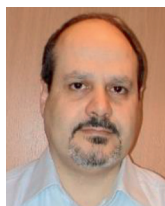


# A BETONOK FAGY- ÉS OLVASZTÓSÓ- ÁLLÓSÁG-VIZSGÁLATI HÁMLÁSÁNAK LASSULÁSI FOLYAMATA



DOI: 10.32969/VB.2020.2.1

Dr. Kausay Tibor – Dr. Nehme Salem G. – Dr. Balázs L. György

*A betonok fagy-, illetve fagy- és olvasztósóállóság-vizsgálati hámlása időben lejátszódó folyamat, amely lassuló vagy gyorsuló jellegének korábban nem túl sok figyelmet szenteltünk. A hámlasztásos fagyasztási lassulás is viszonylag új fogalomnak tekinthető, amely fogalom ilyen elnevezésének a nemzetközi irodalomban sem találtuk a nyomát.*

*E cikkben – amelyet az NVKP 16-1-2016-0019 pályázati támogatásból dolgoztuk ki – a hámlasztásos fagyasztási lassulási feltételt tartalmazó szabványoknak a lassulási feltétellel kapcsolatos intézkedéseit, valamint a lassulási feltétel e szabványokon túlmenő továbbfejlesztésének lehetőségét mutatjuk be.*

**Kulcsszavak:** beton, fagyállóság, fagy- és olvasztósóállóság, hámlasztásos fagyasztási lassulási feltétel

## 1. BEVEZETÉS

A fagyhatás okozta felületi betonhámlás fogalmára a figyelmet mintegy másfél évtizeddel ezelőtt a CEN/TS 12390-9:2006 európai műszaki specifikáció – amely a mai MSZ CEN/TS 12390-9:2018 műszaki specifikáció eredeti forrása – irányította, amelyben a peremes hámlasztásos és a felszívásos hámlasztásos fagy-, illetve fagy- és olvasztósóállóság-vizsgálati módszert szabályozták.

Ezt követően egyre több betontermék-szabványban kezdték a beton fagy-, illetve fagy- és olvasztósóállóságát, a fagyhatásnak kitett betontermék megfelelőségét vagy meg nem felelőségét a bevezetett hámlasztásos fagy-, illetve fagy- és olvasztósóállóság vizsgálatok eredménye alapján megítélni. E betontermék-szabványok némelyikében – mint például az MSZ EN 138772:2013 és az SN EN 2061/NE:2013 szabványban – a megfelelőség követelményeként nem csak a beton hámlasztásos fagyasztási fajlagos tömegveszteségének bizonyos megengedett mértékét írták elő, hanem a fagy-, illetve fagy- és olvasztósóállóságvizsgálati eredmények értékeléséhez ún. fagyasztási lassulási feltételt is fogalmaztak.

Az MSZ 4798:2016 szabvány 5.5.5. szakaszának (6) bekezdése szerint valamennyi fagy, illetve fagy- és olvasztósóállósági, de különösképpen az XF2 és XF4 környezeti osztályban ajánlatos a fagyasztási lassulási feltétel betartása is.

Bevezetésképpen kíséreljük meg a hámlasztásos fagyasztási lassulás fogalmának a meghatározását felépíteni:

- a vizsgálati próbatest felületéről a fagyasztás hatására lemállott anyag (esetünkben szilárd beton) tömegét nevezzük tömegveszteségnek, amelynek a mértékegysége kg;
- a tömegveszteség  $1,0 \text{ m}^2$  felületre vetített értékét nevezzük fajlagos tömegveszteségnek, amelynek a mértékegysége:  $\text{kg/m}^2$ ;
- az egymást követő fagyasztási-olvasztási ciklusok (röviden fagyasztási ciklusok vagy ciklusok) azon csoportját, amelynek hatására lemállott összes anyag fajlagos tömegét

a hámlási folyamat jellemzéséhez számításba vesszük, tekintjük egy vizsgálati szakasznak;

- a vizsgálat legalább két vizsgálati szakaszból áll;
- a vizsgálati szakaszok terjedelme egy adott vizsgálaton belül azonos, napjainkban általában 14 ciklus, vagy annak egész számú többszöröse;
- két egymást követő vizsgálati szakasz végén meghatározott – a vizsgálat kezdete óta keletkezett – összes fajlagos tömegveszteség különbségét ( $m_2 - m_1$ ) nevezzük fajlagos tömegveszteség-változásnak, amelynek a mértékegysége:  $\text{kg/m}^2$ ;
- az időegységre eső fajlagos tömegveszteség-változást tekintjük a fajlagos tömegveszteség-változás sebességének. Ha időegységnek a vizsgálati szakasz terjedelmét képező ciklusok számát tekintjük, akkor a vizsgálati szakasz terjedelmére vetített fajlagos tömegveszteség-változást nevezzük a vizsgálati szakasz fajlagos tömegveszteség-változási sebességének, amelynek mértékegysége:  $(\text{kg/m}^2)/(\text{a vizsgálati szakasz ciklusainak száma})$ ;
- ha a vizsgálati szakasz fajlagos tömegveszteség-változási sebessége az előző vizsgálati szakasz fajlagos tömegveszteség-változási sebességéhez képest csökken, akkor a fagyasztási hámlás folyamata lassul, ha növekszik, akkor a fagyasztási hámlás folyamata gyorsul;
- a szabványoknak a vizsgálat végén mért összes átlagos hámlási tömegveszteség megengedett mértékére vonatkozó előírását elsődleges vagy fő-követelménynek, a lassulási feltételt pedig másodlagos vagy mellék-követelménynek, illetve ajánlásnak tekintjük;
- a fő-követelménynek megfelelő fagy-, illetve fagy- és olvasztósóálló betonok fagyasztási hámlási folyamata feltétlenül lassul, ha a vizsgálat félidejében (az előírt összes ciklusszám felénél) mért összes átlagos tömegveszteség a fő-követelmény szerinti érték felénél több.

Eszerint a hámlasztásos fagyasztási lassulás fogalma alatt a fagyállóság-vizsgálati szakasz csökkenő fajlagos tömegvesz-

teség-változási sebességét értjük, amelynek csak a fő-követelmény szerint fagy-, illetve fagy- és olvasztósóálló betonok esetén van másodlagos – előírt, minősítő vagy például, mint az MSZ 4798:2016 szabvány esetén, ajánlott – szerepe.

Cikkünk tehát nem terjed ki a vizsgálat végeredményét tekintve nem fagyálló, illetve nem fagy- és olvasztósóálló betonok hámlasztásos fagyasztási folyamatának tárgyalására, és nem foglalkozunk olyan esetekkel sem, amelyekben a vizsgálat fagyasztási szakaszainak száma kettőnél több.

## 2. A SZABVÁNYOS HÁMLASZTÁSOS FAGY-, ILLETVE FAGY- ÉS OLVASZTÓSÓÁLLÓSÁG-VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEINEK ÉRTÉKELÉSE LASSULÁSI FELTÉTEL MELLETT

Ismereteink szerint a betonok fagyállósági osztályba sorolásához a fagyállóság vizsgálat alatt lehámló anyag (hámlási veszteség) tömegének ciklusszám-tartományonkénti csökkenését először a betonburkolatok MSZ EN 13877-2:2005 európai szabványában követelték meg, és ugyanaz a szöveg olvasható a szabvány ma érvényes változatában (MSZ EN 13877-2:2013) is: a szabvány 5. táblázata szerint a beton akkor sorolható a legszigorúbb, az FT2 fagyállósági osztályba, ha – függetlenül a mért és a megengedett fagyasztási tömegveszteség viszonyától (arányától, hányadosától) – az 56. ciklushoz tartozó összes mért átlagos tömegveszteség ( $m_{56} < 1,0 \text{ kg/m}^2$ ) és a 28. ciklushoz tartozó összes mért átlagos tömegveszteség ( $m_{28} < 0,5 \text{ kg/m}^2$ ) hányadosa nem nagyobb, mint 2,0, azaz  $m_{56}/m_{28} \leq 2,0$ ; továbbá az 56. ciklus után mért egyedi tömegveszteségek egyike sem nagyobb, mint  $1,5 \text{ kg/m}^2$ . Az MSZ EN 13877-2:2013 szabványban a mért tömegveszteség (tömegcsökkenés) elvárt arányának értéke ( $m_{56}/m_{28} \leq 2,0$ ) nem ajánlás, hanem követelmény.

A hámlasztásos fagyasztási lassulási feltétel szempontjából figyelemre méltó az EN 2061:2000 európai betonszabvány svájci nemzeti alkalmazási dokumentuma (SN EN 2061/NE:2013) is, amelyben előírják, hogy az XF4 környezeti osztályú fagy- és olvasztósóálló betonok hámlasztásos fagyasztási tömegveszteségének átlaga  $200 \text{ g/m}^2$ -nél, illetve felső küszöbértéke  $250 \text{ g/m}^2$ -nél nem lehet nagyobb. XF4 környezeti osztályú fagy- és olvasztósóálló betonnak tekintik azokat a betonokat is, amelyek hámlasztásos fagyasztási tömegveszteségének átlaga legfeljebb  $600 \text{ g/m}^2$ , illetve felső küszöbértéke legfeljebb  $800 \text{ g/m}^2$ , ha a 28. ciklus után mért tömegveszteség ( $\Delta m_{28}$ ) nem éri el a 6. ciklus után mért ( $\Delta m_6$ ) és a 14. ciklus után mért ( $\Delta m_{14}$ ) tömegveszteség összegét ( $\Delta m_{28} \leq (\Delta m_6 + \Delta m_{14})$ ), vagyis, ha a 28. ciklushoz tartozó összes mért tömegveszteség ( $m_{28}$ ) nem nagyobb, mint a 14. ciklushoz tartozó összes mért tömegveszteség ( $m_{14}$ ) kétszerese:  $m_{28} \leq 2 \times m_{14}$ .

Az európai és svájci lassulási feltétel mintájára hazánkban az MSZ 4798:2016 szabvány – amely az EN 206:2013 európai szabvány magyar nemzeti alkalmazási dokumentuma – 5.5.5. szakaszának (6) bekezdésében valamennyi XF környezeti osztályra vonatkozóan fogalmazták meg a hámlasztásos fagyasztási lassulási feltételt, amelynek figyelembevétele a peremes hámlasztásos és a kapillaris felszívásos hámlasztásos fagy-, illetve fagy- és olvasztósóállóság vizsgálat esetén ajánlott: ha az előírt N ciklusszámhoz tartozó összes mért (tapasztalati) fagyasztási veszteség ( $m_N$ ) eléri az előírt N ciklusszámhoz

tartozó megengedett  $M_N$  fagyasztási veszteség felét vagy annál nagyobb ( $m_N \geq M_N/2$ ), akkor az előírt N ciklusszámhoz tartozó összes mért fagyasztási veszteség ( $m_N$ ) legyen kisebb, mint az előírt N ciklusszám felének megfelelő ciklusszámhoz ( $N/2$ ) tartozó összes mért fagyasztási veszteség ( $m_{N/2}$ ) kétszerese ( $m_N \leq y_N = 2 \times m_{N/2}$ ), ahogy az 1. ábrán látszik. E két feltétel – azt is figyelembe véve, hogy  $m_{N/2} \leq m_N \leq M_N$  – egy egyenlőtlenséggel is kifejezhető:

$$\frac{m_{N/2}}{2} \leq \frac{m_N}{2} \leq \frac{M_N}{2} \leq m_N \leq 2 \times m_{N/2}$$

Más szóval: Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint lassul a fagyasztási hámlás folyamata – értve alatta azon hámlasztásos fagy-, illetve fagy- és olvasztósóállóság vizsgálatokat, amelyek esetén az előírt N ciklusszámhoz tartozó összes mért (tapasztalati) fagyasztási veszteség ( $m_N$ ) nem kisebb, mint az előírt N ciklusszámhoz tartozó megengedett  $M_N$  fagyasztási veszteség fele ( $m_N \geq M_N/2$ ) –, ha az előírt N ciklusszámhoz tartozó összes mért (tapasztalati) fagyasztási veszteség ( $m_N$ ) az  $x = n$  (fagyasztási-olvasztási ciklusok száma) és  $y = m$  (fagyasztási tömegveszteség  $\text{g/m}^2$  mértékegységben) koordináta-rendszerben ábrázolt

$$m = a \times n = \frac{m_{N/2}}{N/2} \times n$$

egyenesnek az  $x = n = N/2$  helyen felvett  $m = Y_{N/2} = Y_{\text{MIN}} = m_{N/2}$  értéke és az  $x = n = N$  helyen felvett, a szabványok szerinti  $m = Y_N = Y_{\text{MAX}} = 2 \times m_{N/2}$  értéke közé esik (1. ábra):

$$M_N/4 \leq m_{N/2} \leq \boxed{m_{N/2}} \leq m_N \leq \boxed{2 \times m_{N/2}},$$

azaz  $Y_{\text{MIN}} \leq m_N \leq Y_{\text{MAX}}$ ,

ahol a koordináta-rendszer kezdőpontján átmenő  $m = a \times n$  egyenesnek

- az  $n = N/2$  helyen felvett ordináta-értéke:  $Y_{\text{MIN}}$ , és
- az  $n = N$  helyen felvett ordináta-értéke:  $Y_{\text{MAX}}$ .

Az  $m = a \times n$  egyenes  $Y_{\text{MIN}}$  és  $Y_{\text{MAX}}$  közötti szakaszát *hátárvonalnak* nevezzük. A hámlás folyamata akkor lassul, ha a *hámlási görbe*  $n = N/2$  és  $n = N$  abszcissa-értékek közötti szakasza nem meredekebb, mint a hátárvonal, amelynek elnevezése e korlátozó szerep folyománya (1. ábra).

A lassulási feltétel teljesülésének megítéléséhez ismerni kell mind az előírt N ciklusszám feléhez tartozó ciklusszám ( $N/2$ ) után mért összes fagyasztási veszteség ( $m_{N/2}$ , jele az 1. ábrán: ①), mind az előírt N ciklusszámhoz tartozó összes mért fagyasztási veszteség ( $m_N$ , jele az 1. ábrán: ②) értékét, amelyekhez a lassulási feltétel szemléltető ábrája is rögzíthető. Így például az 1. ábra esetén az ① ( $m_{N/2}$ ) pont ( $x, y$ ) koordinátái: ( $N/2, 0,427 \times M_N$ ) és a ② ( $m_N$ ) pont ( $x, y$ ) koordinátái: ( $N, 0,659 \times M_N$ ). Az 1. ábrához tartozó  $m_{N/2}$  és  $m_N$  összes átlagos tömegveszteség hányadosa:  $m_{N/2}/m_N = 0,648$  és különbsége:  $(m_N - m_{N/2}) = 0,232 \times M_N$ . Az 1. ábrabeli példa esetén az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti lassulási feltétel:

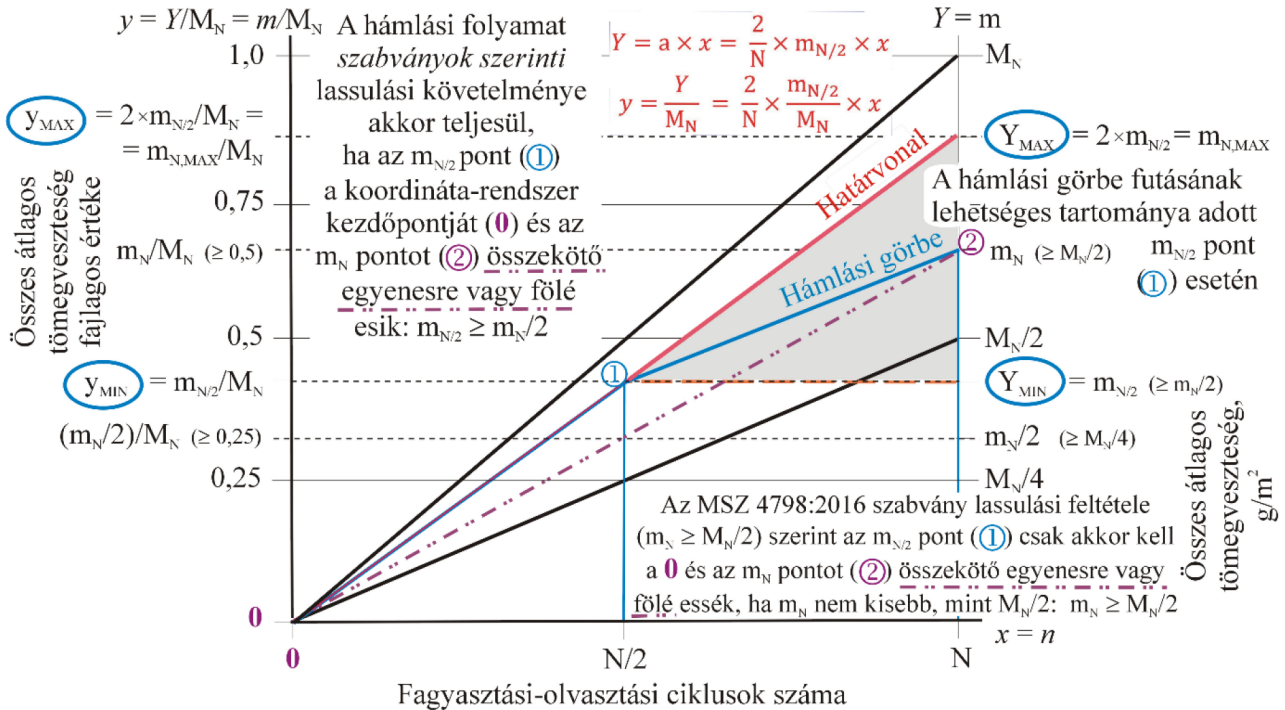
- egyrészt értelmezhető, hiszen:  $0,659 \times M_N = m_N \geq M_N/2 = 0,500 \times M_N$ ,
- másrészt teljesül, hiszen:  $0,659 \times M_N = m_N \leq 2 \times m_{N/2} = 2 \times 0,427 \times M_N = 0,854 \times M_N$ .

Az 1. ábrán azt is megfigyelhetjük, hogy az ① ( $m_{N/2}$ ) pontot a koordináta-rendszer kezdőpontját (0) az  $M_N$  ponttal összekötő egyenes alatt vettük fel, tehát az 1. ábrabeli példában:  $m_{N/2} < M_N/2$ , azaz  $y_{\text{MIN}} = m_{N/2}/M_N = 0,427 < 0,5$ .

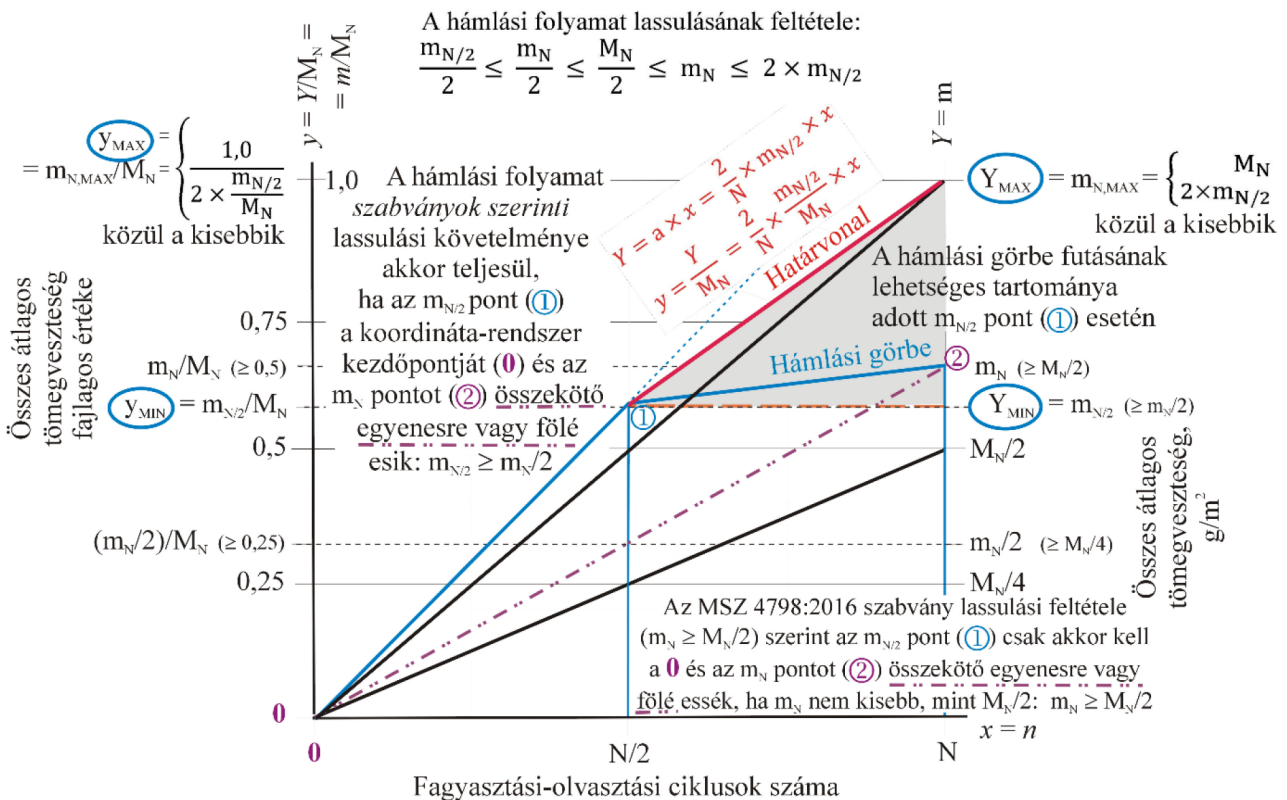
A 2. ábra olyan esetet szemléltet, amelyben  $m_{N/2} > M_N/2$ , miáltal az ① ( $m_{N/2}$ ) pont a koordináta-rendszer

A hámlási folyamat lassulásának feltétele:

$$\frac{m_{N/2}}{2} \leq \frac{m_N}{2} \leq \frac{M_N}{2} \leq m_N \leq 2 \times m_{N/2}$$



1. ábra: Példa az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti hámlasztásos fagyasztás lassulási feltételének szemléltetésére, amelyben a hámlási görbe ordinátája az  $N/2$  ciklusszámnál (1 pont a szakaszhatáron):  $y_{MIN} = m_{N/2}/M_N = 0,427 < 0,5$



2. ábra: Példa az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti hámlasztásos fagyasztás lassulási feltételének szemléltetésére, amelyben a hámlási görbe ordinátája az  $N/2$  ciklusszámnál (1 pont a szakaszhatáron):  $y_{MIN} = m_{N/2}/M_N = 0,585 > 0,5$

kezdőpontját (0) az  $M_N$  ponttal összekötő egyenes felett helyezkedik el.

A 2. ábrán a felvett (1) ( $m_{N/2}$ ) pont koordinátái: ( $N/2$ ,  $0,585 \times M_N$ ), az 1. ábrabelivel változatlan értékű (2) ( $m_N$ ) pont koordinátái: ( $N$ ,  $0,659 \times M_N$ ), és a hámlási görbe ordinátája az  $N/2$  ciklusszámnál (szakaszhatáron):  $y_{MIN} = m_{N/2}/M_N =$

$0,585 > 0,5$ . A 2. ábrához tartozó  $m_{N/2}$  és  $m_N$  összes átlagos tömegvesztés hányadosa:  $m_{N/2}/m_N = 0,888$  és különbsége:  $(m_N - m_{N/2}) = 0,074 \times M_N$ .

A 2. ábrán megfigyelhetjük, hogy ha az (1) ( $m_{N/2}$ ) pont a koordináta-rendszer kezdőpontját (0) az  $M_N$  ponttal összekötő egyenesen vagy afelett fekszik, azaz  $m_{N/2}/M_N \geq 0,5$  akkor a (2)



( $m_N$ ) pont minden lehetséges helyzetében lassuló folyamatot fejez ki, hiszen:  $m_{N/2} \geq m_N - m_{N/2}$ , azaz  $m_{N/2}/m_N \geq 0,5$ .

Ez azt jelenti, hogy ha a vizsgálat félidejében (N/2 ciklusszámnál) mért összes átlagos tömegvesztés  $m_{N/2}/M_N \geq 0,5$  és a próbatest a vizsgálat végeredményét tekintve (N ciklusszámnál) a fő-követelmény szerint fagy-, illetve fagy- és olvasztósóálló ( $m_N/M_N \leq 1,0$ ), akkor a hámlási folyamat csak lassuló lehet, tehát jellege a gyorsulás szempontjából figyelmet nem érdemel. Az ilyen hámlási folyamat kielégíti az 1. táblázat szerinti ❶ jelű lassulási feltételt, mint mellék-követelményt, illetve ajánlást.

A lassulási feltétel N ciklusszám melletti teljesülése egyébként nem biztosíték arra, hogy a hámlás folyamata az N értékét meghaladó, a vizsgálat során nem alkalmazott ciklusszám mellett is lassulna; a hámlás N ciklusszám melletti gyorsulása pedig nem zárja ki, hogy ha a vizsgálatot az N értéknél nagyobb ciklusszámmal is elvégeznék, akkor a folyamat ne lassulhatna. E bizonytalanságok miatt a lassulási feltétel betartása az MSZ 4798:2016 szabvány szerint *nem követelmény*, de teljesülésének jellegéből a beton fagy-, illetve fagy- és olvasztósóállóságára hasznos következtetések vonhatók le, akárcsak a próbatestek fagyállóság vizsgálat utáni állapotát bemutató fényképekből is, amelyek készítésére a magyar betonszabvány 5.5.5. szakaszának (7) bekezdésében ösztönöznek.

Az európai MSZ EN 13877-2:2013, a svájci SN EN 2061/NE:2013 és a magyar MSZ 4798:2016 szabvány hámlasztásos fagyasztási lassulási feltételeinek jellemzőit az 1. táblázatban összevetve megállapíthatjuk, hogy e szabványok lassulási feltételei bár hasonlóak, nem mindenben megegyezők.

Talán a legszembevetőbb eltérés, hogy

- amíg a magyar szabvány szerint a lassulási feltétel csak akkor érvényes, ha a vizsgálat végéhez tartozó összes mért fagyasztási tömegvesztés ( $m_N$ ) nem kisebb, mint a vizsgálat végéhez tartozó összes megengedett fagyasztási tömegvesztés ( $M_N$ ) fele:  $m_N \geq M_N/2$ , azaz  $m_N/M_N \geq 0,5$ ,
- addig az európai és a svájci szabvány szerint a lassulási feltétel független a vizsgálat végéhez tartozó összes mért ( $m_N$ ) és megengedett ( $M_N$ ) fagyasztási tömegvesztés viszonyától, és csak a vizsgálatnak a félidejéhez (N/2) tartozó összes mért fagyasztási tömegvesztés ( $m_{N/2}$ ) és a végéhez (N) tartozó összes mért fagyasztási tömegvesztés ( $m_N$ ) hányadosától függ:  $m_{N/2}/m_N \geq 0,5$ .

Az 1. táblázat alapján az 1. ábra segítségével könnyen belátható, hogy ha az  $x = n = N$  függőlegesében fekvő, valamely tetszőlegesen felvett  $m_N$  pontot (jele az 1. ábrán: ❷) összekötjük a koordináta-rendszer kezdőpontjával (az 1. ábrán: 0), akkor valamennyi szabvány szerint a lassulási feltétel teljesüléséhez az  $x = n = N/2$  függőlegesében fekvő  $m_{N/2}$  pontnak (jele az 1. ábrán: ❶) az  $m_N/2$  és az  $m_N$  pont közé kell esnie:  $m_N/2 \leq m_{N/2} \leq m_N$ . Ennek az egyen-

lőtlenségnek minden tagját  $m_N$  értékkel elosztva azt kapjuk, hogy  $(m_N/2)/m_N \leq m_{N/2}/m_N \leq m_N/m_N$ , illetve, hogy  $0,5 \leq m_{N/2}/m_N \leq 1,0$ , amely utóbbi nem más, mint a szabványok szerinti lassulási feltétel ( $m_{N/2}/m_N \geq 0,5$ ), lásd az 1. táblázatban a lassulási feltétel ❶ sorát; hozzátéve, hogy e feltétel kielégítése az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a lassulási teljesüléséhez ugyan szintén szükséges, de nem elégséges, lásd az 1. táblázatban a lassulási feltétel ❷ sorát.

Fagy-, illetve fagy- és olvasztósóálló beton esetén az 1. ábrán tetszőlegesen felvett  $m_N$  pont (❷) az  $x = n = N$  függőlegesében elvileg az  $Y = m = 0,0$  és az  $Y = m = M_N$  pont között bárhol fekhet, tehát – egyéb előírás híján – az európai és a svájci szabvány szerint a lassulási feltétel független a vizsgálat végéhez tartozó összes megengedett ( $M_N$ ) fagyasztási tömegvesztés értékétől, illetve a vizsgálat végéhez tartozó összes mért ( $m_N$ ) és megengedett ( $M_N$ ) fagyasztási tömegvesztés viszonyától ( $m_N/M_N$ ), lásd az 1. táblázatban a lassulási feltétel ❷ sorát.

Ennek értelmében az N/2 és N ciklusszámok között a fagyasztási hámlás folyamatának az európai és a svájci szabvány – e tekintetben szigorúbb előírása – szerint minden esetben lassulnia kell, a magyar szabvány – e tekintetben megengedőbb ajánlása – szerint pedig csak

**1. táblázat:** Az európai, svájci és magyar szabványos hámlasztásos fagyasztási lassulási feltételek összehasonlítása

Lassulási feltétellel foglalkozó szabvány	MSZ EN 13877-2:2013	SN EN 206-1/NE:2013	MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018
Fagyállósági osztály, amelyben a lassulási feltételnek szerepe van	FT2 osztály, amelyben a hámlási tömegvesztés mért átlagértéke 28 ciklus után: $m_{28} < 500 \text{ g/m}^2$ és 56 ciklus után: $m_{56} < 1000 \text{ g/m}^2$ kell legyen.	Igen fagy- és olvasztósóálló (lényegében XF4(CH) környezeti osztályú) beton, amely esetén a hámlási tömegvesztés mért átlagértéke 28 ciklus után: $m_{28} \leq 600 \text{ g/m}^2$ , és $m_{28} - m_{14} \leq m_{14}$ , azaz 14 ciklus után: $m_{14} \geq 300 \text{ g/m}^2$ kell legyen.	XF1, XF3, XF3(H), különösképpen: XF2, XF2(H), XF4, XF4(H) környezeti osztály
A lassulási feltétel alkalmazásának jellege	Előírás	Előírás az $m_{28} \leq 200 \text{ g/m}^2$ követelmény alternatívájaként, ha $m_{28} \leq 600 \text{ g/m}^2$	Ajánlás
Lassulási feltétel	❶ $1,0 \leq m_{56}/m_{28} \leq 2,0$ , azaz $1,0 \geq m_{N/2}/m_N \geq 0,5$	$1,0 \leq m_{28}/m_{14} \leq 2,0$ , azaz $1,0 \geq m_{N/2}/m_N \geq 0,5$	$1,0 \geq m_{N/2}/m_N \geq 0,5$
	❷ –	–	$1,0 \geq m_N/M_N \geq 0,5$
A lassulási feltétel a vizsgálat végén mért ( $m_N$ ) és megengedett ( $M_N$ ) fagyasztási tömegvesztés viszonyától...	független		a következőképpen függ: $M_N \geq m_N \geq M_N/2$ (Ha $0 < m_N < M_N/2$ , akkor a folyamat korlátlanul gyorsulhat.)
Lásd e táblázat fenti, a lassulási feltétel ❷ sorát.			
Folyamat gyorsulása: $m_{N/2}/m_N < 0,5$	Nem megengedett	Nem megengedett	Nem megengedett, kivéve, ha $0 < m_N/M_N < 0,5$

akkor, ha  $m_N \geq M_N/2$ , azaz ellenkező esetben ( $m_N < M_N/2$ ) a folyamat akár gyorsulhat is.

Elképzelésünk szerint a hámlasztásos fagyasztási lassulási feltétel – kiindulva az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerinti feltételből – a szabványokon túlmenően továbbfejleszhető.

### 3. A SZABVÁNYOS HÁMLASZTÁSOS FAGYASZTÁSI LASSULÁSI FELTÉTEL TOVÁBBFEJLESZTÉSE

A szabványos hámlasztásos fagyasztási lassulási feltételt a határvonal függvényének átalakításával (transzformálásával) számtalan módon továbbfejleszhetjük, és ehhez az átalakítás célja megszabta feltételeket is rendelhetünk.

A szabványos lassulási feltétel átalakításának célja elképzelésünk szerint például legyen az, hogy

- a fagyasztási hámlásnak a közepesnél jobban ( $0,0 < m_N/M_N < 0,5$ ) ellenálló fagy-, illetve fagy- és olvasztósóállóság betonok szabványos fagyasztási lassulási követelményét, illetve ajánlását ellenállóképességük arányában mérsékeljük. E célkitűzés csak azokra a betonokra nézve értelmes, amelyek vizsgálati félidejében (az előírt összes ciklusszám felénél) mért összes átlagos tömegvesztés a fő-követelmény szerinti érték felénél kisebb ( $2 \times m_{N/2}/M_N < 1,0$ );
- a szabványos lassulási feltételt ( $1,0 \geq m_{N/2}/m_N \geq 0,5$ ) – lásd az 1. táblázatbeli lassulási feltétel ❶ sorát – olyan lassulási feltétel váltsa fel, amelynek értelmében a közepesnél jobb ellenállóképességű betonok vizsgálati hámlási folyamata mérsékeltén gyorsulhat, és a mérsékelt gyorsulás a betonok fagy-, illetve fagy- és olvasztósóállósági hámlási ellenállása javulásának – az  $m_{N/2}/m_N$  hányados csökkenésének – arányában korlátozott mértékben növekedhet.

E cél elérése érdekében a transzformálás feltételei legyenek a következők:

- a koordináta-rendszer kezdőpontját és az  $x = n = N/2$  abszcissza érték függőlegesében lévő  $y = m_{N/2}/M_N = 0,5$  ordináta pontot összekötő egyenes (egyenlete:  $y = x/N$ ) koordináta-rendszerbeli helye maradjon változatlan. Az  $y = x/N$  egyenes az  $x = n = N$  abszcissza érték függőlegesét az  $y = m_N/M_N = 1,0$  ordináta pontban metszi (1. ábra);
- valamennyi, a koordináta-rendszer kezdőpontján és az  $x = n = N/2$  abszcissza érték függőlegesében lévő valamely  $0,0 < m_{N/2}/M_N < 0,5$  ordináta ponton átmenő egyenes (egyenlete:  $y = (2/N) \times (m_{N/2}/M_N) \times x$ ) a transzformáció után is az  $m_{N/2}/M_N$  értéket vegye fel az  $x = n = N/2$  abszcissza érték függőlegesében;
- az eredetileg koordináta-rendszer kezdőpontjában találkozó határvonal egyenesek a transzformáció után is egy pontban metszék egymást, és ez a pont az  $y = x/N$  egyenesen fekszik,  $x$  és  $y$  koordinátái pedig  $x = -N/2$  és  $y = -0,5$  legyenek.

A feladat tehát az  $(x_1 = -N/2; y_1 = -0,5)$  és  $(x_2 = N/2; y_2 = m_{N/2}/M_N)$  pontokon átmenő egyenesek egyenletének felírása. Két ponton átmenő egyenes esetén a következő összefüggésnek kell teljesülnie:

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$$

Ellenőrzésképpen írjuk fel a két ponton átmenő egyenes összefüggését az  $x'-y'$  segéd koordináta-rendszerben is, amely esetén a transzformáció folytán  $x' = x + N/2$  és  $y' = y + 0,5$ , és amelyben a szóban forgó két pont:  $(x'_1 = 0; y'_1 = 0)$  és  $(x'_2 = N; y'_2 = (m_{N/2}/M_N) + 0,5)$ :

$$\frac{y' - y'_1}{y'_2 - y'_1} = \frac{x' - x'_1}{x'_2 - x'_1}$$

A megfelelő értékek behelyettesítése és az összefüggések rendezése után mind az  $x-y$  koordináta-rendszerben, mind az  $x'-y'$  segéd koordináta-rendszerben felírt összefüggés azonosan adja a transzformált határvonalak egyenesi függvényesorának egyenletét:

$$y = \frac{1}{N} \times \left( \frac{m_{N/2}}{M_N} + \frac{1}{2} \right) \times x + \frac{1}{2} \times \left( \frac{m_{N/2}}{M_N} \right) - \frac{1}{4}$$

Ezzel az egyenlettel meghatározott transzformált függvényesor egyenseit az  $x'-y'$  segéd koordináta-rendszer alkalmazásával a 3. ábrán szerkesztettük meg, és a szerkesztés eredményeképpen a fagyasztás hámlási folyamatának továbbfejlesztett lassulási határvonalait a 4. ábrán rajzoltuk meg.

A transzformált függvényesor értékészletét a 2. táblázatban tüntettük fel. A fagyasztás hámlási folyamatának továbbfejlesztett lassulási határvonalaira a 2. táblázat  $m_{N/2}/M_N$ ,  $m_N/M_N$  és  $m_{N/2}/m_N$  oszlopai vonatkoznak, a 2. táblázat  $y'$  és  $y$  oszlopa pedig az  $x'-y'$  segéd koordináta-rendszer, illetve az  $x-y$  koordináta-rendszer ordinátájának adatait tartalmazza.

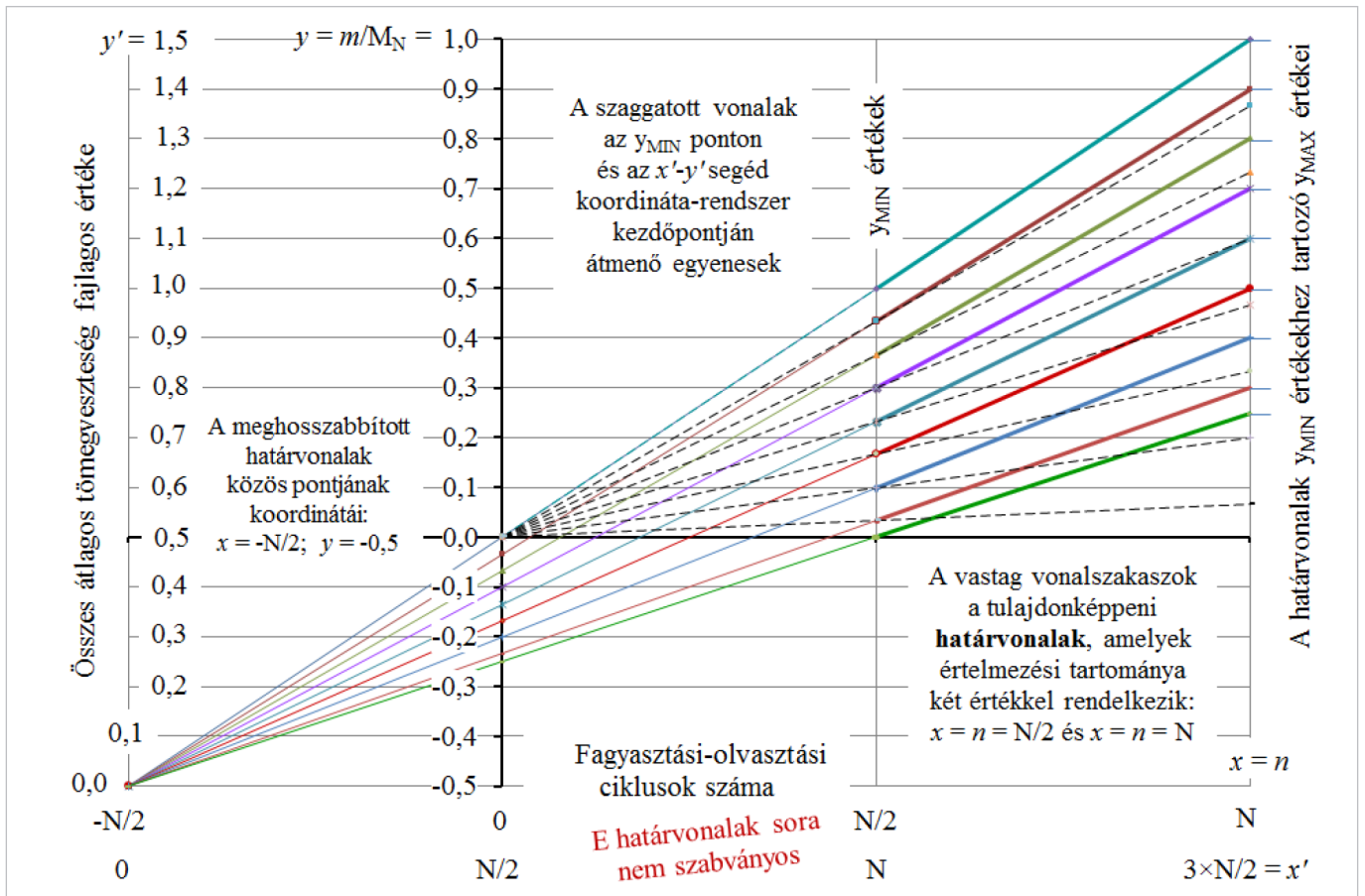
A 2. táblázat első oszlopának adatai azt mutatják, hogy célkitűzésünknek megfelelően:

- a továbbfejlesztett határvonalak meghosszabbított egyenesei az  $x = -N/2$  és  $y = -0,5$  koordinátájú pontban metszik egymást;
- és a továbbfejlesztett határvonalaknak az  $y_{MAX}$  és  $y_{MIN}$  értékek viszonyával leírható meredeksége az  $y_{MAX} - y_{MIN}$  különbségek, illetve az  $y_{MIN}/y_{MAX}$  hányadosok csökkenésével egymáshoz képest csökken, amely a hámlási folyamat korlátozott mértékű gyorsulása ezzel járó növekedésének elfogadását fejezi ki. Megjegyzendő, hogy az  $y_{MAX} - y_{MIN}$  különbségek, illetve az  $y_{MIN}/y_{MAX}$  hányadosok csökkenése az  $y_{MIN} = m_{N/2}/M_N$  hányados 0,5 értékről való csökkenésének folyománya.

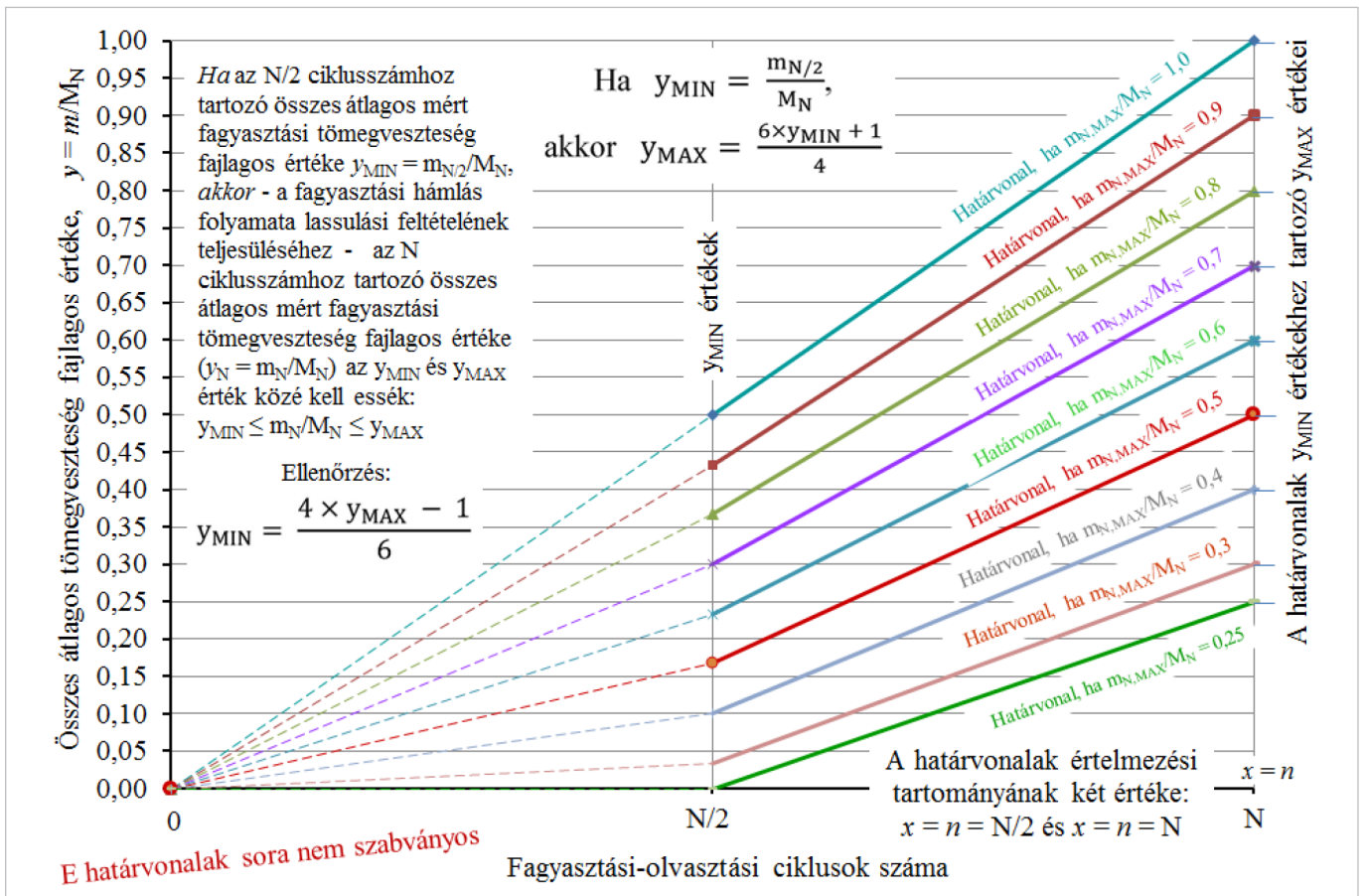
Térjünk röviden vissza az 1. ábrabeli példához, amelyben az  $y_{MIN} = 0,427$  értékű ❶ ( $m_{N/2}/M_N$ ) pontból kiindulva az MSZ 4798:2016 szabvány lassulási feltétele szerint szerkesztett határvonal végpontjának ( $2 \times m_{N/2}/M_N$ ) értéke  $y_{MAX} = 0,854$ . Ennek értelmében a vizsgálat félidejében ( $N/2$  ciklusszámnál) mért  $m_{N/2}/M_N = 0,427$  összes átlagos fajlagos tömegvesztés esetén a hámlási folyamat akkor lassul, ha a vizsgálat végén ( $N$  ciklusszámnál) mért az összes átlagos fajlagos tömegvesztés ( $m_N/M_N$ ) az  $y_{MIN} = m_{N/2}/M_N = 0,427$  és az  $y_{MAX} = m_N/M_N = 0,854$  érték közé esik. Az 1. ábrabeli hámlási görbe, amelynek a vizsgálat végéhez ( $N$  ciklusszámmal) tartozó értéke  $m_N/M_N = 0,659$  (az 1. ábrán a ❷ pont), ezt a feltételt akkor is teljesítette volna, ha az  $m_N$  érték az  $y_{MAX} = 0,854$  értéket elérte volna. (A szabványok 1. táblázatbeli ❶ lassulási feltétele szerinti határvonalakat a 3. ábrán szaggatott vonallal rajzoltuk meg.)

Ugyanakkor a transzformált határvonalak fenti egyenletével számolva a 2. táblázat \*-okkal jelölt sorában azt látjuk, hogy a továbbfejlesztett lassulási feltétel szerint az 1. ábrabeli hámlási görbe a szabványok előírását, illetve ajánlását meghaladó módon még akkor is elfogadott („lassuló hámlási folyamatának tekintendő”), ha a vizsgálat végén ( $N$  ciklusszámnál) mért összes átlagos fajlagos tömegvesztés értéke  $y_{MAX} = m_N/M_N = 0,891$ .

Az átalakítás eredményeként kapott lassulási feltétel jellemzőit a magyar betonszabványok (MSZ 4798:2016, és MSZ 4798:2016/2M:2018) lassulási feltételének jellemzőivel a 3. táblázatban vetettük össze. A 3. táblázatban látni lehet, hogy a továbbfejlesztett lassulási feltétel



3. ábra: A fagyasztás hámlási folyamata továbbfejlesztett lassulási határvonalainak szerkesztése segéd koordináta-rendszer (x'-y') alkalmazásával



4. ábra: A fagyasztás hámlási folyamatának továbbfejlesztett lassulási határvonalai

- mind az  $n = N$  fagyasztási ciklusszámhoz tartozó, a lassulási feltételt kielégítő legnagyobb  $m_N$ , illetve  $m_N/M_N$  érték ( $y_{MAX}$ , illetve  $y_{MAX}$ ),
- mind a lassulási feltétel fogalma,

- mind alkalmazandósága, illetve alkalmazhatósága,
- mind a folyamat gyorsulásának elfogadása,
- mind a hámlási határvonal függvényének egyenlete tekintetében a szabványos lassulási feltételnél árnyaltabb.

2. táblázat: A transformált függvény sor értékkészlete

$x = n = -N/2 \quad x' = 0$	$y = m/M_N$ értéke, ha			$m_{N,MAX}/M_N - m_{N/2}/M_N$	$m_{N/2}/m_{N,MAX}$
	$x = n = 0$ $x' = N/2$	$x = n = N/2$ $x' = N$	$x = n = N$ $x' = 3 \times N/2$		
Segéd koordináta-rendszer ordináta-tengelye	Ordináta-tengely	$m_{N/2}/M_N$	$m_{N,MAX}/M_N$		
$y'$	$y$	$y_{MIN}$	$y_{MAX}$	$y_{MAX} - y_{MIN}$	$y_{MIN}/y_{MAX}$
-0,500	0,000	0,500	1,000	0,500	0,500
-0,500	-0,008	0,483	0,975	0,492	0,496
-0,500	-0,013	0,475	0,963	0,488	0,494
-0,500	-0,017	0,467	0,950	0,483	0,491
-0,500	-0,025	0,450	0,925	0,475	0,486
-0,500	-0,033	0,433	0,900	0,467	0,481
-0,500*	-0,037*	0,427*	0,891*	0,464*	0,480*
-0,500	-0,038	0,425	0,888	0,463	0,479
-0,500	-0,042	0,417	0,875	0,458	0,476
-0,500	-0,050	0,400	0,850	0,450	0,471
-0,500	-0,058	0,383	0,825	0,442	0,465
-0,500	-0,063	0,375	0,813	0,438	0,462
-0,500	-0,067	0,367	0,800	0,433	0,458
-0,500	-0,075	0,350	0,775	0,425	0,452
-0,500	-0,083	0,333	0,750	0,417	0,444
-0,500	-0,088	0,325	0,738	0,413	0,441
-0,500	-0,092	0,317	0,725	0,408	0,437
-0,500	-0,100	0,300	0,700	0,400	0,429
-0,500	-0,108	0,283	0,675	0,392	0,420
-0,500	-0,113	0,275	0,663	0,388	0,415
-0,500	-0,117	0,267	0,650	0,383	0,410
-0,500	-0,125	0,250	0,625	0,375	0,400
-0,500	-0,133	0,233	0,600	0,367	0,389
-0,500	-0,138	0,225	0,588	0,363	0,383
-0,500	-0,142	0,217	0,575	0,358	0,377
-0,500	-0,150	0,200	0,550	0,350	0,364
-0,500	-0,158	0,183	0,525	0,342	0,349
-0,500	-0,163	0,175	0,513	0,338	0,341
-0,500	-0,167	0,167	0,500	0,333	0,333
-0,500	-0,175	0,150	0,475	0,325	0,316
-0,500	-0,183	0,133	0,450	0,317	0,296
-0,500	-0,188	0,125	0,438	0,313	0,286
-0,500	-0,192	0,117	0,425	0,308	0,275
-0,500	-0,200	0,100	0,400	0,300	0,250
-0,500	-0,208	0,083	0,375	0,292	0,222
-0,500	-0,213	0,075	0,363	0,288	0,207
-0,500	-0,217	0,067	0,350	0,283	0,190
-0,500	-0,225	0,050	0,325	0,275	0,154
-0,500	-0,233	0,033	0,300	0,267	0,111
-0,500	-0,238	0,025	0,288	0,263	0,087
-0,500	-0,242	0,017	0,275	0,258	0,061
-0,500	-0,250	0,000	0,250	0,250	0,000



**3. táblázat:** A magyar betonszabványok lassulási feltétele és a továbbfejlesztett lassulási feltétel összevetése

Lassulási feltétel jellemzői	MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018	Továbbfejlesztett lassulási feltétel
Fagyállósági osztály, amelyben a lassulási feltételnek szerepe van	XF1, XF3, XF3(H), különösképpen: XF2, XF2(H), XF4, XF4(H) környezeti osztály	
A lassulási feltétel alkalmazásának jellege	ajánlás	
Az $n = N$ fagyasztási ciklusszámhoz tartozó, a lassulási feltételt kielégítő legnagyobb $m_N$ , illetve $m_N/M_N$ érték ( $Y_{MAX}$ , illetve $y_{MAX}$ )	$Y_{MAX} = 2 \times m_{N/2}$ $y_{MAX} = 2 \times \frac{m_{N/2}}{M_N}$	$Y_{MAX} = \frac{6 \times m_{N/2} + 1}{4}$ $y_{MAX} = \frac{6 \times \frac{m_{N/2}}{M_N} + 1}{4}$
Lassulási feltétel	$1,0 \geq m_{N/2}/m_N \geq 0,5$ $(1,0 \leq m_N/m_{N/2} \leq 2,0)$	A lassulási feltétel az $y_{MIN}$ ( $m_N/M_N$ hányados) és a határvonal szerint hozzá tartozó $y_{MAX}$ ( $m_{N,MAX}/M_N$ hányados) függvénye.
A lassulási feltétel alkalmazandósága, illetve alkalmazhatósága az $m_N/M_N$ hányados függvényében	A lassulási feltétel az $m_N/M_N$ hányados függvényében csak akkor alkalmazandó, ha $M_N/2 \leq m_N \leq M_N$ , azaz $0,5 \leq m_N/M_N \leq 1,0$ .	A lassulási feltétel a $0,0 < m_N/M_N < 1,0$ hányados nagyságától függetlenül alkalmazható.
Folyamat gyorsulása: $m_N/2/m_N < 0,5$	Nem megengedett, kivéve, ha $0,0 < m_N/M_N < 0,5$ , azaz $0,0 < m_N < M_N/2$ , amikor is a folyamat korlátlanul gyorsulhat.	A folyamat bármely $0,0 < m_N/M_N < 1,0$ hányados esetén korlátozottan gyorsulhat az $y_{MIN}$ és $y_{MAX}$ értékek meghatározta határvonal szerint.
A hámlási határvonal függvényének egyenlete	$y = \frac{2}{N} \times \frac{m_{N/2}}{M_N} \times x$	$y = \frac{1}{N} \times \left( \frac{m_{N/2}}{M_N} + \frac{1}{2} \right) \times x + \frac{1}{2} \times \left( \frac{m_{N/2}}{M_N} \right) - \frac{1}{4}$
Megjegyzés: Az $n = N$ fagyasztási ciklusszámhoz tartozó, a lassulási feltételt kielégítő legnagyobb $m_N$ , illetve $m_N/M_N$ érték ( $Y_{MAX}$ , illetve $y_{MAX}$ ) az $n = N/2$ ciklusszámmal mért átlagos hámlási veszteség mért értékének ( $Y_{MIN} = m_{N/2}$ ), illetve mért fajlagos értékének ( $y_{MIN} = m_{N/2}/M_N$ ) a függvénye.		

Mind a szabványokon alapuló, mind a fenti továbbfejlesztett lassulási feltételekhez tartozó, az 1. – 4. ábrán poligonként (folytonos vonallal rajzolt hisztogramként) ábrázolt határvonalak függvényének (hisztogramjának) értelmezési tartománya igen szegényes, hiszen e függvények (hisztogramok) diszkrét (nem folytonos, hanem megszámlálható tagú) független változójának ( $x = n$ ) csak két értelmezhető tagja van, az  $x = n = N/2$  kezdő- és  $x = n = N$  záróérték.

A fagyasztási hámlás folyamata lassulásának vagy gyorsulásának bizonyossága a határvonalak függvénye értelmezési tartományának bővítésével, az  $x = n$  diszkrét független változó értelmezhető tagjai számának növelésével, azaz a hámlási veszteségek gyakoribb – például 7, esetleg 4 fagyasztási-olvasztási ciklusonkénti – mérésével növelhető.

## 4. MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK

Cikkünkben a fagy-, illetve fagy- és olvasztósóálló betonok MSZ EN 138772:2013, SN EN 2061/NE:2013 és

MSZ 4798:2016 szabványok bevezette hámlasztásos fagyasztási lassulási feltétellel, valamint a lassulási feltételnek e szabványokon túlmenő továbbfejlesztésével foglalkoztunk.

A lassulási feltétel alkalmazásának értelme, hogy általa a hámlasztásos fagyasztás-olvasztási ciklusok betonkárosító hatására nem csak a vizsgálat végeredménye, hanem a hámlási folyamatának jellege alapján is lehet következtetni.

A fagyasztási hámlás folyamatának leírásához értelmeztük a hámlasztásos fagyasztási lassulás fogalmát, bevezettük a határvonal fogalmát, és a szabványos hámlasztásos fagyasztási lassulás feltételét e határvonal függvényének átalakításával továbbfejlesztettük.

A továbbfejlesztett lassulási feltétel alkalmazhatósága a szabványos lassulási feltétel alkalmazhatóságánál szélesebb körű, és figyelembevétele a fagy, illetve fagy- és olvasztósóállóság-vizsgálati eredmények szabványos értékelésénél árnyaltabb értékelésre ad lehetőséget, amellyel élni főképp kutatási eredmények elemzése és gyakorlati hasznosíthatóságuk tanulmányozása során érdemes.

## 5. KÖSZÖNET-NYILVÁNÍTÁS

A cikk szerzői köszönetet mondanak az NVKP 16-1-2016-0019 „Fokozott ellenállóképességű (kémiai korrózió- és tűzálló és fagyálló) beton termékek anyagtudományi, kísérleti fejlesztése” című pályázaton keresztül kapott kutatási támogatásért.

## 6. ACKNOWLEDGEMENT

Authors acknowledge the support by the Hungarian Research Grant NVKP\_16-1-2016-0019 “Development of concrete products with improved resistance to chemical corrosion, fire or freeze-thaw”.

## 7. HIVATKOZOTT SZAKIRODALOM

- Balázs L. Gy. – Kausay T. (2008), „Betonok fagy- és olvasztósóállóságának vizsgálata és követelmények – 1. Értelmezés”, *Vasbetonépítés*, X. évfolyam 2008/4. szám, pp. 127-135.
- Balázs L. Gy. – Kausay T. (2009), „Betonok fagy- és olvasztósóállóságának vizsgálata és követelmények – 2. Vizsgálat”, *Vasbetonépítés*, XI. évfolyam 2009/2. szám, pp. 55-65.
- Balázs L. Gy. – Kausay T. (2019), „Betontípusok, fogalmak, jelölések, újdonságok. Az MSZ 4798:2016, MSZ 4798:2016/1M:2017 és MSZ 4798:2016/2M:2018 betonszabvány néhány fejezetének értelmezése. 2. rész: Betonok szabványos jelölése, betontermék, bedolgozási konzisztencia, betontechnológiai munkameneterv”, *Vasbetonépítés*, XXI. évfolyam 2019/4. szám, pp. 97-110.



## 8. HIVATKOZOTT SZABVÁNYOK, MŰSZAKI SPECIFIKÁCIÓK

- MSZ 4798:2016 „Beton. Műszaki követelmények, tulajdonságok, készítés és megfelelés, valamint az EN 206 alkalmazási feltételei Magyarországon”
- MSZ 4798:2016/2M:2018 „Beton. Műszaki követelmények, tulajdonságok, készítés és megfelelés, valamint az EN 206 alkalmazási feltételei Magyarországon” Az MSZ 4798:2016 szabvány módosítása
- MSZ EN 13877-2:2013 „Betonburkolatok. 2. rész: Betonburkolatok rendeltetésnek megfelelő követelményei”
- MSZ CEN/TS 12390-9:2018 „A megszilárdult beton vizsgálata. 9. rész: Fagyállóság jégolvasztó sóval. Lehámlás” (Megjegyzés: A műszaki specifikáció alcíme két szempontból is félrevezető: egyrészt azért, mert a műszaki specifikáció szerint a fagyasztóközeg jégolvasztósó nélküli ionmentes víz is lehet; másrészt azért, mert a műszaki specifikációban az ún. kockavizsgálatot is tárgyalják, amellyel nem a felületi hámlás, hanem a térfogati mállás vizsgálendő.)
- CEN/TS 12390-9:2006 „Testing hardened concrete. Part 9: Freeze-thaw resistance. Scaling” Visszavont európai műszaki specifikáció
- EN 2061:2000 „Concrete. Part 1: Specification, performance, production and conformity”
- EN 206:2013 „Concrete. Specification, performance, production and conformity”
- SN EN 206-1/NE:2013 Beton. Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität. Nationale Elemente NE zur Norm SN EN 206-1:2000

**Dr. Kausay Tibor** (1934) okl. építőmérnök (1961), vasbetonépítési szakmérnök (1967), egyetemi doktor (1969), a műszaki tudomány kandidátusa (1978), Ph.D. (1997), címzetes egyetemi docens (1985), címzetes egyetemi tanár a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéken (2003), a *fib* Magyar Tagozat tagja (2000), az MTA gróf Lónyay Menyhért emlékérmese (2003), a Palotás László-díj birtokosa (2015). Tevékenysége a betontechnológiai és a kő- és kavicsipari kutatásra, fejlesztésre, szakértésre, oktatásra, szabványosításra terjed ki. Publikációinak száma mintegy 220.

**Dr. Nehme Salem Georges** (1963) okl. építőmérnök, PhD, egyetemi docens, a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék oktatója. Fő érdeklődési területei: a beton porozítása, a betonok és öntömörödő betonok tartósságának összefüggése a porozítással, az öntömörödő betonok és acélszálás öntömörödő betonok alkalmazása a beton és vasbeton megerősítésében, az öntömörödő betonok tömegbetonként történő alkalmazási problémáinak megszüntetése. A Magyar Mérnöki Kamara (T1-01-9159), a *fib* Magyar Tagozat és a Szilikátipari Tudományos Egyesület tagja.

**Dr. Balázs L. György** (1958) okl. építőmérnök, mérnöki matematikai szakmérnök PhD, Dr. habil., egyetemi tanár, BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék. MTA műszaki tud. kandidátusa. Fő kutatási területei: beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek (anyagai, laboratóriumi vizsgálata és modellezése), roncsolásmentes vizsgálatok. Speciális betonok és betétek: szálerősítésű betonok (FRC), nem acélszálú (FRP) betétek, megerősítések anyagai és módjai, HPC, UHPC, LWC. Tűzállóságra való tervezés, tűzállóság fokozása. Fagyállóság fokozása. Kémiai ellenállóképesség fokozása. Tartósság. Használati élettartam. Fenntartható építés. Erőátadódás betonban, vasbeton tartók repedezettségi állapota. Fáradás. Lökésszerű terhelés. Nukleáris létesítmények. A *fib* (Nemzetközi Betonszövetség) elnöke (2011-2012), jelenleg tiszteletbeli elnöke. A *fib* Magyar Tagozat elnöke. Az Int. PhD Symp. in Civil Engineering alapítója. A *fib* Com 9 „Dissemination of knowledge” elnöke.

### FREEZE-THAW RESISTANCE OF CONCRETE WITH DECREASING DEGRADATION RATE

**Tibor Kausay – Salem G. Nehme – György L. Balázs**

Freeze-thaw resistance of concrete with or without deicing salts defined as scaling resistance is a long term process with increasing or decreasing tendencies which reached nowadays an increasing interest. The terminology: freeze-thaw resistance of concrete with decreasing degradation rate is itself a new terminology, we did not find a previous example of it. Present paper has been developed as part of the results of the Hungarian Research Grant Nr. NVKP 16-1-2016-0019 entitled “Development of concrete products with improved resistance to chemical corrosion, fire or freeze-thaw”. Our intention was to define freeze-thaw resistance of concrete possible with decreasing degradation rates and to formulate its conditions.