdefutás okozta terhelések meghatározása RUGALMAS egyszerűsített számítási módszer segítségével.....	60
7.5. Rendkívüli terhelések .....	62
7.5.1. Üzemen kívüli szélterhelések.....	62
7.5.2. Hirtelen teheremelés okozta terhelések.....	64
7.5.3. Túlterhelés.....	64
7.5.4. Ütközőerők .....	67
7.5.5. Emelt teher elejtése és mechanikai hiba okozta terhelések.....	68
7.6. Egyéb terhelések.....	68
7.6.1. Próbaterhelések .....	68
7.6.1.1. Statikus próbaterhelés .....	69
7.6.1.2. Dinamikus próbaterhelés.....	69
7.6.2. Felállítás, szerelés és szállítás okozta terhelések .....	70
7.6.3. Személyek mozgására szolgáló részek terhelései .....	70
7.7. Terheléskombinációk.....	71
7.7.1. Megfelelőség igazolása.....	71
7.7.2. Terhelés kombinációk táblázatai.....	71

7.7.3. Terheléskombinációk magyarázata az MSZ EN 13001-2:2014 szerint.	75
8. Különböző felhasználási területű híd- és bakdaruk MSZ EN 15011 szabvány szerint javasolt osztályba sorolása	77
9. A daruknál beépített kötél méretezése az MSZ EN 13001-3-2:2014 szabvány szerint	78
9.1. Igazolás statikus terhelés esetén	81
9.1.1. Függőleges emelés esete	81
9.1.1.1. Kötélerő tervezési értéke	81
9.1.1.2. Tehetetlenségi és nehézségi erők hatásai	82
9.1.1.3. Kötélvezetés hatásfoka	82
9.1.1.4. Nem párhuzamos kötélágak esete	83
9.1.1.5. Emelt teherre ható vízszintes erők	83
9.1.2. Nem függőleges tehermozgatások esete	84
9.1.2.1. Kötélerő tervezési értéke	84
9.1.2.2. Egyenértékű kötélerő meghatározása	84
9.1.2.3. Tehetetlenségi hatás	85
9.1.2.4. Kötélvezetési tényező	86
9.1.2.5. Nem párhuzamos kötelek	86
9.1.3. Kötélerő tervezési határértéke	86
9.2. Igazolás fáradási feszültség megfelelőségére	87
9.2.1. Általános követelmény	87
9.2.2. Kötélerő tervezési értéke	87
9.2.2.1. Alapvető feltétel	87
9.2.2.2. Tehetetlenségi hatás	88
9.2.2.3. Nem párhuzamos kötélágak	88
9.2.2.4. Vízszintes erők hatása függőleges emelésnél	90
9.2.3. Kötélerő tervezési határértéke	90
9.2.3.1. Kiinduló összefüggés	90
9.2.3.2. Kötélerő történet paraméter	90
9.2.3.3. Kötélerő spektrum tényezője	91
9.2.3.4. A hajlítások számának relatív gyakorisága	91
9.2.4. További hatások a kötélerő tervezési határérték számításához	92
9.2.4.1. Alap összefüggés	92
9.2.4.2. Dob és a korongok átmérői	92
9.2.4.3. A kötél elemi szál szakítószilárdsága	92
9.2.4.4. Elhagyási szög	93
9.2.4.5. Kötél kenése	93

9.2.4.6.	Horony.....	94
9.2.4.7.	Kötél típusok.....	94
9.2.4.8.	További előírások többretegű dob esetén.....	95
10.	Kerék/sín kapcsolat méretezése MSZ EN 13001-3-3 szabvány szerint.....	96
10.1.	Alkalmazási terület.....	96
10.2.	A szabvány általános előírásai.....	98
10.2.1.	Keményységi görbe az érintkezési felület alatt.....	98
10.2.2.	Egyenértékű rugalmassági modulus meghatározása.....	100
10.3.	Igazolás statikus terhelésre.....	100
10.3.1.	Tervezett érintkezési erő.....	101
10.3.2.	Statikus érintkezési erő határértéke.....	101
10.3.2.1.	A statikus érintkezési erő határértékének meghatározása.....	101
10.3.2.2.	Sarok nyomás vonal érintkezés esetén.....	103
10.3.2.3.	Nem állandó nyomáeloszlás vonal érintkezés esetén.....	104
10.4.	Igazolás fáradásos terhelésre.....	104
10.4.1.	Általános előírások.....	104
10.4.2.	Tervezett érintkezési erő.....	106
10.4.3.	Érintkezési erő tervezett kifáradási határértéke.....	106
10.4.3.1.	Számítási formula.....	106
10.4.4.	Referencia érintkezési erő.....	106
10.4.5.	Érintkezési erő történeti tényező meghatározása.....	107
10.4.6.	Érintkezési erő spektrum tényező meghatározása.....	108
10.4.7.	A gördülő kontaktusok száma.....	108
10.4.8.	A gördülő kontaktusok relatív száma.....	109
10.4.9.	Érintkezési erő történeti tényező csoportba sorolása.....	109
10.4.10.	Későbbi hatások tényezőjének meghatározása.....	109
10.4.11.	Beékelődés tényezőjének meghatározása.....	110
11.	Kovácsolt horgok szilárdsági ellenőrzése az MSZ EN 13001-3-5 szabvány szerint.....	111
11.1.	Statikus teherbírás.....	111
11.1.1.	Függőleges irányú erő tervezési értéke.....	111
11.1.2.	Vízszintes irányú erő tervezési értéke.....	112
11.1.3.	Horogszár hajlítónyomatéka.....	113
11.1.3.1.	Vízszintes irányú erő okozta hajlítónyomaték.....	114
11.1.3.2.	Horogfelfüggesztés ferdeségéből származó hajlítónyomaték.....	114
11.1.3.3.	Függőleges irányú erő külpontosságából adódó hajlítónyomaték.....	116
11.1.4.	Horogszár hajlítónyomatékának tervezési értéke.....	117

11.1.5. Horogtestben ébredő feszültségek meghatározása.....	117
11.1.5.1. Feszültség számításának módszerei.....	118
11.1.5.2. Feszültségek tervezési értéke .....	118
11.1.5.3. Horogszár feszültségének tervezési értéke .....	120
11.1.6. Horog statikus szilárdságra való megfelelésének igazolása.....	121
11.1.7. Statikus határfeszültség tervezési értékének felhasználása a horogtest megfelelésének igazolására .....	122
12. Acélszerkezetek méretezése az MSZ EN 13001-3-1 szabvány szerint .....	123
12.1. Méretezés és alapanyag választás szívóssági és szilárdsági anyagjellemzők alapján.....	123
12.2. Csavarkötések méretezése.....	123
12.3. Csapos kapcsolatok méretezése.....	124
12.4. Hegesztett acélszerkezeti kötések méretezése .....	124
12.5. Méretezés fáradásra .....	124
12.6. Méretezés stabilitásvesztéses tönkremenetelre .....	125
„A” melléklet.....	127
Mintapélda híddaru tervezési csoportszámának meghatározására.....	127
1. Mintapélda híddaru tervezési csoportszámának meghatározására.....	128
1.1. Példa a működési ciklus számítására.....	128
1.2. Példa az átlagos elmozdulás számítására.....	130
„B” melléklet.....	134
Mintapélda híddaru emelőmű gépészeti részegységeinek ellenőrző számítására	134
2. Mintapélda dinamikus tényezők meghatározására .....	135
2.1. Daru főbb műszaki paraméterei .....	135
2.2. Terhelésnövelő dinamikus tényezők meghatározása .....	135
2.2.1. Rögzítetlen, földre helyezett teher emelésére vonatkozó tehetetlenségi és súlyerők $\Phi_2$ dinamikus tényezője.....	135
2.2.2. Emelt teher egy részének elengedéséből adódó teher-elejtés dinamikus tényező ( $\Phi_3$ ) .....	139
2.2.3. Egyenetlen felületen való haladásból adódó dinamikus tényező ( $\Phi_4$ )	139
2.2.4. Hajtások okozta terhelések $\Phi_5$ dinamikus tényezője .....	141
3. Mintapélda horog szilárdsági ellenőrzésére .....	144
3.1. Daru és daruhorog főbb műszaki paraméterei .....	144
3.2. Horog geometriája.....	144
3.3. Statikus teherbírás .....	145
3.3.1. Függőleges irányú erő tervezési értéke .....	145
3.3.2. Vízszintes irányú erő tervezési értéke.....	146
3.4. Horogszár hajlítónyomatéka.....	147

3.4.1.	Vízszintes irányú erő okozta hajlítónyomaték .....	147
3.4.2.	Horogfelfüggesztés ferdeségéből származó hajlítónyomaték:.....	148
3.4.3.	Függőleges irányú erő külpontosságából adódó hajlítónyomaték ....	149
3.4.4.	Horogszár hajlítónyomatékának tervezési értéke .....	149
3.5.	Horogtestben ébredő feszültségek meghatározása .....	150
3.5.1.	Feszültségek tervezési értéke .....	150
3.5.2.	Feszültség tervezési értéke az "A" keresztmetszetben .....	152
3.5.3.	Feszültség tervezési értéke a "B" keresztmetszetben .....	152
3.5.4.	Horogszár feszültségének tervezési értéke .....	152
3.6.	Horog statikus szilárdságra való megfelelőségének igazolása .....	153
3.6.1.	A horogtest "A" keresztmetszet megfelelőségének igazolása.....	153
3.6.2.	A horogtest "B" keresztmetszet megfelelőségének igazolása.....	153
3.6.3.	A horogszár kritikus keresztmetszet megfelelőségének igazolása ...	154
3.7.	Statikus erő tervezési határértékének felhasználása a horogtest megfelelőségének igazolására .....	154
3.7.1.	A statikus erő tervezési határértéke az "A" keresztmetszetben.....	154
3.7.2.	A statikus erő tervezési határértéke a "B" keresztmetszetben .....	154
3.7.3.	A horogtest "A" és "B" keresztmetszet megfelelőségének igazolása.	155
4.	Mintapélda kötél szilárdsági ellenőrzésére.....	156
4.1.	Alapadatok.....	156
4.2.	Ellenőrzés statikus terhelésre .....	156
4.3.	Ellenőrzés fáradásra .....	158
	„C” melléklet .....	162
	Mintapélda daruhíd haladómű gépészeti részegységeinek ellenőrző számítására	162
5.	Számítási mintapélda a hajtást a ferdefutás miatt terhelő oldalirányú erőkre.	163
5.1.	Alapadatok: .....	163
5.2.	A ferdefutási szög meghatározása .....	163
6.	Számítási mintapélda híddaru hajtásrendszerének üzemi szélterhelésére történő méretezésére .....	165
6.1.	Bevezetés .....	165
6.2.	A számításhoz szükséges paraméterek, adatok.....	165
6.3.	Jellemző szélfelületek meghatározása.....	166
6.4.	Szerkezeti elemek légellenállási tényezőinek meghatározása.....	167
6.4.1.	Főtartók légellenállási tényezője .....	167
6.4.2.	Macska légellenállási tényezője.....	169
6.5.	Az emelt teherre ható szélterhelés .....	170
6.6.	A daru egészére ható szélterhelés .....	170



„D” melléklet.....	173
Mintapélda futómacska haladómű gépészeti részegységeinek ellenőrző számítására.....	173
7. Példa a kerék/sín kapcsolat méretezésére MSZ EN 13001-3-3 szabvány szerint	174
7.1. Bevezetés, alapadatok meghatározása.....	174
7.1.1. A számításhoz szükséges paraméterek, adatok.....	174
7.2. A kerék/sín kapcsolat kiválasztása.....	174
7.2.1. Maximális nyíró terhelés mélységének meghatározása .....	175
7.3. Igazolás statikus terhelésre .....	176
7.3.1. A statikus érintkezési erő határértékének meghatározása .....	176
7.4. Igazolás kifáradásra.....	177
7.4.1. Referencia erő számítása a kerékre/sínre .....	177
7.4.2. Érintkezési erőttörténeti tényező meghatározása a kerékre .....	178
7.4.3. Későbbi hatások tényezőjének meghatározása .....	180
„E” melléklet.....	183
Mintapélda híddaru gépészeti részegységek várható élettartamának meghatározására.....	183
8. Számítási mintapélda várható élettartam meghatározására az ISO 12482 szabvány alapján .....	184
8.1. A számításhoz szükséges paraméterek, adatok.....	184
8.2. A tényleges működési órák számának meghatározása a vizsgálati időszakra vonatkozóan .....	184
8.3. A tényleges terhelési spektrumtényező meghatározása.....	184
8.4. A részleges használati üzemidő meghatározása.....	185
8.5. Az emelőmű hátralévő élettartamának kiszámítása.....	186

## 1. A pályamű vezetői összefoglalója

---

Az MMK FAP pályázatára készített anyagunk célja egy olyan, Magyarországon eddig nem létező, mérnöki tervezési segédlet (sokszorosítható tananyag) létrehozása, amely segít kitölteni a modern európai emelőgépes szabványok alkalmazását segítő hazai szakirodalomban lévő űrt.

A daruk területén megjelenő új harmonizált európai méretezési szabványok fokozott mértékben vetik fel az e területen tevékenykedő tervezők átképzési igényét. A tervezési segédlet megjelentetése megteremti annak lehetőségét, hogy a daruk méretezési területén tevékenykedő szakemberek olyan kiadvány együttest hozzanak létre, amivel tanfolyami képzés keretében az emelőgép tervezők és szakértők olyan támogatást nyerhetnek, aminek segítségével a legkorszerűbb ismeretek alapján tudják a daruk legfontosabb alkatrészeinek megfelelőségét önálló munkával ellenőrizni, igazolni.

A hazai gazdasági életben mind gyakrabban jelentkezik az igény egyedi tervezésű és kivitelezésű berendezésekre, amikor olyan egyedi anyagmozgatási feladat adódik, amely széria daruval nem oldható meg, így egyedi tervezésű és kivitelezésű berendezés szükséges. Az ilyen feladatok kellő hatékonysággal csak a közelmúltban megjelent harmonizált szabványok figyelembe vételével oldhatóak meg. A pályázatban bemutatásra kerülő méretezési elvek, valamint a hozzájuk tartozó magyarázatok és a kidolgozott mintafeladatok megteremtik annak lehetőségét, hogy az emelőgépes területen dolgozó szakértők és tervezők olyan ismeretekre tegyenek szert, amivel a megbízói igényeknek meg tudnak felelni.

A tervezési segédlet elkészítésével alapvetően teljesítettük a pályázat célkitűzésében foglaltakat. A szabványosítási törvénnyel összhangban, csak annyi tartalom került változatlan formában a szabványokból a segédletbe, ami mindenképpen szükséges volt az érthetőség miatt. Az EN szabványok alapján történő tervezés nélkülözhetetlen feltétele a szabvány megvásárlása, ezt nem pótolhatja és nem is akarja pótolni ez a segédlet.

A segédlet fő célja, az angol kifejezéseken alapuló méretezési, számítási eljárások megismertetése, alkalmazásának bemutatása, valamint az egyes darutípusokra vonatkozó konkrét követelmények, adatok megadása.

Ennek megfelelően bemutatásra kerültek:

- a méretezési eljárások elméleti háttere,
- méretezési eljárások a megfelelőség igazolásához,
- a daruk osztályba sorolása (példákkal kiegészítve),
- a darukra ható terhelések számítása, a lehetséges terheléskombinációkkal együtt,
- a daru emelőkötéli méretezésének eljárása,

- a kerék/sín kapcsolat méretezése.

A bemutatást segíti a szöveges magyarázatok, az ábrák, táblázatok beillesztése a segédletbe, továbbá a pályamű készítőinek fordításán alapuló „Jelölések, megnevezések” fejezetek, amelyek akár szótárként is használhatók a szabványok alkalmazása során.

A jelen pályázat keretein belül elkészített „Híddaruk méretezési segédlete” című dokumentum a 2017-ben készült „Daruk méretezési segédlete” pályamű átdolgozott, javított kiadása. Az átdolgozás során a következő kiegészítések kerültek az anyagba:

- A korábbi kiadás óta változott szabványok módosítását átvezettük a segédletben.
- Új fejezetekkel egészült ki a segédlet, bővült a feldolgozásba bevont szabványok köre.
- Javításra kerültek egyes értelmezési hibákat okozó, illetve nem elég szakszerű fordítások.
- Megtörtént az angol nyelvű táblázatok és ábrák fordítása.
- A segédlet címét pontosítottuk, mivel alapvetően az általános darutervezési előírások bemutatását követően elsősorban a híddarukra vonatkozó eljárások, példák kerültek ismertetésre.
- A korábbi kiadásban csak elvétve, egy-egy fejezetnél szereplő számítási mintapéldákat kibővítettük és egy egységes, komplexebb feladat megoldását nyújtó mellékletbe foglaltuk.

Célunk volt a gyakorló tervező mérnök szempontjait figyelembe vevő segédlet összeállítása. Bízunk benne, hogy sok mérnök kollégának tudunk ezen a módon segítséget adni a mindennapi munkájához. Reméljük, hogy segédletünk mind a tagozat szakmai továbbképzéseiben, mind az egyetemi oktatásban, mind pedig a mérnöki gyakorlatban jól hasznosítható lesz!

## 2. Bevezetés

---

A segédlet elsősorban a tervező, karbantartó mérnököknek készült a gépészeti számítások elkészítéséhez. Nem tértünk ki a daruk tervezéséhez szükséges biztonsági követelmények és a szakmérnöki tudást követelő acélszerkezet méretezés bemutatására.

A segédlet célja, bemutatni azokat a fogalmakat, méretezési eljárásokat, amelyeket korábban daruk tervezésekor nem alkalmaztak, tekintettel a régi magyar szabványok használatára. Ilyen fogalmak az élettartamra méretezés, az osztott biztonsági tényező és további újdonságok, (például a kötelek fáradásvizsgálata, NF csavarkötés méretezése, terhelések bonyolult csoportosítása stb.). Összeállításunkban a korábban nem definiált terhelések is megjelentek, mint például a „skewing” (ferdefutás, beékelődés stb.), aminek pontos magyar fordítása sem honosodott még meg.

A segédlet elsősorban oktatási céllal készült, és bár a szerzők azt a legnagyobb gondossággal igyekeztek összeállítani, előfordulhatnak benne hibák és elírások, így semmiképpen nem helyettesítheti a szabványok naprakész ismeretét és értelmezését. A méretezési segédlet ezért önállóan nem használható, csak a tárgykörbe tartozó MSZ EN szabványokkal együtt alkalmas a tervezői munka megkönnyítésére. Mivel a szabványok szerzői jogi védelem alatt állnak, részeiben vagy egészében felhatalmazás nélkül másolni, sokszorosítani, forgalmazni, árusítani vagy bármilyen egyéb módon terjeszteni, közreadni tilos, ezért a szabvány részletei csak oly mértékben kerültek az anyagba amelyek a számítások megértéséhez, és az összefüggések bemutatásához feltétlen szükségesek.

Ennek megfelelően elsősorban arra törekedtünk, hogy az angol nyelvű szabványok érthetőek legyenek, ezt a szakkifejezések fordításával próbáltuk elérni.

A segédletben több, a témakörhöz tartozó szabvány került ismertetésre.

Problémát jelentett, hogy az angol szakkifejezések, szövegösszefüggések értelmezése a segédlet készítőinek tudására épült, ezért felhívjuk az alkalmazók figyelmét, hogy a magyar fordítást mindenki a saját felelősségére használja, ellenőrizze azokat, mert a szöveg nem egy szakértői testület által jóváhagyott tartalom.

Köszönetet mondunk a **Magyar Mérnöki Kamarának**, hogy segítette megvalósulni, pályázat útján, ezt a hiánypótló segédletet. Célunk a későbbiekben a segédlet teljessé tétele, a darukra vonatkozó további szabványok feldolgozásával, mint például az acélszerkezetek nagy fejezete.

### 3. Előzmények és rövid történeti áttekintés

---

#### 3.1. Előírások, méretezési eljárások hatása az emelőgépekre

---

Azok számára, akik régóta vannak kapcsolatban az emelőgépek üzemeltetésével feltűnhetett, hogy az azonos feladatra különböző időpontokban beszerezhető emelőgépek tömege, mérete az egyes típusváltások függvényében időről időre változik. Míg a tömegváltozás az 1990 évek végéig úgy az acélszerkezetek területén, mint a gépészeti egységeknél – azonos, vagy még növelt teherbírás (teljesítőképesség/teljesítményszint) esetén is – egyértelműen a tömegcsökkenést jelentett, addig 2010 után ez a folyamat lelassult.

E tendenciáról mindenki meggyőződhet, ha megvizsgálja az üzemében különböző időpontokban beszerzett hasonló műszaki paraméterű emelőgépek adattáblájának tömegadatát.

A tapasztalható tömegváltozások okai a következőkre vezethetők vissza:

- szilárdsági méretezések elméleti háttérének fejlődésére;
- a számítástechnikai eszközök elterjedésére, beleértve a különböző méretezési programok kifejlesztésére, fejlődésére;
- a szerkezetorientált anyagvizsgálati eredmények gyakorlatban való elterjedésére;
- méretezéseket érintő, a gépek biztonságát növelő rendeletekben előírt változások, amelyek közül a következőket kell kiemelni:
  - o a tartószerkezetekben 2010 után az Eurocode (parciális biztonsági tényezők) alapú méretezési elvek bevezetése;
  - o az egyes szerkezetek tömegcsökkenésének irányába hatnak/hathatnak a gépek biztonsági követelményeiről és megfelelőségének tanúsításáról szóló 16/2008 (VIII. 30) NFGM (42/2006 EC direktíva) rendelet (továbbiakban: GI) következő előírásai:
    - **3. § (1)** Gép vagy részben kész gép csak akkor hozható forgalomba vagy helyezhető üzembe, ha megfelel az e rendelet szerinti biztonsági és egészségvédelmi előírásoknak, és rendeltetésszerű összeszerelés, karbantartás és használat vagy az **ésszerűen előre látható rendellenes használat mellett** nem veszélyeztetni személyek, állatok életét, testi épségét, egészségét és a vagyonbiztonságot.
    - GI 1. melléklet 1. Alapvető biztonsági és egészségvédelmi követelmények 1.1.2. A biztonságos szerkezetek tervezésének alapelvei:

a) A gépet úgy kell megtervezni és gyártani, hogy a rendellenes használat kizárható legyen, ha az ilyen használat veszélyt idéz elő. ....

b) A gépet úgy kell tervezni és gyártani, hogy funkciójának megfelelően, és kezelése, beállítása, karbantartása előrelátható körülmények között ne veszélyeztesse a veszélynek kitett személyeket, figyelembe véve az ésszerűen előrelátható rendellenes használatot is.

c) A legmegfelelőbb módszer kiválasztásakor a gyártónak vagy meghatalmazott képviselőjének a következő alapelveket kell alkalmaznia, a megadott sorrendben:

1. a kockázatok lehető legnagyobb mértékű kiküszöbölése vagy csökkentése (eleve biztonságos gép tervezése és gyártása),
2. a nem kiküszöbölhető kockázatokra vonatkozóan a szükséges védőintézkedések megtétele,
3. a felhasználók tájékoztatása az elfogadott védőintézkedések bármilyen hiányosságából eredően fennmaradó kockázatokról, megjelölve, hogy szükség van-e speciális képzésre, és meghatározva bármilyen egyéni védőeszköz használatának szükségességét.

d) A gép tervezésekor és gyártásakor figyelembe kell venni azokat a korlátozásokat, amelyeket a szükséges vagy előrelátható egyéni védőeszköz használata eredményezhet a kezelőszemély számára.

e) A gépet el kell látni minden olyan speciális berendezéssel és kellékekkel, amely biztonságos beállításához, karbantartásához és használatához szükséges.

### 3.2. Méretezési elvek történetének rövid áttekintése

---

Az 1950 ~ 1970-es években az emelőgépek tervezéséhez is a kiinduló pont - a kályha - a szakkönyvekben leírtak voltak, amely tartalmazta a szerző által javasolt méretezési előírásokat. Ezek a szakkönyvek a kor technikai fejlettségén, elsősorban a több évtized alapján felhalmozott gyakorlati tapasztalatokon alapultak. Ezek a kiadványok a nyomdai átfutások miatt esetenként 5-10 éves késéssel jelentek meg, és a szerzőjüket, kiadójukat és tartalmukat mindenkor „megszűrte” a regnáló politika aktuális irányvonala. Ezek a szakirodalmak hivatkoztak szabványokra is, amelyek nagyobb részben biztonsági előírásokat, konstrukciós kialakítási módokat, kisebb részben konkrét számítási eljárásokat tartalmaztak. A nemzeti (magyar) szabványok alkalmazása az egykori szocialista országok jogi szabályozásának megfelelően kötelező volt, aminek magyarázata a „diplománélküli főmérnökök korszakára” vezethető vissza. Az „E szabvány előírásaitól való eltérést a Magyar Szabványügyi Hivatal elnöke engedélyezhet” kitétel az eltérés lehetőségét ugyan nyitva tartotta, de az egyenértékű biztonság bizonyításának objektív feltételei szervezetileg nem volt biztosított, mert az MSZH elnöke az államigazgatás szerves résztvevője volt, és a vállalatok döntő hányada a rendszerváltásig állami irányítás alatt állt.

Az 1970-ben jelent meg a FEM<sup>1</sup> 1970 évi kiadása, amely az emelőgépek méretezését gyökeresen átalakította. A FEM előírásait nagyszámú DIN méretezési szabvány követte. Ugyan az 1953-ban alakult FEM először 1962-ben próbálkozott egységes elvek alapján általános emelőgép méretezési előírásainak kidolgozásával. Az első kiadás megjelenése után az akkor korszerűnek tartott ismeretek miatt széles körben rövid időn belül elterjedt, de 1970-re a területhez tartozó nagymértékű gyártói kapacitás bővülése miatt, a kutatási munkák eredményei alapján, a korábban lefektetett elveket módosítani, korrigálni kellett. Az 1970-es kiadáshoz pontosítani kellett például a terhelési diagramokat és az üzemeltetési osztályok fejezetet, melynek eredményeként 4 csoport helyett 6 osztályba sorolták az emelőgépeket. A kísérleti eredmények miatt változott a kifáradással foglalkozó fejezet és átdolgozásra kerültek az NF csavarkötésre vonatkozó fejezetek is.

A legutolsó emelőgépes méretezési változat, a FEM 1.001 3. kiadása 1987-ben következett be, amely a mai napig meghatározza a tervező mérnökök munkáját, és hatással volt az EN szabványok megalkotására is.

Időközben elkészült a FEM 9-es számjeggyel kezdődő ajánlás sorozata is, amely a sorozatgyártású emelőgépek méretezésével, osztályba sorolás elvével, élettartamuk meghatározásának módjával foglalkozik. Az előírások előrevetítik az emelőgépek tervezésénél az élettartamra való méretezés alapelvének széleskörű bevezetését, amelyekkel az üzemeltetési körülmények követelményeinek megfelelő (teherbírás, emelési teljesítmény, élettartam stb.), optimális szerkezetek tervezése válik lehetővé. Ezek az emelőgépek természetesen az üzemeltetőtől a gyártói előírások, valamint a méretezési előírásokhoz kapcsolódó időszakos vizsgálati eljárásban meghatározottak következetes betartását követelik meg.

Az élettartamra való méretezéskor szerkezetek besorolását két tényező határozza meg:

- használati idő vagy ciklusszám,
- terhelési spektrum, a viszonylagos terhelés mértéke.

Az Európai Unió létrejötté, bővülése szorosabb gazdasági együttműködést követett. Az egységes piac miatt szükségessé vált a szabványok, jogszabályok egységes rendszerének kidolgozása, előírására, azok a tagországokkal való elfogadtatása, mert csak így lehetett a korszerű, nagyfokú biztonságot jelentő szabályozások műszaki színvonalát kialakítani, betartatni.

Az Európai Unió Tanácsa elsőként a magasépítéssel kapcsolatos mérnöki tevékenységre vonatkozó EN szabványokat az úgynevezett EUROCODE szabványokat dolgoztatta ki, fogadtatta el.

E szabványok felépítése, szakkifejezései, fogalmi köre, módszertana a mai napig meghatározza a magasépítészeti szerkezetek, így a tartószerkezetek statikai mé-

---

<sup>1</sup> FEM: FEDERATION EUROPEENNE DE LA MANUTENTION (Európai Anyagmozgatási Szövetség)

retezésre vonatkozó eljárásokat, szabványokat. Az elmúlt 50 év műszaki fejlődésének hatására olyan új fogalmak kerültek bevezetésre, mint a használhatósági határállapot, tervezési érték, hatás, ellenállás, parciális tényező stb.. Az emelőgépekre vonatkozó régebbi EN szabványok még a FEM 1.001 előírásaira hivatkoznak, azonban az újonnan megjelenő, a darukra vonatkozó szabványok már szakítanak ezzel a „hagyománnyal” és nemcsak elnevezéseikben, hanem tartalmukban követik a matematikai statisztikai módszereken alapuló méretezési eljárások követelményeit.

### 3.3. A méretezési eljárások értékelése az üzemeltetői szemszögből

---

Minden bizonnyal az emelőgépet üzemeltetők többségében jogosan merül fel az a kérdés, hogy az előzőekben leírtak mennyiben érintik:

- az üzemeltetői magatartást,
- azok az üzemeltetői magatartásra mennyiben hatnak,
- egyáltalán egy üzemeltetőt mennyiben érint a gyártóra/gyártmányra vonatkozó előírás-, és műszaki követelményrendszer.

A különböző szakértői konferenciákon, továbbképzéseken elhangzott előadások, valamint az ott megvitatott témák, továbbá a baleseti statisztikák alapján megállapítható, hogy míg a gépi berendezések üzemeltetése során a bekövetkezett balesetek, üzemzavarok mintegy 25-30 %-a származik emberi mulasztásokból, vagy hibás emberi cselekedetből (kezelői hiba), addig az emelőgépeknél mintegy 70-75 %-a vezethető vissza a kezelői hibára, a gyártói előírások be nem tartására.

Tekintettel arra, hogy az előbb leírtak még abból az időből származnak, amikor a gépészeti, acélszerkezeti elemek, szerkezetek méretezése a hagyományos, egységes „biztonsági tényező”-s elveken alapultak, és a szerkezetek a kellően „nagyvonalú” méretezési elvekből adódóan a túlterhelésekkel, szabálytalan kezelésekkkel szemben jelentős tartalékokkal rendelkeztek. A mai, kiélezett gazdasági versenyből adódó költséghatékony, megtakarítás-elvű kialakítást lehetővé tevő méretezésekkel létrehozott szerkezetek - még **„az ésszerűen előrelátható rendellenes használatot is”** figyelembe vevő méretezések mellett sem - rendelkeznek a korábban kialakult kezelői gyakorlatból adódó hatások elviselésének képességével.

A leírtak alapján előnyösnek és hatékonnak tartjuk az emelőgépekkel kapcsolatba kerülőket – legyenek azok tervezők, vagy üzemeltetők, vagy akár a kezelők – azokkal a méretezési eljárásokkal megismertetni, amelyekkel a gyártók berendezéseiket kialakítják. A kapott információk alapján a felhasználók megismerhetik a gépeik, berendezéseik kialakításának feltételeit, és meghatározhatják azokat a tevékenységeket, amelyek egyidejűségének elkerülésével berendezéseik élettartamát meg tudják hosszabbítani. Az eljárások bemutatásával az üzemeltetők arra is lehetősége kapnak, hogy az időszakos vizsgálati előírások mögött a szerkezetre vonatkozó élettartam feltételrendszert is megismerjék.



## 4. Általános elvek és követelmények a tervezésnél

---

### 4.1. Szabványok alkalmazásának általános elvei

---

Az Európai Unió országainak gyakorlatában használatos szabványok jelzete „EN” kitételt tartalmaznak. Ezek a szabványok az MSZ EN ISO 12100:2011, **Gépek biztonsága. A kialakítás általános elvei. Kockázatértékelés és kockázatcsökkentés** szabvány alapján lehetnek:

- „A” típusú a szabvány (biztonsági alapszabvány), ha alapvető biztonsági követelményeket, alapfogalmakat és alapelveket ír elő, amely valamennyi gépre alkalmazható.
- „B” típusú a szabvány (általános biztonsági szabvány), ha olyan biztonsági szempontot vagy biztonsági berendezést tárgyal, amely a gépek egy nagyobb csoportjához használható.
- „C” típusú szabvány (gépek biztonsági szabványa), részletes biztonsági követelményeket tartalmaz egy meghatározott gépre vagy gépcsoportra.

Amikor egy „C” típusú szabvány előírása eltér a vonatkozó „A” vagy „B” típusú szabványtól, akkor a „C” típusú szabvány elsőbbséget élvez.

Példa az „A” típusú szabványra:

MSZ EN ISO 12100      Gépek biztonsága. A kialakítás általános elvei.

Példa a „B” típusú szabványra:

MSZ EN ISO 14122      Gépek biztonsága. Gépi berendezések helyhez kötött feljárói.

MSZ EN 60204              Gépi berendezések biztonsága. Gépek villamos szerkezetei.

Példa a „C” típusú szabványra:

MSZ EN 13586              Daruk. Feljárók

MSZ EN 15011              Daruk. Híd- és bakdaruk

Azok a szabványok, amelyek összhangban vannak bármelyik direktíva előírásával, emelőgépek esetében GI-ben előírtakkal, annak nem mondanak ellent, azok a harmonizált szabványok.

Azokban az esetekben, amikor egy emelőgép valamelyik egységének tervezésekor, ellenőrzésekor, a megoldandó műszaki problémára nem áll rendelkezésre szabvány, akkor azt az adott területre vonatkozó valamelyik direktíva<sup>2</sup> előírása alapján - gép esetében a GI - figyelembe vételével kell megoldani.

---

<sup>2</sup> <http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/nando/index.cfm?fuseaction=directive.main>

Csak abban az esetben adható ki egy emelőgép EK megfelelőségének igazolása (CE jel), ha a gépre vonatkozó valamennyi harmonizált szabványt betartották, vagy a vonatkozó direktíva előírásai szerint készült.

Amennyiben a kivitelezett szerkezet, gép létesítésekor nem harmonizált szabványokban, előírásokban rögzítetteket is alkalmaztak (pl. FEM, MSZ vagy DIN előírások), akkor igazolni kell, hogy az alkalmazott megoldás egyenértékű biztonságot nyújt a vonatkozó harmonizált szabvány által előírtakkal, és csak az igazolás birtokában adható ki az EK megfelelőségi nyilatkozat. A megfelelőség igazolását az Európai Unióban a bejelentett szervezetek a **Notified Bodies**<sup>3</sup> adhatják ki

Az alapvető tervezési előírásokat valamennyi darutípus vonatkozásában az „MSZ EN 13135 Daruk. Biztonság. Tervezés. A berendezések követelményei” című szabvány tartalmazza. A konkrét méretezési kérdésekkel pedig a jelenleg is kidolgozás alatt álló MSZ EN 13001 szabványsorozat egyes kötetei foglalkoznak, ahol a darutípusokra vonatkozó szabványok speciális követelményeket írnak elő, illetve pontosítják az egyes paramétereket. Az ezekre történő utalásokat is tartalmazza az itt összeállított tervezési segédlet.

Igazoló számításokkal kell a tervezőnek bizonyítania, hogy az általa tervezett daru megfelel a MSZ EN 13001 szabványsorozat követelményeinek, és így az alkalmas a biztonságos, egészséget nem veszélyeztető munkavégzésre.

Azokra a veszélyekre, amelyekre nem terjed ki, sem a hivatkozott szabványsorozat, sem a darutípusra vonatkozó szabvány, az MSZ EN ISO 12100 szabvány követelményeinek alkalmazásával kell a biztonságos üzemeltetési feltételeket kialakítani. Az MSZ EN ISO 12100 szabvány előírásai szerinti kockázatelemzést a tervezett berendezésre minden esetben el kell végezni és szükség esetén kockázatcsökkentő intézkedéseket tenni.

---

<sup>3</sup> <http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/nando/>

## 5. Módszerek a szerkezetek alkalmasságának igazolására

---

### 5.1. Méretezési eljárások

---

E tervezési segédlet a határállapotra történő méretezést ismerteti.

- Osztott biztonsági tényező használata.

Osztott biztonsági tényező azt jelenti, hogy különféle terheléseknek, önsúly, hasznos teher, szélteher stb. a terhelés veszélyének megfelelő értékű a biztonsági tényező. A szabványok nyelvezete szerint ez a parciális tényező, amely azonos a részleges biztonsági tényező fogalmával.

- Egységes biztonsági tényező használata

A szabvány lehetőséget ad az olyan daru esetén, ahol a teherbírás növekedése a szerkezetben keletkező igénybevételek növekedésével jár együtt, a megengedett feszültség alkalmazására. Ebben az esetben úgynevezett általános (egységes) biztonsági tényezőt kell alkalmazni

A biztonsági tényezők értékeit a szabvány pontosan előírja, nagyságát a későbbiekben részletesen ismerteti a segédlet.

#### 5.1.1. Határállapot módszere

---

A darunak, részegységeinek, anyagainak határállapota azok a terhelési értékek, amelyeknél nagyobbak a daru biztonságos, rendeltetésszerű működését megakadályozzák.

Ilyen határállapotok:

- Teherbírési határállapotok
  - maradó alakváltozás, törés, NF csavar megcsúszás,
  - fáradásos törés, repedés,
  - kihajlás, horpadás,
  - elbillenés, stabilitásvesztés.
- Használati határállapotok:
  - használatot rontó rugalmas alakváltozás,
  - rezgések (ergonómiai szempont is),
  - melegedés (pl. fék).

Az ellenőrző számítások készítésekor az alábbi elveket, eljárásokat kell alkalmazni:

- merev test kinematikai modell,
- rugalmas anyagmodell,

- az üzemi viszonyok közben fellépő terhelések, alakváltozások, gyorsulások, belső erők pillanatnyi értékei és azok lehetséges variációja,
- az üzemi viszonyokon kívül figyelembe kell venni:
  - üzemen kívüli terheléseket (pl. szél),
  - szerelési állapotot,
  - vizsgálatok során keletkező igénybevételeket, (pl. próbaterhelés).

A számítási eljárások alkalmazhatóak feszültségeken alapuló határállapot elemzéshez, továbbá erőkkel, nyomatékokkal és alakváltozásokkal történő igazolásra is.

#### Hatások tervezési értéke:

- részegységre jutó terhelések meghatározása:
  - parciális biztonsági tényező,
  - dinamikus tényező figyelembevétele.
- terheléskombináció meghatározása, szükség esetén kockázati tényező figyelembe vételével, (pl. olvasztott fém mozgatása)
- igénybevétel meghatározása a vizsgált elemnél,
- igénybevételből és helyi hatásokból keletkező feszültség meghatározása.

#### Ellenállások tervezési értéke:

- anyag, kapcsolat, részegység szilárdsági ellenállásának meghatározása az ellenállás tényező figyelembe vételével.

A szerkezet akkor megfelelő, ha a hatásokból számított tervezési érték kisebb vagy egyenlő az ellenállás tervezési értékénél.

### **5.1.2. Megengedett feszültség módszere**

---

A megengedett feszültség módszer speciális esete a határállapot módszernek (osztott biztonsági tényező elve), ahol az összes terhelésnek azonos a parciális biztonsági tényezője (egységes biztonsági tényező elve). Az általános biztonsági tényező tartalmazza az ellenállási tényezőt is.

#### Hatások tervezési értéke:

- részegységre jutó terhelés meghatározása, a dinamikus tényező figyelembe vételével,
- terheléskombináció meghatározása,
- igénybevétel meghatározása a vizsgált elemnél,
- igénybevételből és helyi hatásokból keletkező feszültség meghatározása,

#### Ellenállások tervezési értéke:

- anyag, kapcsolat, részegység szilárdsági ellenállásának meghatározása a teljes biztonsági tényező és a kockázati tényező figyelembe vételével.

Ebben az esetben is a szerkezet akkor megfelelő, ha a hatásokból számított tervezési érték kisebb vagy egyenlő az ellenállás tervezési értékénél.

## 5.2. Magas kockázatú alkalmazások

### 5.2.1. Kockázati osztályba sorolás

A magas kockázatú (például veszélyes terhet, vagy terhet veszélyes terület fölött mozgató) darukat kockázati osztályba kell sorolni az alapján, hogy a daru egyes komponenseinek tönkremenetele milyen következményekkel járhat. Az egyes kockázati osztályok és a hozzájuk tartozó tipikus felhasználási területek az alábbi táblázatban láthatóak<sup>4</sup>:

Kockázati osztály	Leírás	Példák
I. kockázati osztály	Az esetleges meghibásodás következményei a daru közvetlen környezetére korlátozódnak, az emberélet elvesztésének kockázata közepes vagy a gazdasági, társadalmi, környezeti következmények számottevőek.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- forró olvadt fém mozgatása</li> <li>- radioaktív anyag mozgatása, feltéve, hogy meghibásodás esetén az esetleges sugár-szennyezés az adott munkahelyre korlátozódik</li> <li>- veszélyes terhek, vagy terhek veszélyes terület feletti mozgatása, mint például gyúlékony és robbanásveszélyes anyagok vagy veszélyes vegyi anyagok, feltéve, hogy meghibásodás esetén az esetleges veszélyforrás az adott munkahelyre korlátozódik</li> </ul>
II. kockázati osztály	Az esetleges meghibásodás következményei a daru közvetlen környezetén túlmutatnak, az emberélet elvesztésének kockázata nagy vagy a gazdasági, társadalmi, környezeti következmények rendkívül jelentősek.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- atomerőművi daruk, ahol az esetleges meghibásodás a reaktor működésbiztonságát veszélyezteti</li> <li>- veszélyes terhek, vagy terhek veszélyes terület feletti mozgatása, mint például gyúlékony és robbanásveszélyes anyagok vagy veszélyes vegyi anyagok, abban az esetben, ha az esetleges meghibásodás az egész létesítményt veszélyezteti</li> </ul>

<sup>4</sup> MSZ EN 13001-2:2014 – D melléklet

### 5.2.2. Kockázati tényezők

A különböző kockázati osztályokba sorolt daruk, illetve azok egyes részegységeinek esetén az alábbi táblázatban található  $\gamma_n$  kockázati tényezőket kell a számítások során alkalmazni<sup>5</sup>:

Rész, vagy részegység amire a kockázati tényezőt alkalmazni kell	Példák	Kockázati tényező ( $\gamma_n$ )			
		I. kockázati osztály		II. kockázati osztály	
		Statikus	Fáradási	Statikus	Fáradási
Emelőművek köteles és láncos mechanizmusai		1,2 5	1,2 5	1,6 0	1,6 0
A daru nagyméretű részegységeit tartó vagy mozgató köteles és láncos mechanizmusok	Kikötői rakedódaru kihajtható konzolja	1,2 5	1,2 5	1,6 0	1,6 0
Szerkezeti részek, amelyek hibája vizuális vizsgálattal nem fedezhető fel és meghibásodásuk akaratlan tehersüllyedéshez vezethet	Csavarkötések	1,1 0	1,1 0	1,2 5	1,2 5
Szerkezeti részek, amelyek hibája vizuális vizsgálattal nem fedezhető fel és meghibásodásuk az egész szerkezet, vagy annak jelentős részének összeomlásához vezethet	Vezetőgörgő tartószerkezete és csapágypai Macska végütközője	1,1 0	1,1 0	1,4 0	1,4 0

### 5.2.3. Egyéb magas kockázatú alkalmazások

Ahol a mozgási út határolásának biztosítása érdekében a daru vagy a futómacska ütközője előfeszített csavarkötéssel megvalósított súrlódásos kapcsolattal van rögzítve, továbbá a rögzítést csak a súrlódás biztosítja és a végütköző mögött másodlagos biztosító eszköz nem helyezkedik el, úgy az ütköző tervezéséhez  $\gamma_n = 1,6$  kockázati tényezőt kell alkalmazni<sup>6</sup>.

Amennyiben a daru stabilitása üzemen kívüli szélben nem felel meg a későbbiekben részletezett követelményeknek, rögzítő kikötéseket kell alkalmazni. A kikötés méretezéséhez a vonatkozó parciális biztonsági tényezők mellett az alábbi kockázati tényezőket kell alkalmazni:

A kockázati tényezőt acél elemek alkalmazásakor  $\gamma_n = 1,2$ , míg sodronykötelek vagy láncok alkalmazása esetén  $\gamma_n = 1,6$  értékűre kell felvenni<sup>7</sup>.

<sup>5</sup> MSZ EN 13001-2:2014 – D melléklet

<sup>6</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 – 5.5.3.3. pont.

<sup>7</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 – 5.2.3.3. pont.

## 6. Daruk osztályba sorolása az MSZ EN 13001-1 szerint

---

A daruk osztályba sorolása a régi magyar és külföldi szabványokban is már szerepelt. A fő szempont ezekben az esetekben az volt, hogy a jobban kihasznált daruk biztonságát növeljék. Csoportszámától függött például az acélszerkezet, a kötélt kiválasztás biztonsági tényezője is.

Az új EN és ISO szabványok élettartamra történő méretezést alkalmaznak. Méretezési alapelv: adott időtartamra (jellemzően 10 évre, vagy egyéb megállapodás szerinti időre) a csoportszámnak megfelelő kihasználtság esetén, a daru biztonságosan üzemeljen.

Az osztályozás, a csoportba sorolás mind az egyedileg tervezett és gyártott, mind a sorozatgyártásra tervezett daruk esetén is használható. Az egyedileg tervezett daruknál a leendő felhasználó a szándékolt használat alapján adja meg a csoportba soroláshoz szükséges adatokat, és ezeknek megfelelően történik a tervezés. Sorozatgyártású daruk esetén a felhasználó kiválasztja az igényeinek megfelelő csoportszámú darut, és azt vásárolja meg.

Az osztályba sorolás történhet a teljes darura, a főbb részegységekre és az alkatrészekre is. A sorozatgyártású daruknál célszerű úgy méretezni a szerkezeti részeket, hogy a különböző elemek azonos élettartamúak legyenek, annak ellenére, hogy a kihasználtságuk nem lesz egyforma.

Az üzemi viszonyokat az alábbi jellemzők határozzák meg:

- a működési ciklusok összes száma a meghatározott hasznos élettartam során,
- az átlagos elmozdulások nagysága,
- a mozgatott terhek relatív gyakorisága (terhelés eloszlás)
- mozgásonkénti gyorsulások átlagos száma.

### 6.1. A működési ciklusok összes száma

---

Egy ciklus akkor kezdődik, amikor a daru készen áll a teher megemelésére, és akkor végződik, amikor az azonos feladatnál a daru ismételten készen áll a következő teher megemelésére. A különböző feladatokat  $r$ -rel jelöljük.

Ciklusok jele: C

Ciklusok osztálya: U0 ~ U9

A C működési ciklusok U osztályait az MSZ EN 13001-1:2015 szabvány 2. táblázata tartalmazza.

Osztály	Működési ciklusok teljes száma
$U_0$	$C \leq 1,60 \times 10^4$
$U_1$	$1,60 \times 10^4 < C \leq 3,15 \times 10^4$
$U_2$	$3,15 \times 10^4 < C \leq 6,30 \times 10^4$
$U_3$	$6,30 \times 10^4 < C \leq 1,25 \times 10^5$
$U_4$	$1,25 \times 10^5 < C \leq 2,50 \times 10^5$
$U_5$	$2,50 \times 10^5 < C \leq 5,00 \times 10^5$
$U_6$	$5,00 \times 10^5 < C \leq 1,00 \times 10^6$
$U_7$	$1,00 \times 10^6 < C \leq 2,00 \times 10^6$
$U_8$	$2,00 \times 10^6 < C \leq 4,00 \times 10^6$
$U_9$	$4,00 \times 10^6 < C \leq 8,00 \times 10^6$

A daru élettartama alatt elért ciklusok összes száma a különböző tipikus feladatokhoz tartozó ciklusok számának összessége. Az egyes  $r$  feladathoz tartozó ciklusok  $\alpha_r$  viszonylagos száma a következő módon számítható:

$$\alpha_r = C_r / C$$

ahol:  $C_r$  az  $r$  feladathoz tartozó ciklusok száma

Különböző szerkezeti részekhez tartozó ciklusszámokat a tervezés során, külön-külön meg kell határozni. (pl. daru acélszerkezet, főemelőmű, segédemelőmű, macska haladás, fék, keréktengely stb.)

## 6.2. Átlagos elmozdulás vagy szögelfordulás

A daru különböző mechanizmusai, egy ciklus alatt, eltérő elmozdulásokat, elforgásokat végeznek. (horogszerkezet, daruhíd, futómacska, gémszerkezet)

Az elmozdulás két munkatér közötti utat jelenti, például horogszerkezetnél teher emelésekor az alsó és felső horogállás közötti távolság. Ezek a távolságok egy bázisponttól (pl. talajszint) mérhetőek, és ezeknek a különböző távolságoknak a felhasználásával határozható meg az átlagos elmozdulás.

Számítás menete:

- meghatározzuk a lehetséges ismétlődő feladatok számát:  $r$ ,
- ezekhez a feladatokhoz munkahelyzeteket rendelünk: 1. munkatér, 2. munkatér,



- meghatározzuk (vagy megbecsüljük) az egy feladathoz tartozó munkaterek helyzetét a bázisponthoz képest:  $\mathbf{x}_{ri}$  (1. munkatér) és  $\mathbf{x}_{rj}$  (2. munkatér) méterben
- megadjuk az egyes feladathoz tartozó használati gyakoriságot:  $\mathbf{n}_{ri}$  (1. munkatér) és  $\mathbf{n}_{rj}$  (2. munkatér)
- meghatározzuk a különböző feladatokhoz tartozó ciklusok viszonylagos számát:  $\alpha_r$
- kiszámítjuk az egy feladathoz tartozó átlagos elmozdulást:  $\bar{x}_r$

$$\bar{x}_r = \frac{\sum_{j=1}^n (n_{rj} * x_{rj})}{\sum_{j=1}^n n_{rj}} - \frac{\sum_{i=1}^m (n_{ri} * x_{ri})}{\sum_{i=1}^m n_{ri}}$$

- kiszámítjuk a teljes élettartam alatt várható átlagos elmozdulást:  $\bar{X}_{lin}$

$$\bar{X}_{lin} = \sum_r (\alpha_r * \bar{x}_r)$$

Az átlagos szögelfordulásokat hasonló módon kell kiszámítani.

Ha egy munkatéren belül is van munkamozgás, akkor azt külön feladatnak kell tekinteni!

Az  $\bar{X}_{lin}$  átlagos elmozdulás D osztályait az MSZ EN 13001-1:2015 szabvány 3. táblázata tartalmazza.

Lineáris elmozdulás				Elfordulás	
Osztályok			Átlagos elmozdulás tartomány $X_{lin}$ [m]	Osztályok	Átlagos elfordulás tartomány $X_{ang}$ [rad]
Emelés	Macska haladás	Daru haladás			
Dh0	Dt0	Dc0	$X_{lin} \leq 0,63$	Da0	$X_{ang} \leq \pi/16$
Dh1	Dt1	Dc1	$0,63 < X_{lin} \leq 1,25$	Da1	$\pi/16 < X_{ang} \leq \pi/8$
Dh2	Dt2	Dc2	$1,25 < X_{lin} \leq 2,5$	Da2	$\pi/8 < X_{ang} \leq \pi/4$
Dh3	Dt3	Dc3	$2,5 < X_{lin} \leq 5$	Da3	$\pi/4 < X_{ang} \leq \pi/2$
Dh4	Dt4	Dc4	$5 < X_{lin} \leq 10$	Da4	$\pi/2 < X_{ang} \leq \pi$
Dh5	Dt5	Dc5	$10 < X_{lin} \leq 20$	Da5	$\pi < X_{ang} \leq 2\pi$
Dh6	Dt6	Dc6	$20 < X_{lin} \leq 40$		
Dh7	Dt7	Dc7	$40 < X_{lin} \leq 80$		
Dh8	Dt8	Dc8	$80 < X_{lin} \leq 160$		
Dh9	Dt9	Dc9	$160 < X_{lin} \leq 320$		

**Fontos!**

Egyes szerkezeti elemeknél, mint például a csapág, az élettartam a működési időtől (fordulatok száma) függ. Az EN szabványok szerinti osztályba sorolásnál

közvetlenül nem szerepel a működési idő, míg az a FEM osztályba sorolásnál a terhelési tényezőtől és a működési időtől függ. Az EN előírás szerint a működési időnél fontosabb a ciklusszám, az átlagosan megtett út, a gyorsítások száma. A működési idő számítható a ciklusok számával, az átlagos úthosszal és a mozgási sebességgel.

### 6.3. Terhelések gyakorisága

A terhelések gyakorisága szerinti osztályba sorolás hasonló a korábbi szabványok szerinti besorolásokhoz.

A terhelésterjedelem-tényező kifejezi a daru üzemi viszonyait, a különböző hasznos terheket, a terhelésváltozásokat. Az eljárás itt is a részfeladatok meghatározásával és azok összegzésével történik.

Számítás menete:

- meghatározzuk a lehetséges ismétlődő feladatok számát:  $r$ ,
- meghatározzuk az  $r$  feladathoz tartozó ciklusok számát:  $C_r$
- meghatározzuk az  $r$  feladat során az  $i$  terhelés nagyságát:  $Q_i$
- meghatározzuk az  $i$  terheléshez tartozó ciklusok számát:  $C_i$
- meghatározzuk a legnagyobb terhelést az  $r$  feladat esetén:  $Q_r$

A terhelésterjedelem-tényező az alábbi módon számítható egy  $r$  feladathoz:

$$kQ_r = \sum_i \frac{C_i}{C_r} * \left(\frac{Q_i}{Q_r}\right)^3$$

Ha több feladat van, akkor a tényező a következő módon határozható meg:  $kQ$

$$kQ = \sum_r \frac{C_r}{C} * kQ_r * \left(\frac{Q_r}{Q}\right)^3$$

ahol  $Q$  a  $Q_r$  értékek közül a legnagyobb, lényegében a maximális teherbírás.

A  $kQ$  terhelésterjedelem-tényező  $Q$  osztályait az MSZ EN 13001-1:2015 szabvány 4. táblázata tartalmazza.

Osztály	Terhelési spektrum tényező
$Q_0$	$kQ \leq 0,0313$
$Q_1$	$0,0313 < kQ \leq 0,0625$
$Q_2$	$0,0625 < kQ \leq 0,1250$
$Q_3$	$0,1250 < kQ \leq 0,2500$
$Q_4$	$0,2500 < kQ \leq 0,5000$
$Q_5$	$0,5000 < kQ \leq 1,0000$

## 6.4. Gyorsulások átlagos száma

A teher kívánt helyzetének elérése érdekében valamennyi mozgás esetén gyorsításra van szükség. A gyorsulások (ezek lehetnek gyorsítások vagy lassítások egyaránt) átlagos száma kifejezi egy munkafolyamat (ciklus) során a teher gyorsításainak számát (emelés és süllyesztés is).

Gyorsulások száma:  $p$

Gyorsulások számának  $p$  osztálya:  $P$

Gyorsulások számának  $P$  osztályait az MSZ EN 13001-1:2015 szabvány 5. táblázata tartalmazza.

Osztály	Gyorsulások átlagos száma
$P_0$	$P = 2$
$P_1$	$2 < P \leq 4$
$P_2$	$4 < P \leq 8$
$P_3$	$8 < P$

## 6.5. Feszültségtörténet meghatározása

### 6.5.1. Általános elvek

A daru szerkezeti elemeinek fáradásos szilárdságának igazoló számításához meg kell határozni az üzemi viszonyokból származó feszültségtörténeteket.

A feszültségtörténet a fáradási szempontból lényeges feszültségváltozatok összessége.

A fáradási szilárdság igazolásakor az eseti vagy kivételes terheket nem kell figyelembe venni.

A fáradási szilárdság igazolásakor a terheléseket meg kell szorozni a  $\Phi$  dinamikus tényezővel, míg az összes  $\gamma_p$  részleges biztonsági tényezőt 1-nek kell venni.

Azokat a feszültségtörténeteket, amelyek nem lineárisan arányosak (mint a tartó felső szálában a gerendaelméletből és a kerékterhelésből származó helyi hatások, vagy a hajtóműtengelyben a hajlításból és csavarási nyírásból származó feszültségek), külön kell meghatározni. Az ilyen történetek egyesített hatásainak fáradási értékelése az egyes esetek kölcsönhatásán alapul.

A feszültségtörténeteket ábrázolni kell a legnagyobb feszültség amplitúdók időtartama és a feszültség amplitúdók gyakorisága és a hozzá tartozó közép-feszültségek függvényében.

### 6.5.2. Feszültség amplitúdók gyakorisága

Minden feszültségciklust jellemez az alsó és felső szélsőértéke, amiből meghatározhatók a feszültség amplitúdók és a közép feszültségek.

$$\sigma_a = (\sigma_u - \sigma_b)/2$$

$$\sigma_m = (\sigma_u + \sigma_b)/2$$

8

Ahol:  $\sigma_u$  a feszültségciklus felső szélső értéke;  
 $\sigma_b$  a feszültségciklus alsó szélső értéke;  
 $\sigma_a$  feszültségamplitúdó;  
 $\sigma_m$  közép feszültség.

Minden azonosított feszültségciklust osztályozni kell a statisztikai megjelenítéshez. Ebből a szempontból valamennyi olyan feszültségciklus, amelyiknek az amplitúdója az i tartományban, és amelyiknek a közép feszültsége a j tartományban van, az az ij feszültségciklus-osztályba kell sorolni. Az i-j osztályok feszültségciklusainak száma (gyakoriság) az  $n_{ij}$ .

A normál feszültségek amplitúdóinak gyakoriságát meg kell határozni pozitív és negatív közép feszültségekre is, míg a nyíró feszültségek amplitúdóinak gyakoriságát elegendő csak a pozitív közép feszültségekre figyelembe venni.

A feszültségtörténetek kétváltozós megjelenítését az MSZ EN 13001-1:2015 szabvány 6. ábrája szemlélteti.

Számítás menete:

- meg kell határozni minden r feladathoz tartozó ij osztály feszültségciklusainak a számát:  $n_{ij}^{(r)}$
- meg kell határozni a működési ciklusok számát: C
- meg kell határozni minden r feladathoz tartozó ciklusok viszonylagos értékét:  $\alpha_r$

$$n_{ij} = \sum_r \alpha_r * C * n_{ij}^{(r)}$$
$$n = \sum_i \sum_j n_{ij}$$

ahol: n a feszültségciklusok összes száma.

<sup>8</sup> MSZ EN 13001-1:2015 – 4.4.2. pont.

## 6.6. Fáradási osztály meghatározása

A daruk egészének, illetve egyes részegységeinek fáradási osztályokba sorolását az MSZ EN 13001-1:2015 szabvány 4.4. fejezete ismerteti.

A fáradásvizsgálatokat a különböző szerkezeti részegységekre a vonatkozó szabványok ismertetik.

## 6.7. Daruk osztályba sorolása az ISO 4301-1 szabvány szerint

Az MSZ EN 13001 szabványsorozat nem határoz meg egy jellel jellemezhető daru besorolást. A darugyártók a daruk használhatóságának kifejezésére rendszerint az ISO szerinti csoportszámot választják. A következő táblázat bemutatja az ISO szerinti csoportszámokat, melyek a már ismertetett ciklusszámokon és a terhelési tényezőkön alapulnak. Terhelési tényezőből 6 csoport van (MSZ EN 13001 szabványsorozat esetén 4), amint látható a kisebb kihasználtságú daruk csoportszámát megnövelték. A számítási eljárás hasonló az MSZ EN 13001-1 szerinti előíráshoz.

Q <sub>p</sub> osztályok és K <sub>p</sub> terhelés terjedelem tényező		U osztályok és a terhelési ciklusok teljes száma									
Q <sub>p</sub> osztály	K <sub>p</sub> terhelés terjedelem tényező	U <sub>0</sub>	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	U <sub>3</sub>	U <sub>4</sub>	U <sub>5</sub>	U <sub>6</sub>	U <sub>7</sub>	U <sub>8</sub>	U <sub>9</sub>
		1,6 ×10 <sup>4</sup>	3,15 ×10 <sup>4</sup>	6,3 ×10 <sup>4</sup>	1,25 ×10 <sup>5</sup>	2,5 ×10 <sup>5</sup>	5,0 ×10 <sup>5</sup>	1,0 ×10 <sup>6</sup>	2,0 ×10 <sup>6</sup>	4,0 ×10 <sup>6</sup>	8,0 ×10 <sup>6</sup>
Q <sub>p</sub> 0	0,0313	A03	A02	A01	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Q <sub>p</sub> 1	0,0625	A02	A01	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
Q <sub>p</sub> 2	0,1250	A01	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Q <sub>p</sub> 3	0,2500	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
Q <sub>p</sub> 4	0,5000	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
Q <sub>p</sub> 5	1,0000	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11

## 6.8. Daruk várható élettartamának meghatározása az ISO 12482 szabvány alapján

### 6.8.1. Bevezetés

Minden emelőgépnek véges élettartama van. Az élettartam a használat idejétől, a használat alkalmával fellépő hatások mértékétől függ. Az élettartamra való méretezés először a sorozatban gyártott emelőműveknél, a villamos emelődoboknál jelent meg. Az ISO 4301-1 szabvány a darukat a kihasználásuk, igénybevételük alapján csoportosítja, vagyis a csoportba sorolás a tervezett terhelés alapján megmutatja a berendezés tervezett élettartamát. A várható élettartam kiszámítása a valós (vagy becsült) terhelések alapján adja meg a berendezésnek a további biztonságos használati élettartamát.

### 6.8.2. A várható élettartam az ISO 12482 szabvány alapján

Az élettartamra való méretezéskor az élettartamot a szerkezeteknél (az acélszerkezeteknél) terhelési ciklusokban határozzák meg, míg a gépészeti egységeknél ez időalapú, üzemórában meghatározott.

Az ISO 12482 szabvány a daruk várható élettartam számítását tartalmazza. Az 1995-ben közzétett szabványban bevezették a várható biztonságos élettartam (SWP - Safe Working Period) fogalmát. A 2014-ben kiadott szabvány már a tervezett használati időszak (DWP - Design Working Period) kifejezést használja. A gyakorlatban a nagyobb darugyártók még mindig a SWP megnevezést használják az új DWP megnevezés helyett.

#### 6.8.2.1. Regisztrálási tényező

A szabvány a daru adott intervallumú üzeme alatt megvalósult tényleges terhelések alapján határozza meg a várható élettartamot. A daruk tényleges terheléseinek meghatározása nem egyszerű feladat, hiszen több éve, esetleg évtizede dolgozó daru terhelési adatai sok esetben az üzemeltető számára sem ismertek. A szabványban erre egy biztonsági tényezőt, ún. regisztrálási  $f_1$  tényezőt vezet be, mely a terhelések regisztrálási, adatrögzítési módjától függ. A  $f_1$  tényező értékei a következő táblázatban<sup>9</sup> láthatók:

Regisztrálási tényező	
Adatrögzítés módja:	$f_1$
automatikus	1
becsléssel, dokumentált eljárásrend alapján	1,1
becsléssel, dokumentált daruhasználat alapján	1,2
becsléssel, becsült daruhasználat alapján	1,3
ismeretlen használat módnál, tájékoztató érték alapján	1,5

<sup>9</sup> ISO 12482:2014 – 4.3. pont, 1 táblázat.

Az adatrögzítési módok közül az automatikus adatrögzítés adja a legkisebb értékű regisztrációs tényezőt. Ez a rendszer automatikusan, külön beavatkozás nélkül rögzíti a terhelési értékeket és egyéb paramétereket is. (*Megjegyzés:* az automatikus adatgyűjtő rendszerrel ellátott daruk kiszámolják SWP értékét, amely bármikor kiolvasható a rendszerből.)

Az ismeretlen használat módnál tájékoztató érték alapján felvett adatokhoz tartozik a legnagyobb a regisztrálási tényező.

#### 6.8.2.2. Teljes felújítás (GO - General Overhaul) 10

A szabvány 10 éves élettartamot vesz figyelembe, aminek letelte után a berendezésen teljes felújítást kell végrehajtani. A teljes felújítás a gyártó előírásai szerint általában a berendezés szétszerelésével, a részegységek kicserélésével jár. Az egy berendezésen elvégezhető teljes felújítások maximális számát a berendezés gyártója határozza meg. A teljes felújítás elvégzése után a daru élettartama 10 évvel meghosszabbodik.

A tényleges használat alapján meghatározott élettartam mutatja meg, hogy előre láthatóan mikor kell a teljes felújítást elvégezni, meddig használható még a daru biztonságosan. A várható élettartam kiszámítással nyomon követhető, hogy a vizsgált daru használata a tervezetthez képest mennyivel tér el. A tervezett 10 éves élettartam évenkénti 10%-os tervezett élettartam csökkenést jelent. A várható élettartam számítás végeredménye ettől eltérhet, amennyiben a darut a tervezetthez képest jobban vagy kevésbé használták ki. A várható élettartam kiszámításával előre meghatározható a szükséges teljes felújítás időpontja.

#### 6.8.2.3. A tervezett használati idő/várható élettartam meghatározási módszerei

Az acélszerkezetre a tényleges munkavégzésből adódó emelési ciklusok száma alapján, a gépészeti egységekre pedig a működési idő alapján kell a várható élettartamot meghatározni.

A szabvány *A* melléklete<sup>11</sup> tartalmazza az ISO 4301 szerint tervezett daruk tervezett használati idejének (DWP) meghatározását. A daruk várható használati idejét a számítás ciklusszámban adja meg.

A szabvány *B* melléklete<sup>12</sup> tartalmazza az ISO 4301 szerint tervezett emelőművek tervezett használati idejének (DWP) meghatározását. Az emelőművek várható használati idejét a számítás üzemórában adja meg.

---

<sup>10</sup> ISO 12482:2014 7. fejezet

<sup>11</sup> ISO 12482:2014 – A melléklet

<sup>12</sup> ISO 12482:2014 – B melléklet

## 7. Darukra ható terhelések meghatározása az MSZ EN 13001-2 szerint

### 7.1. Jelölések, megnevezések

A következő táblázat tartalmazza az MSZ EN 13001-2:2015 szabványban lévő jelölések magyar nevét.

Jelölés, rövidítés	Leírás
A1 - A4	Terheléskombinációk, beleértve a rendszeres terheléseket
$A$	A darurészegység jellemző felülete
$A_g$	Az összes emelt teher felületének a szélirányra merőleges síkú vetülete
$A_c$	A rácsos tartóelem határolóvonala által bezárt terület az elemet jellemző $d$ magasság síkjában
$A_j$	Egyetlen daruelem felülete a rá jellemző $d$ magasság síkjára vetítve
$b_h$	A sínfej szélessége
$b$	A daruelem jellemző szélessége
B1 - B5	A rendszeres és esetleges terhelések kombinációi
$c$	Rugóállandó
$c_o, c_a, c_{oy}, c_{oz}$	Légellenállás tényezők
C1 - C11	Rendszeres, esetleges és rendkívüli terheket tartalmazó terheléskombinációk
CFE, CFM	F/F vagy F/M rendszerben kapcsolt kerékpárok
$d$	A daruelem jellemző mérete
$d_i, d_n$	Az $i$ -edik vagy $n$ -edik kerékpár és a vezetőelem távolsága
$e_g$	A sínhézag szélessége
$f$	Súrlódási együttható
$f_i$	Terhelés
$f_q$	Sajátfrekvencia
$f_{rec}$	A $v(z)$ számításakor használt jelölés
$F$	Erő
$F, F_y, F_z$	Szélhatás
$\hat{F}$	A legnagyobb ütközőerő
$F_i, F_f$	A kezdeti ( $i$ ) és végső ( $f$ ) hajtóerő
$\Delta F$	A hajtóerő változása
$F_{x1}, F_{x2}, F_{y1}, F_{y2}$	Az érintő irányú kerékerők (kerékterhelés)
$F_y$	Vezetőerő
$F_{z1}, F_{z2}$	Függőleges kerékerők (kerékterhelés)



Jelölés, rövidítés	Leírás
F/F, F/M	Fix (rögzített)/Fix (F/F), illetve Fix/Mozgó (F/M) jelölések rövidítései a darukerek oldalirányú elmozdulási képességének jelölésére
$g$	gravitációs gyorsulás
$h$	A pillanatnyi forgáspont és a vezetőelem távolsága oldalazás esetén
$h(t)$	Időfüggő egyenetlenségi függvény
$h_s$	Illesztési lépcső magassága a sín pályában
$H_1, H_2$	Egyenlőtlen tömegeloszlásból származó oldalirányú kerékterhelések
HC1 to HC4	Merevségi osztályok
HD1 to HD5	Emelőmű hajtás működési osztálya
$i$	Futó-sorszám
IFF, IFM	F/F és F/M rendszerek független kerék-párjai
$j$	Futó-sorszám
$k$	Futó-sorszám
$K$	A terep ellenállási tényezője
$K_1, K_2$	Egyenetlenségi tényező
$l$	Daru fesztáv
$l_a$	Daru elem aerodinamikai hosszúsága
$l_o$	Daru elem geometriai hossza
$m_H$	Emelt teher tömege
$m$	Daru és emelt teher együttes tömege
$\Delta m_H$	Eleresztett vagy elejtett része az emelt tehernek
$n$	Egy pályaoldalon található kerekek száma
$n_m$	$\eta$ takarási tényező kitevője
$p$	Kapcsolt kerék-párok száma
$q$	Egyenértékű statikus szélnyomás
$\bar{q}$	Átlagos szélnyomás
$q(z)$	Egyenértékű statikus szélnyomás rendkívüli szélterhelés esetén (szélviharban)
$q(3)$	Szélnyomás $v(3)$ szélesebségnél
$r$	Kerék sugara
$R$	Rendkívüli szélterhelés visszatérési ideje
Re	Reynolds-szám
$s_g$	Vezetőelem és sín közötti távolság
$s_y$	Oldalirányú megcsúszás a vezetőelemnél
$\eta$	Takarási tényező

Jelölés, rövidítés	Leírás
$\eta_w$	Üzemen kívüli állapotban fennmaradó emelt teher tényezője
$\lambda$	Aerodinamikai karcsúsági tényező
$\mu, \mu'$	Az $I$ feszítáv részei
$F$	Az $F_y$ vezetőerő számításakor használt mennyiség
$F_{1i}, F_{2i}$	Az $F_{y1i}$ és $F_{y2i}$ számításakor használt mennyiség
$\xi$	A $\Phi_7$ számításakor használt mennyiség
$\xi_{1i}, \xi_{2i}$	Az $F_{x1i}$ és $F_{x2i}$ számításakor használt mennyiség
$\xi_G(\alpha_G), \xi_S(\alpha_S)$	Görbületi tényezők
$\rho$	A levegő sűrűsége
$\phi$	Tömörsegi tényező
$\Phi_1$	Dinamikus tényezők
$\Phi_1$	Az emelési folyamat hatásából a daruszerkezetre ható dinamikus tényező
$\Phi_2$	Rögzítetlen, földre helyezett teher emelésére vonatkozó tehetetlenségi és súlyerők dinamikus tényezője
$\Phi_{2C}$	Rögzítetlen, földre helyezett teher emelésére vonatkozó tehetetlenségi és súlyerők dinamikus tényezője rendkívüli terhelési esetben
$\Phi_{2min}$	A $\Phi_2$ számításakor használt változó
$\Phi_3$	Az emelt teher egy részének hirtelen elengedésére vonatkozó tehetetlenségi és súlyerők dinamikus tényezője
$\Phi_4$	Az egyenetlen felszínen való haladásból származó terhelések dinamikus tényezője
$\Phi_5$	Az összes hajtás gyorsulásából származó terhelések dinamikus tényezője
$\Phi_6$	A próbateherből származó terhelések dinamikus tényezője
$\Phi_7$	Az ütközőerőkből származó terhelések dinamikus tényezője
$\Phi_8$	A széllelkések reakciótényezője
$\Phi_L, \Phi_{ML}$	Túlterhelési erőtényező
$\Psi$	A légellenállás-tényezők számításakor használt csökkentő tényező

## 7.2. Terhelések csoportosítása

---

A darukra ható terhelések alapvetően három csoportba sorolhatók: rendszeres terhelések, esetleges terhelések és rendkívüli terhelések. A szabványok ugyan minden a darukra ható terhelést ezekbe a csoportokba sorolnak, azonban bizonyos hatások esetén (figyelembe véve azok gyakoriságát és jellegét) megengedik az átjárást az egyes csoportok között. Ez a segédlet az egyértelműen egyik csoportba sem besorolható, illetve más terhelésekkel nem kombinálható hatásokat külön csoportba, az egyéb terhelések közé sorolja. Így a terhelések csoportjai:

I. Rendszeres terhelések:

- Önsúlyból származó terhelések
- Teheremelésből származó terhelések
- Emelt teher egy részének elengedése
- Egyenetlen felületen való haladás
- Hajtások okozta terhelések
- Elmozdulások okozta terhelések

II. Esetleges terhelések:

- Üzemi szélterhelések
- Egyéb környezeti terhelések
- Ferdefutás okozta terhelések

III. Rendkívüli terhelések:

- Üzemen kívüli szélterhelések
- Hirtelen teheremelés okozta terhelések
- Túlterhelés
- Ütközőerők
- Emelt teher elejtése és mechanikai hiba okozta terhelések

IV. Egyéb terhelések:

- Próbaterhelések
- Felállítás, szerelés és szállítás okozta terhelések
- Személyek mozgására szolgáló részek terhelései
- Ésszerűen előre látható rendellenes használatból adódó terhelések

## 7.3. Rendszeres terhelések

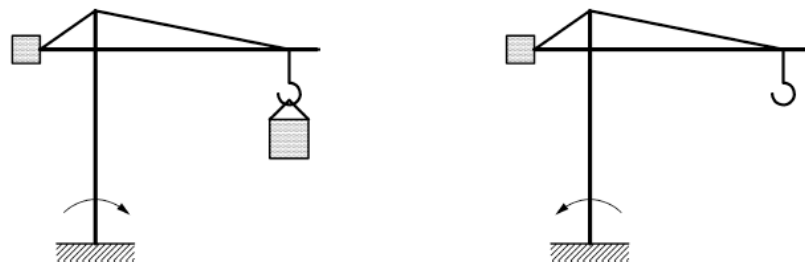
Rendszeres terheléseken a darura a normál üzemelés során, a tervezéskor figyelembe vett üzemi körülmények között ható terheléseket kell érteni. Ezek a terhelések a daru normál üzemkor nem minden emelési műveletkor, de rendszeresen fellépnek. A terhelések nagysága ugyan az esetek többségében nem határozható meg pontosan, de megjelenésük a daruval végzett műveletekkel determinisztikus kapcsolatban van.

### 7.3.1. Önsúlyból származó terhelések

A daru tartószerkezetének és gépészeti berendezéseinek méretezésekor számolni kell a szerkezetek önsúlyával, mint terheléssel. A szerkezeti tömegeket osztályozni kell aszerint, hogy azok hatása kedvező, vagy kedvezőtlen hatásúak. Ezt a besorolást a részegység vizsgálata esetén, minden szerkezeti elemre és terhelési esetre el kell végezni.

Példa:

*Az ábrán az első esetben a torony befogására az ellensúly tömege kedvező hatású, míg a második esetben kedvezőtlen. Az ellensúlyt tartó (hátranyúló) gémtag esetében azonban ez a tömeg mindkét esetben kedvezőtlennek minősül.*



A daru önsúlyából adódó terhelésekre vonatkozó parciális biztonsági tényezők ( $\gamma_p$ ) értékei, a különböző terhelési esetekre vonatkozóan az alábbi táblázat foglalja össze<sup>13</sup>:

Darurészek tömege és tömegközép- pontjuk hely- zete	Terhelési kombináció <sup>14</sup>					
	A		B		C	
	Kedve- zőtlen	Kedvező	Kedve- zőtlen	Kedvező	Kedve- zőtlen	Kedvező
Számítással	1,22	0,95	1,16	0,97	1,10	1,00
Méréssel	1,16	1,00	1,10	1,00	1,05	1,00

<sup>13</sup> MSZ EN 13001-2:2014 – 4.3.4. pont.

<sup>14</sup> MSZ EN 13001-2:2014 – 4.3.6. pont.

A parciális biztonsági tényezők értéke, tekintettel a gyártási tűrésekből adódó pontatlanságokra különbözik a számítással, illetve a mérlegeléssel meghatározott tömegeknél.

Egyes alkalmazások esetén számolni kell a daru szerkezetére lerakódó szennyeződésekkel (pl. acélöntő műben a grafitpor) is. Ezek hatását a szerkezetek önsúlyának megfelelő mértékű növelésével kell figyelembe venni.

A darura a teher elemelése és lerakása pillanatában, a szerkezetben kialakuló gerjesztett lengések miatt a saját szerkezeti tömeg tehetetlenségéből adódóan egy dinamikus többletterhelés hat. Ezt a többletterhelést egy  $\Phi_1$  jelű dinamikus tényező alkalmazásával kell figyelembe venni.

A  $\Phi_1$  dinamikus tényező értéke kedvezőtlen tömegű szerkezetrészek esetén általánosan:

$$\varphi_1 = 1 \div 1,1 \quad 15$$

a kedvező tömegű szerkezetrészek esetén pedig:

$$\Phi_1 = 0,95 \div 1 \quad 16$$

Gémes daruk esetén az értékek a fenti határokon belül, a szerkezet várható viselkedésének figyelembe vételével szabadon megválaszthatók.

Híd- és bakdaruk esetén a kedvezőtlen hatásokra vonatkozó tényező értéke:

$$\Phi_1 = 1,1 \quad 17$$

a kedvező hatásokra vonatkozó tényező pedig:

$$\Phi_1 = 0,95 \quad 18$$

### 7.3.2. Teheremelésből származó terhelések

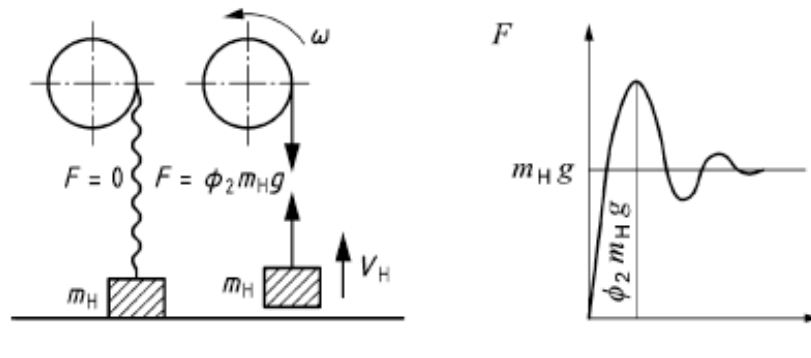
A teher földről történő elemelése pillanatában, amikor annak tehetetlen tömegét az emelési sebességre hirtelen kell felgyorsítani, a daru szerkezetére a névlegesnél jóval nagyobb terhelés hat. Ezt a hatást a teheremelésre vonatkozó,  $\Phi_2$  jelű dinamikus tényezővel kell figyelembe venni. A  $\Phi_2$  nagysága elsősorban attól függ, hogy az elemelkedés pillanatában a terhet milyen gyorsulással (tehát milyen sebességre és mennyi idő alatt) kell felgyorsítani. Ezt befolyásolja a daru vezérlése (emelési sebessége és annak szabályozása), illetve a gyorsítási út, amit elsősorban a szerkezet merevsége (annak rugalmas alakváltozása) határoz meg.

<sup>15</sup> MSZ EN 13001-2:2014 – 4.2.2.1.

<sup>16</sup> MSZ EN 13001-2:2014 – 4.2.2.1.

<sup>17</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 – 5.2.1.3.1.

<sup>18</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 – 5.2.1.3.1.



A dinamikus tényező értéke bizonyos esetekben - a rendszeres és a rendkívüli terhelések számítása esetén - különböző lehet. A korszerű daruknál az emelési sebesség szabályozása a teheremelés kezdetén a kezelőtől függetlenül, automatikusan történik, azonban a szabályozó rendszer meghibásodásakor a tervezettnél jóval nagyobb dinamikus igénybevétel érheti a szerkezetet. A rendszeres terheléskor alkalmazott dinamikus tényező jelölése a továbbiakban  $\Phi_2$ -vel, míg a rendkívüli terheléseknél ez  $\Phi_{2c}$ -vel történik. A rendszeres és a rendkívüli terhelések esetére alkalmazott számítási eljárás csak a mértékadó emelési sebességben ( $v_h$ ) tér el egymástól.

A teheremelésre vonatkozó dinamikus tényezők meghatározása három féle módon történhet: egyszerűsített számítással, összetett dinamikus analízissel, illetve kísérleti úton. A segédlet a csak a szabványban is megtalálható egyszerűsített eljárást ismerteti.

Az egyszerűsített számítási eljárás lényege, hogy a daru szerkezeti kialakítását úgynevezett merevségi osztályba (**HC**), az emelőmű hajtását pedig egy hajtásrendszer osztályba (**HD**) kell besorolni, majd ezek segítségével a tapasztalati úton meghatározott módosító tényezőkkel súlyozott összefüggéssel becsülhető meg a teheremelés során kialakuló dinamikus hatásokat képviselő  $\Phi_2$  tényező:

$$\Phi_2 = \Phi_{2,min} + \beta_2 \cdot v_h \quad 19$$

Ahol:  $\Phi_2$  teheremelés dinamikus tényezője;

$\Phi_{2,min}$  dinamikus tényező alapértéke;

$\beta_2$  merevségi osztály (**HC**) súlyozó tényezője (s/m);

$v_h$  hajtásrendszer osztálytól (**HD**) függő mértékadó emelési sebesség (m/s).

<sup>19</sup> MSZ EN 13001-2:2014 – 4.2.2.2.

#### A merevségi osztály (HC):

A daruk szerkezetük rugalmassága alapján négy merevségi osztályba sorolhatók. Általános esetben az osztályok kiválasztása az alábbi táblázat alapján lehetséges:

Merevségi osztály	A mértékadó függőleges elmozdulás $\delta$ jellemzői (m)
HC1	$0,8 \text{ m} \leq \delta$
HC2	$0,3 \text{ m} \leq \delta < 0,8 \text{ m}$
HC3	$0,15 \text{ m} \leq \delta < 0,3 \text{ m}$
HC4	$\delta < 0,15 \text{ m}$

A mértékadó függőleges elmozdulás ( $\delta$ ) mértéke függ a teher tartó elem (emelőlánc, vagy kötel) viselkedésétől a daru acélszerkezetének rugalmasságától és az alátámasztó szerkezetek merevségétől is. Értékének közelítő meghatározása a különböző darutípusok esetén eltérő eljárásokkal lehetséges. Általános esetben ki kell számítani a teher tartó elem alsó pontjának (jellemzően a horogszerkezet) függőleges elmozdulását a maximális névleges terhelés (biztonsági és dinamikus tényezők nélkül) hatására. A számítás során figyelembe kell venni az emelőmű (a teher tartó elemmel együtt), az acélszerkezet és az alátámasztás várható viselkedését (merevségét) is.

Gémes daruk esetén az általános esetre vonatkozó eljárást kell alkalmazni, azzal a különbséggel, hogy a merevségi osztály a számított érték segítségével az alábbi táblázatból választható ki:

Mértékadó függőleges elmozdulás $\delta$	Merevségi osztály
$1,6 \text{ m} \leq \delta$	HC1
$0,55 \text{ m} \leq \delta < 1,6 \text{ m}$	HC2
$0,20 \text{ m} \leq \delta < 0,55 \text{ m}$	HC3
$\delta < 0,20 \text{ m}$	HC4

Híd és bakdaruk esetén szintén alkalmazható az általános esetre leírt eljárás, de megengedett egy egyszerűsített módszer használata is. Ennek lényege, hogy a merevségi osztály a mértékadó függőleges elmozdulás ( $\delta$ ) értékének meghatározása nélkül, egy elméleti dinamikus tényező ( $\Phi_{2t}$ ) segítségével választható ki. Ezen elméleti tényező a teher tartó elem rugalmassága mellett figyelembe veszi a daru szerkezeti részeinek és magának az emelt tehernek a merevségét is.

Feltétel	Merevségi osztály
$\Phi_{2t} \leq 1,07 + 0,24 \cdot v_{h,max}$	HC1
$1,07 + 0,24 \cdot v_{h,max} < \Phi_{2t} \leq 1,12 + 0,41 \cdot v_{h,max}$	HC2
$1,12 + 0,41 \cdot v_{h,max} < \Phi_{2t} \leq 1,17 + 0,58 \cdot v_{h,max}$	HC3
$1,17 + 0,58 \cdot v_{h,max} < \Phi_{2t}$	HC4

Ahol:  $\Phi_{2t}$  elméleti dinamikus tényező;

$v_{h,max}$  maximális emelési sebesség (m/s).

Az elméleti dinamikus tényező ( $\Phi_{2t}$ ) számítása mind köteles, mind pedig láncos emelőművek esetén azonos módon lehetséges:

$$\Phi_{2t} = 1 + \frac{2,8 \cdot v_{h,max}}{0,45 + \left( \frac{f_{u,rc} \cdot l_{rc}}{1500 \cdot Z_a} \right)^{0,5}} \quad 20$$

Ahol:  $\Phi_{2t}$  elméleti dinamikus tényező;

$v_{h,max}$  maximális emelési sebesség (m/s);

$f_{u,rc}$  tehetartó elem (kötél vagy lánc) anyagának szakítószilárdsága (N/mm<sup>2</sup>);

$l_{rc}$  egy kötel vagy láncág hossza (m);

$Z_a$  tehetartó elem kihasználtsági együtthatója.

A tehetartó elem kihasználtsági együtthatójának ( $Z_a$ ) meghatározása az alábbi formulával lehetséges:

$$Z_a = \frac{n_{rc} \cdot F_{b,rc}}{WLL} \quad 21$$

Ahol:  $Z_a$  tehetartó elem kihasználtsági együtthatója;

$n_{rc}$  kötel vagy láncágak száma (db);

$F_{b,rc}$  egy kötel vagy láncág teljes tényleges szakítóereje (N);

$WLL$  névleges teherbírás (N).

<sup>20</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 – 5.2.1.3.2.2.

<sup>21</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 – 5.2.1.3.2.2



A merevségi osztály súlyozó tényezője ( $\beta_2$ ):

A súlyozó tényező a merevségi osztály (HC) függvényében az alábbi táblázatból választható ki:

Merevségi osztály	Súlyozó tényező $\beta_2 [s/m]$
HC1	0,17
HC2	0,34
HC3	0,51
HC4	0,68

A hajtásrendszer osztály (HD):

A darut a hajtásrendszerének működése ismeretében az alábbi osztályok valamelyikébe kell besorolni:

HD1	Az emelőmű nem üzemeltethető kúszósebességgel, vagy a teheremelés megkezdése nem csak kúszósebességgel lehetséges.
HD2	Az emelőmű a teheremelés kezdetén, a kezelőtől függetlenül, legalább egy előre beállított ideig kúszósebességgel üzemel.
HD3	Az emelőmű vezérlése a teher földről való elemelésének végéig állandó kúszósebességet biztosít.
HD4	A darukezelő fokozatmentesen változtatható sebességgel vezérelhet, amely folyamatos sebességátmenetet biztosít.
HD5	Az emelőeszköz előfeszítése után az emelőmű hajtásvezérlése a darukezelőtől független gyorsulással éri el a kiválasztott sebességet, miközben biztosítja, hogy a teheremelés dinamikus tényezője ( $\Phi_2$ ) ne haladja meg az alapértéket ( $\Phi_{2,min}$ ).

A mértékadó emelési sebesség ( $v_h$ ):

Az emelőmű mértékadó emelési sebessége a hajtásrendszer osztály (HD) ismeretében az alábbi táblázatból választható ki a különböző terhelési esetekre:

Teherkombináció	Hajtásrendszer osztály				
	HD1	HD2	HD3	HD4	HD5
A, B ( $\Phi_2$ )	$V_{h,max}$	$V_{h,CS}$	$V_{h,CS}$	$0,5 \cdot V_{h,max}$	0
C ( $\Phi_{2c}$ )		$V_{h,max}$		$V_{h,max}$	$0,5 \cdot V_{h,max}$

Ahol:  $\Phi_2$  teheremelés dinamikus tényezője rendszeres és esetleges terhelések esetén;

$\Phi_{2c}$  teheremelés dinamikus tényezője rendkívüli terhelések esetén;

$v_{h,max}$  legnagyobb lehetséges emelési sebesség (m/s);

$v_{h,CS}$  állandó kúszósebesség (m/s).

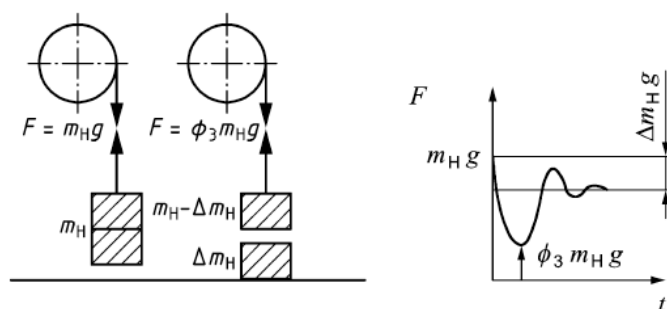
A dinamikus tényező alapértéke ( $\Phi_{2,min}$ ):

A dinamikus tényező alapértékei az alábbi táblázatból választhatók ki a merevségi osztály (HC) és a hajtásrendszer osztály (HD) függvényében:

Merevségi osztály	Hajtásrendszer osztály				
	HD1	HD2	HD3	HD4	HD5
HC1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
HC2	1,10	1,10	1,05	1,10	1,05
HC3	1,15	1,15	1,05	1,15	1,05
HC4	1,20	1,20	1,05	1,20	1,05

### 7.3.3. Emelt teher egy részének elengedése

Azoknál a daruknál, ahol a végzett munkaciklusban az emelt teher egy részét szándékosan leejtik (ilyenek például az emelőmágnessel, illetve markolókkal üzemelő daruk), számolni kell a teher elejtésekor fellépő dinamikus terheléssel. Ennek figyelembe vétele a  $\Phi_3$  jelű dinamikus tényezővel lehetséges.



A dinamikus tényező közelítő értéke az alábbi összefüggéssel határozható meg:

$$\Phi_3 = 1 - \frac{\Delta m_H}{m_H} \cdot (1 + \beta_3) \quad 22$$

Ahol:  $\Phi_3$  teher-elejtés dinamikus tényezője;

$\Delta m_H$  leejtett teher tömege (kg);

$m_H$  teljes emelt teher tömege (kg);

$\beta_3 = 0,5$  dinamikus jellegtényező markolóval, vagy hasonló, lassú kioldású szerkezettel szerelt darukra;

$\beta_3 = 1,0$  dinamikus jellegtényező mágnessel, vagy hasonló, gyors kioldású szerkezettel szerelt darukra.

A  $\Phi_3$  dinamikus tényező negatív értéke a szerkezetre ható emelőerőt jelent.

<sup>22</sup> MSZ EN 13001-2:2014 – 4.2.2.3. pont.

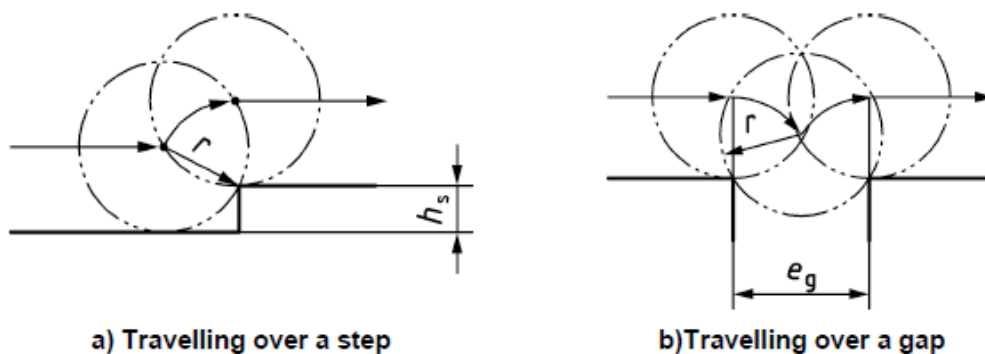
### 7.3.4. Egyenetlen felületen való haladás

A darura az úton, a terepen vagy a sínpályán haladásakor ható dinamikus terheléseket meg kell határozni, és az ellenőrző számításoknál figyelembe kell venni. Ez történhet kísérleti vagy számítási módszerrel, a daru vagy a futómacska és a darupálya megfelelő modellezése segítségével.

A darura a haladás közben ható terhelések számításakor a fellépő gyorsulásokat úgy kell meghatározni, hogy a darura ható súlyerőket meg kell szorozni a  $\Phi_4$  jelű tényezővel.

Amennyiben a daru várható viselkedése megfelel az egytömegű lengőrendszer modelljének (a mértékadó válaszlengések csak egy-egy sajátfrekvencián lépnek fel, illetve forgómozgás nem lép fel) úgy a következő összefüggések alkalmazhatóak.

A fellépő dinamikus hatásokat két esetre kell meghatározni: illesztési lépcsőn ( $\Phi_{4s}$ ), illetve illesztési hézagon való áthaladás ( $\Phi_{4g}$ ) esetére:



Illesztési lépcsőn való áthaladás dinamikus tényezője ( $\Phi_{4s}$ ):

$$\Phi_{4s} = 1 + \left(\frac{\pi}{2}\right)^2 \cdot \frac{2 \cdot v_t^2}{g \cdot d_w} \cdot \xi_s$$

23

Ahol:  $\Phi_{4s}$  illesztési lépcsőn való áthaladás dinamikus tényezője;

$v_t$  daru állandó haladási sebessége (m/s);

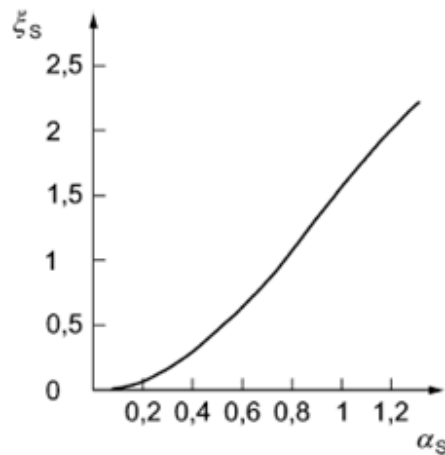
$d_w$  kerékátmérő (m);

$g = 9,81$  gravitációs gyorsulási együttható (m/s<sup>2</sup>);

$\xi_s$  görbületi tényező.

<sup>23</sup> MSZ EN 13001-2:2014 – 4.2.2.4. pont.

A görbületi tényező értéke az  $\alpha_s$  paraméter függvényében a következő diagramról olvasható le:



A  $\xi_s$  görbületi tényező meghatározásához szükséges  $\alpha_s$  paraméter:

$$\alpha_s = \frac{2 \cdot f_q \cdot h_s}{v_t} \cdot \sqrt{\frac{d_w}{h_s}} \quad 24$$

- Ahol:  $\alpha_s$  illesztési lépcső görbületi tényező paramétere;  
 $f_q$  a daru, mint egytömegű lengőrendszer sajátfrekvenciája (Hz);  
 $h_s$  illesztési lépcső magassága (m);  
 $v_t$  daru állandó haladási sebessége (m/s);  
 $d_w$  kerékátmérő (m).

Illesztési hézagon való áthaladás dinamikus tényezője ( $\Phi_{4G}$ ):

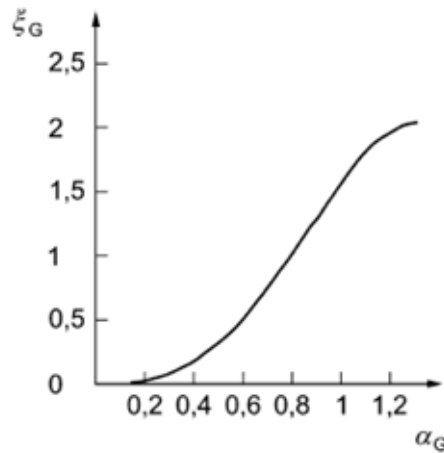
$$\Phi_{4G} = 1 + \left(\frac{\pi}{2}\right)^2 \cdot \frac{2 \cdot v_t^2}{g \cdot d_w} \cdot \xi_G \quad 25$$

- Ahol:  $\Phi_{4G}$  illesztési lépcsőn való áthaladás dinamikus tényezője;  
 $v_t$  daru állandó haladási sebessége (m/s);  
 $d_w$  kerékátmérő (m);  
 $g = 9,81$  gravitációs gyorsulási együttható (m/s<sup>2</sup>);  
 $\xi_s$  görbületi tényező.

<sup>24</sup> MSZ EN 13001-2:2014 – 4.2.2.4. pont

<sup>25</sup> MSZ EN 13001-2:2014 – 4.2.2.4. pont.

A görbületi tényező értéke az  $\alpha_G$  paraméter függvényében a következő diagramról olvasható le:



A  $\xi_G$  görbületi tényező meghatározásához szükséges  $\alpha_G$  paraméter:

$$\alpha_G = \frac{f_q \cdot e_G}{v_t} \quad 26$$

- Ahol:  $\alpha_G$  illesztési hézag görbületi tényező paramétere);  
 $f_q$  a daru, mint egytömegű lengőrendszer sajátfrekvenciája (Hz);  
 $e_G$  illesztési hézag szélessége (m);  
 $v_t$  daru állandó haladási sebessége (m/s).

Híd és bakdaruknál, folyamatos úttestek vagy rések nélküli vágányok esetében:

$$\varphi_4 = 1 \quad 27$$

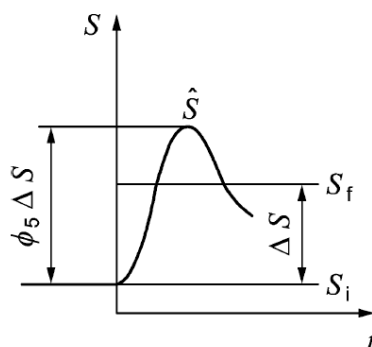
Gumikerekű bakdaruk esetén a  $\Phi_4$  tényező meghatározásakor a kerék rugalmasságát is figyelembe kell venni.

### 7.3.5. Hajtások okozta terhelések

A daru mozgásában a különböző hajtásokkal (például haladó-, emelő- és forgatóművek hajtásai) létrehozott gyorsulások és lassulások meghatározása a merevtest modellen alapuló kinematikus és dinamikus mechanikai egyenletekkel lehetséges. Ezek azonban nem veszik figyelembe a szerkezetek rugalmasságának hatását, így a kialakuló terheléseket egy  $\Phi_5$  jelű dinamikus tényezővel módosítva kell számítani.

<sup>26</sup> MSZ EN 13001-2:2014 – 4.2.2.4. pont.

<sup>27</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 – 5.2.1.3.3. pont.



A hajtóerő által előidézett gyorsulások és lassulások számításakor a legnagyobb teherbírásnak megfelelő terhet a gép csúcsára vagy közvetlenül a futómacska alá rögzítettnek kell tekinteni. A terhelést a hajtóerőknek kitett egységekre, illetve ahol ez értelmezhető, a darura és az összes emelt teherre hatónak kell tekinteni.

Ha az átvihető erő nagyságát a súrlódás vagy a hajtásrendszer jellege korlátozza (például kerék és sín kapcsolata esetén), és a számított erő értéke nagyobb, mint a maximálisan átvihető, akkor a maximálisan átvihető erő értékkel kell számolni.

A hajtásokkal történő gyorsítások és lassítások során a hajtásrendszerben fellépő dinamikus terheléseket is figyelembe vevő legnagyobb terhelés (függetlenül a terhelés jellegétől) az alábbi egyenlettel írható le:

$$\hat{S} = S_i + \Phi_5 \cdot (S_f - S_i) \quad 28$$

- Ahol:  $\hat{S}$  kialakuló legnagyobb terhelés;  
 $S_i$  terhelés kezdeti értéke;  
 $S_f$  terhelés végértéke;  
 $\Phi_5$  hajtásrendszerre jellemző dinamikus tényező.

A hajtásrendszerre jellemző  $\Phi_5$  dinamikus tényező értékei általános esetben:

$\Phi_5 = 1$	Centrifugális erőkre
$1 \leq \Phi_5 \leq 1,5$	Holtjátékmentes hajtásnál, illetve olyan esetben, amikor a hajtás holtjátéka nincs hatással a kialakuló terhelésekre (pl. fogaskerék hajtóműveknél), lágy erőátmenet esetén.
$1,5 \leq \Phi_5 \leq 2$	Holtjátékmentes hajtásnál, illetve olyan esetben, amikor a hajtás holtjátéka nincs hatással a kialakuló terhelésekre (pl. fogaskerék hajtóműveknél), hirtelen erőváltozások esetén.
$\Phi_5 = 3$	Jelentős holtjátékú hajtás esetén (pl. nyílt fogaskerék hajtásoknál), ha a kialakuló terhelések nincsenek rugalmas lengő rendszeri modellel pontosabban meghatározva.

<sup>28</sup> MSZ EN 13001-2:2014 – 4.2.2.5. pont

Erők esetén a fenti egyenlet a következő formában értelmezhető:

$$\hat{F} = F_i + \Phi_5 \cdot m \cdot a$$

29

Ahol:  $\hat{F}$  kialakuló legnagyobb erőhatás (N);  
 $F_i$  erőhatás kezdeti értéke (N);  
 $m$  gyorsított tömeg (kg);  
 $a$  gyorsulás vagy lassulás nagysága (m/s<sup>2</sup>).

Híd és bakdaruk esetén a hajtásrendszerre jellemző  $\Phi_5$  tényező két részből tevődik össze: az egyik a daruval egymás után sorozatosan végzett pozícionáló mozgások tényezője ( $\Phi_p$ ), a másik pedig egy a hajtásrendszerre jellemző általános erősítési tényező ( $\Phi_{5h}$ ). Az együttes dinamikus tényező ( $\Phi_5$ ) a két résztényező szorzataként áll elő:

$$\Phi_5 = \Phi_p \cdot \Phi_{5h}$$

30

Ahol:  $\Phi_5$  együttes, hajtásrendszerre jellemző dinamikus tényező;  
 $\Phi_p$  sorozatos pozícionálási mozgások tényezője;  
 $\Phi_{5h}$  hajtásrendszerre jellemző általános erősítési tényező.

A sorozatos pozícionálási mozgások  $\Phi_p$  dinamikus tényezője az alábbi táblázat segítségével határozható meg<sup>31</sup>:

A mozgásvezérlés típusa	Emelés	Vízszintes mozgások
Fokozat nélküli sebességszabályozás	1,00	1,00
Kétlépcsős sebességszabályozás	1,00	1,15
Egylépcsős sebességszabályozás	1,15	1,30

Az egyes hajtásrendszerekre jellemző általános erősítési tényezők ( $\Phi_{5h}$ ) az alábbi táblázatok segítségével határozhatók meg<sup>32</sup>:

<sup>29</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 – 5.2.1.3.4. pont.

<sup>30</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 – 5.2.1.3.4. pont.

<sup>31</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 – B melléklet

<sup>32</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 – 5.2.1.3.4. pont.

Vízszintes irányú mozgásokra:

A hajtás típusa	$\Phi_{5h}$ tényező	
	A zárt hajtóműre jellemző holtjáték	Megemelt holtjáték, pl. nyitott fogaskerekek esetén
Fokozat nélküli sebességszabályozás	1,2	1,5
Többlépcsős sebességszabályozás	1,6	2,0
Kétlépcsős sebességszabályozás	1,8	2,2
Egylépcsős sebességszabályozás	2,0	2,4

Függőleges irányú mozgásokra:

A hajtás típusa	$\Phi_{5h}$ tényező emelkedőkor	$\Phi_{5h}$ tényező süllyesztéskor
Fokozat nélküli sebességszabályozás	1,05	1,10
Többlépcsős sebességszabályozás	1,15	1,20
Kétlépcsős sebességszabályozás	1,20	1,35
Egylépcsős sebességszabályozás	1,20	1,30

### 7.3.6. Elmozdulások okozta terhelések

A daru méretezése során figyelembe kell venni a különböző szerkezeti részek elmozdulása által okozott terheléseket. Ezek szándékos mozgások (például az el-lensúly helyének módosítása), illetve nem szándékos mozgások (például a daru-pálya támaszsüllyedése) lehetnek.

Az elmozdulások által okozott terhelésekre vonatkozó parciális biztonsági tényezők ( $\gamma_p$ ) értékeit, a különböző terhelési esetekre vonatkozóan az alábbi táblázat mutatja<sup>33</sup>:

Parciális biztonsági tényező ( $\gamma_p$ ) értéke	Terhelési kombináció <sup>34</sup>		
	A	B	C
Kedvező terhelési eset	1,10	1,05	1,00
Kedvezőtlen terhelési eset	0,90	0,95	1,00

Parciális biztonsági tényező ( $\gamma_p$ ) értéke	Terhelési kombináció		
	A	B	C
$\gamma_p$	1,10	1,05	1,00

<sup>33</sup> MSZ EN 13001-2:2014 – 4.3.5. pont

<sup>34</sup> MSZ EN 13001-2:2014 – 4.3.6. pont



## 7.4. Esetleges terhelések

Esetleges terheléseken a daru tervezett élettartam során nagy valószínűséggel sokszor, ám sztochasztikus jelleggel fellépő terheléseket értjük. A rendszeres terhelésekkel ellentétben ezek kialakulása a daruval végzett műveletekhez nem kapcsolható, így nagyságuk mellett megjelenésük is valószínűségi változóval írható csak le. Ilyenek például kültéri daruk esetén a gyakrabban (pl. évszaktól függően) előforduló időjárási hatások.

### 7.4.1. Üzemi szélterhelések

#### 7.4.1.1. Daru szélterhelése

Üzemi szélterhelésnek nevezzük azt a szelet, amely esetén a darunak folyamatosan üzemben kell maradni és el kell látni a feladatát. Megengedhető legnagyobb nagyságát a daru tervezésekor kell meghatározni, figyelembe véve annak a telepítési helyét, illetve a feladatát. A szél irányát minden esetben a legkedvezőtlenebbnek kell feltételezni, ami a különböző terheléskombinációk esetén különböző szélirányokat is jelenthet.

A szerkezeti elemekre ható szélerő mellett a karcsú szerkezeti elemek aeroelasztikusan is instabillá válhatnak (a hossztengelyükre merőlegesen fújó szél esetén kialakuló önlengés, vagy légörvények hatására). Jelen segédlet ez utóbbi jelenségekkel nem foglalkozik, ám a tervezés során figyelembe kell venni, hogy e jelenségek hatásai nem minden esetben hanyagolhatók el.

A daru működése szempontjából három különböző nagyságú karakterisztikus szélerőt kell meghatározni, majd ezeket az egyes terhelési esetekben, illetve az egyes komponensek méretezésekor figyelembe venni. Az egyes szélerő típusokat a W1, W2 és W3 indexek jelölik.

$F_{W1}$  A daru szerkezetére ható szélerő

$F_{W2}$  A daru indításakor a hajtásrendszereire ható szélerő

$F_{W3}$  A daru hajtásrendszereire ható szélerő az állandósult haladási sebesség mellett

Ezen szélerők nagyságát a daru egészére és minden (szélnek kitett) szerkezeti elemére külön-külön meg kell határozni. A daru egészére ható szélerő az egyes szerkezeti elemekre ható szélerők összegeként írható fel. Mindhárom szélerő nagysága az alábbi módon számítható:

$$F_W = q(3)_W \cdot c_a \cdot A \quad 35$$

Ahol:  $F_W$  az adott szerkezeti elemre ható szélerő (N);

$q(3)_W$  átlagos szélnyomás érték az adott típusú szélerőhöz (N/m<sup>2</sup>);

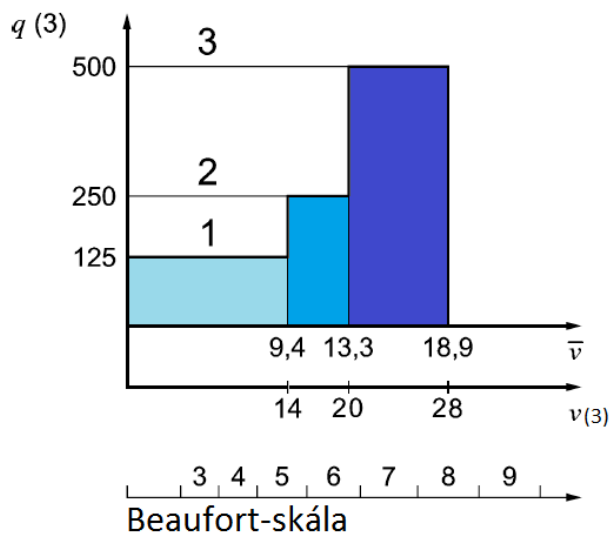
$c_a$  szerkezeti elem légellenállás-tényezője;

$A$  szerkezeti elem jellemző szélfelülete (m<sup>2</sup>).

<sup>35</sup> MSZ EN 13001-2:2014 – 4.2.3.1. pont.

Az átlagos szélterhelés értéke ( $q(3)_w$ ):

Az üzemi szélterhelések három kategóriába sorolhatók: kicsi (1), közepes (2) és nagy (3). Ezek közül kell a daru tervezésekor kiválasztani azt, amelyben a daru-nak még működőképesnek kell maradnia. Az alábbi ábrán láthatóak a szélsébes-ségek szintjei és az ezekhez tartozó szélterhelések alapértékei, továbbá a Beaufort-skála megfelelő szélsébségekhöz rendelt értékei is. Ezek alapján választ-ható ki a kívánt üzemi szélterhelés kategóriája: kicsi (1), közepes (2) vagy nagy (3):



Ahol:  $q(3)$  átlagos szélterhelés alapértéke ( $N/m^2$ );

$\bar{v}$  a Beaufort-skálára vonatkoztatott, talajszint felett 10 m magas-ságban, 10 perc átlagában mért átlagos szélsébség ( $m/s$ );

$v(3)$  a 3 másodpercre átlagolt szélleökési sebesség ( $m/s$ ).

A különböző szélterhelési kategóriákhoz (1,2,3) tartozó, és különböző működési módokhoz tartozó karakterisztikus, átlagos szélterhelés értékek ( $q(3)_{w1}$ ,  $q(3)_{w2}$ ,  $q(3)_{w3}$ ) az alábbi táblázat segítségével határozhatók meg<sup>36</sup>:

Szélterhelési kategória	Tervezési szélterhelés értékek különböző szélterhelési szinteken [ $N/m^2$ ]		
	$q(3)_{w1}$	$q(3)_{w2}$	$q(3)_{w3}$
Kicsi (1)	125	88	46
Közepes (2)	250	175	92
Nagy (3)	500	350	185

<sup>36</sup> MSZ EN 13001-2:2014 – 4.2.3.1. pont.

### A szerkezeti elemek légellenállás-tényezői ( $c_a$ ):

A daru szerkezeti részeinek légellenállás-tényezői az alábbi összefüggés szerint kell meghatározni:

$$c_a = c_0 \cdot \psi$$

37

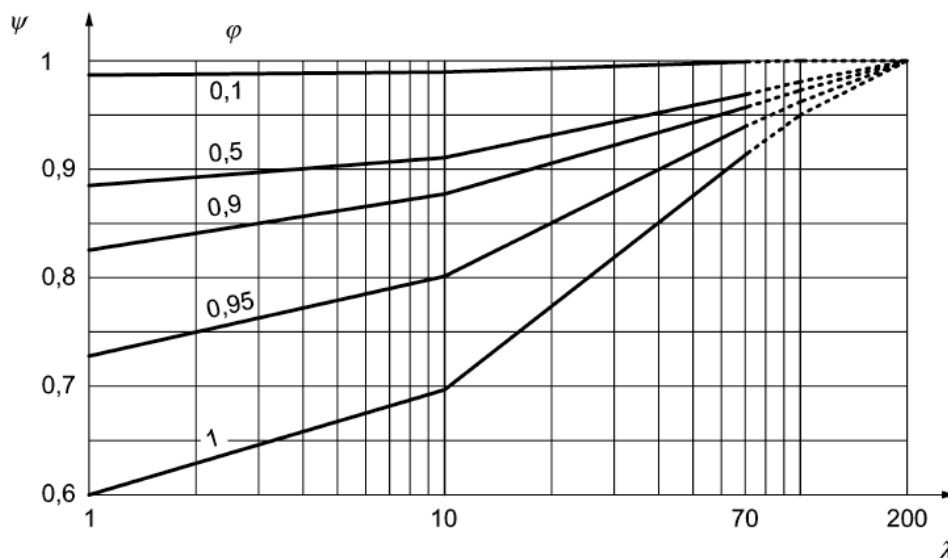
Ahol:  $c_a$  az adott szerkezeti elem légellenállás-tényezője;

$c_0$  adott keresztmetszetű, végtelen hosszúságú szerkezeti elem légellenállás-tényezője;

$\psi$  a szerkezeti elemek véges hosszúsága miatti csökkentő tényező.

Az adott keresztmetszetű, végtelen hosszúságú szerkezeti elemek légellenállás-tényezői ( $c_0$ ) az MSZ EN 13001-2:2014 „A” melléklete segítségével határozhatók meg.

A  $\psi$  csökkentő tényezőt az elem relatív tömörségi tényező ( $\varphi$ ) és aerodinamikai karcsúsága ( $\lambda$ ) függvényében az alábbi diagramból kell meghatározni:



A relatív tömörségi tényező ( $\varphi$ ) egy elsősorban rácsos tartók esetén értelmezhető arányszám, amely megadja a tartó befoglaló méretekhez képest számított ki-töltöttségét. Értéke tömör tartók (pl. szekrénytartók, vagy hengerelt I-tartók) esetén mindig 1. Rácsos tartók esetén pedig a következőképpen számítható:

$$\varphi = \frac{\sum_j A_j}{A_c}$$

38

Ahol:  $A_c$  a síkbeli vetület befoglaló méretei alapján számított terület ( $m^2$ );

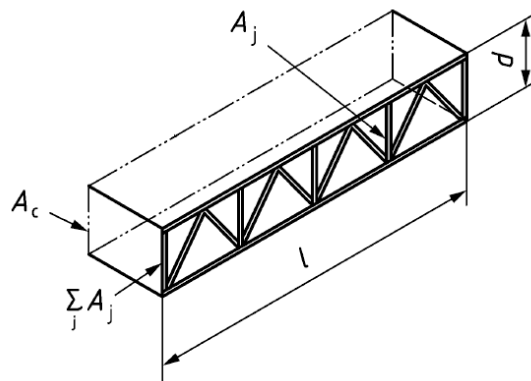
$\sum A_j$  az egyes elemek vetületi területeinek összege ( $m^2$ );

$A_j$  a tartót felépítő egyes szerkezeti elemek síkbeli vetülete alapján számított területe ( $m^2$ ).

<sup>37</sup> MSZ EN 13001-2:2014 – A melléklet

<sup>38</sup> MSZ EN 13001-2:2014 – A melléklet

Példa:



*Az ábrán látható egyszerű, síkbeli rácsos tartó esetén (a tartó síkjára merőleges szélirányt feltételezve) a  $\varphi$  relatív tömörség a következőképpen számítható:*

$$\varphi = \frac{\sum_j A_j}{A_c} = \frac{21 \cdot A_j}{l \cdot d}$$

*Feltételezve, hogy az egyes rácsrudak síkbeli vetületének területei egyenlők!*

Az aerodinamikai

$$\lambda = \frac{\alpha_r \cdot l_0}{d_c}$$

39

- Ahol:  $\lambda$  aerodinamikai karcsúság (-);  
 $\alpha_r$  viszonyított aerodinamikai hossz (-);  
 $l_0$  geometriai hossz (mm);  
 $d_c$  szerkezeti elem jellemző mérete (mm).

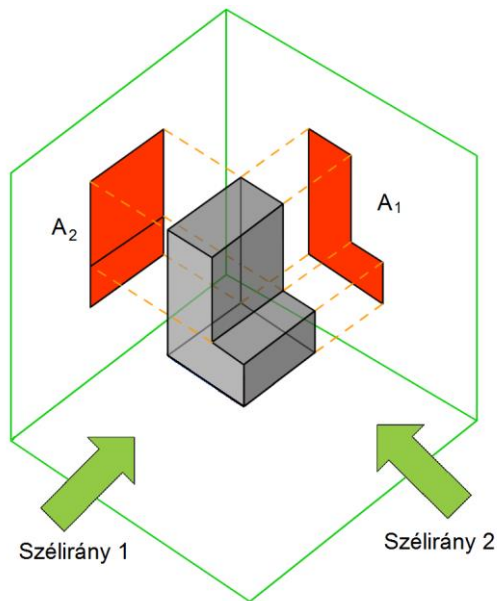
A viszonyított aerodinamikai hossz ( $\alpha_r$ ) az MSZ EN 13001-2:2014 „A” melléklete segítségével, a szerkezeti elem jellemző mérete ( $d_c$ ) pedig az MSZ EN 13001-2:2014 „A” melléklete segítségével határozható meg.

---

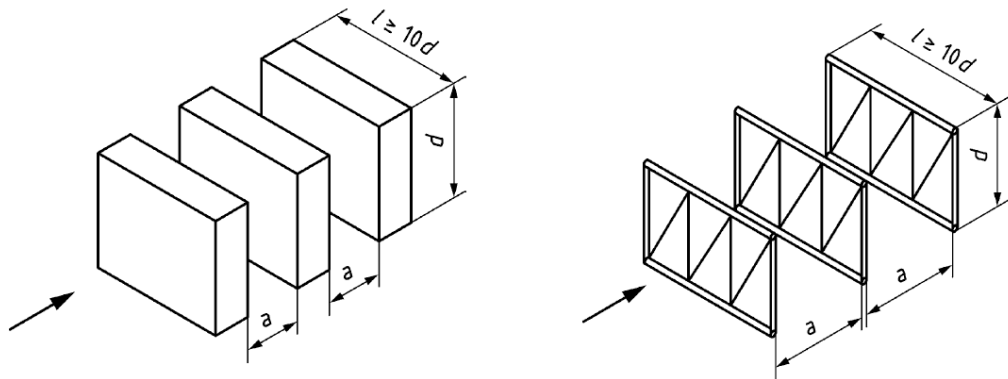
<sup>39</sup> MSZ EN 13001-2:2014 A melléklet

A szerkezeti elemek jellemző szélfelülete (A):

Az egyes szerkezeti elemek jellemző szélfelülete általános esetben megfelel azok szélirányból képzett geometriai vetületének:



Takarásban lévő azonos elemek esetén az egyes elemeknek külön-külön meg kell határozni a jellemző szélfelületét.



A teljes (összegzett) jellemző szélfelület 9, vagy kevesebb azonos elem esetén:

$$A_t = \frac{1 - \eta^{n_m}}{1 - \eta} \cdot A$$

40

Ahol: **A<sub>t</sub>** teljes jellemző szélfelület (m<sup>2</sup>);  
**η** takarási tényező (-);  
**n<sub>m</sub>** megegyező elemek száma (db);  
**A** egy elem jellemző szélfelülete (m<sup>2</sup>).

<sup>40</sup> MSZ EN 13001-2:2014 A. melléklet

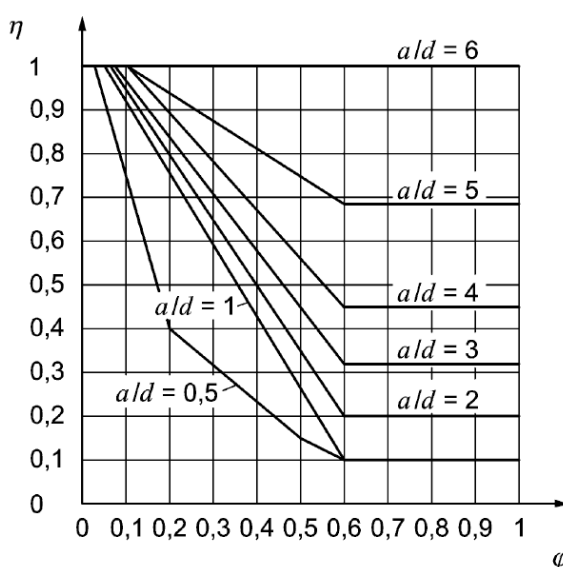
A teljes (összegzett) jellemző szélfelület 9-nél több azonos elem esetén:

$$A_t = \left[ \frac{1 - \eta^9}{1 - \eta} + (n_m - 9) \cdot \eta^8 \right] \cdot A$$

41

Ahol: **A<sub>t</sub>** teljes jellemző szélfelület (m<sup>2</sup>);  
**η** takarási tényező;  
**n<sub>m</sub>** megegyező elemek száma (db);  
**A** egy elem jellemző szélfelülete (m<sup>2</sup>).

A takarási tényező (η) az adott szerkezeti elem relatív tömörségétől (φ) és az elemek magasságának (d) és távolságának (a) arányától függően az alábbi diagram segítségével határozható meg<sup>42</sup>:



#### 7.4.1.2. Emelt teher szélterhelése

Az emelt teherre ható szélterőt a darura hatóhoz hasonló módon kell meghatározni:

$$F_{L,W} = q(3)_W \cdot c_a \cdot A_g$$

43

Ahol: **F<sub>L,W</sub>** a teherre ható szélterő (N);  
**q(3)<sub>w</sub>** átlagos szélnyomás érték az adott típusú szélterőhöz (N/m<sup>2</sup>);  
**c<sub>a</sub>** teher légellenállás-tényezője;  
**A<sub>g</sub>** teher jellemző szélfelülete (m<sup>2</sup>).

A tervezés fázisában az esetek többségében nem állnak rendelkezésre kellő pontosságú aerodinamikai információk az emelendő terhekről, így ilyen esetekben az alábbi konzervatív közelítéssel lehet élni<sup>44</sup>:

<sup>41</sup> MSZ EN 13001-2:2014 A melléklet

<sup>42</sup> MSZ EN 13001-2:2014 A melléklet

<sup>43</sup> MSZ EN 13001-2:2014 – 4.2.3.1. pont.

<sup>44</sup> MSZ EN 13001-2:2014 – 4.2.3.1. pont.

$$c_a: c_a = 2,4$$

$$A_g: A_g = 0,5 \cdot WLL$$

WLL (teherbírás) tonnában kifejezve

$A_g$  értéke minimálisan  $0,8 \text{ m}^2$

### 7.4.2. Egyéb környezeti terhelések

---

A kültéri használatú daruk esetén, a telepítési környezetnek megfelelő mértékben figyelembe kell venni az egyéb időjárási jelenségekből adódó terheléseket is. Ilyenek lehetnek például a szélsőséges hőmérsékleti viszonyok, a hó és a jég által okozott többletterhelés, illetve az ezekből származó járulékos terhelések, mint például az önsúly és szélterhelésnek kitett felület növekedése is<sup>45</sup>.

Figyelembe kell venni továbbá a daru tartószerkezetét érő külső gerjesztések hatásait is. Ilyenek lehetnek például a beltéri híddaruval a csarnokban üzemelő gépek, a tengerparti, vagy tengeri daru hullámterhelése, vagy a földrengés által okozott gerjesztés is. A vonatkozó harmonizált szabvány<sup>46</sup> előírásai szerint a külső gerjesztés által okozott terhelések mind a rendkívüli terhelések csoportjába tartoznak, azonban ezek hatásainak vizsgálatáról egyáltalán nem szolgál a szabvány információkkal. Jelen segédlet szerzői azt javasolják, hogy a gyakorlatban (a földrengésterher kivételével) ezek besorolása mindig a daru működési környezetének ismeretében, egyedi elbírálás alapján történjen az esetleges, vagy a rendkívüli terhelések közé.

### 7.4.3. Ferdefutás okozta terhelések

---

Ferdefutásból származó terhelésnek nevezzük a futókeréken gördülő daruk (vagy futómacskák ill. egyéb párhuzamos sín páron mozgó részegységek) vezetőeleménél és kerekeinél, állandó sebességű haladás közben kialakuló oldal- és hosszirányú terheléseket. Ezek a terhelések az első vezetőelemnél ébredő vezetőerőből származnak, amely a futókerekeket eltéríti a szabadon futó, természetes haladási irányukból. A vezetőerőnek az eltérítő hatása miatt alakulnak ki a reakcióerők az egyes kerekeknél. Vezetőelemként általában a kerekek peremei szolgálnak, de lehetnek külön erre a célra alkalmazott függőleges tengelyű vezetőgörgők is.

A ferdefutási terhelések általános esetben esetleges terhelésnek számítanak, ám előfordulásuk gyakorisága a darutípustól, a felépítéstől, a tengelyek párhuzamosági hibáitól és a daru működési módjától függően az esetleges terhelésekre jellemzőnél jóval gyakoribb is lehet. Ilyen esetekben az előfordulás gyakorisága alapján a rendszeres terhelések csoportjába is sorolhatók.

---

<sup>45</sup> MSZ EN 13001-2:2014 – 4.2.3. pont.

<sup>46</sup> MSZ EN 13001-2:2014

### 7.4.3.1. A ferdefutási szög meghatározása

$$\alpha = \alpha_g + \alpha_w + \alpha_t$$

47

- Ahol:
- $\alpha$  a tervezéskor figyelembe vett ferdefutási szög;
  - $\alpha_g$  a ferdefutási szög összetevő
  - $\alpha_w$  a kopási összetevő – sín és kerékperem / terelőgörgő között
  - $\alpha_t$  a sín / kerék tűréséből származó összetevő

A ferdefutási szög összetevőinek meghatározásában az alábbi táblázat nyújt segítséget.<sup>48</sup>

	A ferdefutási szög forrása	Peremes kerék esetén	Terelőgörgő
$\alpha_g [rad]$	Nyomjáték	$\alpha_g = \frac{s_{g,min}}{w_b}$ , mivel $s_g \leq \frac{4}{3} \cdot s_{g,min}$	
		$\alpha_g = 0,75 \cdot \frac{s_g}{w_b}$ , mivel $s_g > \frac{4}{3} \cdot s_{g,min}$	
$s_{g,min} [mm]$	A daru haladás ajánlott minimális nyomjátéka	$s_{g,min} = 10$	$s_{g,min} = 5$
$s_{g,min} [mm]$	A futómacska oldalmozgása ajánlott minimális nyomjátéka	$s_{g,min} = 4$	$s_{g,min} = 2$
$\alpha_w [rad]$	A kerékperemek / görgők és sínek kopása	$\alpha_w = 0,1 \cdot \frac{b_h}{w_b}$	$\alpha_w = 0,03 \cdot \frac{b_h}{w_b}$
$\alpha_t [rad]$	Tűrések (kerekek párhuzamos állítása és a sín egyenessége)	$\alpha_t = 0,001$	

- Ahol:
- $\alpha$  ferdefutási szög  $[rad]$ ;
  - $\alpha_g$  vezetőelem játéka miatti eltérés  $[rad]$ ;
  - $\alpha_t$  tűrések miatti eltérés  $[rad]$ ;
  - $\alpha_w$  kopás miatti eltérés  $[rad]$ ;
  - $s_g$  vezetőelem és a sín közötti játék  $[mm]$ ;
  - $s_{g,min}$  a számításokhoz használt minimális játék a vezetőelem és a sín között  $[mm]$ ;
  - $b_h$  sínfej szélessége  $[mm]$ ;
  - $w_b$  szélső vezetőelemek távolsága  $[mm]$ .

*A daru vagy futómacska kedvező haladási tulajdonsága miatt a ferdefutási szög  $\alpha < 0,015 rad$ .*

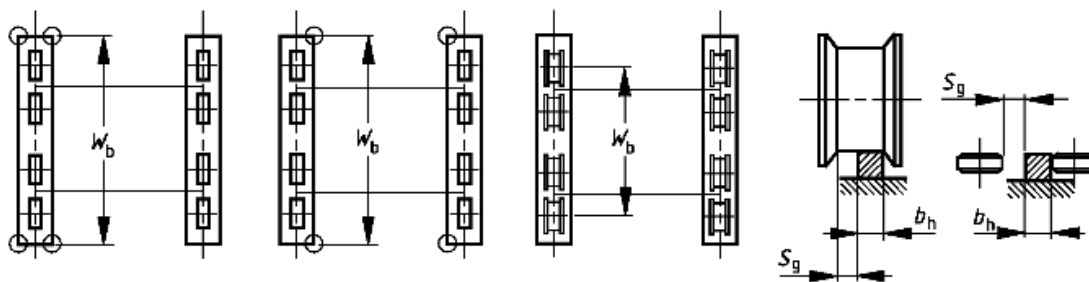
A fenti összefüggésekben szereplő paraméterek meghatározásához az alábbi ábra nyújt segítséget<sup>49</sup>.

<sup>47</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 – 5.2.1.4.2. pont.

<sup>48</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 – 5.2.1.4.2. pont.

<sup>49</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 – 5.2.1.4.2. pont.





#### 7.4.3.2. A ferdefutás okozta terhelés számítási módszerének kiválasztása

Futódaruk és futómacskák esetében a vonatkozó szabvány megkülönböztet **merev**, illetve **rugalmas** számítási modellt. Egyszerűsítve erről annyit érdemes tudni, hogy merev módszer esetén feltételezzük, hogy a darupálya és a daruszerkezet szerkezeti felépítése szerint merev, a rugalmas módszer alkalmazásakor pedig rugalmas. Azokban az esetekben, amikor nem tudjuk eldönteni, hogy a szerkezetünk mely csoportba sorolható, a rugalmas számítási modellt kell alkalmazni.

*Függődaruk esetében a ferdefutás okozta terhelések meghatározást az MSZ EN 15011:2011+A1:2014 szabvány 5.2.1.4.5. pontja ismerteti.*

A szerkezeti felépítések könnyebb meghatározásának érdekében, daruk és futómacskák esetében is, az MSZ EN 15011:2011+A1:2014 szabvány 5.2.1.4.4. pontjának 7. táblázata nyújt segítséget <sup>50</sup>.

A merev és rugalmas számítási modellek egy egyszerűsített számítási módszerrel vizsgálhatók, amelyek az alább felsorolt feltételrendszer mellett érvényesek:

- A daru elsődleges vezetőeszköze (görgő vagy kerékperem) a daru haladása közben a sínrel, ferdefutási szöggel érintkezik.
- A futómacska elhelyezése olyan legyen, hogy az a legnagyobb ferdefutási erőt eredményezze. Ez általában az össze nem kapcsolt hajtások (blokkhajtás) oldalára vonatkoztatva a fesztávolság ellentétes oldalán van. Mechanikusan összekapcsolt hajtások (közlőmű tengelyes hajtás) esetében a futómacska úgy van beállítva, hogy az biztosítsa a hajtott kerekeken az egyenlő terhelést, ami általában a daru fesztávolságának közepe. Elektromosan összekapcsolt hajtásokat úgy kell kezelni, mintha azok nem lennének összekapcsolva.
- A módszerek feltételezik továbbá, hogy nincs gyorsulás, a darupálya sík és vízszintes, minden szög kicsi és a geometriai tűrések elhanyagolhatók.

#### 7.4.3.3. A ferdefutás okozta terhelések meghatározása MEREV egyszerűsített számítási módszer segítségével

A merev egyszerűsített méretezési eljárás alapfeltétel, hogy a daru és a sín teljesen merev. A súrlódás és csúszás közötti kapcsolat lineáris formája az  $\alpha$ -ra meg van engedve, ha  $\mu_0 < 0,2$ .

<sup>50</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 – 5.2.1.4.4. pont.

### A számítás menete

A számítás menetének megértéséhez az a)-e) ábrák nyújtanak segítséget.<sup>51</sup>

Válasszuk ki a haladási irányt, továbbá a kerekeket jelöljük  $j = 1, 2, \dots, n$  számmal.

Számítsuk ki az  $S$ ,  $S_d$  és az  $S_{da}$  összegét az alábbi egyenletek segítségével.

$$S = \sum Z_j = m \cdot g \quad 52$$

$$S_d = \sum Z_j \cdot d_j \quad 53$$

$$S_{da} = \sum Z_j \cdot d_j^2 \quad 54$$

Ahol:  $Z_j$  az aktuális függőleges kerékerő azokra a kerekekre, ahol a csapágyszáz kialakítása vízszintes erőket ad át. A  $Z_j$  értéket nullának kell venni azon kerekek esetében, amelyek csapágyszázának kialakítása vízszintes erőket nem ad át ( $j=1, 2, \dots, n$ , ahol  $n$  a kerekek száma);

$d_j$  a haladási irányban az első vezetőeszköztől való távolság a  $j$  kerékig (a  $d_j$  negatív azokra a kerekekre, amelyek az első vezetőeszköz előtt vannak).

Számítsuk ki a  $b$  közbelső értéket a következő egyenlettel.

$$b = \frac{S_d}{S_{da} + W \cdot l^2} \quad 55$$

Ahol:  $W$  a tengelykapcsolást figyelembe vevő tényező.  $W=0$ , ha nincs tengelykapcsolás. Tengelykapcsolás esetén az MSZ EN 15011:2011+A1:2011 szabvány D mellékletének D2.2. szakaszát kell figyelembe venni;

$l$  a daru fesztávolsága [m],

A súrlódási-csúszási együttható meghatározása

$$\mu_f = \mu_0 \cdot (1 - e^{-250 \cdot \sigma}) \quad 56$$

Ahol:  $\mu_0$  a súrlódási tényező melynek értékei:

- tisztított sínek esetén:  $\mu_0 = 0,3$
- szokásos környezetben, nem tisztított sínek esetében  $\mu_0 = 0,2$

$e$  a természetes logaritmus alapja: 2,718

$\sigma$  a csúszási tényező. A csúszási tényező értéke megegyezik a ferdefutási szög radiánban vett értékével, tehát  $\sigma = \alpha$ .

A kerék felfekvésének közepén az  $Y_j$  erők meghatározása

$$Y_j = \mu_f \cdot Z_j \cdot (1 - d_j \cdot b) \quad 57$$

<sup>51</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 D melléklet 2.3.

<sup>52</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 D melléklet 2.1.

<sup>53</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 D melléklet 2.1.

<sup>54</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 D melléklet 2.1.

<sup>55</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 D melléklet 2.1.

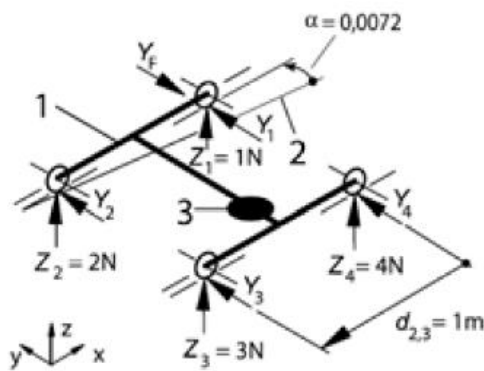
<sup>56</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 D melléklet 2.1.

<sup>57</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 – D2.1. szakasz.

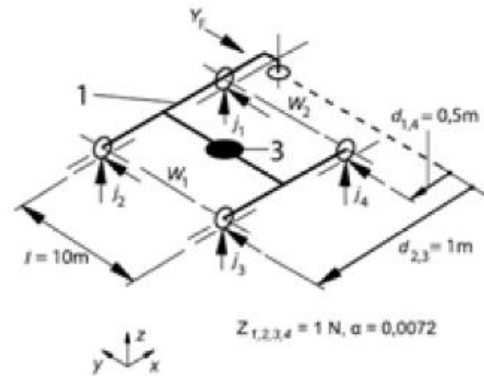
A vezetőeszközre ható  $Y_F$  erő meghatározása.

$$Y_F = \mu_f \cdot (S - S_d \cdot b) = \sum Y_j$$

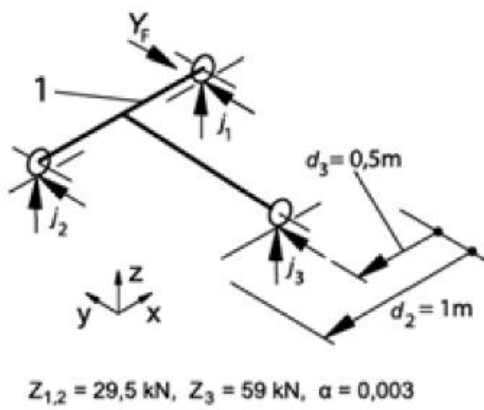
58



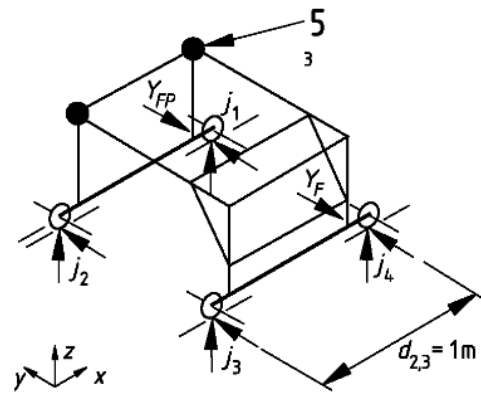
a)



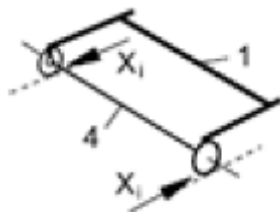
b)



c)



d)



e)

Jelmagyarázat

1. merev szerkezet
2. a sín iránya
3. futómacska
4. tengelykapcsolás
5. csukló

<sup>58</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 – D2.1. szakasz.

### Tengelykapcsolás

A ferdefutásból származó erők nőnek, ha a daru kerekei a kerékszekrények között tengellyel (közlőműtengely) vannak összekapcsolva. A ferdefutásból származó erő akkor a legnagyobb, ha az egy tengelyen lévő mindkét kerék terhelése azonos. Tehát, ha van tengelykapcsoló, a futómacska helyzetét oly módon kell beállítani, hogy a kerékterhelések azonosak legyenek (ez általában a daru fesztávolságának közepe).

Az összekapcsolt tengelyek kerékterheinek meghatározása

$$W_i = \frac{Z_{1i} \cdot Z_{2i}}{Z_{1i} + Z_{2i}} \quad 59$$

Ahol:  $Z_{1i}$   $Z_{1i}$  – az  $i$  tengely első kerekének kerékterhelése; ( $Z_{1i} > 0$ ); ( $i = 1, 2, \dots, m$  ahol  $m$  a tengelyek száma)

$Z_{2i}$  az  $i$  tengely második kerekének kerékterhelése;  $Z_{2i} > 0$ ;

A kerékterhelések összegzése:

$$W = \sum W_i \quad 60$$

Az egyes tengelyek  $X_i$  ereje:

$$X_i = \frac{\mu_f}{b \cdot W_i} \quad 61$$

#### 7.4.3.4. A ferdefutás okozta terhelések meghatározása RUGALMAS egyszerűsített számítási módszer segítségével

A rugalmas méretezési eljárás feltétele, hogy a keretek rugalmasak, a kerékszekrények lehetnek merevek. A súrlódás és csúszás közötti kapcsolat lineáris formája nincs megengedve. A keret deformációja miatt a kerékterhelések változása elhanyagolható.<sup>62</sup>

### A számítás menete

A rugalmas számítási módszer modellje a következő oldalon lévő ábrán látható.<sup>63</sup> Az ábra jobb oldalán látható, hogy a daru egyik kerékszekrénye vezetőgörgőkkel ellátott, amelyben az első vezetőgörgő a sínrel érintkezik. Természetesen, ahogy az a modell alapfeltételeiben is szerepel a kerékszekrények teljesen merevnek tekinthetők, a portálszerkezet pedig rugalmas szerkezetű. Az  $\alpha$  ferdefutási szög a vezetett kerékszekrényhez van rendelve.

Az ábra közepén a szerkezetben ébredő erők láthatók. Az excentrikusan ható  $Y_F$  erő  $M$  nyomatékkal hat a nem vezetett kerékszekrényre. A keret rugalmasságának megfelelően a nem vezetett kerékszekrény ferdefutási szöge  $\Delta\alpha$ -val nő.

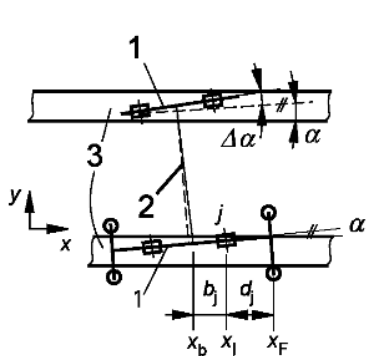
<sup>59</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 – D2.2. szakasz.

<sup>60</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 – D2.2. szakasz.

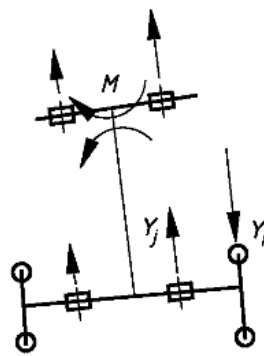
<sup>61</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 – D2.2. szakasz.

<sup>62</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 – D3. szakasz.

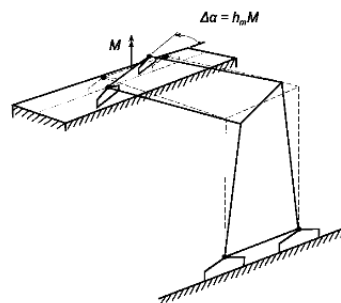
<sup>63</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 – D3.2. szakasz.



Geometria



Erők és nyomatékok



Példa: Félbakdaru

Jelmagyarázat:

1 – merevnek tekintett kerékszekrény

2 – keret, deformált

3 – sín

A számítás első lépéseként válasszuk ki a haladási irányt, továbbá a kerekeket jelöljük  $j = 1, 2, \dots, n$  számmal.

$$\sigma_j = \alpha + S_j \cdot \Delta\alpha + d_j \cdot \left(\frac{\dot{\alpha}}{\dot{x}}\right)$$

$$Y_j = \mu_f \cdot (\sigma_j) \cdot Z_j$$

$$M = \sum s_j \cdot b_j \cdot Y_j$$

$$\Delta\alpha = h_m \cdot M$$

$$0 = \sum Y_j \cdot d_j$$

$$Y_F = \sum Y_j$$

64

Ahol:	$\alpha$	a ferdefutási szög
	$Z_j$	a $j$ kerék terhelése, ( $Z_j > 0$ ), ( $j = 1, 2, \dots, n$ , ahol $n$ a kerekek száma). A futómacska maximális terhet szállít. A futómacskát a daru azon oldalára kell helyezni, melynek nincsenek vezetőeszközei
	$s_j$	kapcsoló $s_j = 0$ , a vezetőeszközzel ellátott kerékszekrény kerekeire $s_j = 1$ , a vezetőeszközök nélküli kerékszekrény kerekeire
	$M$	a kerékszekrény kerekein ébredő $Y_j$ erők által lengő, araszoló kerékszekrény forgatónyomatéka
	$h_m$	a portál rugalmassága szög/nyomaték értékben (pl. rad/Nm). (Az ábra jobb oldala: Fix megtámasztás van a vezetőeszközzel ellátott kerékszekrénynél.) Elmozdulást megengedő megtámasztás és külső nyomaték van az oldalvezetés nélküli kerékszekrénynél. (A szögváltozást egy statikai programmal vagy egyszerűbb esetekben manuálisan lehet meghatározni.)
	$d_j = x_F - x_j$	távolság a haladási irányban az első vezetőeszköztől a $j$ kerékig ( $d_j$ negatív lesz azokra a kerekekre, amelyek az első vezetőeszköz előtt vannak)
	$b_j = x_j - x_b$	távolság a haladási irányban $j$ keréktől az $x_b$ semleges vonalig. (Ez a vonal

<sup>64</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 – D3.2. szakasz.

semleges, figyelembe véve a függőleges síkban való hajlítást, lásd az ábrát a MSZ EN 15011:2011+A1:2014 szabvány D mellékletének D3.3. példában. Az  $x_b$  jelöli a koordinátát, amelyen az egyetlen  $F_y$  erő az araszoló mozgású kerékszekrény esetében nem okoz a  $\Delta\alpha$  értékében változást.) ( $b_j$  negatív lesz azokra a kerekre, amelyek a semleges vonal mögött vannak).

$\dot{\alpha}/\dot{x}$  a portál forgási sebessége, mint haladási sebesség ( $\dot{x} > 0$ ). Külön érték nem szükséges  $\dot{x}$ -ra

A súrlódási-csúszási együttható meghatározása

$$\mu_f(\sigma_j) = \mu_0 \cdot (1 - e^{-250 \cdot |\sigma_j|}) \cdot \text{sgn}(\sigma_j) \quad 65$$

Ahol:  $\mu_0$  a tapadási tényező melynek értéke:  $\mu_0 = 0,3$ ;  
 $e$  a természetes logaritmus alapja: 2,718;  
 $\sigma$  a csúszási tényező.

*A rugalmas számítási eljáráshoz tartozó mintapéldát az MSZ EN 15011:2011+A1:2014 szabvány D mellékletének D3.3 szakasza tartalmazza.*

## 7.5. Rendkívüli terhelések

A rendkívüli terhelések a darura ható azon terhelések, amelyek kialakulása egy mindentől független külső hatás (pl. ritkább időjárási hatások), vagy egy nem tervezett belső hatás (valamely részegység nem észlelt meghibásodása) révén alakulhatnak ki. Ezen terhelések megjelenése szintén sztochasztikus jelleget mutat, azonban kialakulásuk az esetleges terhelésekkel ellentétben a berendezés teljes élettartama alatt sem feltétlen következik be.

### 7.5.1. Üzemen kívüli szélterhelések

Az üzemen kívüli szélterhelés számítása az üzemi szélterhelés számításához hasonló módon lehetséges, annyi különbséggel, hogy ilyenkor minden részegység méretezése a legnagyobb szélterhelésre történik (nincsenek a különböző részegységekre vonatkozó szélterhelés típusok). A legnagyobb szélerőt az alábbi képlettel kell meghatározni:

$$F_{W,max} = q(z) \cdot c_a \cdot A \quad 66$$

Ahol:  $F_{W,max}$  az adott szerkezeti elemre ható maximális szélerő (N);  
 $q(z)$  egyenértékű statikus szélnyomás (N/m<sup>2</sup>);  
 $c_a$  szerkezeti elem légellenállás-tényezője;  
 $A$  szerkezeti elem jellemző szélfelülete (m<sup>2</sup>).

A légellenállás tényezők ( $c_a$ ) és a jellemző szélfelületek ( $A$ ) megegyeznek az üzemi szélterhelésénél számítottakkal.

<sup>65</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 – D3.2. szakasz.

<sup>66</sup> MSZ EN 13001-2:2014 – 4.2.4.2. pont.

Az egyenértékű statikus szélnyomás ( $q(z)$ ) meghatározása a szélsébségek és a levegő sűrűsége ismeretében az alábbi összefüggéssel lehetséges:

$$q(z) = \frac{1}{2} \cdot \rho_{lev} \cdot \left[ f_{rec} \cdot v_{ref} \cdot \left( \left( \frac{z_{max}}{10} \right)^{0,14} + 2 \cdot \varphi_8 \cdot \sqrt{6 \cdot K_t} \right) \right]^2 \quad 67$$

Ahol:	$q(z)$	egyenértékű statikus szélnyomás (N/m <sup>2</sup> );
	$\rho_{lev} = 1,25$	levegő sűrűsége (kg/m <sup>3</sup> );
	$f_{rec}$	ismétlődési időköz tényező;
	$v_{ref}$	50 éves visszatérési periódusú szélvihar referenciasebessége nyílt terepen, 10 m magasságban, 10 perc átlagában (m/s);
	$z_{max}$	a szélnek kitett felület súlypontjának talajszint feletti magassága (m);
	$\Phi_8 = 1,1$	széllökési választényező;
	$K_t = 0,0055$	talajfelszín aerodinamikai súrlódási tényezője.

#### Az ismétlődési időköz tényező ( $f_{rec}$ ):

Az ismétlődési időköz tényező, egy a rendkívüli szélterhelés visszatérési periódusán, azaz ismétlődési időközén ( $R_{rec}$ ) alapuló valószínűségi változó. Mivel a szélterhelés számítások során alkalmazott referencia szélviharsebesség visszatérési periódusa 50 év, így az ennél kevesebb élettartamra tervezett daruk esetében ennek értéke (valószínűségi alapon) csökkenthető. A tervezési élettartam daruk tervezése esetén általában 5-50 év közötti, így ennek függvényében az ismétlődési időköz tényező értéke<sup>68</sup>:

$R_{rec}$ (év)	$f_{rec}$
5	0,8155
10	0,8733
25	0,9463
50	1

#### Szélvihar referenciasebessége ( $v_{ref}$ ):

Az 50 éves visszatérési periódusú szélvihar referenciasebessége Magyarország területén konzervatív közelítéssel mindenütt 28 m/s<sup>69</sup>. Az Európa más országaira, illetve Magyarországra vonatkozó részletesebb adatok az MSZ EN 13001-2:2014 szabvány 12. ábráján találhatóak.

<sup>67</sup> MSZ EN 13001-2:2014 – 4.2.4.2. pont.

<sup>68</sup> MSZ EN 13001-2:2014 4.2.4.2. pont.

<sup>69</sup> MSZ EN 13001-2:2014 4.2.4.2. pont.

Híd és bakdaruk esetén, a szabadtéri daruk üzemén kívüli szélterhelését úgy kell meghatározni, hogy az  $R_{rec}$  ismétlődési időköz ne legyen kevesebb, mint<sup>70</sup>:

25 év a tengerpart menti területeken;

10 év a szárazföldön;

5 év a bel- és kültéren egyaránt üzemelő daruk esetén.

A daruk üzemén kívüli szélben történő rögzítésére szolgáló eszközök méretezéséhez használt parciális biztonsági tényező minimális értéke:  $\gamma_p = 1,6$  legyen!<sup>71</sup>

### 7.5.2. Hirtelen teheremelés okozta terhelések

---

Az emelési sebességet szabályozó rendszerrel felszerelt daruknál e rendszer meghibásodása esetén a tervezettnél nagyobb sebességgel történhet a teher földről elemelése. Ilyenkor az emelési sebesség szabályozásának hiányában a tervezettnél jóval nagyobb dinamikus igénybevételnek lehet kitéve a szerkezet, amit annak méretezésekor figyelembe kell venni.

A rendkívüli terhelések során alkalmazott dinamikus tényező ( $\Phi_{2c}$ ) számításának módja megegyezik a rendszeres terhelések során alkalmazottával ( $\Phi_2$ ), annyi különbséggel, hogy a számítás során figyelembe vett emelési sebesség ( $v_h$ ) magasabb.

Olyan daruknál, ahol az emelési sebesség nem szabályozott, ezeket a rendkívüli terheléseket nem szükséges figyelembe venni.

### 7.5.3. Túlterhelés

---

A daruk szerkezeti elemeinek és gépészeti berendezéseinek túlterhelését többnyire az emelőművekbe épített túlterhelésgátlók akadályozzák meg. A túlterhelés megakadályozása a daru kialakításától függően történhet az emelési mozgás, illetve némely esetekben (többnyire gémes daruknál) a haladó mozgás korlátozásával. A túlterhelésgátló berendezések működési módjukból kifolyólag minden esetben valamilyen késleltetéssel tudják csak megakadályozni az előre beállítottnál nagyobb terhelések kialakulását. A késleltetési idő nagysága függ a szerkezeti kialakítástól, a berendezés típusától (direkt, vagy indirekt), illetve egyéb környezeti hatásoktól is.

---

<sup>70</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 5.2.1.1. pont.

<sup>71</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 5.4.5.2. pont.



Az emelőműre és a daru szerkezetére a túlterhelés pillanatában ható legnagyobb erő (figyelembe véve a túlterhelésgátló berendezés késleltetését is):

$$F_L = \Phi_L \cdot m_H \cdot g \quad 72$$

Ahol:	<b>F<sub>L</sub></b>	túlterheléskor fellépő legnagyobb erő (N);
	<b>Φ<sub>L</sub></b>	túlterhelési erőtenyező;
	<b>m<sub>H</sub></b>	névleges teherbírás az adott pozícióban (kg);
	<b>g = 9,81</b>	gravitációs gyorsulás (m/s <sup>2</sup> ).

A túlterhelési erőtenyező (**Φ<sub>L</sub>**) nagysága a túlterhelés jellegétől függően kétféle lehet: erő jellegű túlterhelés (az emelőmű működtetésekor alakulhat ki), vagy nyomaték jellegű túlterhelés (gémes daruknál a teher radiális irányú mozgása-kor alakulhat ki).

Túlterhelési erőtenyező erő jellegű túlterheléskor (**Φ<sub>FL</sub>**):

Az erő jellegű túlterheléskor alkalmazandó erőtenyezőt, indirekt működésű túlterhelésgátlók esetén, az alábbi módon kell meghatározni:

$$\Phi_{FL} = 1 + \frac{\Delta F}{F_R} + \frac{C_H \cdot v_h \cdot (t_{IAL} + t_{br} + \frac{t_{st}}{2})}{m_H \cdot g} \quad 73$$

Ahol:	<b>Φ<sub>FL</sub></b>	túlterhelési erőtenyező;
	<b>ΔF</b>	beállított erőtöbblet (N);
	<b>F<sub>R</sub></b>	névleges teherbírás hatására kialakuló erő (N);
	<b>C<sub>H</sub></b>	a daru szerkezetének és a teher felfüggesztésének együttes merevsége (N/m);
	<b>v<sub>h</sub></b>	a teher megemelésékor elérhető legnagyobb emelési sebesség (m/s);
	<b>t<sub>IAL</sub></b>	túlterhelésgátló válaszüzeje (s);
	<b>t<sub>br</sub></b>	fékrendszer reakcióideje (s);
	<b>t<sub>st</sub></b>	emelőmű megállításához szükséges idő, a fékerő és a növekvő kötélerő figyelembe vételével (s);
	<b>m<sub>H</sub></b>	névleges teherbírás az adott pozícióban (kg);
	<b>g = 9,81</b>	gravitációs gyorsulás (m/s <sup>2</sup> ).

Az erőtenyező nagysága indirekt működésű túlterhelésgátlók esetén nem lehet kevesebb, mint **Φ<sub>FL,min</sub> = 1,25**<sup>74</sup>.

A túlterhelésgátlón beállított **ΔF** erőtöbblet értékét úgy kell meghatározni, hogy a normál használat mellett fellépő dinamikus tényezők ne hozzák működésbe azt. A

<sup>72</sup> MSZ EN 13001-2:2014 4.2.4.7. pont

<sup>73</sup> MSZ EN 13001-2:2014 C melléklet

<sup>74</sup> MSZ EN 13001-2:2014 4.2.4.7. pont.

beállított érték jellemzően a névleges teherbírás 110%-a alatti, de semmiképpen nem több mint annak 125%-a<sup>75</sup>. Az erőtlöbblet a névleges teherbírás és a beállított érték különbsége.

A teher megemelésekor elérhető legnagyobb emelési sebesség ( $v_h$ ) megfelel a mértékadó emelési sebesség A és B terhelési esetre megadott értéknek.

Erő jellegű túlterheléskor a direkt működésű túlterhelésgátlók erőtlényezőjének nagyságát az alkalmazott biztonsági berendezés (például súrlódó tengelykapcsoló, vagy nyomáshatároló szelep) működési karakterisztikája alapján kell meghatározni. Az alkalmazandó erőtlényező értéke nem lehet kevesebb  $\Phi_{FL,min} = 1,4$ <sup>76</sup>.

Túlterhelési erőtlényező nyomaték jellegű túlterheléskor ( $\Phi_{ML}$ ):

A nyomaték jellegű túlterheléskor, a teher túlfutása miatt szükséges erőtlényezőt az alábbi módon kell meghatározni:

$$\varphi_{ML} = 1 + \frac{\Delta M}{M_0} + \frac{v_R \cdot \left( t_{IAL} + t_{br} + \frac{t_{st}}{2} \right)}{R_0} \quad 77$$

Ahol:	$\Phi_{ML}$	túlterhelési erőtlényező;
	$\Delta M$	működtető nyomaték beállítási tűrése (Nm);
	$M_0$	névleges teherbírás hatására kialakuló nyomaték (Nm);
	$v_R$	a teher legnagyobb radiális irányú mozgatási sebessége (m/s);
	$t_{ML}$	túlterhelésgátló válaszüideje (s);
	$t_{br}$	fékrendszer reakcióideje (s);
	$t_{st}$	haladómű megállításhoz szükséges idő (s);
	$R_0$	teher radiális pozíciója (sugara) a túlterhelésgátló működtetési helyén (m).

Híd és bakdaruk direkt működésű túlterhelésgátlóinál az erőtlényező értéke pneumatikus és mechanikus (súrlódási) elven működő rendszereknél legfeljebb  $\Phi_{FL,max} = 1,6$ , míg hidraulikus rendszereknél legfeljebb  $\Phi_{FL,max} = 1,4$  legyen<sup>78</sup>.

<sup>75</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 5.5.1.2. pont.

<sup>76</sup> MSZ EN 13001-2:2014 4.2.4.7. pont.

<sup>77</sup> MSZ EN 13001-2:2014 C melléklet

<sup>78</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 5.2.1.5.1. pont.

## 7.5.4. Ütközőerők

Ütközők alkalmazása esetén az ütköző erők alapértéke a hagyományos merevtest-moddal számítható. A számításhoz általában a névleges haladási sebesség 0,7-szerese használható, és a daruhoz nem mereven rögzített teher (például kötéleten függő) tömege is elhanyagolható. Az ütközéskor kialakuló dinamikus hatások figyelembe vétele érdekében az így kapott ütköző erőt meg kell szorozni egy  $\Phi_7$  dinamikus tényezővel. Az ütköző erőkre vonatkozó dinamikus tényező értéke elsősorban az alkalmazott ütköző karakterisztikájától függ. Számítása a következő módon lehetséges:

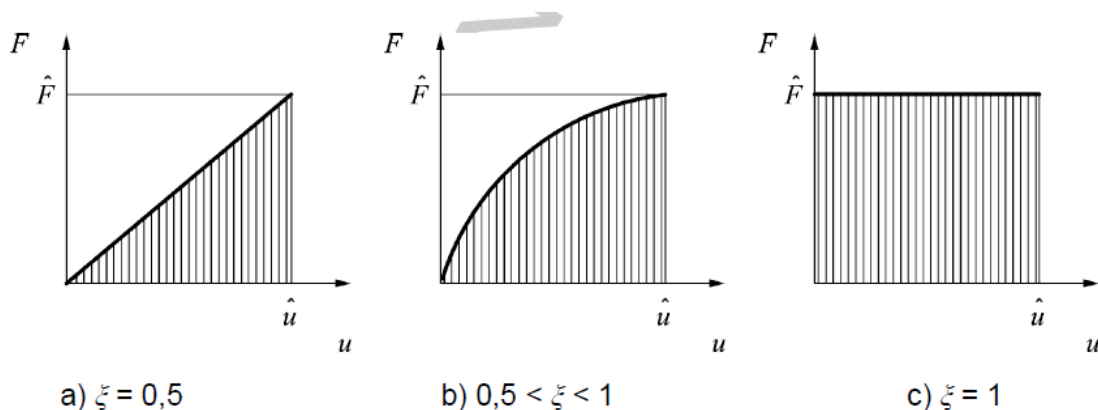
$$\Phi_7 = 1,25 + 0,7 \cdot (\xi - 0,5)$$

79

Ahol:  $\Phi_7$  ütköző erő dinamikus tényezője;  
 $\xi$  ütköző karakterisztika tényezője.

Az ütköző erő dinamikus tényezőjének minimális értéke  $\Phi_7 = 1,25$  kell legyen!

Az ütköző karakterisztika három kategóriába sorolható: lineáris karakterisztikájú ütközők (például hagyományos rugók) esetén  $\xi = 0,5$ , négyszög karakterisztikájú ütközők (például hidraulikus ütközők) esetén  $\xi = 1$ , míg egyéb karakterisztikájú ütközők (például poliuretán- vagy gumiütközők) esetén  $0,5 < \xi < 1$  közötti értéket vehet fel.



A köztes állapotokra jellemző  $\xi$  ütköző karakterisztika tényező megfelel az adott karakterisztikájú ütköző merev, négyszög karakterisztikájú ütközőhöz képest azonos benyomódás esetén elnyelt energiának (relatív ütköző energia). Ez a következőképpen számítható:

$$\xi = \frac{1}{\hat{F}_b \cdot \hat{u}} \cdot \int_0^{\hat{u}} F_b du$$

80

<sup>79</sup> MSZ EN 13001-2:2014 4.2.4.4. pont.

<sup>80</sup> MSZ EN 13001-2:2014 4.2.4.4. pont.

$\xi$	ütköző karakterisztika tényezője (relatív ütköző energia);
$F_b(u)$	ütköző erő;
$u$	ütköző benyomódás;
$\hat{F}_b$	legnagyobb ütköző erő;
$\hat{u}$	legnagyobb ütköző benyomódás.

### 7.5.5. Emelt teher elejtése és mechanikai hiba okozta terhelések

---

Ha a daru valamilyen műszaki vagy kezelői hiba miatt az emelt terhet, vagy annak egy részét hirtelen, nem tervezett módon elejti (például kötélszakadás, vagy az emelőeszköz kioldódása miatt), akkor annak szerkezetére jelentős dinamikus terhelések hathatnak. Ilyen lehet például a leterhelt gém hirtelen tehermentesítés miatti ostorszerű visszacsapódása, majd visszazuhanása a normál, üzemi pozícióba. Amennyiben az ilyen jellegű hatásokra külön dinamikai elemzés nem készül, úgy ezeket a daru szerkezetének tömegére ható,  $\Phi_9 = -0,3$  nagyságú dinamikus tényező alkalmazásával kell figyelembe venni<sup>81</sup>.

Az emelt teher elejtéséhez hasonlóan komoly dinamikus terhelést jelenthet a daru gépészeti berendezéseinek mechanikai meghibásodása vagy törése. A dinamikus hatásokból származó terhelések meghatározásánál az egyes hajtásrendszerekre (az emelőműre és a haladó hajtásokra külön-külön) a korábban ismertetett módon kell eljárni. A mechanikai meghibásodásokkal összefüggő dinamikus terhelésekre a  $\Phi_{5c} = 1,5$  értéket kell alkalmazni<sup>82</sup>.

## 7.6. Egyéb terhelések

---

Az ebbe a csoportba sorolt terhelések ugyan szabvány szerint a rendkívüli terhelések csoportjába kell sorolni, azonban a daru jellegétől függően inkább esetleges terhelésnek tekinthetők; továbbá nem feltétlen vonatkoznak rájuk a rendkívüli terhelésekre vonatkozó egyéb előírások és megfontolások sem (pl. az egyes hatarállapotok megfelelőségi kritériumai). Ezen okoknál fogva jelen segédlet e terheléseket külön csoportba sorolja (egyéb terhelések).

### 7.6.1. Próbaterhelések

---

A darukon az üzembe helyezésük előtt, illetve az életciklusuk során bizonyos időközönként próbaterhelést kell végezni. A szabványok előírásai mellett fontos megjegyezni, hogy a GI is előírja (túlterhelési vizsgálatokként) e vizsgálatok elvégzését. A daru szerkezetének, illetve gépészeti berendezéseinek alkalmasnak

<sup>81</sup> MSZ EN 13001-2:2014 4.2.4.9. pont.

<sup>82</sup> MSZ EN 13001-2:2014 4.2.4.10. pont.

kell lennie e terhelések elviselésére, így ezek méretezésekor ezeket is figyelembe kell venni. A túlterheléses vizsgálatoknak két típusa van: a statikus és a dinamikus vizsgálatok.

#### 7.6.1.1. Statikus próbaterhelés

A statikus próbaterhelés során a darut meg kell terhelni a névleges teherbírásának 125%-ával a legkedvezőtlenebb terhelési pozíció(k)ban (pl. a főtartó közepén és a konzolok végein). A próbaterhelés növelése (létrehozása) az emelőmű hajtásának működtetése nélkül is megengedett, tehát a hajtásrendszernek és a tartószerkezetnek el kell viselnie a terhelést, azonban a hajtásoknak nem kell tudnia megmozdítania azt.

A próbaterhelés nagysága általános esetben:

$$M_{TLS} = 1,25 \cdot WLL \quad 83$$

Ahol:  **$M_{TLS}$**  statikus próbaterhelés nagysága (kg);  
 **$WLL$**  névleges teherbírás (kg).

Híd és bakdaruk esetén a statikus próbaterhelés során alkalmazott terhelési érték a névleges teherbírás 125%-a, illetve a teheremelésre vonatkozó dinamikus tényező ( $\Phi_2$ ) és a teherbírás szorzata közül a nagyobb értékű:

$$M_{TLS} = \max \left\{ 1,25 \cdot WLL \right. \\ \left. \Phi_2 \cdot WLL \right\} \quad 84$$

Ahol:  **$M_{TLS}$**  statikus próbaterhelés nagysága (kg);  
 **$WLL$**  névleges teherbírás (kg);  
 **$\Phi_2$**  teheremelés dinamikus tényezője a rendszeres terhelésekre vonatkozóan.

#### 7.6.1.2. Dinamikus próbaterhelés

A dinamikus próbaterhelés során a darut meg kell terhelni a névleges teherbírásának 110%-ával, majd a daru minden hajtásrendszerének megfelelőségét működési próbákkal ellenőrizni kell. A hajtásrendszereknek tehát nem csak el kell viselni a terhelést, hanem mozgatnia is tudni kell a darut illetve az emelt terhet.

A próbaterhelés nagysága általános esetben, figyelembe véve a dinamikus hatásokat:

$$M_{TLD} = 1,1 \cdot \Phi_6 \cdot WLL \quad 85$$

<sup>83</sup> MSZ EN 13001-2:2014 4.2.4.3. pont.

<sup>84</sup> MSZ EN 13001-2:2014 4.2.4.3. pont.

<sup>85</sup> MSZ EN 13001-2:2014 4.2.4.3. pont.

Ahol:	$M_{TLD}$	dinamikus próbaterhelés nagysága (kg);
	$WLL$	névleges teherbírás (kg);
	$\Phi_6$	próbaterhelés dinamikus tényezője (-).

A próbaterhelés dinamikus tényezője ( $\Phi_6$ ) a teheremelés dinamikus tényezőjéből ( $\Phi_2$ ) képezhető az alábbi módon:

$$\Phi_6 = 0,5 \cdot (1 + \Phi_2) \quad 86$$

Ahol:	$\Phi_6$	próbaterhelés dinamikus tényezője;
	$\Phi_2$	teheremelés dinamikus tényezője a rendszeres terhelésekre vonatkozóan.

A daru stabilitásának és szilárdságának igazolására szolgáló számításokban, a próbaterhelésekre vonatkozó teheresetekben a normál üzemi szélterhelés 16%-át kell figyelembe venni<sup>87</sup>.

### 7.6.2. Felállítás, szerelés és szállítás okozta terhelések

A daru részegységeinek szállításához, felállításához és karbantartásához szükséges emelési és rögzítési pontokat úgy kell méretezni, hogy azok szilárdságilag feleljenek meg az ezen műveletek során fellépő erőhatásoknak. A számítások során az e műveletek alatt megengedett szélességre jellemző szélterhelést, és az egyéb környezeti hatásokat is figyelembe kell venni.

Mind a híd és bakdaruknál, mind pedig a gémes daruknál megengedett a felállításhoz illetve karbantartáshoz használt emelési pontok méretezése a rugalmas alakváltozás elmélete mellett a képlékeny alakváltozás elméletével is. Ennek részletesebb szabályait a vonatkozó szabványok tartalmazzák<sup>88,89</sup>.

### 7.6.3. Személyek mozgására szolgáló részek terhelései

A kezelő- és karbantartó személyzet hozzáférését biztosító feljárók, járdák és állások terheléseit a daru tervezése folyamán figyelembe kell venni. Az ezekre ható terheléseket helyi jellegűnek kell tekinteni, tehát elegendő csak a személyek hozzáférését biztosító eszközöket és azok közvetlen tartószerkezeteit vizsgálni. A feljárókra, járdákra, állásokra és korlátokra ható terheléseket más terhelésekkel nem kell kombinálni.

<sup>86</sup> MSZ EN 13001-2:2014 4.2.4.3. pont.

<sup>87</sup> MSZ EN 13001-2:2014 4.2.4.3. pont.

<sup>88</sup> MSZ EN 14985:2012 5.2.8.4. pont.

<sup>89</sup> MSZ EN 15011:2011+A1:2014 5.2.2.4. pont.

A hozzáférést biztosító szerkezeteket a következő koncentrált terhelésekre kell méretezni (minden szerkezetnél a legkedvezőtlenebb terhelési pozíciókat feltételezve)<sup>90</sup>:

Szerkezeti elem	Terhelés iránya	Terhelés nagysága
Kézlécek, korlátok, kapaszkodók	vízszintes	300 N
Személyek mozgására szolgáló szerkezetek (létrák, járdák, állások)	függőleges	1500 N
Személyek mozgása mellett anyagtárolásra is alkalmas szerkezetek	függőleges	3000 N

A személyek mozgására szolgáló részek minimálisan előírt parciális biztonsági tényezőjét  $\gamma_p = 1,22$  értékűre kell felvenni<sup>91</sup>.

## 7.7. Terheléskombinációk

### 7.7.1. Megfelelőség igazolása

A daru megfelelőségének igazolásához a különböző független terhelési hatásokat teherkombinációkba kell csoportosítani. Ezen teherkombinációk, az egyedi terhelésekhez hasonlóan három kategóriába sorolhatók:

- rendszeres terhelések (A),
- esetleges terhelések (B),
- rendkívüli terhelések (C).

Azt, hogy a különböző terheléskombinációkban mely terheléseket, és milyen mértékben kell figyelembe venni, a következő táblázatok tartalmazzák. A vonatkozó harmonizált szabványok által előírt szabványos teherkombinációk mellett D-vel jelölve tartalmazza a javasolt egyéb terhelésekre vonatkozó teherkombinációkat is.

### 7.7.2. Terhelés kombinációk táblázatai

A következő három táblázat a terhelési csoportokhoz tartozó kombinációkat mutatja a hozzájuk tartozó biztonsági tényezőkkel.

Jelen segédlet csak a daruk szilárdsági megfelelőségére vonatkozó terheléskombinációk táblázatait tárgyalja. A stabilitásra vonatkozó táblázatok az MSZ EN 13002:2014 szabvány 13. táblázata tartalmazza.

<sup>90</sup> MSZ EN 13001-2:2014 4.2.4.13. pont.

<sup>91</sup> MSZ EN 13001-2:2014 4.2.4.13. pont.

Terheléskombinációk „A”

Terhelési kategóriák	Terhelések		Vonatkozó fejezet	"A" terheléskombinációk				
				Részleges biztonsági tényező $\gamma_p$	A1	A2	A3	A4
Rendszeres	Nehézségi gyorsulás és kölcsönhatások	Daru tömege	4.2.2.1	9.táblázat	$\phi_1$	$\phi_1$	1	-
		Emelt teher tömege	4.2.2.2	1,34	$\phi_2$	$\phi_3$	1	-
		Haladás egyenetlen felületen	4.2.2.4	1,22	-	-	-	$\phi_4$
	Hajtások okozta gyorsulás	Emelő mozgás nélkül	4.2.2.5	1,34	$\phi_5$	$\phi_5$	-	$\phi_5$
		Minden mozgás			-	-	$\phi_5$	-
	Elmozdulások		4.2.2.6	4.3.5. szerint	1	1	1	1
Teljes biztonsági tényező csak a "megengedett feszültség eljárásnál" $\gamma_f$				-	1,48			
Ellenállás tényező $\gamma_m$				1,1	-			



## Terheléskombinációk „B”

Terhelési kategóriák	Terhelések		Vonatkozó fejezet	"B" terheléskombinációk					
				Részleges biztonsági tényező $\gamma_p$	B1	B2	B3	B4	B5
Rendszeres	Nehézségi gyorsulás és kölcsönhatások	Daru tömege	4.2.2.1	9.táblázat	$\phi_1$	$\phi_1$	1	-	-
		Emelt teher tömege	4.2.2.2	1,22	$\phi_2$	$\phi_3$	1	-	-
		Haladás egyenetlen felületen	4.2.2.4	1,16	-	-	-	$\phi_4$	$\phi_4$
	Hajtások okozta gyorsulás	Emelő mozgás nélkül	4.2.2.5	1,22	$\phi_5$	$\phi_5$	-	$\phi_5$	-
		Minden mozgás			-	-	$\phi_5$	-	-
	Elmozdulások		4.2.2.6	4.3.5. szerint	1	1	1	1	1
Esetleges	Környezeti hatások	Üzemi szél	4.2.3.1	1,22	1	1	1	1	1
		Hó és jég	4.2.3.2	1,22	1	1	1	1	1
		Hőmérséklet változás	4.2.3.3	1,16	1	1	1	1	1
	Ferdefutás		4.2.3.4	1,16	-	-	-	-	1
Teljes biztonsági tényező csak a "megengedett feszültség eljárásnál" $\gamma_f$				-	1,34				
Ellenállás tényező $\gamma_m$				1,1	-				

Terhelési kategóriák	Terhelések		Vonatkozó fejezet	"C" terheléskombinációk											
				Részleges biztonsági tényező $\gamma_p$	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
Rendszeres	Nehézségi gyorsulás és kölcsönhatások	Daru tömege	4.2.2.1	9. táblázat	$\phi_1$	1	$\phi_1$	1	1	1	1	1	1	1	1
		Emelt teher tömege	4.2.2.2	1,1	$\phi_{2C}$	$\eta_W$	-	1	1	1	$\phi_L$	$\phi_9$	1	1	-
		Haladás egyenetlen felületen	4.2.2.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hajtások okozta gyorsulás	Emelő mozgás nélkül	4.2.2.5	1,1	-	-	$\phi_5$	-	-	-	-	-	-	-	-
		Minden mozgás			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Elmozdulások		4.2.2.6	4.3.5. szerint	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Esetleges	Környezeti hatások	Üzemi szél	4.2.3.1	1,16	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
		Hó és jég	4.2.3.2	1,1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Hőmérséklet változás	4.2.3.3	1,05	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ferdefutás		4.2.3.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rendkívüli	Üzemen kívüli szél		4.2.4.2	1,1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Próbaterhelés		4.2.4.3	1,1	-	-	$\phi_6$	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ütköző erő		4.2.4.4	1,1	-	-	-	$\phi_7$	-	-	-	-	-	-	-
	Billentő erő		4.2.4.5	1,1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
	Vészleállítás		4.2.4.6	1,1	-	-	-	-	-	$\phi_5$	-	-	-	-	-
	Szerkezet meghiúsodása		4.2.4.10	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	$\phi_5$	-	-
	Alátámasztást érő gerjesztés		4.2.4.11	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Teljes biztonsági tényező csak a "megengedett feszültség eljárásnál" $\gamma_F$				-	1,22										
Ellenállás tényező $\gamma_m$				1,1	-										

### 7.7.3. Terheléskombinációk magyarázata az MSZ EN 13001-2:2014 szerint.

Terhelés-kombinációk	Szabvány vonatkozó fejezete	Leírás
A1	4.2.2.2	Teher emelése és mozgatása, az emelő mozgásokon kívüli gyorsulásokat kell figyelembe venni.
A2	4.2.2.3	Emelt teher hirtelen szabaddá válása, egyéb terhek az A1 szerint.
A3	4.2.2.5	Függő teher vagy teherfelvevő eszközzel emelt teher. Bármely hajtás okozta gyorsító, lassító erők valamennyi kombinációja, beleértve az emelőművet is.
A4	4.2.2.4	Haladó mozgások egyenetlen felületen, emelőmozgás nélkül.
B1 - B4	4.2.3.1	Azonos A1 - A4 kombinációkkal, kiegészítve üzemi széllal és más környezeti hatásokkal.
B5	4.2.3.4	Normál üzemelésű daru, kiegészítve üzemi széllal és más környezeti hatásokkal, valamint a ferdefutás hatásával.
C1	4.2.4.1	Normál üzemelésű daru földön fekvő terhet emel legnagyobb emelési sebességgel.
C2	4.2.4.2	Daru üzemén kívül, üzemén kívüli szélhatás és más környezeti hatás terhelése.
C3	4.2.4.3	Daru vizsgálati körülmények között (próbaterhelés), a különböző mozgások hatásai kombinálódnak a szélterheléssel.
C4	4.2.4.4	Daru emelt teherrel és az ütközőerők hatása.
C5	4.2.4.5	Daru emelt teherrel és a billenőerők hatása.
C6	4.2.4.6	Daru emelt teherrel és a vészleállítás hatása.
C7	4.2.4.7 4.2.4.8	Túlterhelés elleni védelem miatt fellépő erők. A 4.2.4.7 és a 4.2.4.8 pontok szerinti terheléseket külön kell figyelembe venni.
C8	4.2.4.9	Teherejtésből származó erők.
C9	4.2.4.10	Daru emelt teherrel miközben a szerkezet meghibásodása okoz terhelést.
C10	4.2.4.11	Daru emelt teherrel miközben az alátámasztást külső erő gerjeszti.
C11	4.2.4.12	Darura jutó terhelések az összeszereléskor, szétszereléskor és szállításkor.



## 8. Különböző felhasználási területű híd- és bakdaruk MSZ EN 15011 szabvány szerint javasolt osztályba sorolása

	Használat módja	U osztály	Q osztály
1	Kézi működtetésű daruk	U0 – U2	Q1 – Q4
2	Szerelő és karbantartó daruk, időszakos haszná- lattal	U1 – U3	Q0 – Q2
3	Általános műhelydaruk, horogüzemmel	U2 – U5	Q0 – Q2
4	Gyári és raktári daruk, időszakos használattal	U2 – U5	Q1 – Q3
5	Raktári daruk, folyamatos működéssel	U5 – U8	Q1 – Q3
6	Papírgyári daruk a gyártási folyamatban	U3 – U5	Q3 – Q5
7	Hajóépítő daruk, horogüzemmel	U2 – U5	Q1 – Q3
8	Daruk acélgyártási folyamatban	U4 – U6	Q3 – Q5
9	Pályaudvari daruk	U5 – U7	Q2 – Q3
10	Kikötői konténerdaruk	U6 – U8	Q2 – Q3
11	Rakodódaruk markolóval vagy mágnessel	U6 – U9	Q3 – Q5
12	Hulladéktéri daruk markolóval vagy mágnessel	U6 – U8	Q3 – Q5
13	Hulladékkezelő daruk markolóval	U5 – U8	Q3 – Q5

## 9. A daruknál beépített kötél méretezése az MSZ EN 13001-3-2:2014 szabvány szerint

Az alábbi táblázat tartalmazza az MSZ EN 13001-3-2 szabványban lévő jelölések magyar megfelelőjét.

Jelölés	Megnevezés
$a$	Gyorsulás
$C$	Működési ciklusok összes száma
$D$	Vonatkozó átmérő
$D_{\text{drum}}$	Kötéldob legkisebb átmérő
$D_{\text{sheave}}$	Kötélkorong legkisebb átmérő
$D_{\text{comp}}$	Kiegyenlítő korong legkisebb átmérő
$d$	Kötél átmérő
$d_{\text{bearing}}$	Csapágy vagy tengely átmérő
$F_{\text{equ}}$	Egyenértékű kötél erő
$F_{\text{gd}}$	Önsúlyból származó tömegereők, kivéve emelt teher, módosítva $\gamma_p$ -vel
$F_{\text{gl}}$	Emelt teher tömegereje, módosítva $\gamma_p$ -vel
$F_0$	További erők, módosítva $\gamma_p$ -vel
$F_{\text{Rd,s}}$	Kötél tervezési határ ereje statikus igénybevétel esetén
$F_{\text{Rd,f}}$	Kötél tervezési határ ereje fáradási igénybevétel esetén
$F_{\text{Sd,s}}$	Kötél tervezési ereje statikus igénybevétel esetén
$F_r$	Kötél tömeg haladási ellenállása esetén, módosítva $\gamma_p$ -vel
$F_{\text{Sd,f}}$	Kötél tervezési ereje fáradási igénybevétel esetén
$F_t$	Szorító erő, módosítva $\gamma_p$ -vel
$F_u$	Kötél minimális szakítóereje
$F_w$	Kötél a szélerőből,
$f$	Teljes hatás tényező
$f_1$	Átmérőkből adódó hatás tényező

Jelölés	Megnevezés
$f_2$	Kötél szakító szilárdságából származó hatás tényező
$f_3$	Kötél érintkezési (menet, perem) szögéből származó hatás tényező
$f_4$	Kötél kenéséből származó hatás tényező
$f_5$	Többrétegű dob esetén a hatás tényező
$f_6$	Kötél horony átmérő hatás tényező
$f_7$	Kötél típus hatás tényező
$f_{s1}$	Kötélvezetés hatás tényezője
$f_{s2}$	Nem párhuzamos kötélfűrészből származó hatás tényező
$f_{s3}$	Vízszintes hatások okozta hatás tényező
$f_{si}^*$	Fáradási határból származó hatás tényező
$g$	Nehézségi gyorsulás
$i$	Emelés és süllyesztés ciklusainak indexe
$i_{max}$	Mozgások teljes száma
$k_r$	Kötélterő spektrum tényezője
$l_f$	A kötélnyújtásának száma a daru tervezett élettartama alatt.
$q$	Magassági szint gyakorisági tényezője
$m_H$	Emelt teher tömege
$m_{Hr}$	Emelt teher tömege a vizsgált kötélnyújtásban
$m_r$	Kötél által forgatott tömeg
$m_t$	Kötél által húzott tömeg
$n_s$	Álló kötélnyújtások száma a hajtó dob és a mozgó részek között
$n_m$	Mechanikai áttétel aránya
$n_r$	Kötélnyújtásról lefutó kötelek száma
$R_0$	Elemi szál minimális szakítószilárdsága
$R_{Dd}$	Referencia érték a hajlítási átmérő és kötélnyújtás aránya alapján
$R_r$	Kötél elemiszál szakító szilárdsági csoportja
$r_g$	Kötélnyújtás horony sugár
$s_r$	Kötélterő történet paraméter
$t$	Kötéltípus tényező

Jelölés	Megnevezés
$w$	Hajlítások száma mozgásonként
$w_c$	Hajlítások száma
$w_D$	Hajlítások száma egy referencia pontnál
$w_{tot}$	Hajlítások összes száma
$Z, Z_i, Z_{min}, Z_{max}, Z_{ref}$	Magassági koordináta
$\alpha$	Lejtő szöge
$\beta, \beta_{max}$	A ható erő vonala és a kötélág által bezárt szög
$\gamma$	A függőleges és a működő kötéltől bezárt szög, a teherre ható vízszintes erőnél
$\gamma_n$	Kockázati tényező
$\gamma_p$	Részleges biztonsági tényező
$\gamma_{rb}$	Kötél minimális ellenállás tényezője (statikus)
$\gamma_{rf}$	Kötél minimális ellenállás tényezője (fáradási)
$\delta$	Horony tengely és a kötéltől bezárt szög
$\varepsilon$	Kötélkorongok síkja által bezárt szög
$\eta_s$	Egy kötéltörés hatásfoka
$\eta_{tot}$	Kötélvezetés teljes hatásfoka
$\nu_r$	Összes hajlítás számának viszonylagos értéke
$\Phi$	Tehetetlenségi vagy tömeg erő hatásának dinamikus tényezője
$\Phi^*$	Fáradást okozó tehetetlenségi vagy tömeg erő hatásának dinamikus tényezője
$\Phi_2$	Rögzítetlen teher elemelésekor keletkező dinamikus tényező
$\Phi_5$	Teher gyorsulása okozta dinamikus tényező
$\Phi_6$	Próbaterhelés dinamikus tényezője
$\omega$	Horony profil nyílásának szöge

A daruknál kétféle felhasználása lehet a köteleknek, futó kötélt és tartó kötélt.



- **Futó kötelek**

A daruknál alkalmazott sodronykötelekben a terhelés, a hajlítás feszültséget okoz. Ezek együttesen alkotják a kötélre ható összegzett fáradási hatást, amit az  $s_r$  kötél-erő történet paraméter fejez ki. A kötél-erő történet paramétere független az időtől. A kötelek és kötélvezetés elemeinek kiválasztásánál a statikus és fáradási szilárdság megfelelését kell igazolni.

- **Tartó kötelek**

A tartó köteleket a daru szerkezeti részeinek kell tekinteni.

## 9.1. Igazolás statikus terhelés esetén

Az MSZ EN 13001-2 szerinti terhelési esetekre igazolni kell a statikus szilárdsági megfelelést:

$$F_{Sd,s} \leq F_{Rd,s} \quad 92$$

ahol

$F_{Sd,s}$  kötél tervezési ereje statikus igénybevétel esetén

$F_{Rd,s}$  kötél tervezési határ ereje statikus igénybevétel esetén

### 9.1.1. Függőleges emelés esete

#### 9.1.1.1. Kötél-erő tervezési értéke

$$F_{Sd,s} = \frac{m_{Hr} \cdot g}{n_m} \cdot \Phi \times f_{s1} \times f_{s2} \times f_{s3} \times \gamma_p \times \gamma_n \quad 93$$

ahol

$m_{Hr}$  A kötélag vizsgálatkor figyelembe kell venni a teher tömegének a megoszlását. Az emelt teher tömege magában foglalja a terhet, a függesztékeket és a kötél-szerkezet re ható egyéb szerelvények tömegét is. Statikailag határozatlan szerkezetek esetén figyelembe kell venni a kötelek rugalmasságát is.

A teher elrendezését az MSZ EN 13001-3-2 szabvány 1. ábrája mutatja, ahol:

$n_m$  kötélagak mechanikai áttétele;

$\Phi$  tehetetlenségi és nehézségi erők dinamikus tényezője, a szabvány 5.2.2.

pontja szerint;

$f_{s1} - f_{s3}$  kötél-erő hatástényezője a szabvány 5.2.3 – 5.2.5 pontjai szerint;

$\gamma_p$  és  $\gamma_n$  a részleges biztonsági tényezők az MSZ EN 13001-2 szabvány sze-

rint;

$\gamma_p = 1,34$  rendszeres terhek esetén;

<sup>92</sup> MSZ EN 13001-3-3:2014 – 5.1.

<sup>93</sup> MSZ EN 13001-3-3:2014 – 5.2.1.

$\gamma_p = 1,22$  esetleges terhek esetén;  
 $\gamma_p = 1,10$  rendkívüli terhek esetén;  
 $\gamma_n$  kockázati tényező az MSZ EN 13001-2 szabvány szerint, ott ahol annak alkalmazása szükséges.

### 9.1.1.2. Tehetetlenségi és nehézségi erők hatásai

#### 9.1.1.2.1. Dinamikus tényező

Függőleges emeléskor a rögzítetlen tömegek elemelésekor keletkező tehetetlenségi hatásokat, úgy mint gyorsulási vagy lassítási hatásokat kell figyelembe venni a szabvány 5.2.2.2 – 5.2.2.4 pontjai szerint.

#### 9.1.1.2.2. Rögzítetlen teher elemelése

$$\Phi = \Phi_2$$

ahol

$\Phi_2$  a teher talajról történő elemelésekor a tehetetlenségi és nehézségi erők hatásának a dinamikus tényezője.

#### 9.1.1.2.3. Függesztett teher gyorsítása vagy lassítása

$$\Phi = 1 + \Phi_5 \times \frac{a}{g}$$

94

ahol

$\Phi_5$  teher gyorsulása okozta dinamikus tényező, MSZ EN 13001-2 szabvány szerint;

$a$  függőleges gyorsulás vagy lassulás;

$g$  nehézségi gyorsulás.

#### 9.1.1.2.4. Próbateher

$$\Phi = \Phi_6$$

ahol

$\Phi_6$  próbaterhelés dinamikus tényezője MSZ EN 13001-2 szerint

### 9.1.1.3. Kötélvezetés hatásfoka

A kötélérő hatás tényezőt a kötélfűrésztetés hatásfoka alapján kell számolni:

$$f_{s1} = \frac{1}{\eta_{tot}}$$

95

A teljes kötélfűrésztetés hatásfokát az alábbiak szerint kell meghatározni:

<sup>94</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 5.2.2.3. pont.

<sup>95</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 5.2.3. pont.

$$\eta_{tot} = \frac{(n_s)^{n_m}}{n_m} \times \frac{1 - (n_s)^{n_m}}{1 - \eta_s} \quad 96$$

ahol

$\eta_s$  egy kötélsorong hatásfoka

$\eta_s = 0,985$  kötélsorong gördülő csapággal

$\eta_s = 0,985 \times \left( 1 - 0,15 \times \frac{d_{bearing}}{D_{sheave}} \right)$  kötélsorong sikló csapággal

$n_m$  mechanikai áttétel (példa az MSZ EN 13001-3-2 szabvány 2. ábra)

$n_s$  álló kötélsorongok száma a hajtó dob és a mozgó részek között

#### 9.1.1.4. Nem párhuzamos kötélagak esete

Amikor az emelt teherhez tartozó kötélagak nem párhuzamosak, akkor a kötél erő megnő. A kötél erő hatástényezőjét a legkedvezőtlenebb helyzetben kell meghatározni, az alábbiak szerint:

$$f_{s2} = \frac{1}{\cos \beta_{max}} \quad 97$$

ahol

$\beta_{max}$  a terhelés iránya és a kötélag közötti legnagyobb szög.

(példa az MSZ EN 13001-3-2 szabvány 3. ábra)

#### 9.1.1.5. Emelt teherre ható vízszintes erők

A kötél erő meghatározásánál a vízszintes erőknek a növelő hatását, szabadon lógó teher esetén, nem kell figyelembe venni (macska és híd gyorsulása, szélteher).

Nem párhuzamos kötelek esetén (kötél piramis, MSZ EN 13001-3-2 szabvány 4. ábra) a vízszintes erők jelentősen növelik a kötél erőt. Ezt a hatást figyelembe kell venni, és a hatás tényezőjét az alábbiak szerint kell számolni:

$$f_{s3} = 1 + \frac{F_h}{m_H \times g \times \tan \gamma} \leq 2 \quad 98$$

ahol

$F_h$  az emelt teherre ható vízszintes erő

$m_H$  az emelt teher tömege

$\gamma$  a gravitációs terhelés iránya és a kötélag iránya által bezárt legnagyobb szög

A képlet alkalmazásakor a  $\Phi$  és  $f_{s3}$  tényezőket csak akkor lehet külön kezelni, ha működik olyan technikai eszköz, mely megakadályozza az egyidejű vízszintes és a függőleges gyorsulásokat (pl.: az MSZ EN 13001-3-2 szabvány 4. ábra).

<sup>96</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 5.2.3. pont.

<sup>97</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 5.2.4. pont.

<sup>98</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 5.2.5. pont.

## 9.1.2. Nem függőleges tehermozgatások esete

### 9.1.2.1. Kötélerő tervezési értéke

Nem függőleges tehermozgatáskor (például az MSZ EN 13001-3-2 szabvány 5. és 6. ábra) a kötélerő tervezési értékét az alábbiak szerint kell számolni:

$$F_{Sd,s} = \frac{F_{equ}}{n_m} \cdot \Phi \times f_{S1} \times f_{S2} \times \gamma_n \quad 99$$

ahol

$F_{equ}$	a kötéel hajtásrendszer egyenértékű kötéelereje a szabvány 5.3.2. pontja szerint, ahol figyelembe kell venni a statikailag határozatlan rendszereket, valamint egyenlőtlen terhelések esetén a kötelek rugalmasságát;
$n_m$	a kötéelhajtás mechanikai áttétele;
$\Phi$	dinamikus tényező a tehetetlenségi erők esetén a szabvány 5.3.3 pontja szerint;
$f_{S1}, f_{S2}$	kötélerőt hatás tényezők a szabvány 5.3.4 és 5.3.5 pontjai szerint;
$\gamma_n$	kockázati tényező (MSZ EN 13001-2 szabvány szerint), ott ahol az alkalmazása szükséges;
$m_{r1}, m_{r2}, m_{r3}$	kötéel hajtás által forgatott tömegek, a gyorsulásra vonatkozó koordináta rendszerben;
$m_{t1}, m_{t2}$	kötéel hajtás által elmozduló tömegek, a gyorsulásra vonatkozó koordináta rendszerben;
$F_{equ}, F_w, F_r$	erők, lásd a szabvány 5.3.2 pontját;
$a$	gyorsulás;
$n_m$	kötélvezetés mechanikai áttétele;
$m_t$	kötéel hajtás által elmozduló tömeg, a gyorsulásra vonatkozó koordináta rendszerben;
$F_t$	feszítő erő a szabvány 5.3.2 pontja szerint

### 9.1.2.2. Egyenértékű kötélerő meghatározása

Általában a teherhatások a nehézségi erők, a különféle ellenállások (gördülő vagy csúszó, kerekek, csapágyak), kötéel feszítő erő, szél- és még további erők (például ütközőerő, klimatikus hatások okozta erők) hozzájárulnak az egyenértékű kötélerőhöz. Az egyedi hatásokat módosítani kell a vonatkozó biztonsági tényezőkkel (MSZ EN 13001-2 szerint). A terhelések kombinációját az MSZ EN 13001-3-2 szabvány 2. táblázata tartalmazza.

<sup>99</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 5.3.1. pont.

$$F_{equ} = F_{gd} + F_{gl} + F_r + F_w + F_t + F_o$$

100

ahol

$F_{gd}$	kötélhajtással mozgatott tömegerők, kivéve emelt teher, módosítva $\gamma_p$ -vel;
$F_{gl}$	kötélhajtással mozgatott emelt teher, módosítva $\gamma_p$ -vel;
$F_r$	ellenállás okozta erő, módosítva $\gamma_p$ -vel;
$F_w$	szél okozta erő, módosítva $\gamma_p$ -vel;
$F_t$	kötél feszítő erő, módosítva $\gamma_p$ -vel;
$F_o$	további erők, módosítva $\gamma_p$ -vel;

1. táblázat  $\gamma_p$  értékei<sup>101</sup>

	Megnevezés	Rendszeres teher A teherkombináció	Esetleges teher B teherkombináció	Rendkívüli teher C teherkombináció
$F_{gd}$	Tömegerők, kivéve emelt teher	1,22	1,16	1,10
$F_{gl}$	Emelt teher	1,34	1,22	1,10
$\Phi$	Tehetlenségi erő	1,34	1,22	1,10
$F_r$	Ellenállás okozta erő	1,34	1,22	1,10
$F_t$	Kötél feszítő erő	1,22	1,16	1,10
$F_w$	Szél okozta erő (üzemi)	-	1,22	1,16
	Szél okozta erő (üzemen kívüli)	-	-	1,10
$F_o$	Hó és jég	-	1,22	1,10
	Hőmérséklet	-	1,16	1,05
	Ütköző erő	-	-	1,10

### 9.1.2.3. Tehetlenségi hatás

A nem függőleges hajtások gyorsulásából származó tehetlenségi hatását dinamikus tényező számításával kell figyelembe venni:

$$\Phi = 1 + \frac{(\sum m_t + \sum m_r) \times a \times \Phi_5 \times \gamma_p}{F_{equ}}$$

102

ahol

$\sum m_t$  az elmozduló tömegek összege, a gyorsítás koordináta tengelyének irányában;

<sup>100</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 5.3.2. pont.

<sup>101</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 5.3.2. pont.

<sup>102</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014 5.3.3. pont.

$\sum m_r$	a kötélhajtás által forgatott tömegek összege, a gyorsítás koordináta tengelyének irányában; (MSZ EN 13001-3-2 szabvány 5. és 6. ábra);
$a$	gyorsítás vagy lassítás;
$\phi_5$	a terhek gyorsításához tartozó dinamikus tényező; (MSZ EN 13001-2 szabvány szerint);
$\gamma_p$	tehetetlenségi hatás biztonsági tényezője a 2. táblázat szerint;
$F_{equ}$	egyenértékű kötélterő.

#### 9.1.2.4. Kötélvezetési tényező

A kötélterő tervezési értékének számításakor figyelembe kell venni a kötélhajtás hatásfokát, mint hatás tényezőt  $f_1$ , amit a szabvány 5.2.3 pontja szerint kell számolni.

#### 9.1.2.5. Nem párhuzamos kötelek

A kötélterő tervezési értékének számításakor figyelembe kell venni a nem párhuzamos kötelek hatásfokát, mint növelő tényezőt  $f_2$ , amit a szabvány 5.2.4 pontja szerint kell számolni.

### 9.1.3. Kötélterő tervezési határértéke

A kötélterő tervezési értékét az alábbiak szerint kell számolni:

$$F_{Rd,s} = \frac{F_u}{\gamma_{rb}} \quad 103$$

ahol

$F_u$  kötel minimális szakítóereje;

$\gamma_{rb}$  kötel ellenállás tényezője.

A kötel ellenállás tényezőjét a kötélhajtás geometriája alapján kell meghatározni:

$$\gamma_{rb} = 1,35 + \frac{5,0}{\left(\frac{D}{d}\right)^{0,8} - 4} \geq 2,07 \quad 104$$

ahol

$D$  a legkisebb átmérő:  $D = \text{Min} (D_{korong}; 1,125 \times D_{dob}; 1,125 \times D_{comp})$

$d$  kötelátmérő

A  $D/d$  áttétel nem lehet kisebb 11,2 -nél.

A 3. táblázat mutatja a legkisebb ellenállás tényező értéket a  $D/d$  függvényében<sup>105</sup>.

$D/d$	11,2	12,5	14,0	16,0	18,0	$\geq 20,0$
$\gamma_{rb}$	3,07	2,76	2,52	2,31	2,17	2,07

<sup>103</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 5.4. szakasz.

<sup>104</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 5.4. szakasz.

<sup>105</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 5.4. szakasz.

## 9.2. Igazolás fáradási feszültség megfelelésére

### 9.2.1. Általános követelmény

A kísérletek eredménye szerint a kötelek kifáradási szilárdsága, a hajlítások száma szempontjából közelítőleg fordítottan arányos az alkalmazott kötélfeszítő erő négyzetével. Azzal a további megkötéssel, hogy a köté-l-hajlítási átmérő kötélátmérőhöz viszonyított arányát ( $D/d$ ) a hajlítások számának növekedésével ( $w_{tot}$ ) a következő összefüggés szerint szintén kell megnöveleni:

$$\frac{D}{d} \sim 1,125^{\log_2(w_{tot})} \quad 106$$

Ez azt jelenti, hogy a hajlítások számának ( $w_{tot}$ ) megkétszerezésekor, a hajlítási átmérő, kötélátmérő arányt ( $D/d$ ) 1,125-szeresére kell növelni. A kötelerő hajlítások számához viszonyított összefüggése pedig közel fordítottan arányos a harmadik hatvánnyal.

A köté-lhajlítások számának meghatározásakor minden mozgást figyelembe kell venni, amely a darura meghatározott munkaciklus részét képezi (történjen az akár terhelt, akár terheletlen állapotban). A kötelerő spektrum számításakor a különböző terhelési szinteket külön esetekként kell figyelembe venni. A részletes (hajlítás) számítást lásd az MSZ EN 13001-3-2 szabvány „A” függelékben.

A köté-l fáradási feszültségének megfeleléséhez igazolni kell az alábbiakat:

$$F_{Sd,f} \leq F_{Rd,f} \quad 107$$

ahol

$F_{Sd,f}$  kötelerő tervezési értéke fáradás esetén;

$F_{Rd,f}$  kötelerő tervezési határértéke fáradás esetén.

### 9.2.2. Kötelerő tervezési értéke

#### 9.2.2.1. Alapvető feltétel

A kötelerő tervezési értékének számításához a rendszeres terhelést kell figyelembe venni (terhelési kombináció A, MSZ EN 13001-2 szabvány szerint) oly módon, hogy a részleges biztonsági tényezők és a kötélvezetés hatásfoka 1.

Függőleges emelés esetén:

$$F_{Sd,f} = \frac{m_{Hr} \times g}{n_m} \times \Phi^* \times f_{S2}^* \times f_{S3}^* \times \gamma_n \quad 108$$

ahol

<sup>106</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 6.1. szakasz.

<sup>107</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 6.1. szakasz.

<sup>108</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 6.2.1. pont.

$m_{Hr}$	az emelt teher tömege ( $m_H$ ), vagy az emelt tömegnek az a része, amelyik a kötélágra hat. (1. ábra);
$g$	nehézségi gyorsulás;
$n_m$	kötélágak vezetésének mechanikai áttétele;
$\Phi^*$	a tehetetlenségi és tömegeroők dinamikus tényezője a szabvány 6.2.2. pontja szerint;
$f_{S2}^*, f_{S3}^*$	kötélérőt hatás tényező, a szabvány 6.2.3. és a 6.2.4. pontjai szerint;
$\gamma_n$	kockázati tényező (MSZ EN 13001-2 szerint).

Nem függőleges hajtás esetén:

$$F_{sd,f} = \frac{F_{equ}}{n_m} \times \Phi^* \times f_{S2}^* \times \gamma_n \quad 109$$

ahol

$F_{equ}$	kötélre ható egyenértékű erő, a szabvány 5.2.3. pontjának elvei szerint;
$n_m$	kötélvezetés mechanikai áttétele;
$\Phi^*$	tehetetlenségi hatások dinamikus tényezője, a szabvány 6.2.2. pontja szerint;
$f_{S2}^*$	kötélérő hatás tényező a szabvány 6.2.3. pontja szerint;
$\gamma_n$	kockázati tényező (MSZ EN 13001-2 szabvány szerint).

A függőleges és nem függőleges kötélhajtások esetén további kiegészítések vannak:

- A kötélérő hatás tényező  $f_{Si}^*$  helyett a  $f_{Si}$  használható.
- A kötélérő dinamikus tényező  $\Phi^*$  helyett a  $\Phi$  használható.

### 9.2.2.2. Tehetlenségi hatás

A rövid idejű tehetlenségi hatásokat nem kell figyelembe venni az összes hajlításnál. Ezért a dinamikus tényezőt az alábbiak szerint kell számolni:

$$\Phi^* = \sqrt[3]{\frac{(w-1) + \Phi^3}{w}} \text{ for } w \geq 1 \quad 110$$

$$\Phi^* = \Phi \text{ for } w = 0,5$$

ahol

$w$	tényleges hajlítások száma elmozdulásonként;
$\Phi$	dinamikus tényező (a szabvány 5.2.2 vagy 5.3.3 pontja szerint).

### 9.2.2.3. Nem párhuzamos kötélagak

A fáradási szilárdság ellenőrzésekor figyelembe kell venni a nem párhuzamos kötélfűzést. A kötélérő hatás tényező  $f_{S2}^*$  számításánál figyelembe kell venni a működési területnél az emelési magasság és a kötélszög eloszlását.

<sup>109</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 6.2.1. pont.

<sup>110</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 6.2.2. pont.



Amikor a daru használatakor körülbelül azonos a leggyakoribb működésnél az emelési magasság tartomány, akkor a sűrűség függvény állandó értékű.

$$q(z) = \frac{1}{z_2 - z_1} \quad 111$$

Ekkor az  $f_{s2}^*$  értékét az alábbi módon kell számítani:

$$f_{s2}^* = 1 + \left[ \frac{1}{\cos \beta(z_2)} - 1 \right] \times \left( \frac{z_{ref} - z_2}{z_{ref} - z_1} \right)^{0,9} \quad 112$$

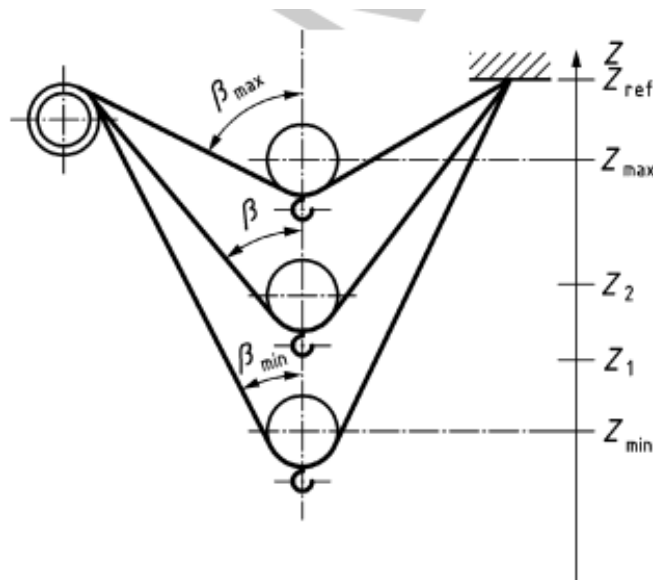
Általános esetben  $f_{s2}^*$  értékét az alábbi módon kell számítani:

$$f_{s2}^* = \sqrt[3]{\int_{z_{min}}^{z_{max}} \frac{q(z)}{\cos^3 \beta(z)} dz} \quad 113$$

ahol

- $z$  magassági koordináta az MSZ EN 13001-3-2 szabvány 7. ábra szerint a teljes működési tartomány  $z_{min}$  - től  $z_{max}$  -ig a leggyakoribb működési tartomány  $z_1$  - től  $z_2$  -ig;
- $z_{ref}$  referencia magasság;
- $\beta(z)$  a teher és a kötélág által bezárt szög;
- $q(z)$  a daru egyenértékű emelési magasságának eloszlása, amikor a működési tartományban használják, ahol:

$$\int_{z_{min}}^{z_{max}} q(z) dz = 1 \quad 114$$



<sup>111</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 6.2.3. pont.

<sup>112</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 6.2.3. pont.

<sup>113</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 6.2.3. pont.

<sup>114</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 6.2.3. pont.

#### 9.2.2.4. Vízszintes erők hatása függőleges emelésnél

Összekapcsolt, nem párhuzamos kötelek használatakor (a szabvány 4. ábrája szerint),  $f_{S3}^*$  értékét az alábbi módon kell számítani:

$$f_{S3}^* = f_{S3} \quad 115$$

ahol

$f_{S3}$  kötélerő hatás tényező, amit az átlagos  $\gamma$  szög alapján kell számolni (a szabvány 5.2.5. pontja szerint).

Amikor a vízszintes erők és az emelés gyorsulása nem egyidejű, vagy jelentős különbség van a gyorsulási idők között, akkor  $f_{S3}^* = 1$  értékű.

### 9.2.3. Kötélerő tervezési határértéke

---

#### 9.2.3.1. Kiinduló összefüggés

A kötélerő tervezési határértékét az alábbi módon kell számítani:

$$F_{Rd,f} = \frac{F_u}{\gamma_{rf} \times \sqrt[3]{s_r}} \times f_f \quad 116$$

ahol

$F_u$  kötélt előírt minimális szakítóerő;

$s_r$  kötélerő történet paramétere;

$\gamma_{rf}$  kötélt minimális ellenállás tényezője:  $\gamma_{rf} = 7$ ,  
 $\gamma_{rf}$  egy eredő biztonsági tényező (figyelembe veszi a fáradási feszültségérték bizonytalanságát, és a fáradás okozta kár lehetséges következményeit) és a tényező csökkenti az  $F_u$  fáradási feszültségértékét a referencia pontnál. (3.3.4 pont szerint);

$f_f$  további hatások tényezője (3.4 fejezet és képlet).

#### 9.2.3.2. Kötélerő történet paraméter

Hasonló, mint a feszültség történet paramétert az MSZ EN 13001-1 szabványban, a kötélerő történet paramétert is az alábbiak szerint kell számolni.

$$s_r = k_r \times v_r \quad 117$$

ahol

$k_r$  kötélerő spektrum tényező;

$v_r$  összes hajlítás számának viszonylagos értéke.

---

<sup>115</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 6.2.4. pont.

<sup>116</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 6.3.1. pont.

<sup>117</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 6.3.2. pont.

### 9.2.3.3. Kötélerő spektrum tényezője

A kötélerő spektrum tényezőjét az alábbi módon kell számolni:

$$k_r = \sum_{i=1}^{i_{max}} \left( \frac{F_{sd,f,i}}{F_{sd,f}} \right)^3 \times \frac{w_i}{w_{tot}} \quad 118$$

ahol

$i$	az $f_{sd,f,i}$ erővel történt mozgás indexe>
$i_{max}$	a kötélnélhez tartozó ciklusszám. Figyelembe kell venni azt, hogy a ciklusszám kötelenként $C/l_r$ , ahol az összes munkaciklus $C$ >
$F_{sd,f,i}$	a kötélerő tervezési értéke az $i$ -edik mozgásnál;
$F_{sd,f}$	a kötélerő maximális tervezési értéke;
$w_i$	egy mozgáshoz tartozó hajlítások száma;
$w_{tot}$	a kötélnél tervezett élettartama alatt az összes hajlítás száma;
$C$	a daru élettartama alatt a munkaciklusok összes száma, figyelembe véve az MSZ EN 13001-1 szabvány előírást>
$l_r$	kötelek száma a daru tervezett élettartama alatt, (tájékoztató értéket ad a szabvány B melléklete).

A hajlítások összes számát az alábbiak szerint kell számolni:

$$w_{tot} = \sum_{i=1}^{i_{max}} w_i \quad 119$$

ahol

$w_i$	a hajlítások száma mozgásonként;
$i_{max}$	a kötélnél elmozdulások összes száma.

### 9.2.3.4. A hajlítások számának relatív gyakorisága

A hajlítások gyakoriságának relatív értékét az alábbi módon kell meghatározni.

$$v_r = \frac{w_{tot}}{w_D} \quad 120$$

ahol

$w_{tot}$	a kötélnél tervezett élettartama alatt a hajlítások teljes száma;
$w_D$	a hajlítások száma a referencia pontnál: $w_D = 5 \cdot 10^5$ ,

<sup>118</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 6.3.3. pont.

<sup>119</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 6.3.3. pont.

<sup>120</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 6.3.4. pont.

## 9.2.4. További hatások a kötelerő tervezési határérték számításához

### 9.2.4.1. Alap összefüggés

A kötelerő tervezési határértékének számításánál figyelembe kell venni további hatásokat:

$$f_f = f_{f1} \times f_{f2} \times f_{f3} \times f_{f4} \times f_{f5} \times f_{f6} \times f_{f7} \quad 121$$

ahol

$f_{f1} - f_{f7}$  hatástényezők a szabvány 3.4.2 pontjától a 3.4.6 pontjáig.

### 9.2.4.2. Dob és a korongok átmérői

A 3.1 pont szerint további követelmény a kötélnél hajlítási átmérő  $D$  és a kötélátmérő  $d$  arányának  $D/d$  növelése a hajlítások számától  $W_{tot}$  függően a képlet szerint.  $D$  értéket az alábbi módon kell számolni:

$$D = \text{Min}[D_{korong}; 1,125 \times D_{dob}; 1,125 \times D_{comp}] \quad 122$$

Referencia érték a hajlítási átmérő és kötélátmérő aránya alapján

$$R_{Dd} = 10 \times 1,125^{\log_2 \left( \frac{W_{tot}}{8000} \right)} \quad 123$$

Az  $f_{f1}$  tényezőt az alábbi módon kell számolni:

$$f_{f1} = \frac{D/d}{R_{Dd}} \quad 124$$

A választott  $D/d$  arány nem lehet kisebb, mint 11,2; és oly módon kell kiválasztani, hogy az  $f_{f1}$  tényező nagyobb vagy egyenlő legyen, mint 0,75.

A táblázatban az általában használatos értékek szerepelnek.

$D/d$	11,2	12,5	14,0	16,0	18,0	20,0	22,4	25,0	28,0	31,5
-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

### 9.2.4.3. A kötélnél elemi szál szakítószilárdsága

A kötélnél elemi szál  $R_r$  szakítószilárdsági fokozata és a kötelerő tervezési határértéke között nem lineáris a kapcsolat. Ezt figyelembe kell venni az alábbiak szerint:

$$f_{f2} = \left( \frac{1770}{R_r} \right)^{0,6} \quad R_r > 1770 \quad 125$$

<sup>121</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 6.4.1. pont.

<sup>122</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 6.4.2. pont.

<sup>123</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 6.4.2. pont.

<sup>124</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 6.4.2. pont.

<sup>125</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 6.4.3. pont.

$$f_{f2} = 1 \quad R_r \leq 1770$$

ahol

$R_r$  a kötélszilárdsági fokozata, amelyet egy számjelöl (pl. 1770, 1960, stb) az MSZ EN 12385-4 szerint.

#### 9.2.4.4. Elhagyási szög

A kötélskorongnál vagy kötéldobnál az elhagyási szöget az MSZ EN 13001-3-2 szabvány 8. ábrája mutatja. Az elhagyási szöget mindig pozitív értékűnek kell venni. A kötéls kiválasztott (P) pontjában, az elhagyási szög ( $\delta$ ) tervezési értékénél figyelembe kell venni a leggyakoribb munkatartományban ( $Z_1 - Z_2$ ) az  $f_3$  tényező értékét, melyet a szabvány 5. táblázata tartalmazza. Az elhagyási szög tervezési értékét az alábbiak szerint kell számolni:

$$\delta = \sqrt[3]{\frac{\sum_{j=1}^n \delta_j^3}{n}} \quad 126$$

ahol

$\delta_j^3$  a kötélnél a dobánál vagy korongnál lévő  $j$ -edik érintő irányú érintkezési pontjánál lévő elhagyási szög (szabvány 8. ábra szerint);  
 $n$  az érintkezési pontok száma a kötéls leg többet hajlított részén (szabvány 8. ábra szerint például  $n = 6$ ).

Horony tengely és a kö- tél által bezárt szög $\delta$	$f_3$ nem forgásmentes kötél	$f_3$ forgásmentes kötél
$\leq 0,5^\circ$	1,0	1,00
$1,0^\circ$	0,95	0,95
$2,0^\circ$	0,86	0,84
$3,0^\circ$	0,84	nem vonatkozik
$4,0^\circ$	0,82	
Közbeeső értékek interpolálhatók.		

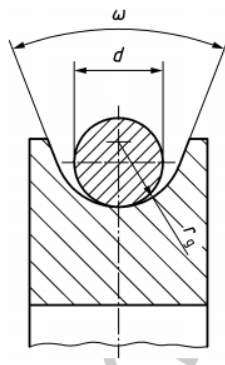
#### 9.2.4.5. Kötéls kenése

A belső kenéssel gyártott kötelek esetén a tényező értéke  $f_4 = 1$ . Kenés nélküli kötelek esetén (például tiszta helyiségben) a tényező értéke  $f_4 = 0,5$ .

<sup>126</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014 – 6.4.4. pont.

### 9.2.4.6. Horony

Az  $f_6$  tényező meghatározásakor figyelembe kell venni a horony sugár  $r_g$  és a kötélméretének  $d$  az arányát, valamint a korong két oldala által bezárt  $\omega$  szög értékét az ábra szerint<sup>127</sup>.



$r_g / d$	$\omega$	$f_6$
0,53	$\leq 60^\circ$	1
0,55		0,92
0,6	Nem követelmény	0,86
0,7		0,79
0,8		0,76
$\geq 1,0$		0,73
Közbenső értékek interpolálhatók.		

### 9.2.4.7. Kötél típusok

A különböző típusú köteleknek eltérő a fátási hajlító szilárdsága, amelyet az  $f_7$  tényezővel kell figyelembe venni, és az alábbi módon kell számítani:

$$f_{f7} = \frac{1}{t} \quad 128$$

ahol:

$t$  kötéltípus tényező

A kötéltípus tényező a külső pázmák számától függ, értékeket a szabvány 7. táblázata tartalmazza.

Kötél típus MSZ EN 12385-2 szerint	Külső pázmák száma	$t$ - tényező
egyrétegű vagy vonalérintkezésű	3	1,25
	4, 5	1,15
	6 vagy több	1,00
	6 - 10 műanyag bevonattal	0,95
forgásmentes és nem tömörített	mind	1,00
forgásmentes és tömörített	mind	0,90

<sup>127</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014 – 6.4.6. pont.

<sup>128</sup> MSZ EN 13001-3-2:2014– 6.4.7. pont.

### 9.2.4.8. További előírások többrétegű dob esetén

Többrétegű dob esetén a kötél tervezett élettartama kevesebb lesz, mint egyrétegű dobnál, mert:

- fokozott kopás a pászma keresztezéseknél a csúszó kapcsolat miatt;
- rugalmas alakváltozás a pászma keresztezéseknél;
- az alsó rétegek előfeszítésének a hiánya;
- kötelek hajlamosak a szétnyomódásra.

Ezeket a hatásokat figyelembe kell venni. A pontosan meghatározott módszerek hiánya miatt, az  $f_{\bar{s}}$  csökkentő tényezőt alkalmazzuk a kötél tervezési határerejének meghatározásakor, az alábbi táblázata szerint.

$i_{max} \cdot k_r$	$f_{\bar{s}}$ dob kötél soroló nélkül	$f_{\bar{s}}$ dob kötél sorolóval
$i_{max} \cdot k_r \leq 500$	1,0	1,0
$500 < i_{max} \cdot k_r \leq 1000$	0,9	1,0
$1000 < i_{max} \cdot k_r \leq 2000$	0,8	1,0
$2000 < i_{max} \cdot k_r \leq 5000$	0,7	0,9
$5000 < i_{max} \cdot k_r$	0,6	0,8
Ahol $i_{max}$ a mozgások teljes száma és $k_r$ a kötél erő spektrum tényezője.		

## 10. Kerék/sín kapcsolat méretezése MSZ EN 13001-3-3 szabvány szerint

### 10.1. Alkalmazási terület

Ez az Európai Szabványt együtt kell kezelni az MSZ EN 13001-1 és az MSZ EN 13001-2 szabványokkal. A szabvány általános feltételeket, valamint előírásokat és módszereket határoz meg a daruk kerék/sín kapcsolatának tervezésére és ellenőrzésére. A mechanikai veszélyek megelőzése érdekében Ez az Európai Szabvány magába foglalja az acél és öntöttvas kerekek követelményeit és csak fém kerék/sín kapcsolatra alkalmazható.

MSZ EN 13001-3-3 szabvány csak az MSZ EN 13001-1 szabványnak megfelelő határállapot eljárásokkal foglalkozik.

A szabvány jelöléseit, rövidítéseit tartalmazó táblázat<sup>129</sup>.

Jelölés, rövidítés	Leírás
$b$	Effektív tehertartó (érintkező felületek) szélesség
$D_w$	Kerék átmérő
$E_m$	Egyenértékű rugalmassági modulus
$E_r$	Sín rugalmassági modulus
$E_w$	Kerék rugalmassági modulus
$F$	Kerékterhelés
$F_{Rd,s}$	Tervezett érintkezési erő határértéke
$F_{Sd,s}$	Tervezett érintkezési erő
$F_{Rd,f}$	Érintkezési erő tervezett kifáradási határértéke
$F_{Sd,f}$	Maximális tervezett érintkezési erő fáradásra
$F_{Sd,f,i}$	Az (i)-edik tervezett érintkezési erő fáradásra
$F_{Sd0,s}$	Tényező nélküli érintkezési erő (kalkulált biztonsági tényező értéke=1)
$F_u$	Referencia érintkezési erő (fáradásnál)
$f_f$	További hatások tényezője kifáradásnál
$f_{f1}$	Saroknyomás csökkentő tényező kifáradásnál
$f_{f2}$	Nem egyenletes nyomás eloszlás csökkentő tényező kifáradásnál
$f_{f3}$	Oldalazás csökkentő tényező kifáradásnál
$f_{f4}$	Hajtott kerék csökkentő tényező kifáradásnál

<sup>129</sup> MSZ EN 13001-3-3:2015 – 3.2.

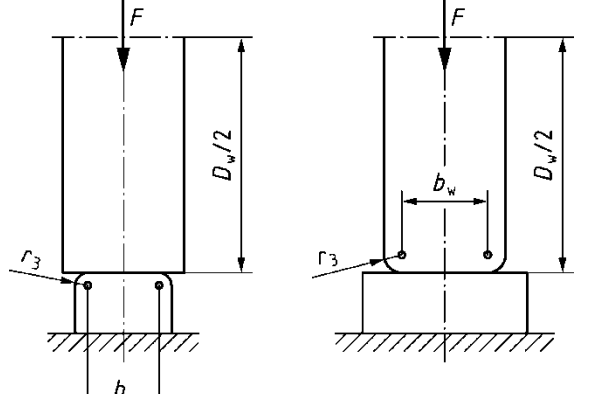
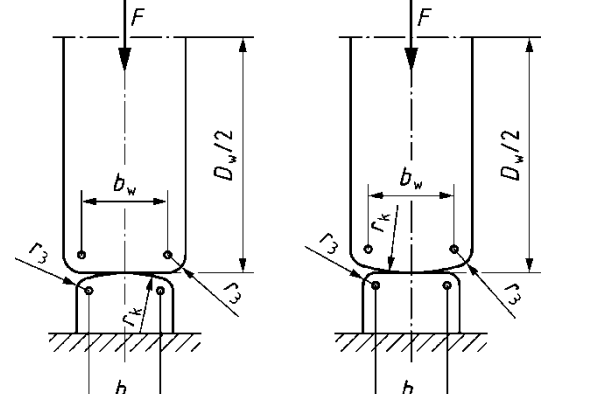


Jelölés, rövidítés	Leírás
$f_1$	Saroknyomás csökkentő tényező
$f_2$	Nem egyenletes nyomás csökkentő tényező eloszlása
$f_y$	Folyáshatár vagy az anyag 0,2% maradó alakváltozásához szükséges feszültség, a felület megkeményedését megelőzően.
$HBW$	Brinell keménység
$HB$	Fajlagos keménység [N/mm <sup>2</sup> ]
$I$	Mozgó terhelés indexe
$i_D$	Mozgó terhelés száma a kezdőponttól
$i_{tot}$	A mozgó terhelések összes száma a kerék vagy a sín tervezett
$m$	log F/log N-görbe meredeksége a mozgó terhelésekre
$k_C$	Érintkezési erő spektrum tényezője
$r_k$	Sín futófelület vagy kerék futófelület görbületének sugara
$r_3$	Kerék vagy sínfej sarkának lekerekítési sugara
$s_C$	Érintkezési erő történeti tényező
$S_C$	Érintkezési erő történeti tényezők osztályozása
$w$	A kerék sínnel nem érintkező szélessége
$z_{ml}, z_{mp}$	A maximális nyírófeszültség mélysége a vonal-, és pont érintke-
$\alpha$	Ferdefutási szög
$\alpha_g$	Az $\alpha$ ferdefutási szögnek a vezetőelem játékból származó össze-
$\alpha_t$	Az $\alpha$ ferdefutási szög túrésekből származó része
$\alpha_w$	Az $\alpha$ ferdefutási szög kopásból származó része
$\gamma_{cf}$	Érintkezési ellenállás tényező
$\gamma_m$	Általános ellenállás együttható; $\gamma_m = 1,1$
$\gamma_n$	Kockázati tényező
$\gamma_p$	Parciális biztonsági tényező
$\nu$	Radiális terhelési együttható (acélra $\nu = 0,3$ )
$\nu_c$	Gördülő kontaktusok relatív száma
$\phi_i$	Dinamikus tényező (lásd. MSZ EN 13001-2)

## 10.2.A szabvány általános előírásai

A szabvány annak igazolására készült, hogy statikus és kifáradási terhelésekre a kiválasztott kerék/sín kapcsolat megfelelő.

A szabvány kétféle tervezési sín/kerék kapcsolatot különböztet meg, amelyek a pont érintkezés, illetve a vonal érintkezés. Az érintkezési eseteket a szabvány a következők szerint határozza meg<sup>130</sup>.

	
<p><b>a) Vonal érintkezés</b></p>	<p><b>b) Pont érintkezés</b></p> <p>Azok a pont érintkezési esetek, ahol <math>r_k \leq 5 \times \min(b_r; b_w)</math> kívül esnek a szabvány hatókörén.</p> <p>Abban az esetben, ha <math>r_k &gt; 200 \times \min(b_r; b_w)</math>, a vonal érintkezés előírásai alkalmazhatók.</p>
<p>A tényleges érintkezési szélesség (<math>b_w</math>, <math>b_r</math>) meghatározásához a kerék/sín szélességéből le kell vonni a sarkok lekerekítési sugarait, <math>2 \times r_3</math>.</p>	

### 10.2.1. Keménységi görbe az érintkezési felület alatt

Bizonyítható, hogy az elért keménység kiterjedése az anyagban mélyebb (kétszeres mélységű), mint a maximális nyíró terhelés mélysége. A keménységi értékek meghatározhatók az anyag szakítószilárdságából vagy keménység átváltási közelítő táblázatból. Az általánosan használt anyagokra a keménységeket az MSZ EN 13001-3-3:2015 szabvány B.1. táblázata tartalmazza.

<sup>130</sup> MSZ EN 13001-3-3:2015 – 4.2.

Keménység						Keménység				
<i>HV</i>	<i>HBW</i>	<i>HRA</i>	<i>HRB</i>	<i>HRC</i>	<i>HRD</i>	<i>HV</i>	<i>HBW</i>	<i>HRA</i>	<i>HRC</i>	<i>HRD</i>
120	114		67			350	332	68,1	35,5	51,9
130	123		71			360	342	68,7	36,6	52,8
140	133		75,1			370	351	69,2	37,7	53,8
150	142		78,8			380	361	69,8	38,8	54,4
160	152		82,1			390	370	70,3	39,8	55,2
170	161		85			400	380	70,8	40,8	56
180	171		87,3			410	389	71,4	41,8	56,8
190	180		89,6			420	399	71,8	42,7	57,5
200	190		91,8			430	409	72	43,6	58,2
210	199		93,7			440	418	72,3	44,5	58,8
220	209		95,5			450	423	73,3	45,3	59,4
230	218					460	432	73,6	46,1	60,1
240	228	60,7		20,3	40,3	470	442	74,1	46,9	60,7
250	235	61,6		22,2	41,7	480	450	74,5	47,7	61,3
260	247	62,4		24	43,1	490	456	74,9	48,4	61,6
270	256	63,1		26,6	44,3	500	466	75,3	49,1	62,2
280	266	63,8		27,1	45,3	510	475	75,7	49,8	62,9
290	275	64,5		28,5	46,5	520	483	76,1	50,5	63,5
300	285	65,2		29,8	47,5	530	492	76,4	51,1	63,9
310	294	65,8		31	48,4	540	500	76,7	51,7	64,4
320	304	66,4		32,2	49,4	550	509	77	52,3	64,8
330	313	67		33,3	50,2	560	517	77,4	53	65,4
340	323	67,6		34,4	51,1	570	526	77,8	53,6	65,8
<b>Jelölések</b> <i>HV</i> Vickers keménység <i>HBW</i> Brinell keménység; <i>HR</i> Rockwell keménység a következők szerint: <i>HRA</i> , <i>HRB</i> , <i>HRC</i> , <i>HRD</i> .										

A maximális nyíró terhelés mélysége a következő képletekkel számítható a kétféle érintkezési esetre:

- Vonalérintkezés esetén:

$$z_{ml} = 0,50 \times \sqrt{F_{Sd0,s} \times \frac{\pi \times D_w \times (1 - \nu^2)}{b \times E_m}} \quad 131$$

- Pontérintkezés esetén:

$$z_{mp} = 0,68 \times \sqrt[3]{\frac{F_{Sd0,s}}{E_m} \times \frac{1 - \nu^2}{\left(\frac{2}{D_w} + \frac{1}{r_k}\right)}} \quad 132$$

ahol,

$F_{Sd0,s}$  maximális, tényezőző nélküli tervezett érintkezési erő, ami tartalmazza az MSZ EN 13001-2 szerinti A - C teherkombinációkat

$E_m$  egyenértékű rugalmassági modulus

$z_{ml}/z_{mp}$  - maximális szakítószilárdság mélysége vonal/pont érintkezés esetén

## 10.2.2. Egyenértékű rugalmassági modulus meghatározása

Az egyenértékű rugalmassági modulus a következő képlettel határozható meg:

$$E_m = \frac{2 \times E_w \times E_r}{E_w + E_r} \quad 133$$

ahol,

$E_m$  egyenértékű rugalmassági modulus

$E_w$  kerék rugalmassági modulusa

$E_r$  sín rugalmassági modulusa

## 10.3. Igazolás statikus terhelésre

A kerék/sín kapcsolat statikus terhelésre vonatkozó igazolásához, az MSZ EN 13001-2 szabvány szerinti összes lényeges terhelési kombinációra be kell bizonyítani, hogy

$$F_{Sd,s} \leq F_{Rd,s} \quad 134$$

ahol,

$F_{Sd,s}$  tervezett érintkezési erő

$F_{Rd,s}$  érintkezési erő tervezett határértéke

<sup>131</sup> MSZ EN 13001-3-3:2015– 4.3. szakasz.

<sup>132</sup> MSZ EN 13001-3-3:2015– 4.3. szakasz.

<sup>133</sup> MSZ EN 13001-3-3:2015– 4.4. szakasz.

<sup>134</sup> MSZ EN 13001-3-3:2015– 5.3.2. pont.

### 10.3.1. Tervezett érintkezési erő

Az MSZ EN 13001-2 szerinti összes lényeges terhelési kombináció szerinti kerék/sín érintkezés tervezett érintkezési erőhatása  $F_{sd,s}$ , tartalmazza a megfelelő dinamikus tényezőket  $\phi_i$ , parciális biztonsági tényezőket  $\gamma_p$  és ahol szükséges a kockázati tényezőket  $\gamma_n$ .

A számításnál az emelt teher és a daru tömeg konfigurációjának lehetséges pozícióiból származó legkedvezőtlenebb terhelési esetet kell figyelembe venni.

### 10.3.2. Statikus érintkezési erő határértéke

A statikus érintkezési erő határértékét  $F_{Rd,s}$ , a kerék sugár irányú 0,02%-os maradó alakváltozásához szükséges erő határozza meg.

A statikus érintkezési erő határértéke a következőktől függ:

- a kerék/sín anyagának tulajdonságai (rugalmassági modulus, szakítószilárdság és keménység)
- geometria (kerék/sín sugara, rádiuszai)
- további hatások (merevség, sarok hatás)

Azokban az esetekben, amikor  $r_k \leq 5 \times \min(b_r; b_w)$  (lásd 10.2 fejezet), a szabvány nem alkalmazható. Abban az esetben a határérték számításához a Hertz elméletet kell alkalmazni.

#### 10.3.2.1. A statikus érintkezési erő határértékének meghatározása

A meghatározáshoz a következő képletek használhatóak:

- felület keményítés nélküli anyagok esetén, úgymint öntött, kovácsolt, hengerelt vagy edzett és nemesített anyagokra:

$$F_{Rd,s} = \frac{(7 + HB)^2}{\gamma_m} \times \frac{\pi \times D_w \times b(1 - \nu^2)}{E_m} \times f_1 \times f_2 \quad 135$$

- felület keményített anyagok esetén, úgymint láng- vagy indukciós keményítés, feltéve, hogy a felület keménysége egyenlő vagy nagyobb, mint  $HB=0,6 \times f_y$ , és a keményített réteg a szabvány 4.3 pontjában leírtaknak megfelel.

$$F_{Rd,s} = \frac{(4,2 + f_y)^2}{\gamma_m} \times \frac{\pi \times D_w \times b(1 - \nu^2)}{E_m} \times f_1 \times f_2 \quad 136$$

ahol,

$F_{Rd,s}$  érintkezési erő tervezett határértéke

<sup>135</sup> MSZ EN 13001-3-3:2015– 4.4. szakasz.

<sup>136</sup> MSZ EN 13001-3-3:2015– 5.3.2. pont.

$E_m$	egyenértékű rugalmassági modulus
$\nu$	radiális terhelési együttható (acélra $\nu = 0,3$ )
$D_w$	kerék átmérő
$b$	Effektív tehertartó (érintkező felületek) szélesség, ahol $b = \min(b_r ; b_w)$ , (lásd 10.2 fejezet)
$HB$	fajlagos keménység, az anyag természetes keménységét alapul véve, a szakítószilárdság mélységénél.
$\gamma_m$	Általános ellenállás együttható; $\gamma_m = 1,1$
$f_1$	Saroknyomás csökkentő tényező. Vonal érintkezés esetén, lásd később, pontérintkezés esetén $f_1=1,0$ .
$f_2$	Nem egyenletes nyomás csökkentő tényező eloszlása. Vonal érintkezés esetén, lásd később, pontérintkezés esetén $f_2=1,0$ .

A kerék és sín anyagokra vonatkozó anyagi jellemzőket a következő táblázatok tartalmazzák<sup>137</sup>. Az alkalmazott rövidítések és jelölések:

+N Normalizált

+QT Nemesített

(\*) Keményítési folyamat és a kívánt mélység alapján meghatározott keménység

(\*\*) A táblázat értékei a következő minőségi kategóriákra érvényesek JR, J0, J2 és K2.

(\*\*\*) Az értékek eltérnek az anyag szabványban megadott minimális értéktől, mivel a gördülő érintkezés során a keményedés következik be.

Kerék anyaga					Tervezési keménység <i>HBW</i>
Megnevezés	Szabvány	Anyag sz.	Szállítási állapot	Szakítószilárdság $f_u$ N/mm <sup>2</sup>	
GE 300	EN 10293	1.0558	+N	520	155
EN-GJS 600-3	EN 1563	0.7060	mint ön-	600	210 (***)
EN-GJS 700-2	EN 1563	0.7070	mint ön-	700	245 (***)
25CrMo4	EN	1.7218	+QT	650	190
34CrMo4	EN	1.7220	+QT	700	210
42CrMo4	EN	1.7225	+QT	750	225
33NiCrMoV14-	EN	1.6956	+QT	1 000	295

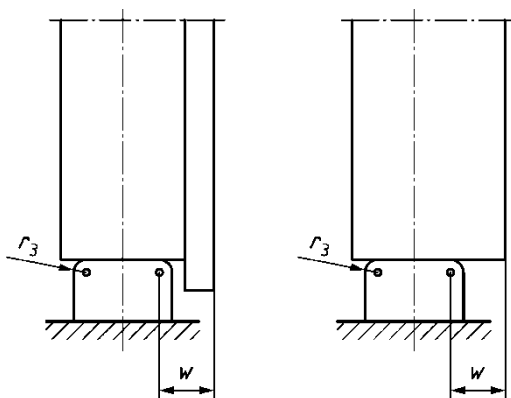
<sup>137</sup> MSZ EN 13001-3-3:2015– A melléklet

Felületükön edzett kerék anyagok					Minimális felületi keménység <i>HBW</i>
Megnevezés	Szabvány	Anyag sz.	Szállítási állapot	Tervezett folyáshatár $f_y$ N/mm <sup>2</sup>	
42CrMo4	EN 10083-3	1.7225	+N , felületi edzéssel	420	252 (*)

Sín anyagok					Tervezett keménység <i>HBW</i>
Megnevezés	Szabvány	Anyag sz.	Szállítási állapot	Folyáshatár $f_y$ N/mm <sup>2</sup>	
S235 (**)	EN	–	+N	360	125 (***)
S275 (**)	EN	–	+N	410	145 (***)
S355 (**)	EN	–	+N	520	175 (***)
S690Q	EN	1.8928	+QT	760	225
C35E	EN	1.1181	+N	520	155
C55	EN	1.0535	+N	640	190
R260Mn	EN	1.0624	+N	870	260

### 10.3.2.2. Sarok nyomás vonal érintkezés esetén

Vonal érintkezés esetén az érintkezési erő tervezett határértékének meghatározásához a képletek két, azonos szélességű testek érintkezési esetéből származnak. Az  $f_1$  tényező meghatározása a nem azonos szélességű testek esetén az alábbi korrekciós értékek segítségével lehetséges<sup>138</sup>:



<sup>138</sup> MSZ EN 13001-3-3– 5.3.3. pont.

$r_3/w$ arány	$f_1$ tényező
$r_3/w \leq 0,1$	0,85
$0,1 < r_3/w < 0,8$	$(0,58 + 0,15(r_3/w)) / 0,7$
$r_3/w \geq 0,8$	1,0
ahol $w$ a vizsgált nem érintkező rész szélessége $r_3$ a nem vizsgált részegység (kerék vagy sín) lekerekítési su-	

Amennyiben a sín szélesebb, mint a kerék, a lekerekítési sugarát ( $r_3$ ) úgy kell tekinteni mint a kerékét.

### 10.3.2.3. Nem állandó nyomáseloszlás vonal érintkezés esetén

Nem egyenletes nyomáseloszlás esetén az  $f_2$  tényezőt az alábbi táblázat szerint kell figyelembe venni<sup>139</sup>:

	Tűrésosztály ISO 12488-1			
	1	2	3	4
Önbeálló kerékbeépítés	1,0	1,0	0,95	0,9
Nem önbeálló kerékbeépítés, rugalmas sínrög-	0,95	0,9	0,85	0,8
Nem önbeálló kerékbeépítés, merev sínrögztítés	0,9	0,85	0,8	0,7

## 10.4. Igazolás fáradásos terhelésre

### 10.4.1. Általános előírások

A kerék és a sín fáradásra vonatkozó ellenőrzését az MSZ EN 13001-1 és az MSZ EN 13001-2 szabvány előírásainak megfelelően kell végrehajtani. A kerekek és a sínek tervezett élettartamát el kell érni, arányosan a daru vagy emelőmű élettartamával. Az igazolás kiterjed a gördülő kapcsolatok fáradására, úgymint a kerekek és a sínek felületi repedése és lepattogzása. A kerék/sín anyagok kiválasztásához lásd a táblázatot<sup>140</sup>.

Kerék anyaga	Sín anyaga	Javasolt kapcsolatok és használati szintek	
		Kerék	Sín
GE 300	C55	=	=
GE 300	R260Mn	**	
EN-GJS 700-2	S235		**

<sup>139</sup> MSZ EN 13001-3-3– 5.3.4. pont.

<sup>140</sup> MSZ EN 13001-3-3:2015– C. melléklet



Kerék anyaga	Sín anyaga	Javasolt kapcsolatok és használati szintek	
		Kerék	Sín
EN-GJS 700-2	S275		**
EN-GJS 700-2	S355		*
EN-GJS 700-2	S690QL	*	
25CrMo4+QT	S355		**
34CrMo4+QT	S355		**
34CrMo4+QT	C35E		*
34CrMo4+QT	S690QL	=	=
42CrMo4+QT	S355		**
42CrMo4+QT	C55	=	=
42CrMo4+QT	R260Mn	*	
33NiCrMoV14-5 Felület keményített	C55		**
33NiCrMoV14-5 Felület keményített	R260Mn		*
42CrMo4 Felület keményített	S355		**
42CrMo4 Felület keményített	C55		***
Jelölések: = Azonos kerék és sín kopás * Alacsony kopás ** Mérsékelt kopás *** Jelentős kopás			

A kerék/sín kapcsolat fáradásos terhelésre vonatkozó igazolásához minden egyes kerékre és a sín minden pontjára teljesülni kell a következő feltételnek:

$$F_{Sd,f} \leq F_{Rd,f}$$

141

ahol,

$F_{Sd,f}$  maximális tervezett érintkezési erő kifáradásra

$F_{Rd,f}$  érintkezési erő tervezett kifáradási határértéke

<sup>141</sup> MSZ EN 13001-3-3:2015– 6.1. szakasz.

## 10.4.2. Tervezett érintkezési erő

A tervezett érintkezési erők,  $F_{sd,f}$ , a rendszeres terhelések (MSZ EN 13001-2 "A" terhelési kombinációk) értékei, a dinamikus tényező és a parciális biztonsági tényező értéke ezen esetekben 1.

## 10.4.3. Érintkezési erő tervezett kifáradási határértéke

### 10.4.3.1. Számítási formula

Az erő határértékét a következő képlettel külön ki kell számítani a kerékre és a sínre :

$$F_{Rd,f} = \frac{F_u}{\gamma_{cf} \times m \sqrt{s_c}} \times f_t \quad 142$$

ahol,

$F_u$  referencia érintkezési erő

$s_c$  érintkezési erő paraméter, külön számolva a kerékre és a sínre

$\gamma_{cf}$  érintkezési ellenállás faktor fáradásra,  $\gamma_{cf} = 1,1$

$f_t$  későbbi hatások tényezője

$m$  - kerék/sín kapcsolat kitevője,  $m = 10/3 = 3,33$

### 10.4.4. Referencia érintkezési erő

A kerék és a sín tervezett érintkezési erejének határértéke függ a referencia erőtől, mely a fáradási határt jelenti állandó terhelés alatt történő  $6,4 \times 10^6$  érintkezés során 90% túlélési valószínűséggel (úgy mint repedés előfordulása, gödrösödés, túlzott használat).

A referencia erőt a kerékre és a sínre külön-külön meg kell határozni. A meghatározása az anyagminőségtől függ. Az effektív tehertartó szélesség nem változik a két esetben.

A meghatározáshoz a következő képletek használhatóak:

- nem felület keményített anyagok esetén, úgy mint öntött, kovácsolt, hengerelt vagy edzett és nemesített anyagokra:

$$F_u = (3 \times HB)^2 \times \frac{\pi \times D_w \times b(1 - \nu^2)}{E_m} \quad 143$$

<sup>142</sup> MSZ EN 13001-3-3:2015– 6.3.1. pont.

<sup>143</sup> MSZ EN 13001-3-3:2015– 6.3.2. pont.

- felület keményített anyagok esetén, úgymint láng- vagy indukciós keményítés, feltéve, hogy a felület keménysége egyenlő vagy nagyobb, mint  $HB=0,6 \times f_y$ , és a keményített réteg a MSZ EN 13001-3-3:2015 szabvány 4.3 pontjában leírtaknak megfelel.

$$F_u = (1,8 \times f_y)^2 \times \frac{\pi \times D_w \times b(1 - \nu^2)}{E_m} \quad 144$$

ahol,

$F_u$	referencia érintkezési erő;
$E_m$	egyenértékű rugalmassági modulus;
$\nu$	Radiális terhelési együttható (acélra $\nu = 0,3$ );
$D_w$	kerék átmérő;
$b$	Effektív tehertartó (érintkező felületek) szélesség, ahol $b = \min [b_r; b_w]$ ;
HB	fajlagos keménység, az anyag természetes keménységét alapul véve, a szakítószilárdság mélységénél;
$f_y$	a keményített felület alatti anyag folyáshatára.

#### 10.4.5.Érintkezési erőtörténeti tényező meghatározása

A feszültségtörténeti paraméterez hasonló módon (lásd MSZ EN 13001-1) a következő képlettel határozható meg:

$$s_c = k_c \times v_c \quad 145$$

ahol,

$s_c$	érintkezési erőtörténeti tényező
$k_c$	érintkezési erő spektrum tényező
$v_c$	gördülő kontaktusok teljes száma

A érintkezési erőtörténeti tényező leírja a fáradási hatást a gördülő kontaktusok meghatározott használatával a választott kerék/sín párnál.

<sup>144</sup> MSZ EN 13001-3-3:2015– 6.3.2. pont.

<sup>145</sup> MSZ EN 13001-3-3:2015– 6.3.3. pont.

### 10.4.6.Érintkezési erő spektrum tényező meghatározása

$$k_c = \frac{1}{i_{tot}} \times \sum_{i=1}^{i_{tot}} \left( \frac{F_{Sd,f,i}}{F_{Sd,f}} \right)^m \quad 146$$

ahol,

- i érintkezési erő  $F_{Sd,f,i}$ , indexelése  
 $i_{tot}$  a kerék/sín teljes élettartama alatti (gördülési) érintkezések száma  
 $F_{Sd,f,i}$  az i-edik érintkezéshez tartozó tervezett fárasztó erő  
 $F_{Sd,f}$  a legnagyobb tervezett fárasztó erő  
m a kerék/sín kapcsolat kitevője,  $m=10/3=3,33$

### 10.4.7.A gördülő kontaktusok száma

A kontaktusok teljes számát  $i_{tot}$ , külön kell a kerékre és a sínre meghatározni. A kerékre egy fordulat egyenlő egy gördülő kontaktussal, mivel a sín kiválasztott pontja felett bármelyik kerékkel való áthaladás reprezentálja a gördülő kontaktust. Abban az esetben amikor a kerék nem mozdul el, de a teher váltakozik a ciklusban, a terhelési ciklust egy gördülő kontaktusnak kell tekinteni.

A következő egyenletek mutatják  $i_{tot}$  meghatározását, egy olyan munkaciklusra, amely kétirányú mozgást foglal magában a vizsgált sín pontja felett, azaz a munkaciklusban a mozgás a teherrel történő mozgás egy irányban és a vissza irány terheletlenül.

A mozgó kerékre:

$$i_{lot,kerék} = \frac{1}{l_w} \times \frac{2 \times \bar{x} \times C}{\pi \times D_w} \quad 147$$

ahol,

- $\bar{x}$  a futómacska átlagos elmozdulása, lásd MSZ EN 13001-1;  
C a daru tervezett élettartama alatti ciklusszám, lásd MSZ EN 13001-1;  
 $l_w$  a daru teljes élettartama alatti pótkerék készletek tervezett száma, (azaz a pót kerékkészletek száma +1), segítségül lásd a következő táblázatot  
148.  
 $D_w$  kerékátmérő

A teljes munkaciklusok számának besorolása (MSZ EN 13001-1)	A pótkerék készletek száma $l_w$
$U_0 - U_1$	1

<sup>146</sup> MSZ EN 13001-3-3:2015–6.3.4. pont.

<sup>147</sup> MSZ EN 13001-3-3:2015– 6.3.5. pont.

<sup>148</sup> MSZ EN 13001-3-3:2015– 6.3.5. pont.

$U_3 - U_6$	1-2
$U_7 - U_9$	1-3

A sínen lévő pontra, amely felett a kerék végighalad:

$$i_{lot,sin} = 2 \times n_w \times C \quad 149$$

ahol,

$n_w$  az érintkezési ponton áthaladó kerekek száma

#### 10.4.8.A gördülő kontaktusok relatív száma

A relatív kontaktusok számának,  $v_c$ , meghatározása:

$$v_c = \frac{i_{tot,kerék}}{i_D} \quad 150$$

ahol,

$i_{tot}$  gördülő kontaktusok teljes száma a kerék/sín tervezett élettartama alatt

$i_D$  gördülő kontaktusok száma a referenciaponton,  $i_D=6,4 \times 10^6$

#### 10.4.9.Érintkezési erőttörténeti tényező csoportba sorolása

A vizsgálatban a részletes számítást az MSZ EN 13001-1 szerint kell elvégezni, az érintkezési erőttörténeti tényező az 1.4.5. pont szerint határozható meg.

A kerekek és a sínek érintkezési erőttörténeti tényezőit osztályokba lehet foglalni. A következő táblázat<sup>151</sup> mutatja a javasolt osztályokat és a hozzájuk tartozó értékeket. Amennyiben a besorolásra történik a hivatkozás, a kiválasztott  $S_c$  osztály és a biztonságos felhasználás közötti kompatibilitást fel kell tüntetni az igazolásában.

Osztály	$S_{c0}$	$S_{c1}$	$S_{c2}$	$S_{c3}$	$S_{c4}$	$S_{c5}$	$S_{c6}$	$S_{c7}$	$S_{c8}$	$S_{c9}$
$S_c$	0,008	0,016	0,032	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4

#### 10.4.10. Későbbi hatások tényezőjének meghatározása

A  $f_f$  tényező a későbbi hatások befolyása a kifáradási határértékre, melynek számítási módja:

$$f_f = f_{f1} \times f_{f2} \times f_{f3} \times f_{f4_c} \quad 152$$

ahol,

$f_f$  későbbi hatások tényezője

$f_{f1}$  sarok nyomás kifáradásra, meghatározása az  $r_3/w$  arányból (lásd 10.3.2.2 pontot).

$f_{f2}$  egyenetlen nyomás eloszlás kiáradásra, elhanyagoljuk, értéke 1. (MSZ EN 13001-3-3:2015- 6.4.3. pont,)

$f_{f3}$  beékelődés tényezője,

<sup>149</sup> MSZ EN 13001-3-3:2015– 6.3.5. pont.

<sup>150</sup> MSZ EN 13001-3-3:2015– 6.3.6. pont.

<sup>151</sup> MSZ EN 13001-3-3:2015– 6.3.7. pont.

<sup>152</sup> MSZ EN 13001-3-3:2015– 6.4.1. pont.

$f_{f4}$  mechanikai hajtás tényezője, (MSZ EN 13001-3-3:2015- 6.4.5. pont) nem tiszta környezetben, a hajtott keréken mechanikai koptató hatások miatt a következő tényezőkkel kell figyelembe venni:

$f_{f4}=0,95$ ; hajtott kerék koptató hatások esetén,

$f_{f4}=1$ ; nem hajtott kerék, vagy nem koptató hatások esetén

#### 10.4.11. Beékelődés tényezőjének meghatározása

$f_{f3} = 1$ ;  $\alpha \leq 0,005rad$  esetén

$f_{f3} = \sqrt[3]{\frac{0,005}{\alpha}}$ ;  $\alpha > 0,005rad$  esetén 153

$f_{f3}$  beékelődés tényezőjének számításához, szükség van a futómacska beékelődési szögére radiánban ( $\alpha$ ), számítása MSZ EN 13001-2 szerint.

$$\alpha = \alpha_g + \alpha_w + \alpha_t \quad 154$$

$\alpha_t$  értéke a táblázat<sup>155</sup> szerint a tervezett tűrésosztály alapján választható ki.

	Tűrésosztály ISO 12488-1			
	1	2	3	4
$\alpha_t$ szög [rad]	0,0015	0,0025	0,0035	0,0045

<sup>153</sup> MSZ EN 13001-3-3:2015– 6.4.4. pont.

<sup>154</sup> MSZ EN 13001-3-3:2015– 6.4.4. pont.

<sup>155</sup> MSZ EN 13001-3-3:2015– 6.4.4. pont.

## 11. Kovácsolt horgok szilárdsági ellenőrzése az MSZ EN 13001-3-5 szabvány szerint

### 11.1. Statikus teherbírás

A horgok statikus szilárdságra való megfelelőségének igazolását az MSZ EN 13001-1 és az MSZ EN 13001-2 szabványok elvei alapján kell végezni. A statikus szilárdságra történő méretezés általános tervezési határértéke az anyag folyáshatárával áll összefüggésben.

A megfelelőséget a horog meghatározott kritikus keresztmetszetben kell vizsgálni, az MSZ EN 13001-2 szerinti "A", "B" vagy "C" kombinációnak a legkedvezőtlenebb erőhatásait figyelembe véve. Az ehhez tartozó parciális biztonsági tényezőt kell alkalmazni. A  $\gamma_n$  kockázati tényezőket abban az esetben kell alkalmazni, ha a felhasználás módja speciális, vagy a vonatkozó európai darutípus szabvány ezt előírja.

#### 11.1.1. Függőleges irányú erő tervezési értéke

A horgot terhelő függőleges irányú erő tervezési értéke ( $F_{Sd,s}$ ), amely a névleges teher emelésekor hat, a következőképpen számítható:

$$F_{Sd,s} = \Phi \cdot m_{RC} \cdot g \cdot \gamma_p \cdot \gamma_n$$

Amelyben:

$$\Phi = \max \left\{ \Phi_2; \left( 1 + \Phi_5 \cdot \frac{a}{g} \right) \right\}$$

ahol:

$\Phi_2$	Megvezetés nélküli emelt teher dinamikus tényezője (MSZ EN 13001-2)
$\Phi_5$	Az emelőmű gyorsulásából adódó dinamikus tényező (MSZ EN 13001-2)
$a$	Függőleges irányú gyorsulás / lassulás
$m_{RC}$	Horgot terhelő névleges tömeg
$g$	Gravitációs gyorsulás ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ )
$\gamma_p$	Parciális biztonsági tényező (MSZ EN 13001-2)
	$\gamma_p = 1,34$ Általános terhekre ("A" teherkombináció);
	$\gamma_p = 1,22$ Esetleges terhekre ("B" teherkombináció);
	$\gamma_p = 1,10$ Rendkívüli terhekre ("C" teherkombináció);

$\gamma_n$  Kockázati tényező

Az MSZ EN 13001-2 szerinti egyéb terhek hatásai és kombinációi is okozhatnak függőleges irányú terhelő erőket, amelyeket szintén meg kell vizsgálni. Ezekre az esetekre a függőleges erők tervezési értéke a következő általános alakban felírt összefüggéssel fejezhető ki:

$$F_{Sd,s} = F_H \cdot \gamma_p \cdot \gamma_n$$

ahol:

$F_H$  A névleges terhelésen felüli, egyéb erőhatásból adódó függőleges erő, pl. próbaterhelés (statikus 125%, dinamikus 110%) során fellépő erő, túlterhelt állapotban adódó csúcsterhelés

$\gamma_p$  Parciális biztonsági tényező

$\gamma_n$  Kockázati tényező

### 11.1.2. Vízszintes irányú erő tervezési értéke

A horgok szilárdságát jelentősen meghatározó vízszintes irányú erőhatásokat a daruhíd mozgása során fellépő vízszintes irányú gyorsulások okozzák.

Az egyéb oldalirányú erőket (pl. szél-erő, oldalirányú húzóerők) is számításba kell venni, amennyiben azok jelentős mértékűek.

A vízszintes irányú erő támadáspontját a horog nyereg alsó pontjában kell feltételezni.

A horgot terhelő vízszintes irányú erő tervezési értéke ( $H_{Sd,s}$ ), amely a vízszintes irányú gyorsulások következtében hat, a következőképpen számítható:

$$H_{Sd,s} = \max \left\{ \begin{matrix} m_{RC} \cdot a \cdot \Phi_5 \cdot \gamma_p \cdot \gamma_n \\ C_t \cdot F_{Sd,s} / h \end{matrix} \right\}$$

ahol:

$m_{RC}$  Horgot terhelő névleges tömeg

$a$  Vízszintes mozgásból származó gyorsulás vagy lassulás

$\Phi_5$  A vízszintes gyorsulásból adódó dinamikus tényező (MSZ EN 13001-2). Az olyan horogfelfüggesztések esetében, amelyek a daru mozgó részéhez a gyorsulás irányában nincsenek mereven kapcsolva, ez a tényező  $\Phi_5 = 1$ ;



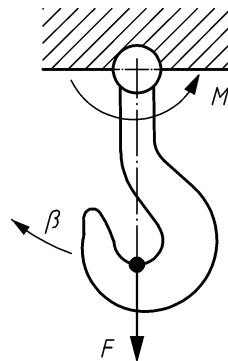
$\gamma_p$	Parciális biztonsági tényező
$\gamma_n$	Kockázati tényező
$C_t$	Horogfelfüggesztés relatív kibillenési ellenállása
$F_{sd,s}$	Függőleges irányú erő tervezési értéke, azonos terhelési viszonyok mellett
$h$	Horog nyereg alsó pontjának, és a horogfelfüggesztés forgástengelyének függőleges távolsága

amelyben:

$$C_t = \frac{M}{F}$$

ahol:

$C_t$	Horog kibillenési ellenállás tényező;
$M$	A horog elfordulása során fellépő ellenállás nyomatéka
$F$	A horogra ható függőleges irányú erő.



### 11.1.3. Horogszár hajlítónyomatéka

A horogszárat terhelő teljes nyomaték meghatározásakor az alábbi erőhatásokat kell figyelembe venni:

- Vízszintes irányú erők
- Horogfelfüggesztés dőléséből származó erő
- Függőleges erő külpontossága a horog nyergen
- Kétágú horog esetén a névleges teher fele, csak az egyik oldali horogra vonatkoztatva

A felsorolt erőhatások okozta hajlítónyomatékokat felhasználva teherkombinációkat kell képezni, amelyek a fő terhek/működési feltételek okozta hajlításhoz tartoznak.

### 11.1.3.1. Vízszintes irányú erő okozta hajlítónyomaték

Az  $M_1$  nyomatékot a horogszár kritikus keresztmetszetében kell számolni, a vízszintes erő tervezési értéke szerint.

$$M_1 = H_{sd,s} \cdot h_s$$

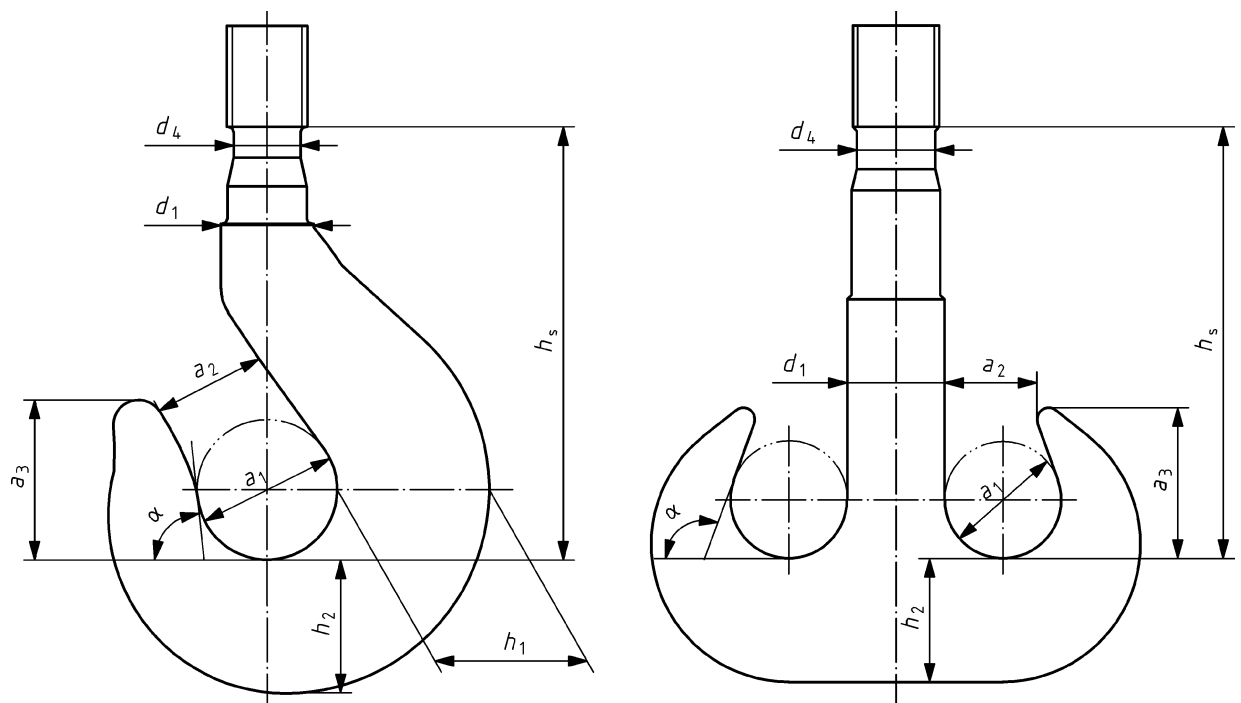
ahol:

$H_{sd,s}$

Vízszintes irányú erő tervezési értéke

$h_s$

Horog nyereg alsó pontja és horogszár felső végének legvékonyabb része közötti függőleges távolság

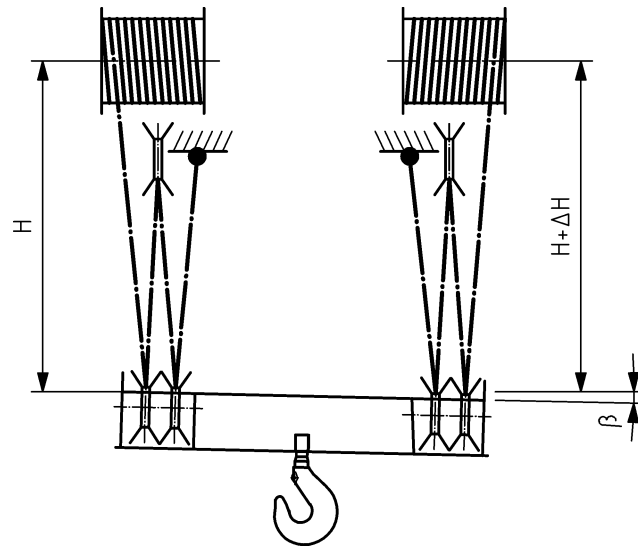


### 11.1.3.2. Horogfelfüggesztés ferdeségéből származó hajlítónyomaték

Abban az esetben, ha az emelőmű mechanizmusának elrendezése vagy a horog/horogblokk olyan módon való felfüggesztése, amely lehetővé teszi, hogy a horog terhelt állapotban képes ferde pozícióba kerülni, ezen ferdeségből származó hajlítónyomatékkal számolni kell a tervezés során. Ezen ferdeség oka lehet pl.:

- Emelőgerendával összekötött, függetlenül üzemelő emelőművek esetén az emelési magasságok közötti  $\Delta H$  különbség

- Egy kötélfelfüggesztés esetén az emelés/süllyesztés során adódó kibillenés daru azon elemének a kibillenése, amelyhez a horog mereven van kapcsolva, stb.



A ferdeségből adódóan a függőleges irányú erőnek a horogszár tengelyére merőleges irányú komponense van. Ezt az erőt számításba kell venni a vízszintes irányú erők meghatározásának mintájára.

A horogszár kritikus keresztmetszetében fellépő  $M_2$  hajlítónyomaték az alábbi összefüggés szerint aránylik a függőleges irányú erő tervezési értékéhez:

$$M_2 = F_{sd,s} \cdot h_s \cdot \sin(\beta)$$

ahol:

$F_{sd,s}$	Ferde állású ( $\beta$ ) horog esetén a függőleges irányú erő tervezési értéke;
$\beta$	Az összes meghatározó teherkombináció közül a legnagyobb teljes dőlésszög ( $\beta$ )
$h_s$	Horog nyereg alsó pontja és a horogszár felső végének legvékonyabb része közötti függőleges távolság

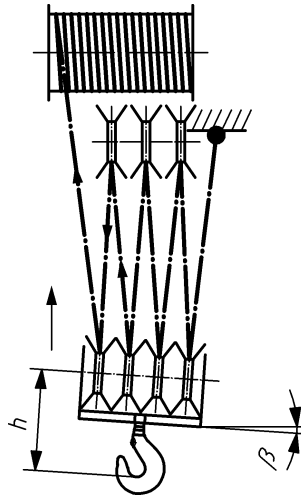
Egy több kötélág által kiegyenlített horogfelfüggesztés esetében, ahol dobrol egy lefutó kötélág van, az emelés/süllyesztés a horogfelfüggesztés kibillenését okozza. A ferdeség a következőképpen számítható:

$$\beta = \arctan(C_t/h)$$

ahol:

$C_t$  Horogfelfüggesztés relatív kibillenési ellenállása

$h$  Horog nyereg alsó pontjának, és a felfüggesztés forgástengelyének függőleges távolsága



A legnagyobb dölést, a függőleges irányú erőt és az ebből következő  $M_2$  nyomatékot külön-külön kell számítani minden meghatározó terhelési állapotra.

### 11.1.3.3. Függőleges irányú erő külpontosságából adódó hajlítónyomaték

Az emelt teher érintkezése a horoggal nem mindig a horog nyereg közepén történik. A függőleges erő hatásvonalának a horogszár középvonalától való eltérése hajlítónyomatékot eredményez, amelyet a következőképpen kell számítani:

$$M_3 = c_e \cdot F_{sd,s} \cdot a_1$$

ahol

$F_{sd,s}$  Függőleges irányú erő tervezési értéke

$a_1$  Horog nyeregbe írható kör átmérője

$c_e$  Külpontosság együttható

$c_e = 0,05$ .

Kisebb külpontossági értékkel lehet számolni olyan mechanikai eszköz alkalmazása mellett, amely az emelt teher érintkezési pontjának közelebbi pozícióját biztosítja a horog nyereghez képest.

#### 11.1.4. Horogszár hajlítónyomatékának tervezési értéke

Általános esetben a horogszár kritikus keresztmetszetében vett hajlítónyomatékának tervezési értéke külön-külön számítandó minden meghatározó teherkombinációban az alábbiak szerint:

$$M_{sd,s} = \max \left\{ \begin{array}{l} (M_1 + M_2 + M_3) \\ h_s/h \cdot C_t \cdot F_{sd,s} \end{array} \right\}$$

ahol:

$M_1$ $M_2$ $M_3$	Horogszárat terhelő hajlítónyomatékok
$C_t$	Horogfelfüggesztés relatív kibillenési ellenállása;
$F_{sd,s}$	Függőleges irányú erő tervezési értéke.

#### 11.1.5. Horogtestben ébredő feszültségek meghatározása

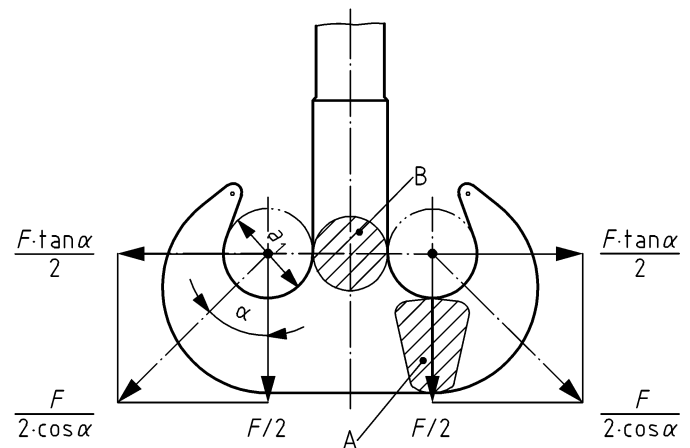
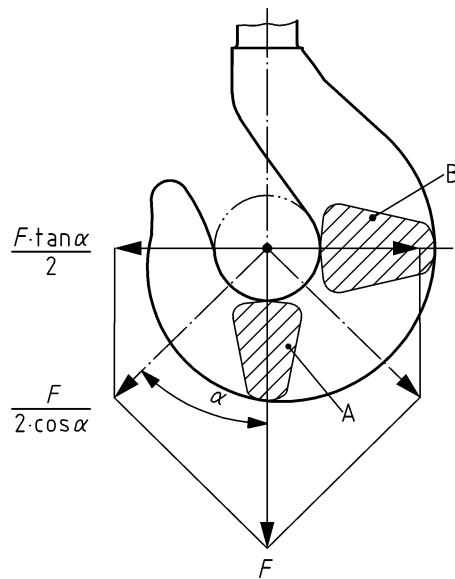
A függőleges irányú erő tervezési értéke két komponensre osztható, amelyek a horog nyereg ívének középpontjában hatnak és a horog függőleges tengelyvonalához mérten szimmetrikusan helyezkednek el " $\alpha$ " szögben.

Az  $\alpha$  szög minimális értékét  $\alpha = 45^\circ$ -nak kell feltételezni.

Az "A" és "B" teherkombinációban, kétágú horgok esetében a horgokon való terhelés megoszlást egyenlőnek kell feltételezni a két oldalon.

Kivételes terhelési esetben a kétágú horog terhelését úgy kell meghatározni, hogy a függőleges irányú erő fele terheli az egyik oldalon lévő horgot, míg a másik terheletlen. Ezt a terhelési esetet "C" teherkombináció számításakor kell figyelembe venni.

A horogtest szilárdsági számításánál a vízszintes irányú erők elhanyagolhatók.



#### 11.1.5.1. Feszültség számításának módszerei

A horgostest kijelölt keresztmetszeteiben lévő feszültségeket bármely, az alább felsorolt vizsgálati módszer szerint kell végezni:

- görbe vonalú tartók hajlítására vonatkozó feszültségelmélet;
- végeelem módszert alkalmazó analízisek;
- teljeskörű kísérletek.

Kétágú horgok "B" keresztmetszetében a feszültségek a hagyományos tartók hajlítására vonatkozó feszültségelmélet szerint számítható.

A következő alfejezetek a görbe vonalú tartók hajlítására vonatkozó feszültségelméletre alapulnak.

#### 11.1.5.2. Feszültségek tervezési értéke

Egyágú horgok "A" és "B" keresztmetszetében, továbbá kétágú horgok "A" keresztmetszetében a feszültségek tervezési értéke ( $\sigma_{sd}$ ) a következőképpen számítható:

$$\sigma_{sd,s} = \frac{\nu \cdot F_{sd,s} \cdot R \cdot \eta_1}{I} \cdot \frac{1}{1 - \eta_1/R}$$

ahol:

$\nu = 1$  egyágú horgok "B" keresztmetszete esetén

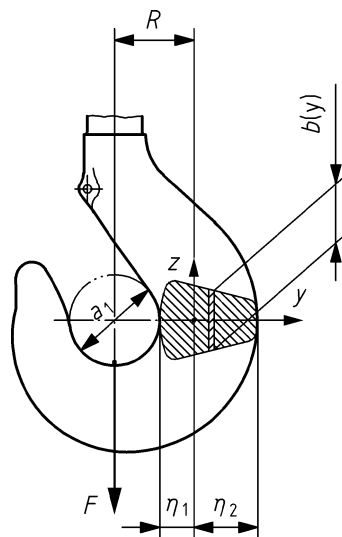
$\nu = 0,5 \times \tan \alpha$  egyágú és kétágú horgok "A" keresztmetszete esetén,  $\alpha = 45^\circ$

- $R$  a keresztmetszet súlypontja által meghatározott horog görbületi rádiusz
- $F_{sd,s}$  függőleges irányú erő tervezési értéke
- $I$  görbe vonalú tartó másodrendű nyomatéka
- $a_1$  horog nyeregbe írható kör átmérője;
- $\eta_1$  az  $y$  irányú koordináta abszolútértéke az adott keresztmetszet belső szélétől
- $\alpha$  terhelések hatásvonalai és a függőleges tengely által bezárt szög

amelyben:

$$R = \frac{a_1}{2} + \eta_1$$

Az  $\eta_1$  és  $I$  mennyiségek keresztmetszet specifikus értékek, amelyeket az „G” melléklet szerint kell számítani:



A görbevonallú tartónak feltételezett horog adott keresztmetszetéhez tartozó másodrendű nyomaték elvi meghatározása általános esetben:

$$I = \int_{-\eta_1}^{+\eta_2} \frac{y^2 \cdot b(y)}{1 + \frac{y}{R}} dy$$

Amelyben:

- $y$  A keresztmetszet súlypontjától radiális ( $y$ ) irányban mért távolság. A súlypont és a horogív külső pontja között pozitív, míg a súlypont és a horogív belső pontja között negatív érték
- $b$  Keresztmetszet szélessége az  $y$  helyen

- $R$  Keresztmetszet súlypontja által meghatározott horog görbületi rádiusz
- $\eta_1$  Az  $y$  irányú koordináta abszolútértéke az adott keresztmetszet belső szélétől
- $\eta_2$  Az  $y$  irányú koordináta abszolútértéke az adott keresztmetszet külső szélétől

A kétágú horog "B" keresztmetszetében lévő feszültség tervezési értékének meghatározásakor az alábbi számítást kell alkalmazni:

$$\sigma_{sd,s} = \frac{F_{sd,s}}{2 \cdot A_{d1}} + \frac{F_{sd,s} \cdot e \cdot d_1}{4 \cdot I_{d1}}$$

amelyben:

$$e = \frac{e_R \cdot h_a}{\sqrt{e_R^2 + h_a^2}}, h_a = h - \frac{a_1}{2} \text{ és } e_R = \frac{a_1 + d_1}{2}$$

ahol:

- $F_{sd,s}$  Függőleges irányú erő tervezési értéke
- $h$  Horog nyereg alsó pontjának, és a felfüggesztés forgástengelyének függőleges távolsága
- $e$  A "B" keresztmetszet közepe és az egy oldali horgot terhelő erő hatásvonalának távolsága. Ahol a horogfelfüggesztés teljesen merev:  $e = e_R$ ;
- $A_{d1}$  Kovácsolt horogszár keresztmetszetének nagysága;
- $I_{d1}$  Kovácsolt horogszár másodrendű nyomatéka;
- $a_1$  Horog nyeregbe írható kör átmérője.

Az "e" méretre vonatkozó számítás csak a kör keresztmetszetű horog nyereg esetén érvényes. Egyéb nyereg keresztmetszetek esetén annak megfelelően kell számolni.

### 11.1.5.3. Horogszár feszültségének tervezési értéke

A horogszár megfelelőségének igazoló számításába a függőleges irányú erő tervezési értékét és a hajlítónyomatékok tervezési értékét kell belevenni.

Általában közvetlenül a horogszár menetes része alatt lévő alámetszett,  $d_4$  átmérőjű rész a kritikus keresztmetszet.

A maximális feszültség tervezési értéke ( $\sigma_{sd,s}$ ) a névleges feszültség mintájára számítható a hagyományos tartókra vonatkozó hajlítás feszültségelmélete szerint, feszültség sűrítő tényezők nélkül az alábbiak szerint:



$$\sigma_{Sd,s} = \frac{F_{Sd,s}}{A_{d4}} + \frac{M_{Sd,s} \cdot d_4/2}{I_{d4}}$$

ahol:

$F_{Sd,s}$	Horgot terhelő függőleges irányú erő tervezési értéke
$M_{Sd,s}$	Hajlítónyomaték tervezési értéke a kritikus keresztmetszetben
$A_{d4}$	Horogszár kritikus keresztmetszetének területe
$I_{d4}$	Horogszár kritikus keresztmetszetének másodrendű nyomatéka

### 11.1.6. Horog statikus szilárdságra való megfelelésének igazolása

A horogtestre és a horogszárra egyaránt igaznak kell lennie, hogy:

$$\sigma_{Sd,s} \leq f_{Rd} = f_1 \cdot \frac{f_y}{\gamma_m \cdot \gamma_{sm}}$$

ahol:

$\sigma_{Sd,s}$	Maximális feszültség tervezési értéke a kritikus keresztmetszetben
$f_{Rd}$	Határfeszültség tervezési értéke („D” melléklet)
$f_y$	Késztermék anyagának folyáshatára
$f_1$	Üzemi hőmérséklet befolyásoló tényező
$\gamma_m = 1,1$	Általános ellenállás tényező (MSZ EN 13001-2)
$\gamma_{sm}$	Különböző keresztmetszetekhez rendelt specifikus ellenállás tényező az alábbiak szerint:
$\gamma_{sm} = 0,75$	Egyágú horogtest „B” keresztmetszetére
$\gamma_{sm} = 0,81$	Horogtest „A” keresztmetszetére
$\gamma_{sm} = 0,95$	Horogszárak keresztmetszeteire

Egyéb adatok hiányában, figyelembe véve a magas hőmérséklet folyáshatárt csökkentő hatását, az  $f_1$  tényező az alábbiak szerint számítható:

$$f_1 = 1 \quad -50 \text{ } ^\circ\text{C} \leq T \leq 100 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$f_1 = 1 - 0,25 \cdot (T - 100)/50 \quad 100 \text{ } ^\circ\text{C} \leq T \leq 250 \text{ } ^\circ\text{C}$$

ahol:

$T$  az üzemi hőmérséklet  $^\circ\text{C}$ -ban

### 11.1.7. Statikus határfeszültség tervezési értékének felhasználása a horogtest megfelelőségének igazolására

---

Azokban az esetekben, ahol a kiválasztott horogtest az "A" vagy "B" melléklet alapján lett meghatározva, a statikus szilárdságra való megfelelőség igazolása a "D" mellékletben foglalt statikus erők határértékének tervezési értékére vonatkozó eljárás alapján történhet. Ehhez bizonyítani kell, hogy:

$$F_{Sd,s} \leq f_1 \cdot F_{Rd,s}$$

ahol:

$F_{Sd,s}$	Függőleges irányú erő tervezési értéke
$F_{Rd,s}$	Statikus erő határértékének tervezési értéke
$f_1$	Üzemi hőmérséklet befolyásoló tényező.

A statikus erő tervezési határértéke lefedi a statikus szilárdságra való megfelelőséget az egyágú horgok "A" és "B" keresztmetszetében, továbbá a kétágú horgok "A" keresztmetszetében. Az korábban definiált paraméterek felhasználásával a következőképpen számítható:

$$F_{Rd,s} = \frac{f_y}{\gamma_m \cdot \gamma_{sm}} \cdot \frac{I \cdot 1 - \eta_1/R}{v \cdot R \cdot \eta_1}$$

Egyágú horgok esetében a statikus erő tervezési határértéke az "A" és "B" keresztmetszetben külön-külön számított érték, amelyek közül a kisebbet kell figyelembe venni.

A horogszár statikus szilárdságra való megfelelőségének igazolását az előző fejezet szerint kell végrehajtani.

## **12. Acélszerkezetek méretezése az MSZ EN 13001-3-1 szabvány szerint**

---

Jelen méretezési segédlet elsődleges célja a daruk gépészeti részegységeinek méretezésére vonatkozó új, elsősorban angol nyelven közzétett MSZ EN szabványok közötti eligazodásban segítséget nyújtani a tervező mérnököknek. A segédletnek nem tárgya az acélszerkezet tervezés részletes bemutatása, mivel az szakmérnöki tervezői feladat, ugyanakkor a gépészeti részegységek méretezésekor elengedhetetlen bizonyos mértékű acélszerkezet tervezési alapismeret. A következő fejezetek fő célja, hogy a gépész tervezőknek segítséget nyújtson eligazodni az elsősorban acélszerkezet tervezést tárgyaló MSZ EN 13001-3-1 szabványban azzal, hogy ismerteti az egyes gépészeti területeken is jelentkező problémákra a szabványon belül hol találnak számítási eljárást, illetve részletesebb előírásokat.

### **12.1. Méretezés és alapanyag választás szívóssági és szilárdsági anyagjellemzők alapján**

---

Az egyes szerkezeti alapanyagként felhasználható acéltípusok jegyzékét az MSZ EN 13001-3-1 szabvány 4.2.1. fejezete adja meg. A megfelelő acéltípus kiválasztása után a szívóssági jellemzőket a szabvány 4.2.1. fejezetének 4. táblázata alapján kell előírni. Ehhez előbb meg kell határozni a 4.2.1. fejezet 3. táblázata szerinti viszonyszámot a következők szerint:

- üzemi hőmérséklet (1. sor);
- alapanyag folyáshatára (2. sor);
- alapanyag keresztmetszete (3. sor);
- szerkezeti kialakítás karakterisztikus fáradási határfeszültsége (4. sor);
- szilárdsági kihasználtság (5. sor).

### **12.2. Csavarkötések méretezése**

---

A szerkezeti csavarkötésekre vonatkozó általános előírásokat az MSZ EN 13001-3-1 szabvány 4.3. fejezete adja meg. Itt találhatóak előírások az alkalmazható kötőelemek típusára és szilárdsági osztályára vonatkozóan, továbbá a beépítésük egyéb feltételei (például magasabb szilárdsági osztályok esetén a hidrogén ridegedés állóságra vonatkozó előírások).

Az egyes csavarkötések megfelelőségének igazolását a szabvány 5.3.2. fejezete, míg a különféle csavarkötéses kapcsolatok teherbírási ellenállásának számítási módját az 5.2.3. fejezet ismerteti.

A húzó igénybevételnek kitett csavarkötésekben az egyes szerkezeti elemek merevségének számítására a szabvány „G” mellékletében bemutatott eljárás használható.

A szabvány előírásai ugyan alapvetően az acélszerkezeti csavarkötésekre vonatkoznak, de a számítási eljárások alkalmazhatóak a gépészeti részegységek csavarkötéseinek méretezésére is.

### **12.3.Csapos kapcsolatok méretezése**

---

A csapokkal kapcsolódó szerkezeti kötésekre vonatkozó általános előírásokat az MSZ EN 13001-3-1 szabvány 4.4. fejezete tartalmazza.

A kötésben lévő csapok és a csatlakozó szerkezeti egységek megfelelőségének igazolását a szabvány 5.3.3. fejezete, míg a különféle kapcsolatok teherbírási ellenállásának számítási módját az 5.2.4. fejezete ismerteti.

A szabvány 5.2.4.3-5.2.4.5. fejezetei külön kitérnek a csapok bekötésére szolgáló fülek méretezésére is. Az itt bemutatott eljárás alkalmazható csavarkötések esetén is, illetve azok alkalmasak emelési pontok méretezésére is.

### **12.4.Hegesztett acélszerkezeti kötések méretezése**

---

A hegesztett kötésekkel kapcsolatos általános előírásokat az MSZ EN 13001-3-1 szabvány 4.5. fejezete tartalmazza.

A hegesztett kötés megfelelőségének igazolását a szabvány 5.3.4. fejezete, míg az egyes varratípusok különböző irányú és típusú igénybevételeire vonatkozó szilárd-sági ellenállásokat és az alkalmazandó biztonsági tényezőket az 5.2.5. fejezet 8. táblázata ismerteti.

Az egyes varratípusokban kialakuló igénybevételek számításának módját a szabvány „C” melléklete ismerteti, a következők szerint:

- tompa varratok (C.1 melléklet);
- sarokvarratok (C.2 melléklet);
- teljes beolvadású K varratok T-kötésekben (C.3 melléklet);
- részleges beolvadású K varratok T-kötésekben (C.3 melléklet);
- gerinc-öv varratok közvetlen kerékterhelése (C.4 melléklet).

A zártszelvényekből illetve csövekből hegesztett szerkezetek kötéseinek méretezését az MSZ EN 1993-1-8:2005 szabvány 7. fejezetének előírásai szerint kell végezni.

### **12.5.Méretezés fáradásra**

---

Az MSZ EN 13001-3-1 szabvány 6. fejezete foglalkozik az acélszerkezetek fáradásra történő méretezésével. Mivel a szabványban ismertetett eljárás speciálisan hegesztett acélszerkezetekre vonatkozik, ezért az az egyéb gépészeti elemek fáradásra történő méretezésére csak korlátozott mértékben alkalmas. Így a gépészeti elemek fáradásra méretezése ezen szabvány szerint nem javasolt.

## **12.6.Méretezés stabilitásvesztéses tönkremenetelre**

---

Az MSZ EN 13001-3-1 szabvány 8. fejezete foglalkozik az acélszerkezeti elemek stabilitásvesztéses tönkremenetelével.

A kihajlásra történő méretezést a 8.2. fejezet tartalmazza. Ez az acélszerkezetek mellett alkalmazható gépészeti elemek kihajlásra történő méretezésére is (mint például dugattyúrudak vagy menetes orsók méretezése).

A nyomó- és nyírófeszültséggel terhelt lemezek horpadásvizsgálatára vonatkozó előírásokat a szabvány 8.3. fejezete tartalmazza. Ez elsősorban hegesztett I- és szekrénytartók méretezéséhez szükséges, gépszerkezeti elemeknél a gyakorlatban nem használatos.

## Híddaruk méretezési segédlete

## **„A” melléklet**

### **Mintapélda híddaru tervezési csoportszámának meghatározására**

---

**MMK FAP azonosító:  
FAP-111/2019-AÉFT**

## 1. Mintapélda híddaru tervezési csoportszámának meghatározására

### 1.1. Példa a működési ciklus számítására

Feladat: Egy C-horoggal felszerelt daruval kell különböző méretű és tömegű tekerceket a beszállító járműről a raktárhelységébe továbbítani.

Egy ciklus akkor kezdődik, amikor a daru készen áll a teher megemelésére, és akkor végződik, amikor az azonos feladatnál a daru ismételten készen áll a következő teher megemelésére.

#### A daru műszaki adatai:

Megnevezés	Jel	Érték	Mértékegység
Daru névleges legnagyobb teherbírása	$Q_t$	12500	[kg]
Futómacska tömege	$m_m$	1300	[kg]
Daruhíd acélszerkezet tömege / db	$m_{dh}$	2470	[kg/db]
Daru össztömege	$m_d$	6690	[kg]
C-horog össztömege	$m_c$	2000	[kg]
Emelési magasság	H	8,8	[m]
Emelési sebesség	$v_e$	5	[m/min]
Macska haladási sebesség	$v_m$	20	[m/min]
Daruhíd haladási sebesség	$v_h$	40	[m/min]

A mozgatott tekercek tömege és százalékos megoszlása az emelés során

Megnevezés	Jel	Százalékos megoszlás [%]	Tekercek tömege [kg]
Tekerccs 1.	$m_{T1}$	60	5000
Tekerccs 2.	$m_{T2}$	40	10000

#### Ciklusidők meghatározása

A ciklusidők meghatározásánál a daru által mozgatott terhek a következőképpen alakulnak

- A daru csak a C-horgot mozgatja üresen:  $m_c = 2000 \text{ [kg]}$
- A daru a tekerccs 1. mozgatását végzi:  $m_1 = m_c + m_{T1} = 7000 \text{ [kg]}$
- A daru a tekerccs 2. mozgatását végzi:  $m_2 = m_c + m_{T2} = 12000 \text{ [kg]}$

A táblázat egy átlagos működési ciklusok tartozó munkaütemeket és azok műveleti idejét mutatja be.

	Távolság (x)	Idő (t)	Együtt mozgás (e)	Mértékadó idő ( $t_m$ )	Emelt teher	
		$t = x / v_e$		$t_m = t \cdot e$	1.eset	2.eset
	[m]	[s]	[%]	[s]	[kg]	
Süllyesztés	4	48	100	48	2000	2000
Téher megfogás		15	100	15	2000	2000



	Távolság (x)	Idő (t)	Együtt mozgás (e)	Mértékadó idő (t <sub>m</sub> )	Emelt teher	
Emelés	4	48	100	48	7000	12000
Macska haladás	8	24	50	12	7000	12000
Daruhíd haladás	30	45	100	45	7000	12000
Süllyesztés	5,5	66	100	66	7000	12000
Teher lerakás		15	100	15	2000	2000
Emelés	5,5	66	100	66	2000	2000
Daruhíd haladás	30	45	100	45	2000	2000
Macska haladás	8	24	50	12	2000	2000
		Összesen	$\Sigma t_m$	6,2	[min]	

**A működési ciklusok száma**

A vizsgált híddaru tervezése 10 évre, évi 250 munkanapra, napi 8 órás műszakra történik. Ezek alapján az alábbi táblázatban feltüntetett ciklusszámok adódnak.

Megnevezés	Érték	Mértékegység
Működési ciklusok száma (60 / t <sub>m</sub> )	9,7	[ciklus/óra]
Átlagos napi munkaidő	8	[óra]
Napi működési ciklusok száma	77,6	[ciklus/nap]
Évi munkanapok száma	250	[nap/év]
Évi működési ciklusok száma	19 400	[ciklus /év]
Tervezett üzemidő	10	[év]
Tervezett üzemidő alatti működési ciklusok száma	194 000	[ciklus /10év]

A fenti táblázat alapján a 10 éves tervezett üzemidőre számított működési ciklusok száma 194 000 db. Ezt visszavezetve az 6.1. fejezetben ismertetett táblázatban megadott értékekre, a daru működési ciklusok szerint az U4 osztályba sorolható.

## 1.2. Példa az átlagos elmozdulás számítására

A daru különböző mechanizmusai egy ciklus alatt, eltérő elmozdulásokat, elfordulásokat végeznek (horogszerkezet, daruhíd, futómacska, gémszerkezet). Ennek megfelelően az átlagos elmozdulások meghatározását az eltérő szerkezeti részekre külön-külön el kell végezni.

Az alábbi példa a daruhíd haladás átlagos elmozdulásainak számítását mutatja be. Az előző példában a ciklusszámítás során (A melléklet 1.1. fejezet) ismertetésre kerültek a daru főbb műszaki paraméterei, az emelt terhek és a megfogószerkezet tömege, továbbá a daruhíd és a futómacska elmozdulásának átlagos mértéke. A példa megoldásához szükséges, a korábbiakban már ismertetett adatokat az alábbiak:

- Tervezett üzemidő alatti működési ciklusok száma: 194 000 [ciklus /10év]
- Tekercs 1. ( $m_{T1} = 5000$  [kg]) százalékos megoszlása: 60 [%]
- Tekercs 2. ( $m_{T2} = 10000$  [kg]) százalékos megoszlása: 40 [%]

A fenti adatokból az ismétlődő feladatok ( $r$ ) száma az alábbiak szerint határozható meg:

Tekercs 1. ismétlődő feladatok száma:

$$r_1 = 194000 \cdot 0,6 = 116\,400 \text{ [ciklus]}$$

Tekercs 2. ismétlődő feladatok száma:

$$r_2 = 194000 \cdot 0,4 = 77\,600 \text{ [ciklus]}$$

A daruhíd haladás átlagos elmozdulásainak meghatározásához pontosan ismerni kell, hogy a daruhíd milyen utat tesz meg az egyes emelt terhekkel, amelyeket az alábbi táblázat ismertet.

Feladat	1. pozíció úthossz ( $l_1$ )	2. pozíció úthossz ( $l_2$ )	3. pozíció úthossz ( $l_3$ )	Átlagos út- hossz
	[m]	[m]	[m]	[m]
Tekercs 1. mozgatás	30*	35	40	35
Tekercs 2. mozgatás	12,5	25	30	22,5

(\*Az érték azt mutatja meg, hogy a teher felvételét követően a daruval 30 m-t kell haladni a teher lerakási pontjáig.)

A ciklusok és elmozdulások ismeretében meghatározható, hogy adott feladat esetében egyféle úthossz milyen gyakorisággal fordul elő.

Tekercs 1. mozgatásának gyakorisága egyféle úthossznál, feltéve, hogy minden pozícióba ugyanannyi mozgatott tehermennyiség kerül.

$$n_{1i} = \frac{r_1}{k} = 38\,800 \text{ [db]}$$

Ahol:  $k$  az adott feladaton belüli pozíciók száma,  $k = 3$ .

Tekercs 2. mozgatasának gyakorisága egyféle pozícióban, feltéve, hogy minden pozícióba ugyanannyi mozgattott tehermennyiség kerül.

$$n_{2i} = \frac{r_2}{k} = 25\,866 \text{ [db]}$$

Ahol:  $k$  az adott feladaton belüli pozíciók száma,  $k = 3$ .

A következő lépésben meg kell határozni az egyes feladatoknál a különböző pozíciókban előforduló elmozdulásokat.

Tekercs 1. mozgatasához tartozó pozíciók és elmozdulásuk értéke.

Pozíciós úthossz ( $l_i$ )	Elmozdulás ( $x_{1i} = l_i \cdot 2$ )	
[m]	[m]	
30	$X_{11}$	60
35	$X_{12}$	70
40	$X_{13}$	80

Tekercs 2. mozgatasához tartozó pozíciók és elmozdulásuk értéke.

Pozíciós úthossz ( $l_i$ )	Elmozdulás ( $x_{2i} = l_i \cdot 2$ )	
[m]	[m]	
12,5	$X_{21}$	35
25	$X_{22}$	50
30	$X_{23}$	60

Kiszámoljuk az egyes feladatokhoz tartozó átlagos elmozdulásokat:

Tekercs 1. mozgatasához tartozó átlagos elmozdulások ( $\bar{x}_1$ ) értéke:

$$\bar{x}_1 = \frac{\sum_{i=1}^3 (n_{1i} \cdot x_{1i})}{\sum_{i=1}^3 n_{1i}} = \frac{(38\,800 \cdot 60) + (38\,800 \cdot 70) + (38\,800 \cdot 80)}{116\,400} = 70 \text{ [m]}$$

Tekercs 2. mozgatasához tartozó átlagos elmozdulások ( $\bar{x}_2$ ) értéke:

$$\bar{x}_2 = \frac{\sum_{i=1}^3 (n_{2i} \cdot x_{2i})}{\sum_{i=1}^3 n_{2i}} = \frac{(25\,866 \cdot 35) + (25\,866 \cdot 50) + (25\,866 \cdot 60)}{77\,600} = 48,3 \text{ [m]}$$

A különböző feladatokhoz tartozó ciklusok viszonylagos száma ( $\alpha_r$ )

Feladat	Százalékos megoszlás	Viszonyszám
	[%]	$\alpha_r$
Tekercs 1. mozgatas	60	0,6
Tekercs 2. mozgatas	40	0,4

Az átlagos  $\bar{X}_{lin}$  elmozdulás:

$$\bar{X}_{lin} = \sum_2 (\alpha_r \cdot \bar{x}_r) = 0,6 \cdot 70 + 0,4 \cdot 48,3 = 61,32 [m]$$

A számítás szerint a daruhíd átlagos elmozdulásának mértéke 61,32 m. A 6.2. fejezetben ismertetett táblázat szerint az átlagos elmozdulás  $40 < X_{lin} \leq 80$  tartományba esik, amely alapján a daru haladás a Dc7 osztályba sorolható.

# Híddaruk méretezési segédlete

## **„B” melléklet**

### **Mintapélda híddaru emelőmű gépészeti részegységeinek ellenőrző számítására**

---

**MMK FAP azonosító:  
FAP-111/2019-AÉFT**

## 2. Mintapélda dinamikus tényezők meghatározására

### 2.1. Daru főbb műszaki paraméterei

Megnevezés	Jel	Érték	Mértékegység
Daru névleges legnagyobb teherbírása	$Q_t$	12500	[kg]
Futómacska tömege	$m_m$	1300	[kg]
Daruhíd acélszerkezet tömege / db	$m_{dh}$	2470	[kg/db]
Daru össztömege	$m_d$	6690	[kg]
Daru fesztávolsága	$L_f$	16,5	[m]
Emelési magasság	H	8,8	[m]
Emelési sebesség (2 sebesség)	$v_e$	5 / 0,83	[m/min]
Macska haladási sebesség (inverter)	$v_m$	20 / 5	[m/min]
Daruhíd haladási sebesség (fokozatmentes)	$v_h$	40	[m/min]
Futómacska felgyorsítási idő*	$t_m$	5,0	[s]
Daruhíd felgyorsítási idő*	$t_h$	4,8	[s]
Emelőmű felgyorsítási idő	$t_e$	2	[s]
Anyagminőség (MSZ EN 10025)	$R_{eH}$	S235JR	[-]
Teher oldaltávolsága szélső helyzetben	$L_{o1}$	960	[mm]
	$L_{o2}$	950	[mm]
Futómacska tengelytáv	$L_{mt}$	1700	[mm]
Futómacska keréktáv	$L_{mk}$	1500	[mm]

\* Felgyorsítási idő alatt azt az időintervallumot értjük, amely alatt a beépített frekvenciaváltók segítségével a daruhíd, valamint a futómacska haladó hajtása eléri a névleges haladási sebességet.

### 2.2. Terhelésnövelő dinamikus tényezők meghatározása

#### 2.2.1. Rögzítetlen, földre helyezett teher emelésére vonatkozó tehetetlenségi és súlyerők $\Phi_2$ dinamikus tényezője

$$\Phi_2 = \Phi_{2,min} + \beta_2 \cdot v_h$$

Ahol:  $\phi_2$  rögzítetlen, földre helyezett teher dinamikus tényezője;

$\Phi_{2,min}$  dinamikus tényező alapértéke;

$\beta_2$  merevségi osztály (HC) súlyozó tényezője [s/m];

$v_h$  hajtásrendszer osztálytól (HD) függő mértékadó emelési sebesség [m/s].

A  $\Phi_2$  dinamikus tényező definiálásához első lépésként meg kell határozni a daru merevségi osztályát (HC), amely a daru rugalmassága alapján négy csoportot különböztet meg.

tet meg (HC1-HC4). A merevségi osztály többféleképpen határozható meg. Egyik lehetőség a mértékadó függőleges elmozdulás ( $\delta$ ) meghatározásán alapul, másik lehetőség egy a híd és bakdarukra alkalmazható általános egyszerűsített eljárás, amely a mértékadó függőleges elmozdulás ( $\delta$ ) meghatározása nélkül, egy elméleti dinamikus tényező ( $\Phi_{2t}$ ) segítségével számítható (lásd: 7.4.3. fejezet). (Jelen példában az elméleti dinamikus tényezővel ( $\Phi_{2t}$ ) elvégzett számítási eljárás kerül bemutatásra.) A merevségi osztály meghatározása után táblázatból kiválasztható a megfelelő merevséghez tartozó súlyozó tényező ( $\beta_2$ ).

Második lépésben el kell végezni a hajtásrendszer osztályba (HD) sorolását. A hajtásrendszer osztályozása annak működésének ismeretében egy egyszerű táblázat alapján könnyedén elvégezhető. A hajtásrendszer osztályának ismeretében határozható meg a mértékadó emelési sebesség ( $v_h$ ).

Továbbá utolsó lépésként a merevségi osztály (HC) és hajtásrendszer osztály (HD) ismeretében táblázatos formából kiválasztható a dinamikus tényező alapértéke ( $\Phi_{2,min}$ ).

Az alábbiakban a fenti három lépést végigvezetve látható, hogyan történik a  $\Phi_2$  dinamikus teheremelés tényezőjének meghatározása.

#### **Daru merevségi osztályba sorolása (HD)**

Az elméleti dinamikus tényező ( $\Phi_{2t}$ ) számítása mind köteles, mind pedig láncos emelőművek esetén, azonos módon lehetséges:

$$\Phi_{2t} = 1 + \frac{2,8 \cdot v_{h,max}}{0,45 + \left( \frac{f_{u,rc} \cdot l_{rc}}{1500 \cdot Z_a} \right)^{0,5}} = 1 + \frac{2,8 \cdot 0,083}{0,45 + \left( \frac{2160 \cdot 8,8}{1500 \cdot 4,1} \right)^{0,5}} = 1,1$$

- Ahol:
- $v_{h,max}$  maximális emelési sebesség [ $m/s$ ];
  - $f_{u,rc}$  teher tartó elem (kötél vagy lánc) anyagának szakítószilárdsága,  
 $f_{u,rc} = 2160 [N/mm^2]^*$
  - $l_{rc}$  egy kötel vagy láncág hossza,  $l_{rc} = 8,8 [m]$  (jelen esetben megfeleltethető az emelési magasságnak)
  - $Z_a$  teher tartó elem kihasználtsági együtthatója.

\* *Emelőkötel szilárdsági osztálya: 1570 / 1770 / 1960 / 2160 [ $N/mm^2$ ] lehet.*

A teher tartó elem kihasználtsági együtthatójának ( $Z_a$ ) meghatározása az alábbi formulával lehetséges:

$$Z_a = \frac{n_{rc} \cdot F_{b,rc}}{WLL} = \frac{4 \cdot 128000}{125000} = 4,1$$

- Ahol:
- $n_{rc}$  kötel vagy láncágak száma,  $n_{rc} = 4 [db]$ ;
  - $F_{b,rc}$  egy kötel vagy láncág teljes tényleges szakítóereje,  $F_{b,rc} = 128000 [N]$ ;
  - $WLL$  névleges teherbírás,  $WLL = 125000 [N]$ .

Az emelő sodronykötél adatai	
Típus (MSZ EN 12385-4:2002+A1:2008)	8XK19S-PWRC(K)



Átmérő	11 [mm]
Szakítószilárdság	2160 [N/mm <sup>2</sup> ]
Szakítóterhelés	128 [kN]
Kötélágak száma	4 [db]

A daru merevségi osztálya az alábbi táblázat segítségével határozható meg

Feltétel	Emelőosztály
$\Phi_{2t} \leq 1,07 + 0,24 \cdot v_{h,max}$	HC1
$1,07 + 0,24 \cdot v_{h,max} < \Phi_{2t} \leq 1,12 + 0,41 \cdot v_{h,max}$ $1,09 < 1,1 \leq 1,15$	HC2
$1,12 + 0,41 \cdot v_{h,max} < \Phi_{2t} \leq 1,17 + 0,58 \cdot v_{h,max}$	HC3
$1,17 + 0,58 \cdot v_{h,max} < \Phi_{2t}$	HC4

A daru szerkezet HC2 merevségi osztályba sorolható.

#### A merevségi osztály súlyozó tényezője ( $\beta_2$ )

A súlyozó tényező a merevségi osztály (HC) függvényében az alábbi táblázatból választható ki:

Emelőosztály	Súlyozó tényező $\beta_2$ [s/m]
HC1	0,17
<b>HC2</b>	<b>0,34</b>
HC3	0,51
HC4	0,68

#### Emelőmű hajtásrendszer osztályba sorolása (HC)

A darut a hajtásrendszerének működése ismeretében az alábbi osztályok valamelyikébe kell besorolni:

HD1	Az emelőmű nem üzemeltethető kúszósebességgel, vagy a teheremelés megkezdése nem csak kúszósebességgel lehetséges.
HD2	<b>Az emelőmű a teheremelés kezdetén, a kezelőtől függetlenül, legalább egy előre beállított ideig kúszósebességgel üzemel.</b>
HD3	Az emelőmű vezérlése a teher földről való elemelésének végéig állandó kúszósebességet biztosít.
HD4	A darukezelő fokozatmentesen változtatható sebességgel vezérelhet, amely folyamatos sebességátmenetet biztosít.
HD5	Az emelőeszköz előfeszítése után az emelőmű hajtásvezérlése a darukezelőtől független gyorsulással éri el a kiválasztott sebességet, miközben biztosítja, hogy a teheremelés dinamikus tényezője ( $\Phi_2$ ) ne haladja meg az alapértéket ( $\Phi_{2,min}$ ).

**A mértékadó emelési sebesség ( $v_h$ )**

Az emelőmű mértékadó emelési sebessége a hajtásrendszer osztály (HD) ismeretében az alábbi táblázatból választható ki a különböző terhelési esetekre:

Teherkombináció	Hajtásrendszer osztály				
	HD1	HD2	HD3	HD4	HD5
A, B ( $\Phi_2$ )	$V_{h,max}$	$V_{h,CS}$	$V_{h,CS}$	$0,5 \cdot V_{h,max}$	0
C ( $\Phi_{2C}$ )		$V_{h,max}$		$V_{h,max}$	$0,5 \cdot V_{h,max}$

Ahol:  $\Phi_2$  teheremelés dinamikus tényezője rendszeres és esetleges terhelések esetén;  
 $\Phi_{2C}$  teheremelés dinamikus tényezője rendkívüli terhelések esetén;  
 $V_{h,max}$  legnagyobb lehetséges emelési sebesség  $[m/s]$ ;  
 $V_{h,CS}$  állandó kúszósebesség  $[m/s]$ .

**Dinamikus tényező alapértékének meghatározása ( $\Phi_{2,min}$ )**

A  $\beta_2$  merevségi osztály súlyozó tényező ismeretében az alábbi táblázatból a  $\Phi_{2,min}$  értéke meghatározható:

A berendezés emelési osztálya	$\beta_2$	$\Phi_{2,min}$
HC1	0,17	1,05
HC2	<b>0,34</b>	<b>1,10</b>
HC3	0,51	1,15
HC4	0,68	1,20

**A  $\Phi_2$  dinamikus tényező meghatározása:**

A fenti lépésekben meghatározásra kerültek a  $\Phi_2$  dinamikus tényező számításához szükséges paraméterek.

Behelyettesítve a fejezet elején ismerttetett összefüggésbe meghatározható a rögzített, földre helyezett teher emelésére vonatkozó tehetetlenségi és súlyerők  $\Phi_2$  dinamikus tényezője, mind rendszeres- és esetleges terhelési esetben ( $\Phi_2$ ), mind rendkívüli terhelési ( $\Phi_{2C}$ ) esetben.

$$\Phi_2 = \Phi_{2,min} + \beta_2 \cdot v_{h,CS} = 1,1 + 0,34 \cdot 0,014 = 1,1$$

$$\Phi_{2C} = \Phi_{2,min} + \beta_2 \cdot v_{h,max} = 1,1 + 0,34 \cdot 0,083 = 1,13$$

Ahol:  $v_{h,CS}$  állandó kúszósebesség,  $v_{h,CS} = 0,83 [m/min] = 0,014 [m/s]$ ;

$v_{h,max}$  legnagyobb lehetséges emelési sebesség,  $v_{h,max} = 5 [m/min] = 0,083 [m/s]$ .

### 2.2.2. Emelt teher egy részének elengedéséből adódó teher-elejtés dinamikus tényező ( $\Phi_3$ )

Jelen példánkban a darun egy állandó emelőeszköz egy C-horog üzemel, így üzemszerűen a teher szándékolt leejtése nem valósul meg. A teher-elejtés dinamikus tényező számításának bemutatása érdekében vegyünk példaként egy 10 t teherbírású darut, amely egy 2 t teherbírású emelőmágnes segítségével 8 t terhet emel, majd ejt el (pl. fémhulladék mozgatása).

$$\Phi_3 = 1 - \frac{\Delta m_H}{m_H} \cdot (1 + \beta_3) = 1 - \frac{8000}{10000} \cdot (1 + 1) = -0,6$$

Ahol:	$\Delta m_H$	elejtett teher tömege, $\Delta m_H = 8000$ [kg];
	$m_H$	teljes emelt teher, $m_H = 10000$ [kg] (emelőmágnes+ emelt teher tömege);
	$\beta_3$	$\beta_3 = 0,5$ dinamikus jellegtényező markolóval, vagy hasonló, lassú kioldású szerkezettel szerelt darukra; $\beta_3 = 1,0$ dinamikus jellegtényező mágnessel, vagy hasonló, gyors kioldású szerkezettel szerelt darukra.

A  $\Phi_3$  dinamikus tényező negatív értéke a szerkezetre ható emelőerőt jelent.

### 2.2.3. Egyenetlen felületen való haladásból adódó dinamikus tényező ( $\Phi_4$ )

A darura úton, terepen vagy sínpályán haladásakor ható dinamikus terheléseket meg kell határozni, és az ellenőrző számítások során figyelembe kell venni. Ez történhet kísérleti vagy számítási módszerrel, a daru vagy a futómacska és a pálya megfelelő modellezése segítségével. A darura haladás közben ható terhelések számításakor a fellépő gyorsulásokat úgy kell meghatározni, hogy a darura ható súlyerőket meg kell szorozni egy  $\Phi_4$  jelű tényezővel.

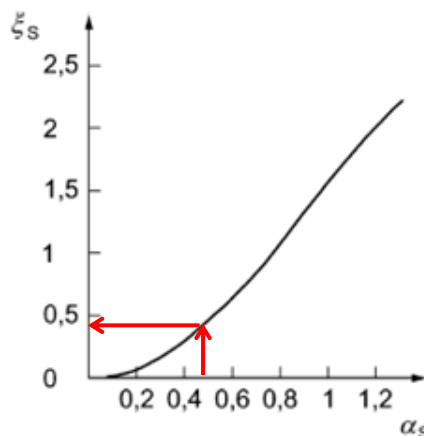
A fellépő dinamikus hatásokat két esetre kell meghatározni: illesztési lépcsőn való áthaladás ( $\Phi_{4S}$ ), illetve illesztési hézagon való áthaladás ( $\Phi_{4G}$ ) esetére.

#### Illesztési lépcsőn való áthaladás dinamikus tényezője ( $\Phi_{4S}$ ):

$$\varphi_{4S} = 1 + \left(\frac{\pi}{2}\right)^2 \cdot \frac{2 \cdot v_t^2}{g \cdot d_w} \cdot \xi_S = 1 + \left(\frac{\pi}{2}\right)^2 \cdot \frac{2 \cdot 0,66^2}{g \cdot 0,25} \cdot 0,41 = 1,36$$

Ahol:	$v_t$	daru állandó haladási sebessége, $v_t = 40$ [m/min] = 0,66 [m/s];
	$d_w$	kerékátmérő, $d_w = 0,25$ [m];
	$\xi_S$	görbületi tényező.

A görbületi tényező értéke az  $\alpha_s$  paraméter függvényében a következő diagramról olvasható le:



**A  $\xi_s$  görbületi tényező meghatározásához szükséges  $\alpha_s$  paraméter:**

$$\alpha_s = \frac{2 \cdot f_q \cdot h_s}{v_t} \cdot \sqrt{\frac{d_w}{h_s}} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 0,001}{0,66} \cdot \sqrt{\frac{0,25}{0,001}} = 0,474$$

Ahol:  $f_q$  a daru, mint egytömegű lengőrendszer sajátfrekvenciája [Hz]\*;  
 $h_s$  illesztési lépcső magassága,  $h_s = 1 [mm] = 0,001 [m]$  (ISO 12488-1 6. táblázat).

A fenti diagram alapján a  $\xi_s$  görbületi tényező értéke:  $\xi_s = 0,41$ .

A daru, mint egytömegű lengőrendszer sajátfrekvenciájának meghatározása

$$f_q = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Ahol:  $k$  a rugóállandó [N/m];  
 $m$  a rezgő rendszer tömege [kg].

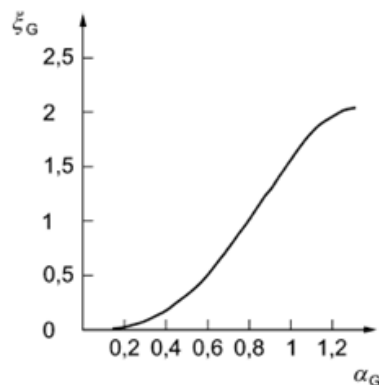
*\*A daru, mint egytömegű lengőrendszer sajátfrekvenciáját, amennyiben az értéke nem ismert, 10 Hz-re kell felvenni.*

**Illesztési hézagon való áthaladás dinamikus tényezője ( $\Phi_{4G}$ ):**

$$\varphi_{4G} = 1 + \left(\frac{\pi}{2}\right)^2 \cdot \frac{2 \cdot v_t^2}{g \cdot d_w} \cdot \xi_G = 1 + \left(\frac{\pi}{2}\right)^2 \cdot \frac{2 \cdot 0,66^2}{g \cdot 0,25} \cdot 0,01 = 1,01$$

Ahol:  $v_t$  daru állandó haladási sebessége,  $v_t = 40 [m/min] = 0,66 [m/s]$ ;  
 $d_w$  kerékátmérő [m];  
 $\xi_G$  görbületi tényező.

A görbületi tényező értéke az  $\alpha_G$  paraméter függvényében a következő diagramról olvasható le:



**A  $\xi_G$  görbületi tényező meghatározásához szükséges  $\alpha_G$  paraméter:**

$$\alpha_G = \frac{f_q \cdot e_G}{v_t} = \frac{10 \cdot 0,01}{0,66} = 0,15$$

Ahol:  $f_q$  a daru, mint egytömegű lengőrendszer sajátfrekvenciája [Hz];  
 $e_G$  illesztési hézag szélessége,  $e_G = 10 \text{ [mm]} = 0,01 \text{ [m]}$ ;  
 $v_t$  daru állandó haladási sebessége,  $v_t = 40 \text{ [m/min]} = 0,66 \text{ [m/s]}$ ;

A fenti diagram alapján a  $\xi_G$  görbületi tényező értéke:  $\xi_G = 0,01$

Híd és bakdaruknál folyamatos pályák vagy rések nélküli sín esetében:

$$\varphi_4 = 1$$

## 2.2.4. Hajtások okozta terhelések $\Phi_5$ dinamikus tényezője

A daru mozgásában a különböző hajtásokkal (például haladó-, emelő- és forgatóművek hajtásai) létrahozott gyorsulások és lassulások okozta erőhatások meghatározása a merevtest modellen alapuló kinematikus és dinamikus mechanikai egyenletekkel lehetséges. Ezek azonban nem veszik figyelembe a szerkezetek rugalmasságának hatásait, így a kialakuló terheléseket egy  $\Phi_5$  jelű dinamikus tényezővel módosítva kell kiszámítani.

Híd és bakdaruk esetén a hajtásrendszerre jellemző  $\Phi_5$  tényező két részből tevődik össze: az egyik a daruval egymás után sorozatosan végzett pozicionáló mozgások tényezője ( $\Phi_p$ ), a másik pedig egy a hajtásrendszerre jellemző általános erősítési tényező ( $\Phi_{5h}$ ). Az együttes dinamikus tényező ( $\Phi_5$ ) a két résztényező szorzataként áll elő:

$$\Phi_5 = \Phi_p \cdot \Phi_{5h}$$

Ahol:  $\Phi_p$  sorozatos pozicionálási mozgások tényezője;  
 $\Phi_{5h}$  hajtásrendszerre jellemző általános erősítési tényező.

A fenti összefüggés alapján számítható dinamikus tényezőt az emelőmű, a futómacska haladás és daru haladás közben fellépő gyorsulások és lassulásokból adódó erőhatások esetében külön-külön meg kell határozni, hiszen az emelőmű, valamint haladóművek mozgásvezérlésének típusa egymástól eltérő is lehet.

A sorozatos pozícionálási mozgások  $\Phi_p$  dinamikus tényezője az alábbi táblázat segítségével határozható meg:

A mozgásvezérlés típusa	Emelés	Vízszintes mozgások
Fokozat nélküli sebességszabályozás	1,00	1,00
Kétlépcsős sebességszabályozás	1,00	1,15
Egylépcsős sebességszabályozás	1,15	1,30

Ismerve a daru paramétereit, valamint a fenti táblázat alapján a sorozatos pozícionálási mozgások  $\Phi_p$  dinamikus tényezője az egyes részegységekre az alábbiak szerint alakul:

Emelőmű:  $\Phi_p = 1,0$  (kétlépcsős sebességszabályozás)

Futómacska haladás:  $\Phi_p = 1,0 *$  (fokozat nélküli sebességszabályozás)

Daru haladás:  $\Phi_p = 1,0$  (fokozat nélküli sebességszabályozás)

*\* A futómacska haladás kétsebességű, de a hajtás vezérlése frekvenciaváltóval történik, így a pozícionálási mozgások dinamikus tényezőjének értéke 1,0-nak vehető.*

Az egyes hajtásrendszerekre jellemző általános erősítési tényezők ( $\Phi_{5h}$ ) az alábbi táblázatok segítségével határozhatók meg.

Vízszintes irányú mozgásokra:

A hajtás típusa	$\Phi_{5h}$ tényező	
	A zárt hajtóműre jellemző holtjáték	Megemelt holtjáték, pl. nyitott fogaskerek esetén
Fokozat nélküli sebességszabályozás	1,2	1,5
Többlépcsős sebességszabályozás	1,6	2,0
Kétlépcsős sebességszabályozás	1,8	2,2
Egylépcsős sebességszabályozás	2,0	2,4

Függőleges irányú mozgásokra:

A hajtás típusa	$\Phi_{5h}$ tényező emeléskor	$\Phi_{5h}$ tényező süllyesztéskor
Fokozat nélküli sebességszabályozás	1,05	1,10
Többlépcsős sebességszabályozás	1,15	1,20
Kétlépcsős sebességszabályozás	1,20	1,35
Egylépcsős sebességszabályozás	1,20	1,30

Ismerve a daru paramétereit, valamint a fenti táblázat alapján az általános erősítési tényezők ( $\Phi_{5h}$ ) dinamikus tényezője az egyes részegységekre az alábbiak szerint alakul:

Emelőmű (emelés):  $\Phi_{5h, \text{emelés}} = 1,20$  (kétlépcsős sebességszabályozás)

Emelőmű (süllyesztés):  $\Phi_{5h, \text{süllyesztés}} = 1,35$  (kétlépcsős sebességszabályozás)

Futómacska haladás:  $\Phi_{5h} = 1,20 *$  (fokozat nélküli sebesség-  
szabályozás)

Daru haladás:  $\Phi_p = 1,20$  (fokozat nélküli sebességszabályo-  
zás)

*\* A futómacska haladás kétsebességű, de a hajtás vezérlése frekvenciaváltóval törté-  
nik, így a pozicionálási mozgások dinamikus tényezőjének értéke 1,0-nak vehető.*

Ismerve az egyes részegységek sorozatos pozicionálási mozgásokból adódó  $\Phi_p$  di-  
namikus tényezőjét, valamint az általános erősítési tényezők ( $\Phi_{5h}$ ) dinamikus té-  
nyezőjét a hajtásrendszerre jellemző ( $\Phi_5$ ) dinamikus az alábbiak szerint alakul:

Emelőmű (emelés):

$$\Phi_5 = \Phi_p \cdot \Phi_{5h,emelés} = 1,00 \cdot 1,20 = 1,20$$

Emelőmű (süllyesztés):

$$\Phi_5 = \Phi_p \cdot \Phi_{5h,süllyesztés} = 1,00 \cdot 1,35 = 1,35$$

Futómacska haladás:

$$\Phi_5 = \Phi_p \cdot \Phi_{5h} = 1,00 \cdot 1,20 = 1,20$$

Daru haladás:

$$\Phi_5 = \Phi_p \cdot \Phi_{5h} = 1,00 \cdot 1,20 = 1,20$$

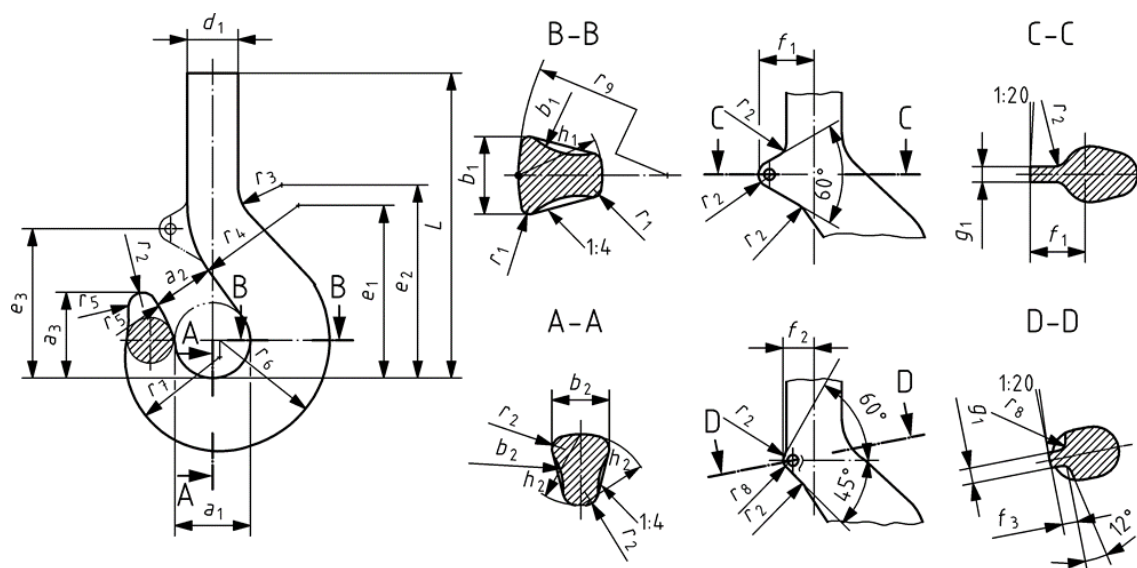
### 3. Mintapélda horog szilárdsági ellenőrzésére

#### 3.1. Daru és daruhorog főbb műszaki paraméterei

Megnevezés	Jel	Érték	Mértékegység
Daru névleges legnagyobb teherbírása	$Q_t$	12500	[kg]
Emelési magasság	H	8,8	[m]
Emelési sebesség (2 sebesség)	$v_e$	5/0,83	[m/min]
Macska haladási sebesség (inverter)	$v_m$	20/5	[m/min]
Daruhíd haladási sebesség (fokozatmentes)	$v_h$	40	[m/min]
Futómacska felgyorsítási idő*	$t_m$	5,0	[s]
Daruhíd felgyorsítási idő*	$t_h$	4,8	[s]
Teher felgyorsítási idő	$t_t$	2,0	[s]
Horog típusa (DIN 15400)	RSN	5,0	[-]
Horog szilárdsági osztály	T	-	[-]
Horog folyáshatár	$f_y$	490	[N/mm <sup>2</sup> ]
Horog szakítószilárdság	$f_u$	700	[N/mm <sup>2</sup> ]

\* Felgyorsítási idő alatt azt az időintervallumot értjük, amely alatt a beépített frekvenciaváltók segítségével a daruhíd, valamint a futómacska haladó hajtása eléri a maximális haladási sebességet.

#### 3.2. Horog geometriája





Horog száma	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$b_1$	$b_2$	$d_1$	$e_1$	$e_2$	$h_1$	$h_2$	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$r_4$	$r_5$	$r_6$	$r_7$	$r_9$	$e_3$	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$g_1$	$r_8$	$L$
5	80	63	90	71	60	53	19	21	90	75	9	1	80	17	17	11	10	18	165	51	-	-	18	-	318

### 3.3. Statikus teherbírás

#### 3.3.1. Függőleges irányú erő tervezési értéke

A függőleges irányú tervezési erő az alábbi összefüggéssel határozható meg:

$$F_{Sd,s} = \Phi \cdot m_{RC} \cdot g \cdot \gamma_p \cdot \gamma_n = 1,13 \cdot 12500 \cdot 9,81 \cdot 1,34 \cdot 1$$

$$F_{Sd,s} = 185,7 \text{ [kN]}$$

Ahol:  $\Phi_2$  rögzítetlen, földre helyezett teher dinamikus tényezője;  $\phi_2 = 1,13$

$\Phi_5$  az emelőmű gyorsulásából adódó dinamikus tényező;  $\phi_5 = 1,35$

$a$  függőleges irányú gyorsulás / lassulás

$m_{RC}$  horgot terhelő névleges tömeg,  $m_{RC} = 12500 \text{ [kg]}$

$\gamma_p$  parciális biztonsági tényező (*MSZ EN 13001-2*),  $\gamma_p = 1,34$  rendszeres terhelési esetben

$\gamma_n$  kockázati tényező (*MSZ EN 13001-2*),  $\gamma_n = 1$

Amelyben:

$$\Phi = \max \left\{ \Phi_2; \left( 1 + \Phi_5 \cdot \frac{a}{g} \right) \right\}$$

$$\Phi = \max \left\{ 1,13; \left( 1 + 1,35 \cdot \frac{0,042}{9,81} \right) \right\} \rightarrow 1,006 < 1,13$$

Továbbá:

$$a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{v_e}{t_t} = \frac{5/60}{2} = 0,042 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

Az *MSZ EN 13001-2* szabvány szerinti egyéb terhek hatásai és kombinációi is okozhatnak függőleges irányú terhelő erőket, amelyeket szintén meg kell vizsgálni. Ezekre az esetekre a függőleges erők tervezési értéke a következő általános alakban felírt összefüggéssel fejezhető ki:

$$F_{Sd,s} = F_H \cdot \gamma_p \cdot \gamma_n = 153,3 \cdot 1,34 \cdot 1 = 205,4 \text{ [kN]}$$

Ahol:  $F_H$  a névleges terhelésen felüli, egyéb erőhatásból adódó függőleges erő, pl. próbaterhelés (statikus 125%, dinamikus 110%) során fellépő erő, túlterhelt állapotban adódó csúcsterhelés

$\gamma_p$  parciális biztonsági tényező (*MSZ EN 13001-2*)

$\gamma_n$  kockázati tényező (*MSZ EN 13001-2*).

A névleges terhelésen felüli, egyéb erőhatásból adódó függőleges erő, pl. próbaterhelés (statikus 125%, dinamikus 110%) során fellépő erő, túlterhelt állapotban adódó csúcsterhelés meghatározása:

$$F_H = m_{RC} \cdot g \cdot 1,25 = 12500 \cdot 9,81 \cdot 1,25 = 153281 \text{ [N]} \cong 153,3 \text{ [kN]}$$

A két eltérő módszerrel való számítás közül a nagyobb érték lesz meghatározó a további számításokban.

$$185,7 \text{ [kN]} < \mathbf{205,4 \text{ [kN]}} = F_{Sd,s}$$

### 3.3.2. Vízszintes irányú erő tervezési értéke

$$H_{Sd,s} = \max \left\{ \frac{m_{RC} \cdot a \cdot \Phi_5 \cdot \gamma_p \cdot \gamma_n}{C_t \cdot F_{Sd,s} / h} \right\}$$

$$H_{Sd,s} = \max \left\{ \begin{array}{l} 12500 \cdot 0,139 \cdot 1,2 \cdot 1,34 \cdot 1 = 2794 \text{ [N]} \\ 3,75 \cdot 10^{-3} \cdot 205,4 \cdot \frac{10^3}{0,265} = 2906 \text{ [N]} \end{array} \right\} \rightarrow 2794 < 2906 \text{ [N]}$$

Ahol:	$m_{RC}$	horgot terhelő névleges tömeg
	$a$	vízszintes mozgásból származó gyorsulás vagy lassulás
	$\Phi_5$	A vízszintes gyorsulásból adódó dinamikus tényező (MSZ EN 13001-2). Az olyan horogfelfüggesztések esetében, amelyek a daru mozgó részéhez a gyorsulás irányában nincsenek mereven kapcsolva, ez a tényező $\phi_5 = 1$ .
	$\gamma_p$	parciális biztonsági tényező
	$\gamma_n$	kockázati tényező
	$C_t$	horogfelfüggesztés relatív kibillenési ellenállása
	$F_{Sd,s}$	függőleges irányú erő tervezési értéke, azonos terhelési viszonyok mellett
	$h$	horog nyereg alsó pontjának, és a horogfelfüggesztés forgástengelyének függőleges távolsága, $h = 265 \text{ [mm]}$

A gyorsulás a függőleges irányú gyorsulás meghatározásának mintájára:

$$a_m = \frac{\Delta v}{t} = \frac{v_m}{t_m} = \frac{20/60}{5} = 0,067 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

$$a_h = \frac{\Delta v}{t} = \frac{v_h}{t_h} = \frac{40/60}{4,8} = 0,139 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

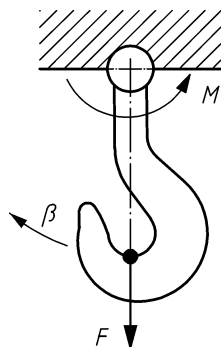
Ahol:	$a_m$	macska gyorsulás
	$a_h$	daruhíd gyorsulás

A daru vízszintes irányú gyorsulásai közül a nagyobb értéket kell figyelembe venni:

$$a = \max\{a_m; a_h\} = \max\{0,067; 0,139\} \rightarrow 0,067 < 0,139$$

$$C_t = \frac{M}{F} = \frac{M}{m_{RC} \cdot g} = \frac{460}{12500 \cdot 9,81} = 3,75 \cdot 10^{-3} [m]$$

Ahol:	$C_t$	horog kibillenési ellenállás tényező
	$M$	a horog elfordulása során fellépő ellenállás nyomatéka
	$F$	a horogra ható függőleges irányú erő



A horog elfordulása során fellépő ellenállás nyomatéka a vízszintes irányú gyorsulásból származó erő, és a  $h$  távolság szorzataként számított érték:

$$M = F \cdot k = m_{RC} \cdot a_h \cdot h = 12500 \cdot 0,139 \cdot 0,265 \cong 460 [Nm]$$

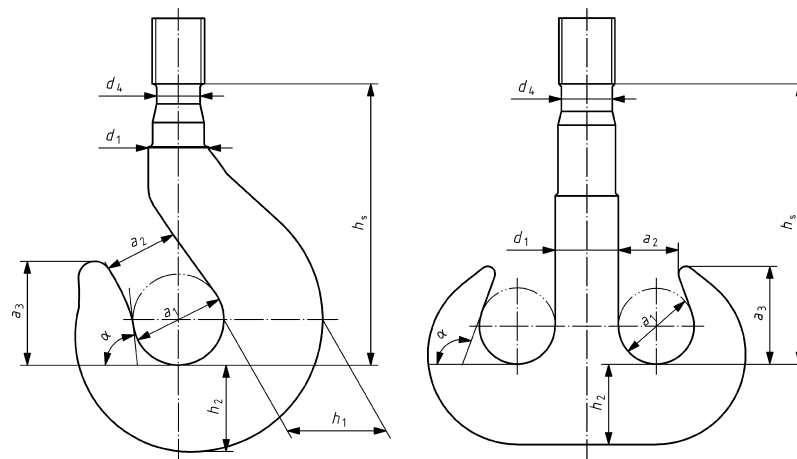
### 3.4. Horogszár hajlítónyomatéka

#### 3.4.1. Vízszintes irányú erő okozta hajlítónyomaték

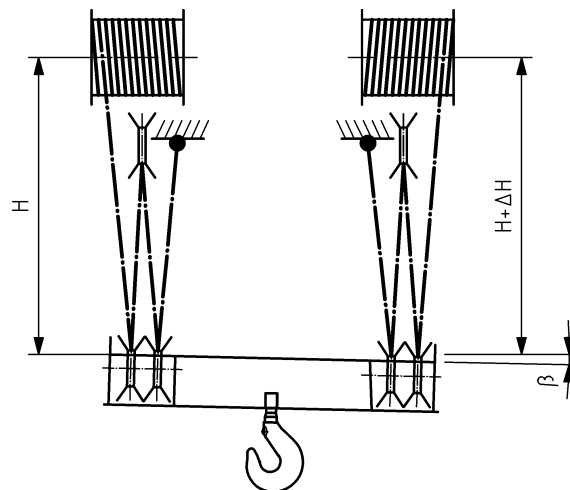
Az  $M_I$  nyomatékot a horogszár kritikus keresztmetszetében kell számolni, a vízszintes erő tervezési értéke szerint.

$$M_1 = H_{sd,s} \cdot h_s = 2906 \cdot 0,318 \cong 924 Nm = 0,92 [kNm]$$

Ahol:	$H_{sd,s}$	vízszintes irányú erő tervezési értéke
	$h_s$	horog nyereg alsó pontja és horogszár felső végének legvékonyabb része közötti függőleges távolság, $h_s = 319 [mm]$



### 3.4.2. Horogfelfüggesztés ferdeségéből származó hajlítónyomaték:



A horogszár kritikus keresztmetszetében fellépő  $M_2$  hajlítónyomaték:

$$M_2 = F_{sd,s} \cdot h_s \cdot \sin(\beta)$$

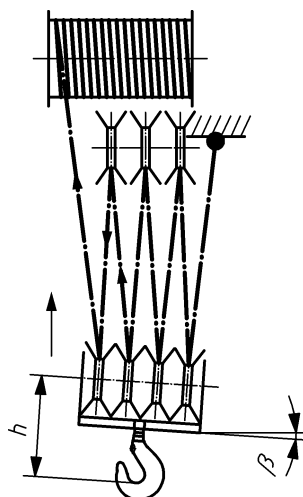
$$M_2 = 205,4 \cdot 0,318 \cdot \sin(8,107 \cdot 10^{-4} \text{ °}) = 0,93 \cdot 10^{-3} \text{ [kNm]}$$

Ahol:  $F_{sd,s}$  ferde állású ( $\beta$ ) horog esetén a függőleges irányú erő tervezési értéke  
 $\beta$  legnagyobb teljes dőlésszög ( $\beta$ )  
 $h_s$  horog nyereg alsó pontja és a horogszár felső végének legvékonyabb része közötti függőleges távolság

Amelyben:

$$\beta = \arctan\left(\frac{C_t}{h}\right) = \arctan\left(\frac{3,75 \cdot 10^{-3}}{265}\right) = 8,107 \cdot 10^{-4} \text{ [°]}$$

Ahol:  $C_t$  horogfelfüggesztés relatív kibillenési ellenállása  
 $h$  horog nyereg alsó pontjának, és a felfüggesztés forgástengelyének függőleges távolsága



### 3.4.3. Függőleges irányú erő külpontosságából adódó hajlítónyomaték

A függőleges erő hatásvonalának a horogszár középvezetől való eltérése révén adódó hajlítónyomaték:

$$M_3 = c_e \cdot F_{Sd,s} \cdot a_1 = 0,05 \cdot 205,4 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 0,82 \text{ [kNm]}$$

Ahol:  $F_{Sd,s}$  függőleges irányú erő tervezési értéke  
 $a_1$  horog nyeregbe írható kör átmérője  
 $c_e$  külpontosság együttható,  $c_e = 0,05$

### 3.4.4. Horogszár hajlítónyomatékának tervezési értéke

$$M_{Sd,s} = \max \left\{ \begin{array}{l} (M_1 + M_2 + M_3) \\ \frac{h_s}{h} \cdot C_t \cdot F_{Sd,s} \end{array} \right\}$$

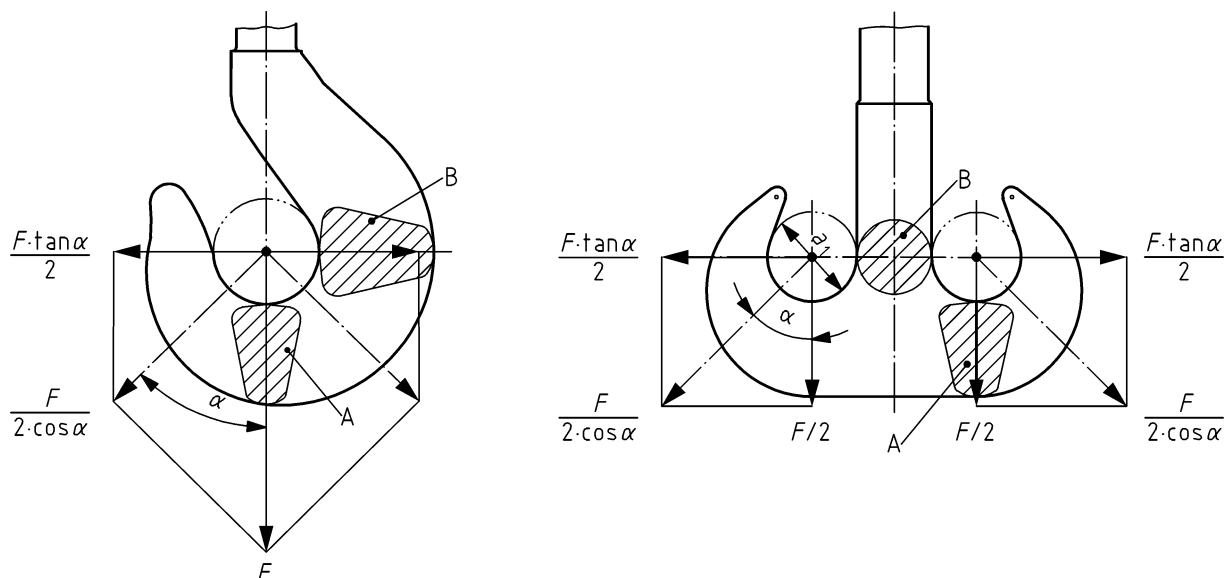
$$M_{Sd,s} = \max \left\{ \begin{array}{l} (0,92 + 0,93 \cdot 10^{-3} + 0,82) \cong 1,75 \text{ [kNm]} \\ \frac{0,318}{0,265} \cdot 3,75 \cdot 10^{-3} \cdot 205,4 \cong 0,92 \text{ [kNm]} \end{array} \right\}$$

$$M_{Sd,s} \rightarrow 0,92 < 1,75 \text{ [kNm]}$$

Ahol:  $M_1$   $M_2$   $M_3$  horogszárat terhelő hajlítónyomatékok  
 $C_t$  horogfelfüggesztés relatív kibillenési ellenállása  
 $F_{Sd,s}$  függőleges irányú erő tervezési értéke

### 3.5. Horogtestben ébredő feszültségek meghatározása

Az  $\alpha$  szög minimális értékét  $\alpha = 45^\circ$ -nak kell feltételezni.



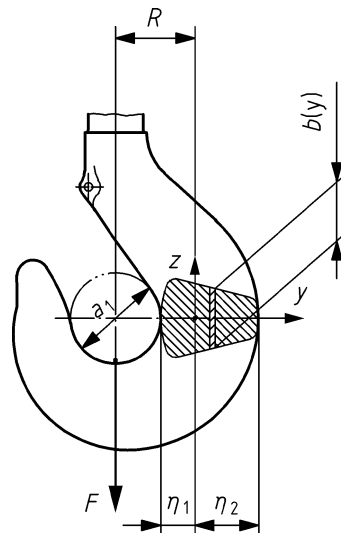
#### 3.5.1. Feszültségek tervezési értéke

Egyágú horgok „A” és „B” keresztmetszetében a feszültségek tervezési értéke ( $\sigma_{sd}$ ) a következőképpen számítható:

$$\sigma_{sd,s} = \frac{v \cdot F_{sd,s} \cdot R \cdot \eta_1}{I} \cdot \frac{1}{1 - \eta_1/R}$$

Ahol:	$v_B = 1$	egyágú horgok „B” keresztmetszete esetén, $v_B = 1$
	$v_A$	egyágú és kétágú horgok „A” keresztmetszete esetén, $\alpha = 45^\circ$ $v_A = 0,5 \times \tan \alpha$
	$R$	a keresztmetszet súlypontja által meghatározott horog görbületi rádiusz
	$F_{sd,s}$	függőleges irányú erő tervezési értéke
	$I$	görbe vonalú tartó másodrendű nyomatéka
	$a_1$	horog nyeregbe írható kör átmérője
	$\eta_1$	az y irányú koordináta abszolútértéke az adott keresztmetszet belső szélétől
	$\alpha$	terhelések hatásvonalai és a függőleges tengely által bezárt szög

Az  $\eta_1$  és  $I$  mennyiségek keresztmetszet specifikus értékek, amelyeket a „G” melléklet szerint kell számítani.



A síkgörbevonalú tartónak feltételezett horog adott keresztmetszetéhez tartozó másodrendű nyomaték elvi meghatározása általános esetben:

$$I = \int_{-\eta_1}^{+\eta_2} \frac{y^2 \cdot b(y)}{1 + \frac{y}{R}} dy$$

Ahol:	y	a keresztmetszet súlypontjától radiális (y) irányban mért távolság. A súlypont és a horogív külső pontja között pozitív, míg a súlypont és a horogív belső pontja között negatív érték
	b	keresztmetszet szélessége az y helyen
	R	keresztmetszet súlypontja által meghatározott horog görbületi rádiusz
	$\eta_1$	az y irányú koordináta abszolútértéke az adott keresztmetszet belső szélétől
	$\eta_2$	az y irányú koordináta abszolútértéke az adott keresztmetszet külső szélétől

A teljesség igénye nélkül, az analitikus számítást elhagyva, az adott keresztmetszetre vonatkoztatott másodrendű nyomatékok és a súlyponttól mért koordináták meghatározása számítógépes szoftver alapján történik.

$I_A$	Az „A” keresztmetszet másodrendű nyomatéka	1 363 322 [mm <sup>4</sup> ]
$I_B$	A „B” keresztmetszet másodrendű nyomatéka	2 643 856 [mm <sup>4</sup> ]
$\eta_{1A}$	Az „A” keresztmetszet y irányú koordinátájának abszolútértéke	33,8 [mm]
$\eta_{1B}$	A „B” keresztmetszet y irányú koordinátájának abszolútértéke	38,2 [mm]

Továbbá:

$$R_A = \frac{a_1}{2} + \eta_{1A} = \frac{80}{2} + 33,8 = 73,8 \text{ [mm]}$$

$$R_B = \frac{a_1}{2} + \eta_{1B} = \frac{80}{2} + 38,2 = 78,2 \text{ [mm]}$$

$$v_A = 0,5 \cdot \tan(\alpha) = 0,5 \cdot \tan(45^\circ) = 0,5$$

### 3.5.2. Feszültség tervezési értéke az „A” keresztmetszetben

$$\sigma_{Sd,s,A} = \frac{v_A \cdot F_{Sd,s} \cdot R_A \cdot \eta_{1A}}{I_A} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\eta_{1A}}{R_A}}$$

$$\sigma_{Sd,s,A} = \frac{0,5 \cdot 205,4 \cdot 10^3 \cdot 73,8 \cdot 33,8}{1363322} \cdot \frac{1}{1 - \left(\frac{33,8}{73,8}\right)} = 347 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

### 3.5.3. Feszültség tervezési értéke a „B” keresztmetszetben

$$\sigma_{Sd,s,B} = \frac{v_B \cdot F_{Sd,s} \cdot R_B \cdot \eta_{1B}}{I_B} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\eta_{1B}}{R_B}}$$

$$\sigma_{Sd,s,B} = \frac{1 \cdot 205,4 \cdot 10^3 \cdot 78,2 \cdot 38,2}{2643856} \cdot \frac{1}{1 - \left(\frac{38,2}{78,2}\right)} = 454 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

### 3.5.4. Horogszár feszültségének tervezési értéke

A maximális feszültség tervezési értéke ( $\sigma_{Sd,s}$ ):

$$\sigma_{Sd,s} = \frac{F_{Sd,s}}{A_{d4}} + \frac{M_{Sd,s} \cdot d_4/2}{I_{d4}}$$

$$\sigma_{Sd,s} = \frac{205,4 \cdot 10^3}{1256} + \frac{1,75 \cdot 10^6 \cdot 40/2}{125664} = 442 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

Ahol:	$F_{Sd,s}$	horgot terhelő függőleges irányú erő tervezési értéke
	$M_{Sd,s}$	hajlítónyomaték tervezési értéke a kritikus keresztmetszetben
	$A_{d4}$	horogszár kritikus keresztmetszetének területe
	$I_{d4}$	horogszár kritikus keresztmetszetének másodrendű nyomatéka

Amelyben:

$$A_{d4} = \frac{d_4^2 \cdot \pi}{4} = \frac{40^2 \cdot \pi}{4} \cong 1\,256 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$I_{d4} = \frac{d_4^4 \cdot \pi}{64} = \frac{40^4 \cdot \pi}{64} \cong 125\,664 \text{ [mm}^4\text{]}$$



### 3.6. Horog statikus szilárdságra való megfelelőségének igazolása

A horogtestre és a horogszárra egyaránt igaznak kell lennie, hogy:

$$\sigma_{Sd,s} \leq f_{Rd} = f_1 \cdot \frac{f_y}{\gamma_m \cdot \gamma_{sm}}$$

Ahol:	$\sigma_{Sd,s}$	maximális feszültség tervezési értéke a kritikus keresztmetszetben
	$f_{Rd}$	határfeszültség tervezési értéke („D” melléklet)
	$f_y$	késztermék anyagának folyáshatára
	$f_1$	üzemi hőmérséklet befolyásoló tényező
	$\gamma_m$	általános ellenállás tényező (MSZ EN 13001-2), $\gamma_m = 1,1$
	$\gamma_{sm}$	különböző keresztmetszetekhez rendelt specifikus ellenállás tényező az alábbiak szerint:
	$\gamma_{sm,B} = 0,75$	egyágú horogtest „B” keresztmetszetére
	$\gamma_{sm,A} = 0,81$	horogtest „A” keresztmetszetére
	$\gamma_{sm} = 0,95$	horogszárak keresztmetszeteire

Egyéb adatok hiányában, figyelembe véve a magas hőmérséklet folyáshatárt csökkentő hatását, az  $f_1$  tényező az alábbiak szerint számítható:

$$f_1 = 1 \quad -50\text{ °C} \leq T \leq 100\text{ °C}$$

$$f_1 = 1 - 0,25 \cdot (T - 100)/50 \quad 100\text{ °C} \leq T \leq 250\text{ °C}$$

ahol:  $T$  az üzemi hőmérséklet °C-ban

#### 3.6.1. A horogtest „A” keresztmetszet megfelelőségének igazolása

$$\sigma_{Sd,s,A} \leq f_{Rd} = f_1 \cdot \frac{f_y}{\gamma_m \cdot \gamma_{sm,A}} \rightarrow 347 \left[ \frac{N}{mm^2} \right] \leq 1 \cdot \frac{490}{1,1 \cdot 0,81} = 550 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

#### 3.6.2. A horogtest „B” keresztmetszet megfelelőségének igazolása

$$\sigma_{Sd,s,B} \leq f_{Rd} = f_1 \cdot \frac{f_y}{\gamma_m \cdot \gamma_{sm,B}} \rightarrow 454 \left[ \frac{N}{mm^2} \right] \leq 1 \cdot \frac{490}{1,1 \cdot 0,75} = 594 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

### 3.6.3. A horogszár kritikus keresztmetszet megfelelőségének igazolása

$$\sigma_{Sd,s} \leq f_{Rd} = f_1 \cdot \frac{f_y}{\gamma_m \cdot \gamma_{sm}} \rightarrow 442 \left[ \frac{N}{mm^2} \right] \leq 1 \cdot \frac{490}{1,1 \cdot 0,95} = 468 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

Mivel az „A”, „B” keresztmetszetben és a horogszár kritikus keresztmetszetében keletkező feszültségek értékei kielégítik a vonatkozó kritériumokat, a választott horog **megfelel**.

### 3.7. Statikus erő tervezési határértékének felhasználása a horogtest megfelelőségének igazolására

Azokban az esetekben, ahol a kiválasztott horogtest az „A” vagy „B” melléklet alapján lett meghatározva, a statikus szilárdságra való megfelelőség igazolása a „D” mellékletben foglalt statikus erők tervezési határértékeire vonatkozó eljárás alapján is történhet. Ehhez bizonyítani kell, hogy:

$$F_{Sd,s} \leq f_1 \cdot F_{Rd,s}$$

Ahol:	$F_{Sd,s}$	függőleges irányú erő tervezési értéke
	$F_{Rd,s}$	statikus erő tervezési határértéke
	$f_1$	üzemi hőmérséklet befolyásoló tényező

A statikus erő tervezési határértéke ( $F_{Rd,s}$ ) lefedi a statikus szilárdságra való megfelelőséget az egyágú horgok „A” és „B” keresztmetszetében. A statikus erő tervezési határértéke az „A” és „B” keresztmetszetben külön-külön számított érték, amelyek közül a kisebbet kell figyelembe venni.

$$F_{Rd,s} = \frac{f_y}{\gamma_m \cdot \gamma_{sm}} \cdot \frac{I \cdot 1 - \eta_1 / R}{v \cdot R \cdot \eta_1}$$

#### 3.7.1. A statikus erő tervezési határértéke az „A” keresztmetszetben

$$F_{Rd,s,A} = \frac{f_y}{\gamma_m \cdot \gamma_{sm,A}} \cdot \frac{I_A \cdot \left(1 - \frac{\eta_{1A}}{R_A}\right)}{v_A \cdot R_A \cdot \eta_{1A}}$$

$$F_{Rd,s,A} = \frac{490}{1,1 \cdot 0,81} \cdot \frac{1\,363\,322 \cdot \left(1 - \frac{33,8}{73,8}\right)}{0,5 \cdot 73,8 \cdot 33,8} = 325\,820 [N] = 325,8 [kN]$$

#### 3.7.2. A statikus erő tervezési határértéke a „B” keresztmetszetben

$$F_{Rd,s,B} = \frac{f_y}{\gamma_m \cdot \gamma_{sm,B}} \cdot \frac{I_B \cdot \left(1 - \frac{\eta_{1B}}{R_B}\right)}{v_B \cdot R_B \cdot \eta_{1B}}$$

$$F_{Rd,s,B} = \frac{490}{1,1 \cdot 0,75} \cdot \frac{2\,643\,856 \cdot \left(1 - \frac{38,2}{78,2}\right)}{1 \cdot 78,2 \cdot 38,2} = 268\,883 \text{ [N]} = 268,8 \text{ [kN]}$$

A statikus erő tervezési határértéke az „A” és „B” keresztmetszetben külön-külön számított érték, amelyek közül a kisebbet kell figyelembe venni, ennek megfelelően:

$$325,8 \text{ [kN]} > \mathbf{268,8 \text{ [kN]}} = F_{Rd,s}$$

### 3.7.3. A horogtest „A” és „B” keresztmetszet megfelelőségének igazolása

$$F_{Sd,s} \leq f_1 \cdot F_{Rd,s} = 205,4 \text{ [kN]} \leq 1 \cdot 268,88$$

A kapott értékek összehasonlítása a „D” mellékletben szereplő értékkel:

Statikus teherbírás tervezési határértéke ( $F_{Rd,s}$ ) (részlet a „D” mellékletből)

$f_1 = 1$ ( $T \leq 100 \text{ °C}$ ) hőmérséklet tényező mellett					
Horog szám	RS és RF horogtípus				
	Szilárdsági osztály				
	P	S	T	V	W
5	193	239	<b>301</b>	381	473

A táblázatban feltüntetett értékek kN-ban értendők.

$$F_{Sd,s} = 205,4 \text{ [kN]} \leq 301 \text{ [kN]}$$

Mivel a függőleges irányú erő tervezési értéke kisebb, mint a táblázatban megadott határérték, a választott horog „A” és „B” keresztmetszete **megfelel**. (A horogszár megfelelőségét az előzőekben bemutatott módszer szerint kell bizonyítani)

## 4. Mintapélda kötél szilárdsági ellenőrzésére

### 4.1. Alapadatok

Megnevezés	Jel	Érték	Mértékegység
Daru névleges legnagyobb teherbírása	$Q_t$	12500	[kg]
Kötélzet és horogszerkezet össztömege	$Q_h$	500	[kg]
Teljes terhelés ( $m_{Hr} = Q_t + Q_h$ )	$m_{Hr}$	13000	[kg]
Horogszerkezetben lévő kötélskorongok száma	$z$	2	[db]
Kötélágak száma (kötélágak mechanikai áttétele)	$n_m$	4	[-]
Kötélátmérő	$d$	11	[mm]
Legnagyobb kötélferdesség	$\beta_{max}$	25	[°]
Alkalmazott kötéltípus (MSZ EN 12385-4:2002+A1:2008)	8XK19S-PWRC(K)		
Szakítószilárdság	$f_{u,rc}$	2160	[N/mm <sup>2</sup> ]
Számított szakítóerő	$F_{sz}$	146	[kN]
Minimális (tényleges) szakítóerő	$F_u$	128	[kN]

### 4.2. Ellenőrzés statikus terhelésre

#### Függőleges emelés esetén a kötélterő tervezési értéke statikus terhelésre

Kötélterő tervezési értéke rendszeres terhelési eset:

$$F_{Sd,s} = \frac{m_{Hr} \cdot g}{n_m} \cdot \Phi_2 \times f_{s1} \times f_{s2} \times f_{s3} \times \gamma_p \times \gamma_n = 53,5 \text{ [kN]}$$

- Ahol:
- $m_{Hr}$  emelendő teher tömege;
  - $n_m$  kötélskorongok mechanikai áttétele;
  - $f_{s1}$  kötélskorongok hatásfok tényezője;
  - $f_{s2}$  kötélterő hatás tényező (nem párhuzamos kötélskorongok esetén);
  - $f_{s3}$  vízszintes irányú erőkből származó hatás tényező,  $f_{s3} = 1$  [-];
  - $\Phi_2$  dinamikus tényező rögzített teher emelése esetén;
  - $\gamma_p$  részleges biztonsági tényező (rendszeres terhelési esetben),  $\gamma_p = 1,34$  [-];
  - $\gamma_n$  a kockázati tényező értéke,  $\gamma_n = 1$  [-].

Dinamikus tényező rögzítettlen teher emelése esetén rendszeres terhelési esetben ( $\phi_2$ ):

$$\Phi = \Phi_2 = 1,1 [-]$$

A  $\phi_2$  tényező meghatározásának menetét lásd a 2. melléklet 2.2.1. fejezetében.

Kötélvezetés hatások tényezője:

$$f_{s1} = \frac{n_m}{(\eta_s)^{n_s}} \times \frac{1 - \eta_s}{1 - (\eta_s)^{n_m}} = 1,0228$$

Ahol:  $\eta_s$  tárcsahatásfok (gördülőcsapágy esetén),  $\eta_s = 0,985$ ,  
 $n_s$  álló kötélsorok száma a hajtó és a mozgó részek között,  $n_s = 0$ ;  
 $n_m$  mechanikai áttétel,  $n_m = 4$ .

Kötélró hatás tényező (nem párhuzamos kötélagak esetén):

$$f_{s2} = \frac{1}{\cos \beta_{max}} = 1,1034$$

### **Függőleges emelés esetén a kötélerő tervezési határértéke statikus terhelésre:**

Kötél ellenállás tényezője:

$$\gamma_{rb} = 1,35 + \frac{5}{\left(\frac{D}{d}\right)^{0,8} - 4} = 1,85 \rightarrow 2,07^*$$

Ahol:  $D$  legkisebb mértékadó átmérő, jelen esetben a kötélsor átmérője,  $D = 300 [mm]$   
 $d$  kötélatmérő,  $d = 11 [mm]$ ;

*\*Megjegyzés: a kötélsor ellenállás tényező értéke nem lehet kisebb, min 2,07.*

Kötélró tervezési határértéke:

$$F_{Rd,s} = \frac{F_u}{\gamma_{rb}} = 61,8 [kN]$$

### **Összegzés:**

Mivel

$$F_{Sd,s} < F_{Rd,s}$$

a számítás szerint a választott kötélsor statikus terhelésre **megfelel!**

### 4.3. Ellenőrzés fáradásra

#### Függőleges emelés esetén a fáradási erő meghatározása:

Tehetetlenségi és tömegerők dinamikus tényezője:

$$\Phi^* = \sqrt[3]{\frac{(w-1) + \Phi_2^3}{w}} = 1,0708$$

Ahol:  $w$  tényleges hajlítások száma elmozdulásonként,  $w = 7^*$ .

*\*A tényleges hajlítások számának meghatározásában az MSZ EN 13001-3-2:2014 A melléklete nyújt segítséget.*

Módosított kötélérő hatás tényező:

$$f_{s2}^* = 1 + \left[ \frac{1}{\cos \beta(z_2)} - 1 \right] \times \left( \frac{z_{ref} - z_2}{z_{ref} - z_1} \right)^{0,9} = 1,0233$$

Ahol:  $\beta(z_2)$  legnagyobb kötélferdeség a jellemző pozícióban,  $\beta(z_2) = 25^\circ$ ;

$z_{ref}$  referencia magasság,  $z_{ref} = 8800 [mm]$ ;

$z_1$  jellemző minimális magasság,  $z_1 = 2000 [mm]$ ;

$z_2$  jellemző maximális magasság,  $z_2 = 7500 [mm]$ .

Fáradási kötélérő tervezési értéke:

$$F_{sd,f} = \frac{m_{Hr,1} \cdot g}{n_m} \cdot \Phi_2^* \cdot f_{s2}^* \cdot f_{s3}^* \cdot \gamma_n = 34,9 [kN]$$

A fáradási kötélérő értékeit minden emelt teher esetén külön meg kell határozni. A tárgyi daru 50%-ban 5000 kg és 50%-ban 10000 kg terhet emel, továbbá a darun egy 2000 kg össztömegű megfogószerkezet üzemel. A horogszerkezet tömege 500 kg. Ennek megfelelően az emelés során az alábbi táblázatban meghatározott tömegek adódnak:

Jelölés	Megoszlás	Érték
$m_{Hr,1}$	50 [%]	$5000 [kg] + 2000 [kg] + 500 [kg] = 7500 [kg]$
$m_{Hr,2}$	50 [%]	$10000 [kg] + 2000 [kg] + 500 [kg] = 12500 [kg]$

A fáradási kötélérő tervezési értékei a különböző terhelési esetekben:

$$F_{sd,f1} = \frac{m_{Hr,1} \cdot g}{n_m} \cdot \Phi_2^* \cdot f_{s2}^* \cdot f_{s3}^* \cdot \gamma_n = 20,2 [kN]$$

$$F_{sd,f2} = \frac{m_{Hr,2} \cdot g}{n_m} \cdot \Phi_2^* \cdot f_{s2}^* \cdot f_{s3}^* \cdot \gamma_n = 33,6 [kN]$$

Ahol:  $f_{s3}$  vízszintes irányú erőkből származó hatás tényező,  $f_{s3}^* = 1$ .

**Függőleges emelés esetén a fáradási erő határértékének meghatározása:**

Hajlítások teljes száma a kötélben az élettartam alatt (10 év (250 nap / év), 1 műszak, óránként 20 emelési művelet):

Terhelés ( $F_{sd,f}$ ) [kN]	Egy mozgáshoz tartozó hajlítások száma ( $w_i$ )
20,2	100 000
33,6	100 000
	<b><math>w_{tot} = 200\,000</math></b>

Kötélrő spektrum tényező ( $k_r$ ) meghatározása:

$$k_r = \sum_{i=1}^{i_{max}} \left( \frac{F_{sd,f,i}}{F_{sd,f}} \right)^3 \cdot \frac{w_i}{w_{tot}} = \left( \frac{20,2}{34,9} \right)^3 \cdot \frac{100\,000}{200\,000} + \left( \frac{33,6}{34,9} \right)^3 \cdot \frac{100\,000}{200\,000} = 0,543$$

Hajlítások relatív gyakorisága:

$$v_r = \frac{w_{tot}}{w_D} = 0,4$$

Ahol:  $w_D$  hajlítások száma a referencia pontnál,  $w_D = 5 \cdot 10^5$ .

Kötélrő történet paraméter:

$$s_r = k_r \cdot v_r = 0,217$$

További hatástényezők:

$$f_f = f_{f1} \cdot f_{f2} \cdot f_{f3} \cdot f_{f4} \cdot f_{f5} \cdot f_{f6} \cdot f_{f7} = 1,235$$

- Ahol:
- $f_{f1}$  átmérőkből adódó hatás tényező;
  - $f_{f2}$  kötél szakítószilárdságából adódó hatás tényező;
  - $f_{f3}$  tárcsa elhagyási szög hatás tényező,  $f_{f3} = 0,84$ ;
  - $f_{f4}$  kötél kenés hatás tényező belső kenéssel gyártott kötelek esetében,  $f_{f4} = 1$ ;
  - $f_{f5}$  dob hatás tényező egyrétegű dob esetén,  $f_{f5} = 1$ ;
  - $f_{f6}$  kötélhorony hatás tényező
  - $f_{f7}$  kötél típus tényező,  $f_{f7} = 1$ .

Átmérőkből adódó hatás tényező:

$$f_{f1} = \frac{D/d}{R_{Dd}} = \frac{300/11}{R_{Dd}} = 1,657$$

$$R_{Dd} = 10 \times 1,125^{\log_2 \left( \frac{w_{tot}}{80000} \right)} = 16,5$$

Ahol:  $R_{Dd}$  referencia érték a hajlítási átmérő és a kötélátmérő aránya alapján

Kötél szakítószilárdságából adódó hatás tényező

$$f_{f2} = \left( \frac{1770}{R_r} \right)^{0,6} = \left( \frac{1770}{2160} \right)^{0,6} = 0,887, \text{ mivel } R_r > 1770$$

Ahol:  $R_r$  a kötélszilárdsági fokozata,  $R_r = f_{u,rc}$ .

Kötélhorony hatás tényező ( $f_{f6}$ )

A kötélszakítás hatás tényező meghatározáshoz ki kell számítani a horony sugár  $r_g$  és a kötélmérőjének  $d$  az arányát, valamint a korong két oldala által bezárt  $\omega$  szög értékét.

$$\frac{r_g}{d} = \frac{5,94}{11} = 0,54$$

Mivel  $\omega \leq 60^\circ$ , valamint az  $r_g/d$  hányados értéke 0,54, így a kötélszakítás hatás tényező konzervatíván:

$$f_{f6} = 1$$

Fáradási kötélerő tervezési határértéke

$$F_{Rd,f} = \frac{F_u}{\gamma_{rf} \cdot \sqrt[3]{S_r}} \cdot f_f = \frac{128}{7 \cdot \sqrt[3]{0,217}} \cdot 1,235 = 37,5 \text{ [kN]}$$

Ahol:  $\gamma_{rf}$  kötélszilárdság minimális ellenállás tényezője,  $\gamma_{rf} = 7$ .

**Összegzés:**

Mivel

$$F_{Sd,f} < F_{Rd,f} \\ 33,6 \text{ [kN]} < 37,5 \text{ [kN]}$$

a számítás szerint a választott kötélszakítás fáradásra **megfelel!**



# Híddaruk méretezési segédlete

## **„C” melléklet**

### **Mintapélda daruhíd haladómű gépészeti részegységeinek ellenőrző számítására**

---

**MMK FAP azonosító:  
FAP-111/2019-AÉFT**

## 5. Számítási mintapélda a hajtást a ferdefutás miatt terhelő oldalirányú erőkre

A mintapélda a híddaruknál általában alkalmazható merev módszerrel történő számítási eljárást mutatja be.

### 5.1. Alapadatok:

$s_g$ (mm)	$b_h$ (mm)	$W_b$ (mm)
14	50	3150

Függőleges kerékterhelések /N/	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$
	85 200	85 200	21 180	21 180

Első vezetőeszköztől való távolság - $d_i$ /m/	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$
	0	3,15	3,15	0

### 5.2. A ferdefutási szög meghatározása

$\alpha = \alpha_g + \alpha_w + \alpha_t = 0,00592$ [rad]	
	Peremes kerék esetén
$\alpha_g$ [rad]	$\alpha_g = 0,75 \cdot \frac{s_g}{w_b} = 0,75 \cdot \frac{14}{3150} = 0,00333$ , mivel $s_g > \frac{4}{3} \cdot s_{g,min}$
$s_{g,min}$ [mm]	10
$\alpha_w$ [rad]	$\alpha_w = 0,1 \cdot \frac{b_h}{w_b} = 0,1 \cdot \frac{50}{3150} = 0,001587$
$\alpha_t$ [rad]	0,001

- Ahol:
- $\alpha$  ferdefutási szög [rad];
  - $\alpha_g$  vezetőelem játéka miatti eltérés [rad];
  - $\alpha_t$  tűrések miatti eltérés [rad];
  - $\alpha_w$  kopás miatti eltérés [rad];
  - $s_g$  vezetőelem és a sín közötti játék [mm];
  - $s_{g,min}$  a számításokhoz használt minimális játék a vezetőelem és a sín között [mm];
  - $b_h$  sínfej szélessége [mm];
  - $w_b$  szélső vezetőelemek távolsága [mm].

$$S = \sum Z_j = m \cdot g = 21,3 \text{ [kN]}$$

$$S_d = \sum Z_j \cdot d_j = 33,5 \text{ [kN]}$$

$$S_{ad} = \sum Z_j \cdot d_j^2 = 1\,055 \text{ [kNm]}$$

$$b = \frac{S_d}{S_{ad} + W \cdot l^2} = 0,3175 \text{ [m]}^{-1}$$

Ahol:  $W = 0$ , a kétoldali blokkhajtás miatt.

A súrlódási-csúszási együttható meghatározása:

$$\mu_f = \mu_0 \cdot (1 - e^{-250 \cdot \sigma}) = 0,1545 \text{ [-]}$$

A kerék felfekvésének közepén az oldalerők ( $Y_j$ ) 7.4.3.3. fejezet a) ábrája szerint:

$$Y_j = \mu_f \cdot Z_j \cdot (1 - d_j \cdot b)$$

$$Y_1 = 13,2 \text{ [kN]}$$

$$Y_2 = 0 \text{ [kN]}$$

$$Y_3 = 0 \text{ [kN]}$$

$$Y_4 = 3,3 \text{ [kN]}$$

A vezetőeszközre ható oldalerő ( $Y_F$ ):

$$Y_F = \mu_f \cdot (S - S_d \cdot b) = \sum Y_j = 16,5 \text{ [kN]}$$

## 6. Számítási mintapélda híddaru hajtásrendszerének üzemi szélterhelésére történő méretezésére

### 6.1. Bevezetés

Jelen számítási mintapélda célja egy 12,5 t teherbírású, 16,5 m fesztávolságú kétfőtartós híddaru üzemi szélterhelésének meghatározása a híd haladó hajtás teljesítményszükségletének meghatározásához. Az esetek túlnyomó többségében a kültéri híddaruk haladó hajtásának többletterhelését főként a főtartók szélterhelése, illetve kis mértékben a futómacska szélterhelése adja. Ehhez járulhat még a szélirányba beállni nem képes (esetleg a függőleges tengelyére szimmetrikus) teher szélterhelése. Jelen fejezet ezekre mutat be példát.

A szélterhelésre méretezés első lépése minden esetben a szélterhelési kategória meghatározása. Ez határozza meg, hogy a darunak még mekkora üzemi szélben kell működképesnek maradnia és feladatát ellátnia. A szélterhelési kategóriák az alábbiak szerint értelmezhetők:

- a legalacsonyabb kategória alkalmazható kisebb szerkezeti magasságok esetén, jobban beépített területeken, 30-35 km/h átlagos szélsébségig;
- a közepes kategória alkalmazható átlagos beépítettségű ipari területeken, legfeljebb 10 m szerkezeti magasságig, 45-50 km/h átlagos szélsébségig;
- a legerősebb kategória nyíltabb területeken és nagyobb szerkezeti magasságok esetén, 65-70 km/h szélsébségig.

Magyarországi viszonylatban a hajtásrendszerek tekintetében általános esetben megfelelő választás a könnyű szélterhelési kategória. Igaz ez azon daruk esetében, ahol kielégítő, ha a berendezés csak teljes szélcsendben, vagy minimális üzemi szélben képes csak dolgozni. Olyan daruknál azonban, ahol fontos az állandó üzem (jellemzően több műszakos munkarendben dolgoznak) mindenképpen javasolt legalább a normál szélterhelési kategória alkalmazása. Példánkban ez utóbbival számolunk.

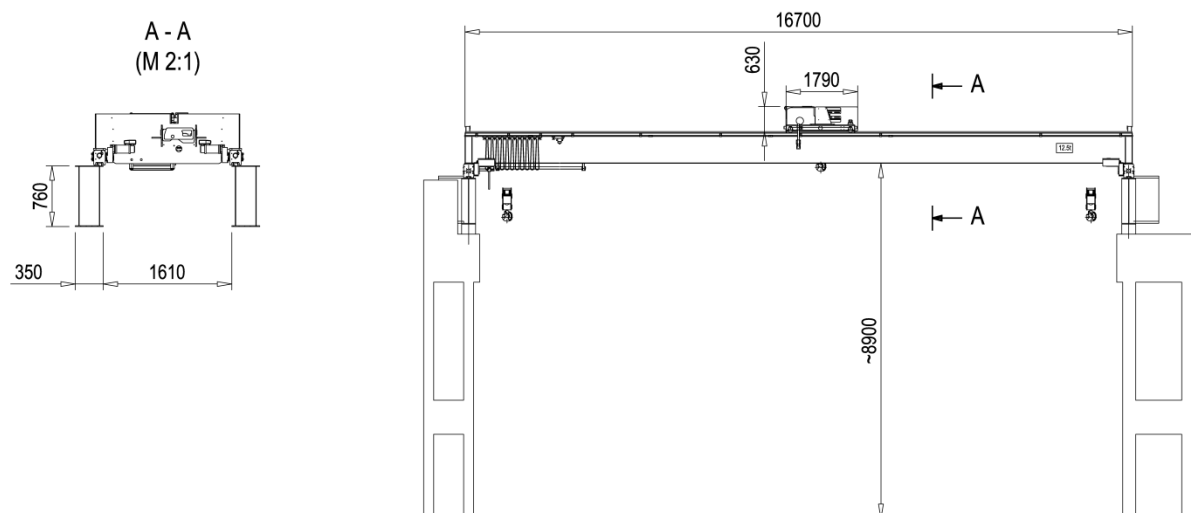
### 6.2. A számításhoz szükséges paraméterek, adatok

Az alábbi táblázatban szerepelnek azon kiinduló adatok, amelyek alapján a szélterhelés számítása elvégezhető:

Megnevezés	Jel	Érték	Mértékegység
Tervezési szélnyomás a hajtásrendszerek indításához	$q(3)_{w2}$	175	$[N/m^2]$
Tervezési szélnyomás a hajtásrendszerek állandósult sebességgel működtetéséhez	$q(3)_{w3}$	92	$[N/m^2]$
Daru főtartó magassága	$d_d$	760	$[mm]$

Megnevezés	Jel	Érték	Mértékegység
Daru főtartó szélessége	$b_d$	350	[mm]
Daru főtartó hossza	$L_d$	16 700	[mm]
Daru főtartók távolsága	$a_d$	1 610	[mm]
Macska magassága	$d_m$	630	[mm]
Macska hossza	$L_m$	1 790	[mm]
Névleges teherbírás:	$Q_t$	12 500	[kg]

Az alábbi ábrán látható a daru keresztmetszeti elrendezése és a szélterhelés szempontjából releváns főbb méretei:



### 6.3. Jellemző szélfelületek meghatározása

Híddaruk esetén a daru haladó hajtását a darupálya hosszirányában (a daruhídra merőlegesen) fújó szélre kell méretezni. Ezen keresztmetszetben a legjelentősebb keresztmetszettel bíró szélfelület maga a daruhíd, illetve a futómacska. Bizonyos daru konstrukciók esetén figyelembe kell venni a darura telepített villamos szekrények, a pódiumok, a darukezelő fülke, a kötélzetek, stb. keresztmetszetét is. Mivel az esetek túlnyomó többségében ez utóbbiak nem számottevők, így ezek vizsgálatától a példánkban eltekintünk.

A futómacska jellemző szélfelülete annak magasságából és hosszából számítható:

$$A_m = d_m \cdot L_m = 630 \cdot 1\,790 = 1,13 \text{ [m}^2\text{]}$$

A daruhíd teljes szélfelületének kiszámításához először meg kell határozni egy főtartó jellemző szélfelületét:

$$A_d = d_d \cdot L_d = 760 \cdot 16\,700 = 12,69 \text{ [m}^2\text{]}$$

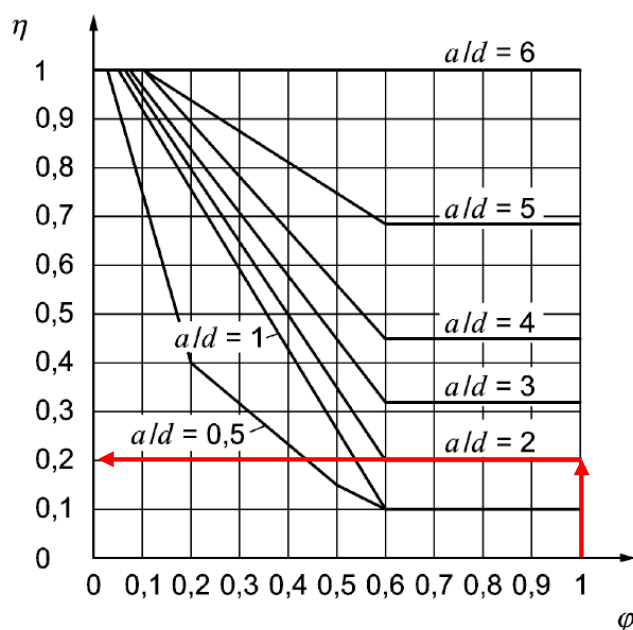
Szélirányból nézve a második főtartót az első „kitakarja”, így annak terhelése, a tartók távolságától függően, jelentősen kisebb is lehet, mint az elsőé. Ezen takarás hatásának figyelembe vételére szolgál a takarási tényező. Ennek meghatározásához előbb ki kell számolni a tartók relatív tömörségét és a tartók közötti távolság/magasság viszonzszámot.

A manapság használatos zárt, szekrényes főtartók esetén a relatív tömörségi tényező ( $\varphi$ ) értéke 1.

A tartók közötti távolság/magasság viszonzszám:

$$\frac{a_d}{d_a} = \frac{1\,610}{760} = 2,1[-]$$

A takarási tényező nagysága a diagramból így már leolvasható:  $\eta = 0,2$



A takarási tényezővel számítható teljes (összegzett) jellemző szélfelület:

$$A_{t,d} = \frac{1 - \eta^{n_m}}{1 - \eta} \cdot A_d = \frac{1 - 0,2^2}{1 - 0,2} \cdot 12,69 = 15,23 [m^2]$$

Ahol:  $n_m$  az egymást követő megegyező elemek száma (2 db).

## 6.4. Szerkezeti elemek légellenállási tényezőinek meghatározása

### 6.4.1. Főtartók légellenállási tényezője

Egy adott szerkezeti elem légellenállási tényezőjének számításához először meg kell határozni az adott jellemző keresztmetszettel rendelkező, végtelen hosszúságú elem légellenállási tényezőjét ( $c_0$ ), majd pedig a véges hossz miatti csökkentő tényezőt ( $\psi$ ).

A főtartók szekrényszelvényének végtelen hosszra számított légellenállási tényezője az MSZ EN 13001-2:2014 szabvány „A” melléklet A.4 táblázatának 3. sora szerint, az adott szélesség/magasság arányra  $c_0 = 2,2$ .

A véges hossz miatti csökkentő tényező ( $\psi$ ), a relatív tömörségi tényező ( $\varphi$ ) és az adott szerkezeti elem aerodinamikai karcsúsága segítségével határozható meg.

A manapság használatos zárt, szekrényes főtartók esetén a relatív tömörségi tényező ( $\varphi$ ) értéke 1.

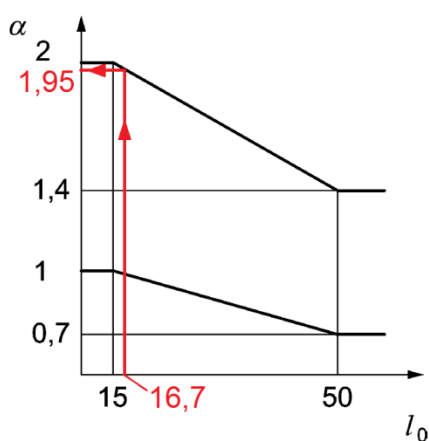
Az aerodinamikai karcsúság ( $\lambda$ ) pedig az alábbi képlet segítségével számítható:

$$\lambda = \frac{\alpha_r \cdot l_0}{d_c} = \frac{1,95 \cdot 16700}{760} = 42,9$$

Ahol:	$\lambda$	aerodinamikai karcsúság;
	$\alpha_r$	viszonyított aerodinamikai hossz;
	$l_0$	geometriai hossz (mm);
	$d_c$	szerkezeti elem jellemző mérete (mm).

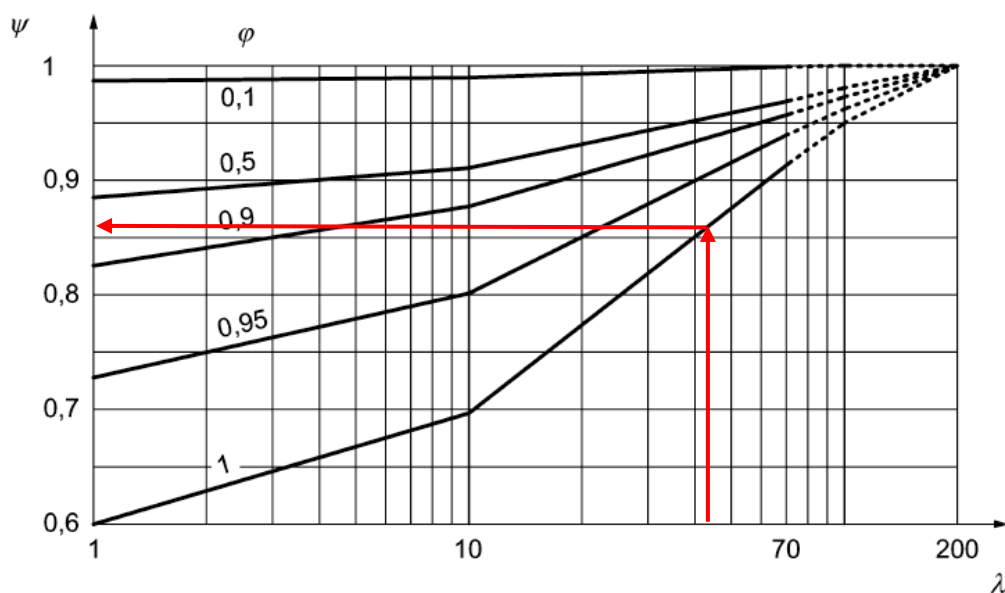
Négyszög keresztmetszetű, zárt szekrényes főtartók esetén a jellemző méret megegyezik a szekrényszelvény magasságával ( $d_c = d_d = 760$  mm), a geometriai hossz pedig a főtartó tényleges hosszával ( $d_c = d_d = 16\,700$  mm).

A viszonyított aerodinamikai hossz ( $\alpha_r$ ) az MSZ EN 13001-2:2014 szabvány „A” melléklet A.1 táblázata segítségével számítható. Szabadon álló darupálya esetén  $\alpha_r$  értéke a táblázat 7. sora szerint a hossz függvényében az alábbi diagramból olvasható le:  $\alpha_r = 1,95$





A fentiek segítségével a véges hossz miatti csökkentő tényező ( $\psi$ ) a relatív tömörségi tényező ( $\varphi$ ) és az aerodinamikai karcsúsága ( $\lambda$ ) függvényében az alábbi diagramból olvasható le:  $\psi = 0,86$



A főtartó tényleges légellenállás-tényezője a végtelen hosszúságú elem légellenállási tényezője ( $c_0$ ) és a véges hossz miatti csökkentő tényező ( $\psi$ ) szorzataként számítható:

$$c_{a,d} = c_0 \cdot \psi = 2,2 \cdot 0,86 = 1,9 [$$

#### 6.4.2. Macska légellenállási tényezője

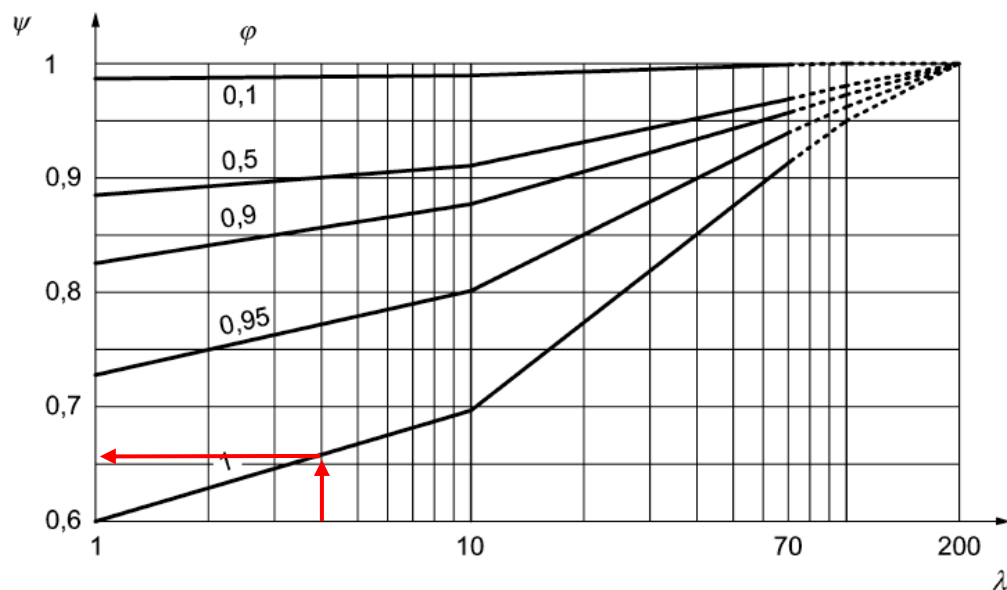
A futómacska doboz-szerű szerkezetének végtelen hosszra számított légellenállási tényezője az MSZ EN 13001-2:2014 szabvány „A” melléklet A.4 táblázatának 3. sora szerint, az adott szélesség/magasság arányra konzervatívan becsülve  $c_0 = 1,5$ .

A viszonyított aerodinamikai hossz ( $\alpha_r$ ) a főtartónál is alkalmazott MSZ EN 13001-2:2014 szabvány „A” melléklet A.1 táblázata segítségével határozható meg:  $\alpha_r = 1,4$

Az aerodinamikai karcsúság ( $\lambda$ ) tehát a főtartónál is alkalmazott módon számítva:

$$\lambda = \frac{\alpha_r \cdot l_0}{d_c} = \frac{1,4 \cdot 1790}{630} = 4$$

A fentiek segítségével a véges hossz miatti csökkentő tényező ( $\psi$ ) a relatív tömörségi tényező ( $\varphi$ ) és az aerodinamikai karcsúsága ( $\lambda$ ) függvényében az alábbi diagramból olvasható le:  $\psi = 0,66$



A macska tényleges légellenállás-tényezője a már ismertetett módon, a végtelen hosszúságú elem légellenállási tényezője ( $c_0$ ) és a véges hossz miatti csökkentő tényező ( $\psi$ ) szorzataként számítható:

$$c_{a,m} = c_0 \cdot \psi = 1,5 \cdot 0,66 = 1$$

## 6.5. Az emelt teherre ható szélerek

Amennyiben nem állnak rendelkezésre kellő pontosságú aerodinamikai információk az emelendő terhekről, úgy annak légellenállási tényezőjét konzervatívan  $c_{a,t} = 2,4$ -nek kell tekinteni, jellemző szélfelületét pedig az alábbi módon kell kiszámítani ( $Q_t$ -t minden esetben tonnában behelyettesítve):

$$A_t = 0,5 \cdot Q_t = 0,5 \cdot 12,5 = 6,25 [m^2]$$

## 6.6. A daru egészére ható szélerő

Szélterhelés szempontjából a darut mozgató hajtásrendszereket kétféle állapotra lehet méretezni:

- a hajtásrendszerek indításához (tehát a teljes daru megmozdításához és a névleges haladási sebességre történő felgyorsításához) szükséges teljesítményre (indítónyomatékokra méretezés);
- a daru állandósult sebességen történő mozgatásához szükséges teljesítményre (hajtó motor hőterhelésre méretezése).

A híddarut mozgató hajtásrendszerek szél miatt szükséges többletónyomatékának meghatározása minden esetben szükséges. Ez az alábbi ( $F_{w2}$ ) szélerő segítségével számítható:

$$F_{W2} = q(3)_{W2} \cdot \sum (c_a \cdot A) = q(3)_{W2} \cdot (c_{a,d} \cdot A_d + c_{a,m} \cdot A_m + c_{a,t} \cdot A_t)$$

$$F_{W2} = 175 \cdot (1,9 \cdot 12,69 + 1 \cdot 1,13 + 2,4 \cdot 6,25) = 7\,042 \text{ [N]}$$

Ahol:	$F_{W2}$	a teljes darura és az emelt teherre együttesen ható szélterő ( $N$ );
	$q(3)_{W2}$	szélnyomás a hajtásrendszerek indításához ( $N/m^2$ );
	$c_a$	egyes szerkezeti elemek légellenállás-tényezői (-);
	$A$	egyes szerkezeti elemek jellemző szélfelületei ( $m^2$ ).

Bizonyos esetekben (pl. kisebb működési idejű hajtó motorok, vagy nagyobb mozgási távolságok esetén) további ellenőrzés szükséges a hajtómotor hőterhelésére. Ezt az alábbi ( $F_{W3}$ ) szélterő segítségével figyelembe vételével kell ellenőrizni:

$$F_{W3} = q(3)_{W3} \cdot \sum (c_a \cdot A) = q(3)_{W3} \cdot (c_{a,d} \cdot A_d + c_{a,m} \cdot A_m + c_{a,t} \cdot A_t)$$

$$F_{W3} = 92 \cdot (1,9 \cdot 12,69 + 1 \cdot 1,13 + 2,4 \cdot 6,25) = 3\,702 \text{ [N]}$$

Ahol:	$F_{W3}$	a teljes darura és az emelt teherre együttesen ható szélterő ( $N$ );
	$q(3)_{W3}$	szélnyomás a hajtásrendszer állandó sebességgel működtetéséhez ( $N/m^2$ );
	$c_a$	egyes szerkezeti elemek légellenállás-tényezői;
	$A$	egyes szerkezeti elemek jellemző szélfelületei ( $m^2$ ).

A daru haladó hajtásrendszer teljesítményszükségletének meghatározásakor az egyes üzemállapotokban a szélterhelés hatására a fenti többleterőket kell figyelembe venni.

Tehát jelen példánkban a híd haladó hajtás által kifejtendő vonóerőt az indítónyomaték szükséglet számításakor az  $F_{W2}$  szélterővel, míg a hajtómotor hosszabb távú hőterhelésének meghatározásához az  $F_{W3}$  szélterővel kell megnövelni.

# Híddaruk méretezési segédlete

## **„D” melléklet**

### **Mintapélda futómacska haladómű gépészeti részegységei- nek ellenőrző számítására**

---

**MMK FAP azonosító:  
FAP-111/2019-AÉFT**

## 7. Példa a kerék/sín kapcsolat méretezésére MSZ EN 13001-3-3 szabvány szerint

### 7.1. Bevezetés, alapadatok meghatározása

A példánkban szereplő számítási eljárás egy 12,5t teherbírású, 16,5m fesztávolságú, két főtartós futódarura készül. A futódarura állandó jelleggel egy 2t tömegű megfogó szerkezet van csatlakoztatva. A kerék/sín kapcsolat igazolását a daruhídon lévő darusín és a futómacska kerék kapcsolatra végezzük el.

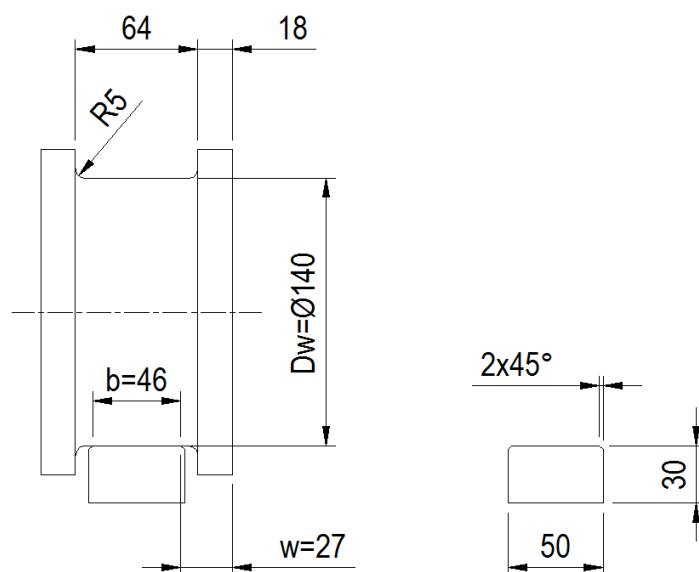
#### 7.1.1. A számításhoz szükséges paraméterek, adatok

Az alábbi táblázatban meghatározásra kerültek a daru alapparaméterei, amelyek alapján a futómacska kerék és sín kapcsolat méretezése elvégezhető

Megnevezés	Jel	Érték	Mértékegység
Daru névleges legnagyobb teherbírása	$Q_t$	12500	[kg]
Daru fesztávolsága	$L_f$	16,5	[m]
Futómacska keréktávolság	$w_b$	1500	[mm]
Futómacska kerék átmérője	$D_w$	140	[mm]
Futómacska kerékperem és sín közötti távolság	$s_g$	7	[mm]
Sínfej szélessége	$b_h$	50	[mm]
Tényező nélküli érintkezési erő	$F_{Sd0,S}$	38,8	[kN]
Dinamikus érintkezési erő	$F_{Sd,s}$	45,5	[kN]
Tényező nélküli érintkezési erő üres futómacskánál	$F_{Sd0,üres}$	3,76	[kN]
Effektív tehertartó (érintkezési felületek) szélesség	$b$	46	[mm]
Kerék sínnel nem érintkező része	$w$	25	[mm]
Sín lekerekítési sugara/ letörése	$r_3$	2	[mm]
Rugalmassági modulus (acél)	$E$	$2,1 \cdot 10^5$	[N/mm <sup>2</sup> ]
Futómacska átlagos elmozdulás	$\bar{x}$	8	[m]

### 7.2. A kerék/sín kapcsolat kiválasztása

A szabványban szereplő tervezési sín/kerék kapcsolatok közül a példában szereplő kialakítás a **vonal érintkezés** esete. A számítás további lépései ennek megfelelően történnek. Az előző táblázatban szereplő méretek a következő ábrán látható méretekből származnak.



### 7.2.1. Maximális nyíró terhelés mélységének meghatározása

A maximális nyíró terhelés mélysége a következő képletekkel számítható vonal-érintkezés esetén:

$$z_{ml} = 0,50 \cdot \sqrt{F_{Sd0,s} \cdot \frac{\pi \cdot D_w \cdot (1 - \nu^2)}{b \cdot E_m}}$$

Ahol:	$z_{ml}$	maximális szakítószilárdság mélysége vonal érintkezés esetén [mm];
	$F_{Sd0,s}$	maximális, tényezők nélküli tervezett érintkezési erő, ami a futómacska legnagyobb keréknyomás értéke [N];
	$E_m$	egyenértékű rugalmassági modulus, mindkét anyag acél, ezért értéke 210 000 [N/mm <sup>2</sup> ];
	$\nu$	radiális terhelési együttható (acélra $\nu=0,3$ );
	$D_w$	kerékátmérő [mm];
	$b$	effektív tehertartó (érintkezési felületek) szélesség [mm].

A megfelelő behelyettesítéseket elvégezve:

$$z_{ml} = 0,50 \cdot \sqrt{45\,500 \cdot \frac{\pi \cdot 140 \cdot (1 - 0,3^2)}{46 \cdot 210\,000}} = 0,69 \text{ [mm]}$$

## 7.3. Igazolás statikus terhelésre

$$F_{Sd,s} \leq F_{Rd,s}$$

Ahol:	$F_{Sd,s}$	tervezett érintkezési erő, ami a futómacska legnagyobb dinamikus kerékterhelése;
	$F_{Rd,s}$	érintkezési erő tervezett határértéke.

### 7.3.1. A statikus érintkezési erő határértékének meghatározása

A meghatározáshoz a következő képletek használhatóak:

- nem felület keményített anyagok esetén, úgymint öntött, kovácsolt, hengerelt vagy edzett és nemesített anyagokra:

$$F_{Rd,s} = \frac{(7 \cdot HB)^2}{\gamma_m} \cdot \frac{\pi \cdot D_w \cdot b(1 - \nu^2)}{E_m} \cdot f_1 \cdot f_2$$

Ahol:	$F_{Rd,s}$	érintkezési erő tervezett határértéke;
	$E_m$	egyenértékű rugalmassági modulus, mindkét anyag acél, ezért értéke: 210 000 [N/mm <sup>2</sup> ];
	$\nu$	Radiális terhelési együttható (acélra $\nu = 0,3$ );
	$D_w$	kerék átmérő [mm];
	$b$	Effektív tehertartó (érintkező felületek) szélesség [mm];
	$HB$	fajlagos keménység, az anyag természetes keménységét alapul véve, a szakítószilárdság mélységénél. A sín anyaga S355, a kerék anyaga 34CrMo4. A táblázat (10.3.2.1 fejezet) alapján a kisebb keménység a sínhez tartozik, így $HB=175$ [N/mm <sup>2</sup> ];
	$\gamma_m$	Általános ellenállás együttható; $\gamma_m = 1,1$ ;
	$f_1$	Saroknyomás csökkentő tényező;
	$f_2$	Nem egyenletes nyomás csökkentő tényező eloszlása.

$f_1$  Saroknyomás csökkentő tényező meghatározása vonal érintkezés esetére:

$$r_3/w = 2/25 = 0,08$$

$f_2$  Nem egyenletes nyomás csökkentő tényező eloszlás meghatározása vonal érintkezés esetére. A kerék nem önbeálló beépítésű és a sín merev rögzítésű (hegesztett lefogású), a futómacskára előírt tűrésosztály ISO 12488-1 szabvány szerinti 2. tűrésosztály alapján a táblázatból megkapjuk a kerekeszt értéket:



$$f_2 = 0,85$$

A statikus érintkezési erő határértéke fentiek alapján:

$$F_{Rd,s} = \frac{(7 \cdot 175)^2}{1,1} \cdot \frac{\pi \cdot 140 \cdot 46(1 - 0,3^2)}{210\,000} \cdot 0,85 \cdot 0,85 = 86\,368,4[N]$$

A statikus terhelésre való igazolás:

$$F_{Sd,s} \leq F_{Rd,s}$$

Értékekkel:

$$45\,500[N] \leq 86\,368,4[N]$$

A fenti feltétel teljesül, vagyis a kerék/sín kapcsolat statikus terhelésre megfelelő.

## 7.4. Igazolás kifáradásra

$$F_{Sd,f} \leq F_{Rd,f}$$

Ahol:  $F_{Sd,f}$  maximális tervezett érintkezési erő kifáradásra;  
 $F_{Rd,f}$  érintkezési erő tervezett kifáradási határértéke.

Érintkezési erő kifáradási hatásértékének meghatározása:

$$F_{Rd,f} = \frac{F_u}{\gamma_{cf} \cdot \sqrt[m]{S_c}} \cdot f_t$$

Ahol:  $F_u$  referencia érintkezési erő;  
 $S_c$  érintkezési erő paraméter, külön számolva a kerékre és a sínre;  
 $\gamma_{cf}$  érintkezési ellenállás faktor fáradásra,  $\gamma_{cf} = 1,1$ ;  
 $f_t$  későbbi hatások tényezője;  
 $m$  kerék/sín kapcsolat kitevője,  $m = 10/3 = 3,33$ ;

### 7.4.1. Referencia erő számítása a kerékre/sínre

$$F_u = (3xHB)^2 \cdot \frac{\pi \cdot D_W \cdot b(1 - \nu^2)}{E_m}$$

A képlet alapján  $F_u$  értéke a sínre: (a szabvány 10 képlete alapján)

$$F_{u,sín} = (3 \cdot 175)^2 \cdot \frac{\pi \cdot 140 \cdot 46(1 - 0,3^2)}{210\,000} = 24\,152,1 \text{ [N]}$$

A képlet alapján  $F_u$  értéke a kerékre: (a szabvány 10 képlete alapján)

$$F_{u,kerék} = (3 \cdot 210)^2 \cdot \frac{\pi \cdot 140 \cdot 46(1 - 0,3^2)}{210\,000} = 34\,779,1 \text{ [N]}$$

## 7.4.2. Érintkezési erőttörténeti tényező meghatározása a kerékre

$$s_c = k_c \cdot v_c$$

Ahol:	$s_c$	érintkezési erőttörténeti tényező;
	$k_c$	érintkezési erő spektrum tényező;
	$v_c$	gördülő kontaktusok teljes száma.

Érintkezési erő spektrum tényező meghatározása:

$$k_c = \frac{1}{i_{tot}} \cdot \sum_{i=1}^{i_{tot}} \left( \frac{F_{Sd,f,i}}{F_{Sd,f}} \right)^m$$

Ahol:	$i$	érintkezési erő FSD,f,i, indexelése;
	$i_{tot}$	a kerék/sín teljes élettartama alatti (gördülési) érintkezések száma;
	$F_{Sd,f,i}$	az i-edik érintkezéshez tartozó tervezett fárasztó erő;
	$F_{Sd,f}$	a legnagyobb tervezett fárasztó erő;
	$m$	a kerék/sín kapcsolat kitevője, $m=10/3=3,33$ , a példában egyszerűsítve $m=3$ -al számolunk;

A példában a futódaru terhelési tényezője (besorolás alapján)  $Q_3 = 0,25$ , ami azt jelenti, hogy a futódaru a teljes élettartamát  $Q_3 \cdot SWL$  terheléssel üzemelve tudja biztonságosan elvégezni. A számításban ezért a  $k_c$  meghatározásnál a tervezett fárasztó erőt a maximális erő (tényező nélküli érintkezési erő) és a terhelési tényező szorzata adja, valamint a hasznos teher nélküli mozgást vesszük figyelembe. A hasznos teher nélküli mozgásnál a horogba állandóan csatlakoztatott  $2t$  saját tömegű megfogó kerékre eső részét is figyelembe kell venni, vagyis a megfogó tömegének negyedét (500 kg) hozzá kell adni a futómacska teher nélküli keréknyomásához.

Azaz a számításban szereplő erőértékek:

$$F_{Sd,f} = F_{Sd0,s} = 38\,800 \text{ [N]}$$

$$F_{Sd,f,1} = 0,25 \cdot F_{Sd0,S} = 9\,700 \text{ [N]}$$

$$F_{Sd,f,2} = F_{Sd0,üres} + 5\,000 = 8\,760 \text{ [N]}$$

A gördülő kontaktusok relatív számának ( $v_c$ ) meghatározása:

$$v_c = \frac{i_{tot,kerék}}{i_D}$$

Ahol:  $i_{tot}$  gördülő kontaktusok teljes száma a kerék/sín tervezett élettartama alatt;  
 $i_D$  gördülő kontaktusok száma a referenciaponton,  $i_D = 6,4 \cdot 10^6$ .

Az  $i_{tot}$  számítása:

$$i_{tot,kerék} = \frac{1}{l_w} \cdot \frac{2 \cdot \bar{x} \cdot C}{\pi \cdot D_w}$$

Ahol:  $\bar{x}$  a futómacska átlagos elmozdulása, a példában a macska tervezett átlagos elmozdulása = 8 [m];  
 $C$  a daru tervezett élettartama alatti ciklusszám, lásd MSZ EN 13001-1; a példában a besorolás szerinti ciklusszámot használjuk, (U4)  $C = 250\,000$ ;  
 $l_w$  a daru teljes élettartama alatti kerék készletek tervezett száma, (azaz a pótkerékkészletek száma + 1), segítségül lásd a szabvány 5. táblázatát. U4 besorolás esetén  $l_w = 2$ ;  
 $D_w$  kerékátmérő [mm].

A számítást elvégezve  $i_{tot}$  értéke a kerékre:

$$i_{tot,kerék} = \frac{1}{2} \cdot \frac{2 \cdot 8\,000 \cdot 250\,000}{\pi \cdot 140} = 4\,549\,590$$

A  $v_c$  értékének meghatározása:

$$v_c = \frac{4\,549\,590}{6\,400\,000} = 0,71$$

Az  $i_{tot}$  ismeretében a  $k_c$  meghatározása:

$$k_c = \frac{1}{i_{tot,kerék}} \cdot \left( i_{tot,kerék} \cdot \left( \frac{F_{Sd,f,1}}{F_{Sd,f}} \right)^3 + i_{tot,kerék} \cdot \left( \frac{F_{Sd,f,2}}{F_{Sd,f}} \right)^3 \right)$$

$$k_c = \frac{1}{4\,549\,590} \cdot \left( 4\,549\,590 \cdot \left( \frac{9\,700}{38\,800} \right)^3 + 4\,549\,590 \cdot \left( \frac{8\,760}{38\,800} \right)^3 \right) = 0,027$$

Ezen értékek meghatározása után a feszültségtörténeti tényező:

$$s_{c,kerék} = 0,027 \cdot 0,71 = 0,0192$$

### 7.4.3. Későbbi hatások tényezőjének meghatározása

$$f_f = f_{f1} \cdot f_{f2} \cdot f_{f3} \cdot f_{f4}$$

Ahol:	$f_{f1}$	sarok nyomás kifáradásra, előzőekben meghatározott $f_1 = 0,85$ értékkel egyenlő;
	$f_{f2}$	egyenetlen nyomás eloszlás kiáradására, elhanyagoljuk, értéke: 1. (lásd MSZ EN 13001-3-3:2015 - 6.4.3. pont);
	$f_{f3}$	beékelődés tényezője;
	$f_{f4}$	mechanikai hajtás tényezője, értéke: 0,95 (MSZ EN 13001-3-3:2015 - 6.4.5 pont).

A  $f_{f3}$  beékelődés tényezőjének számításához, szükség van a futómacska beékelődési szögére radiánban ( $\alpha$ ), számítása az MSZ EN 13001-2 szerint.

$$\alpha = \alpha_g + \alpha_w + \alpha_t$$

Az MSZ EN 13001-2 szabvány szerinti számítási módszerek alapján:

$$\alpha_g = \frac{s_g}{w_g} = \frac{7}{1\,500} = 0,0046$$

$$\alpha_w = 0,1 \cdot \frac{b_h}{w_g} = 0,1 \cdot \frac{50}{1\,500} = 0,0033$$

$\alpha_t = 0,0025$ , (lásd MSZ EN 13001-3-3:2015 - 6.4.4 pont)

Behelyettesítve az értékeket:

$$\alpha = 0,0046 + 0,0033 + 0,0025 = 0,0104$$

Mivel  $\alpha > 0,005$ , ezért a következő formulával számítjuk  $f_{f3}$  értékét:

$$f_{f3} = \sqrt[3]{\frac{0,005}{\alpha}} = \sqrt[3]{\frac{0,005}{0,0104}} = 0,783$$

A későbbi hatások tényezője fentiek alapján:

$$f_f = f_{f1} \cdot f_{f2} \cdot f_{f3} \cdot f_{f4} = 0,85 \cdot 1 \cdot 0,783 \cdot 0,95 = 0,632$$

A kifáradási határfeszültség értéke a kerékre:

$$F_{Rd,f} = \frac{F_{u,kerék}}{\gamma_{cf} \cdot \sqrt[m]{S_{c,kerék}}} \cdot f_t = \frac{34\,779,1}{1,1 \cdot \sqrt[3]{0,0192}} \cdot 0,632 = 74\,008 \text{ [N]}$$

Igazolás kifáradásra a kerékre a feltétel alapján:

$$F_{Sd,f} \leq F_{Rd,f,kerék}$$

$$38\,800 \text{ [N]} \leq 74\,008 \text{ [N]}$$

A feltétel teljesül, tehát a kerék kifáradásra megfelel.

A sínre elvégezve a fenti számításokat:

$$i_{lot,sín} = 2 \cdot n_w \cdot C$$

$$i_{lot,sín} = 2 \cdot 2 \cdot 250\,000 = 1\,000\,000$$

Ahol:  $n_w$  a futómacska érintkezési ponton áthaladó kerekeinek száma, egy oldalon 2 db kerék,  $n_w = 2$

A  $v_{c,sín}$  értékének meghatározása:

$$v_{c,sín} = \frac{1\,000\,000}{6\,400\,000} = 0,156$$

Ebből  $s_{c,sín}$  értéke:

$$s_{c,sín} = 0,125 \cdot 0,156 = 0,0195$$

A fáradási határfeszültség értéke a sínre:

$$F_{Rd,f,sín} = \frac{F_{u,sín}}{\gamma_{cf} \cdot \sqrt[m]{s_{c,sín}}} \cdot f_t = \frac{24152,1}{1,1 \cdot \sqrt[3]{0,0195}} \cdot 0,632 = 51\,554,6 \text{ [N]}$$

Igazolás kifáradásra a sínre a feltétel alapján:

$$F_{Sd,f} \leq F_{Rd,f,sín}$$

$$38\,800 \text{ [N]} \leq 51\,554,6 \text{ [N]}$$

A feltétel teljesül, tehát a sín kifáradásra megfelel.

Fenti értékekből látható, hogy a választott kerék és a sín kapcsolata fáradásra.

# Híddaruk méretezési segédlete

## **„E” melléklet**

### **Mintapélda híddaru gépészeti részegységek várható élettartamának meghatározására**

---

**MMK FAP azonosító:  
FAP-111/2019-AÉFT**

## 8. Számítási mintapélda várható élettartam meghatározására az ISO 12482 szabvány alapján

A jelen példában egy híddaru emelőművének várható élettartamát számítjuk ki. A választott híddaru 12,5 t teherbírású, 16,5 m fesztávolságú, kétfőtartós daru. A példában a daru egy éves használatát feltételezve végezzük el a számítást. A számítást egyszerűsített formában végezzük el, melynek pontatlansága a biztonság felé tér el a tényleges/pontosabb számításhoz képest.

### 8.1. A számításhoz szükséges paraméterek, adatok

Az alábbi táblázatban szerepelnek azon kiinduló adatok, amelyek alapján a számítás elvégezhető:

Megnevezés	Jel	Érték	Mértékegység
Névleges teherbírás	$Q_t$	12 500	[kg]
Emelési magasság	$H_n$	9	[m]
Átlagos emelési magasság	H	5	[m]
Max. emelési sebesség	V	5	[m/perc]
Emelőmű üzemi csoportszáma <i>ISO 4301</i>	-	M6	
Daruhíd üzemi csoportszáma <i>EN 13001-1</i>	-	U4/Q2	
Munkanapok száma a vizsgálati időszakban	J	250	[nap/év]
Átlagos napi munkaidő	T	8	[óra/nap]
Óránkénti munkaciklusok száma	N	20	[db/óra]

### 8.2. A tényleges működési órák számának meghatározása a vizsgálati időszakra vonatkozóan

A vizsgált híddaru 1 éve került üzembe helyezésre, így a számítást az elmúlt 1 éves időtartamra végezzük el, melyből a daru 250 napon napi 8 órás műszakban üzemelt.

A daru tényleges működési óráinak száma a következő képlettel határozható meg:

$$T_i = \frac{2 \cdot H \cdot N \cdot T \cdot J}{V \cdot 60}$$
$$T_i = \frac{2 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 8 \cdot 250}{5 \cdot 60} = 1333,3 \text{ [óra]}$$

### 8.3. A tényleges terhelési spektrumtényező meghatározása

A példában bemutatott híddarura állandó jelleggel egy megfogó szerkezet csatlakozik, melynek önsúlya 2 t.



Esetünkben a darut a következő jellemző teherkombinációkkal használták a vizsgálati időszakban napi 8 órás munkarendben:

Teherkombinációk [t]	Használati gyakoriság [%]	Terhelés $((Q_i / Q_t) \cdot 100)$ [%]
$Q_1 = 10 + 2 = 12$	$t_1 = 10$	96% $\rightarrow (\sim 100\%)$
$Q_2 = 5 + 2 = 7$	$t_2 = 40$	56% $\rightarrow (\sim 60\%)$
$Q_3 = 2$	$t_3 = 50$	16% $\rightarrow (\sim 20\%)$

Az egyszerűsített számításhoz a meghatározott használati gyakoriság (emelési üzemidő) százalékos értékeit az alábbi táblázatba soroljuk a felfelé kerekített terhelési százaléktértékeknek megfelelően:

Terhelés [%]	Emelési üzemidő [%]		$k_3$ tényező		Terhelési spektrum tényező
100	10	×	1	=	10
80	-	×	0,51	=	-
60	40	×	0,22	=	8,8
40	-	×	0,06	=	-
20	50	×	0,01	=	0,5
0	-	×	0	=	-
Összesen:	100 [%]		Összeg:		19,3
Osztva 100-zal:					0,193
Terhelési spektrum tényező, $K_{mi}$ :					0,193

Ahol:  $k_3$  a terhelés eloszlás harmadik hatvány

## 8.4. A részleges használati üzemidő meghatározása

A vizsgálati időszakra a részleges használati üzemidő a következő képlettel határozható meg:

$$S_i = K_{mi} \cdot T_i \cdot f$$

Ahol:  $S_i$  részleges használati üzemidő  
 $K_{mi}$  terhelési spektrumtényező  
 $T_i$  tényleges működési órák száma  
 $f$  regisztrálási tényező

Regisztrálási tényező (f)	
Adatrögzítés módja:	„f” értéke
Automatikus	1,0
Becslés alapján, dokumentált eljárásrend	1,1
Becslés alapján, dokumentált daruhasználat	1,2
Becslés alapján, becsült daruhasználat	1,3
Ismeretlen használat, tájékoztató érték alap-	1,5

ján

A példában szereplő daru üzemidejének meghatározása dokumentált daruhasználat alapján történt, tehát a regisztrálási tényező 1,2.

$$S_i = 0,193 \cdot 1333,3 \cdot 1,2 = 308,8 \text{ [óra]}$$

Tehát a daru részleges – vizsgálati időszakra vonatkozó – használati üzemideje:

$$S_i = 308,8 \text{ [óra]}$$

## 8.5. Az emelőmű hátralévő élettartamának kiszámítása

Az emelőmű üzemi csoportszáma: **M6** (ISO 4301)

Az alábbi táblázatból kivehető, hogy az M6-os csoportszámú emelőmű tervezett üzemideje (élettartama) 3 200 h.

Az emelő adattábláján feltüntetett csoportszám						SWP %	Becsült hátralévő élettartam [év]
M3 (1Bm)	M4 (1Am)	M5 (2m)	M6 (3m)	M7 (4m)	M8 (5m)		
Tényleges üzemidő S [óra]							
0	0	0	0	0	0	100	10
40	80	160	320	6 300	1 250	90	9
80	160	320	640	1 260	2 500	80	8
120	240	480	960	1 890	3 750	70	7
160	320	640	1 280	2 520	5 000	60	6
200	400	800	1 600	3 150	6 250	50	5
240	480	960	1 920	3 790	7 500	40	4
280	560	1 120	2 240	4 410	8 750	30	3
320	640	1 280	2 560	5 040	10 000	20	2
360	720	1 440	2 880	5 670	11 250	10	1
400	800	1 600	3 200	6 300	12 500	0	0

A számított részleges üzemidő 308,8 óra, így a két érték különbsége megadja a fennmaradó élettartamot.

$$3\,200 \text{ [óra]} - 308,8 \text{ [óra]} = 2891,2 \text{ [óra]}$$

A hátralévő élettartam százalékos értéke:

$$SWP = \frac{2\,891,2}{3\,200} \cdot 100 = 93,2 \text{ [%]}$$