

316.594

24  
1994

# ÉPÍTÉS- ÉPÍTÉSZET- TUDOMÁNY

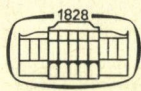
22.

5

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI: SZABÓ JÁNOS

XXIV. KÖTET  
1—2. SZÁM



AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST 1994

# ÉPÍTÉS- ÉPÍTÉSZETTUDOMÁNY

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG:

DR. KALISZKY SÁNDOR, DR. PERÉNYI IMRE, DR. SZABÓ JÁNOS,  
DR. VÁMOSSY FERENC

TECHNIKAI SZERKESZTŐK:

HORVÁTHNÉ DR. SIPOS EDIT ÉS DR. VÁMOSSY FERENC

1521 BUDAPEST, MŰEGYETEM RAKPART 3. BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM  
K. II. 60. (ÉPÍTÉSZETTÖRTÉNETI ÉS ELMÉLETI INTÉZET)

---

*A kiadvány példányonként megvásárolható:*

Az Akadémiai Kiadó *Stúdium* (1368 Budapest, Váci utca 22., tel.: 118-5881) és  
*Magiszter* (1052 Budapest, Városház utca 1., tel.: 138-2440) könyvesboltjaiban.

Külföldön terjeszti a  
KULTURA KÜLKERESKEDELMI VÁLLALAT  
1389 Budapest, Fő utca 32. Telefon: 142-9760  
Pénzforgalmi jelzőszám: 218—10 990.

---

# ÉPÍTÉS- ÉPÍTÉSZET- TUDOMÁNY

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI: SZABÓ JÁNOS

XXIV. KÖTET

1—2. SZÁM

AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST 1994

MAGYAR  
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
KÖNYVTÁRA

## TARTALOM

Dr. Kollár Lajos—Póth László: Több falelemmel merevített épület igénybevételei .....	3
Dr. Mistéth Endre: Excentrikusan nyomott rúd .....	37
Dr. Zádor Mihály—Dr. Kollár György: Új eljárás mállott mészkő felületek szilárdításos konzerválására és kőpótlások készítésére .....	77
Dr. Dulácska Endre: A földrengés mérnöki értékelése .....	101

---

Dr. Kollár Lajos, az MTA levelező tagja  
—Póth László

## TÖBB FALELEMMEL MEREVÍTETT ÉPÜLET IGÉNYBEVÉTELEI

### 1. A PROBLÉMA LEÍRÁSA

Egy épület merevítőrendszerével szemben két követelményünk van: a merevségi és a szilárdsági. A merevségre az épület stabilitásának biztosításához van szükség, lásd részletesen /Kollár, 1991/-ben. Itt csak annyit említünk meg, hogy a mag kritikus ereje — korlátlanul rugalmas anyagot feltételezve — kellő biztonsággal kell hogy nagyobb legyen az épület teljes terhénél.

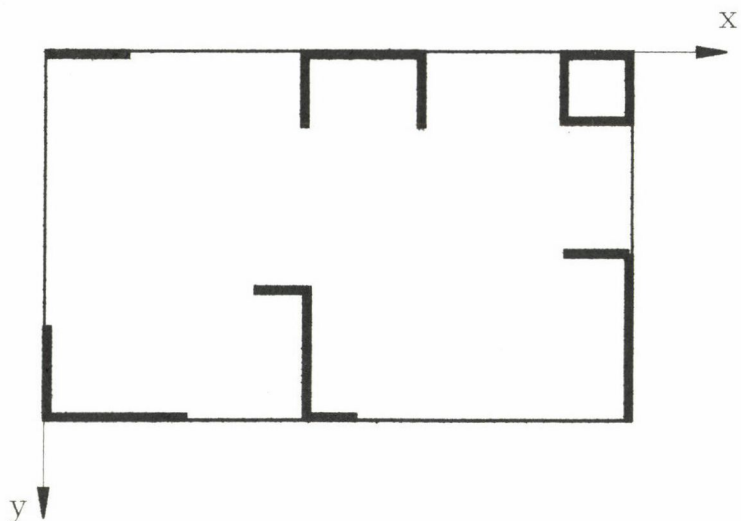
A szilárdsági követelmény azt jelenti, hogy a merevítőrendszer kellő biztonsággal vegye fel az épületre ható vízszintes terheket. Ebben a dolgozatban a merevítőrendszer szilárdsági méretezésével kívánunk foglalkozni.

Az épületek vízszintes merevítését sok esetben nem egyetlen merevítő maggal oldják meg, hanem több falelemmel, amelyek az épület alapterületén szétszórva helyezkednek el, s csupán a födécek kapcsolják össze őket. Számítógéppel különösebb nehézség nélkül kezelhetjük őket, de ahhoz, hogy meg tudjuk választani a szükséges méreteiket és számukat, világos és áttekinthető képet kell kapnunk erőjátékukról. Ehhez legcélszerűbb, ha egyetlen helyettesítő maggá foglaljuk össze őket.

A helyettesítő mag merevségei azonosak kell hogy legyenek a falak által képviselt merevségek összegével. Ezt akkor tudjuk egyszerűen előállítani, ha valamennyi fal keresztmetszete állandó a magasság mentén, továbbá a födém-tárcsák a saját síkjukban végtelenül merevek, arra merőlegesen viszont igen hajlékonyak.

Az egyes falelemről csupán azt kötjük még ki, hogy faluk vékony, és egyelőre azt is megkívánjuk, hogy ne legyenek bennük nyílások. Alakjuk tetyszöleges, lehetnek nyitottak vagy zártak, ebben a dolgozatban viszont csak olyan falelemekkel foglalkozunk, amelyek  $x$  vagy  $y$  irányú egyenes falsávokból állnak. Egy ilyen merevítőfal-kialakítást mutat az 1. ábra.

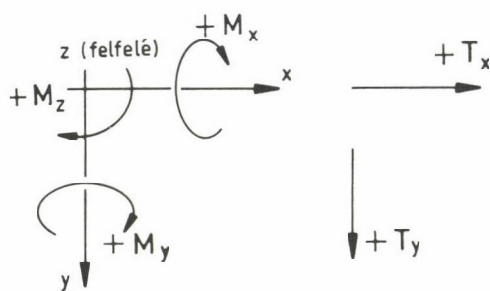
Mivel a merevítő mag mint egyetlen rúd ferde hajlítást és csavarást szenved, merevségeit pedig az eddig elmondottak szerint az  $x, y$  koordináta-



1. ábra

rendszerben tudjuk egyszerűen felírni, először összefoglaljuk a ferde hajlításra vonatkozó eredményeket az  $x, y$  koordináta-rendszerben felírt keresztmetszeti adatokat felhasználva. Ezenkívül megadjuk a csavarási igénybevételeket is, melyeket az öblösödési merevség tesz némileg bonyolultabbá. Utána tárgyaljuk a helyettesítő mag merevségeinek kiszámítását a falelemek adataiból, majd a mag igénybevételeinek szétosztását a falelemek között, végül a falelemekben ébredő feszültségek kiszámításával, illetve a számítás egyszerűsítésének lehetőségeivel foglalkozunk. Mindezek alkalmazását számpéldán mutatjuk be.

A dolgozatban a következő fontosabb jelöléseket alkalmazzuk (lásd a 2. ábrát is):



2. ábra

$x, y$	vízszintes koordináták
$z$	függőleges koordináta
$p_x, p_y$	a $z$ függőleges mentén egyenletesen megoszló teher
$T_x, T_y$	vízszintes nyíróerők
$M_x, M_y$	hajlítónyomatékok az $y$ , ill. az $x$ tengely körül
$M_z$	csavarónyomaték az origóra

Összefüggések e mennyiségek között:

$$\begin{aligned}
 p_x &= -T_x' & p_y &= -T_y' \\
 T_x &= -M_y' & T_y &= +M_x' \\
 M_z &= -T_x \cdot y + T_y \cdot x
 \end{aligned}
 \tag{2-1}$$

$E, G$	rugalmassági, ill. nyírási modulus
$I_x, I_y$	hajlítási inercianyomatékok
$I_{xy}$	centrifugális nyomaték
$I_t$	csavarási inercianyomaték
$I_\omega$	öblösödési nyomaték
$e_x, e_y$	eltolódás $x$ , ill. $y$ irányban
'	$= d/dz$
"	$= d^2/dz^2$
"'	$= d^3/dz^3$
$l$	a merevítő mag hossza
$M_{t,k}$	külső csavarónyomaték
$M_t$	belső (tiszt) csavarónyomaték
$M_{t,\omega}$	öblösödési csavarónyomaték
$m_t$	az egységnyi függőleges hosszra ható külső csavarónyomaték
$x, y$	(index nélkül) a pontok koordinátái egy falelemen belül
$x_i, y_i$	az $i$ -edik falelem nyírásközéppontjának koordinátái egy tetszőlegesen megválasztott koordináta-rendszerben
$x_0, y_0$	a mag nyírásközéppontjának koordinátái ugyanebben a koordináta-rendszerben
$\bar{x}_i, \bar{y}_i$	az $i$ -edik falelem saját nyírásközéppontjának távolságai a mag 0 nyírásközéppontjától

Indexek:

$i$  az  $i$ -edik falelem jele

Egy felső vesszővel (' ) a csak nyírási alakváltozást végző falakra vonatkozó mennyiségeket jelöljük (7. fejezet).

A teljes merevítőrendszerre (magra) vonatkozó mennyiségeket index nélküli betűkkel jelöljük.

## 2. A MEREVÍTŐ MAG IGÉNYBEVÉTELEI

### 2.1. Ferde hajlítás

Tarnai /1993/ a következő összefüggéseket vezette le az x,y koordináta-rendszerben levő, adott keresztmetszeti jellemzőkkel rendelkező rúd ferde hajlítására (lásd a 2. ábrát is).

Az egész mag alakváltozásai:

$$\begin{bmatrix} e_x'' \\ e_y'' \end{bmatrix} = \frac{1}{E(I_x \cdot I_y - I_{xy}^2)} \begin{bmatrix} I_x & -I_{xy} \\ -I_{xy} & I_y \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} M_y \\ -M_x \end{bmatrix}, \quad (2-2)$$

$$\begin{bmatrix} e_x''' \\ e_y''' \end{bmatrix} = \frac{1}{E(I_x \cdot I_y - I_{xy}^2)} \begin{bmatrix} I_x & -I_{xy} \\ -I_{xy} & I_y \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \end{bmatrix}. \quad (2-3)$$

Az igénybevételek az egész magra:

$$\begin{bmatrix} M_y \\ -M_x \end{bmatrix} = E \begin{bmatrix} I_y & I_{xy} \\ I_{xy} & I_x \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} e_x'' \\ e_y'' \end{bmatrix}, \quad (2-4)$$

$$\begin{bmatrix} T_x \\ T_y \end{bmatrix} = -E \begin{bmatrix} I_y & I_{xy} \\ I_{xy} & I_x \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} e_x''' \\ e_y''' \end{bmatrix}. \quad (2-5)$$

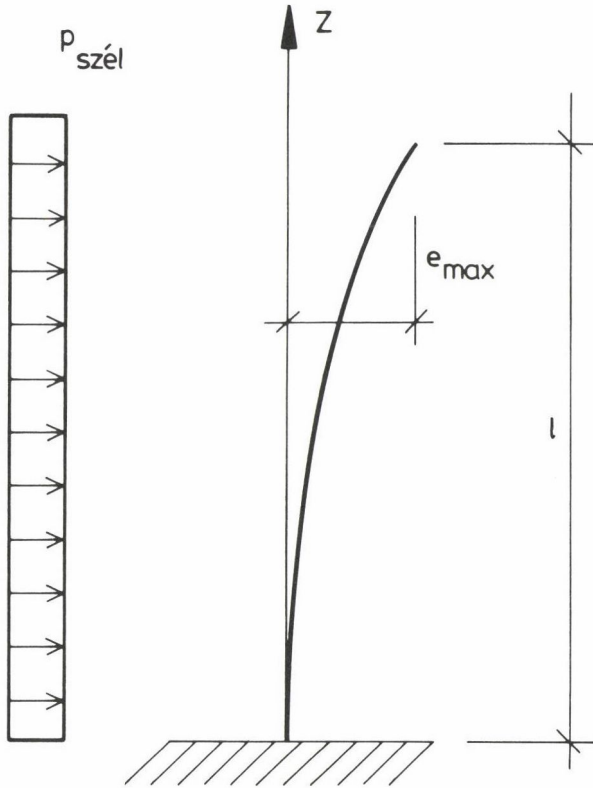
A (2-2) összefüggésből az  $e_x$ ,  $e_y$  vízszintes eltolódások második deriváltjait kapjuk meg. Ebből maga az eltolódás a z magasság menti kétszeres integrálással adódik a peremfeltételek figyelembevételével, amint ezt a szilárdságtanból ismerjük. A magasság mentén mind x, mind y irányban egyenletesen megoszló  $p$  (szél-)terhet alapul véve a hajlítónyomatékok kifejezése (elhagyva az x, ill. y indexet):

$$M = p \frac{(l-z)^2}{2} \quad (2-6)$$

alakú, és ebből az eltolódásokra

$$e = \frac{p \cdot z^2}{2 EI} \left( \frac{l^2}{2} - \frac{lz}{3} + \frac{z^2}{12} \right) \quad (2-7)$$





3. ábra

adódik, amelynek tetőponti (maximális) értéke (3. ábra)

$$e_{\max} = \frac{pl^4}{8EI} \quad (2-8)$$

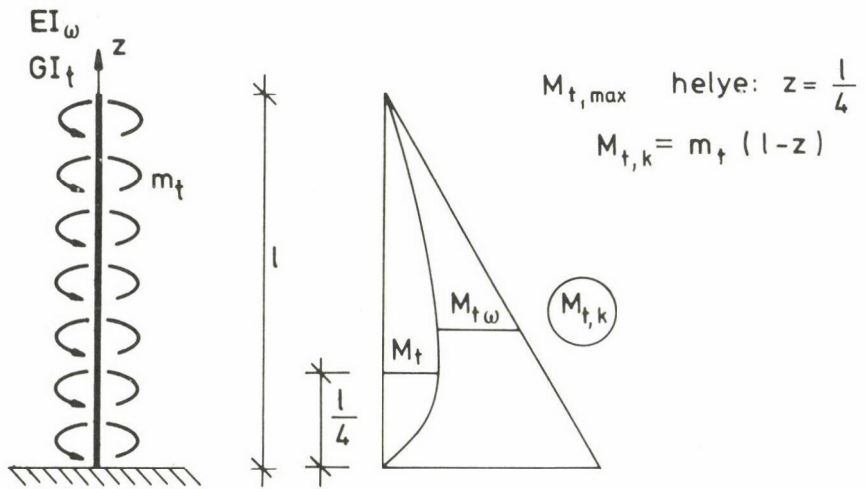
## 2.2. Csavarás

Az épületekre ható külső  $M_{t,k}$  csavarónyomaték változása a legtöbb esetben jól jellemezhető a 4. ábra szerinti, lefelé lineárisan növekvő diagrammal.

Az  $M_{t,k}$  külső csavarónyomatékon az  $M_t$  tiszta csavaró- és az  $M_{t,\omega}$  öblösödési csavarónyomaték a következőképpen osztozik /Beljajev, 1951/, /Beck és Schäfer, 1969/.

Az  $M_t$  tiszta csavarónyomaték:

$$M_t = m_t \left[ (l-z) - \frac{\alpha \cdot l \cdot \cosh \alpha(l-z) - \sinh(\alpha z)}{\alpha \cdot \cosh(\alpha \cdot l)} \right], \quad (2-9)$$



4. ábra

ahol

$$\alpha = \sqrt{\frac{GI_t}{EI_\omega} \left[ \frac{1}{m} \right]}. \quad (2-10)$$

Az  $M_{t,\omega}$  öblösödési csavarónyomaték:

$$M_{t,\omega} = m_t \frac{\alpha \cdot l \cdot \cosh(\alpha(l-z)) - \sinh(\alpha z)}{\alpha \cdot \cosh(\alpha l)}. \quad (2-11)$$

$M_t$  és  $M_{t,\omega}$  összege természetesen egyenlő az  $M_{t,k} = m_t(l-z)$  külső csavarónyomatékkal. A teljesség kedvéért megadjuk még a rúd keresztmetszeteinek elcsavarodási szögét is:

$$\psi = \frac{m_t}{GI_t} \left\{ \left( lz - \frac{z^2}{2} \right) + \frac{\cosh(\alpha z) - 1 + \alpha l [\sinh(\alpha(l-z)) - \sinh(\alpha l)]}{\alpha^2 \cdot \cosh(\alpha l)} \right\}. \quad (2-12)$$

### 3. A HELYETTESÍTŐ MAG MEREVSÉGEINEK MEGHATÁROZÁSA A FALEMEK ADATAIBÓL

A helyettesítő merevítő mag merevségeit a következőképpen kaphatjuk meg az egyes falelemek adataiból /Beck és Schäfer, 1969/, /Szmodits, 1975/.

Az egyes falelemek  $EI_{x,i}$ ,  $EI_{y,i}$  hajlítási és  $GI_{t,i}$  csavarási merevségeit egyszerűen összegezni kell. Hasonlóképpen kell eljárunk az egyes falelemek  $EI_{xy,i}$   $E$ -vel szorzott centrifugális nyomatékaival is:

$$\begin{aligned} EI_x &= E \sum_1^n I_{x,i}; & EI_{xy} &= E \sum_1^n I_{xy,i}; \\ EI_y &= E \sum_1^n I_{y,i}; & GI_t &= G \sum_1^n I_{t,i}. \end{aligned} \tag{3-1}$$

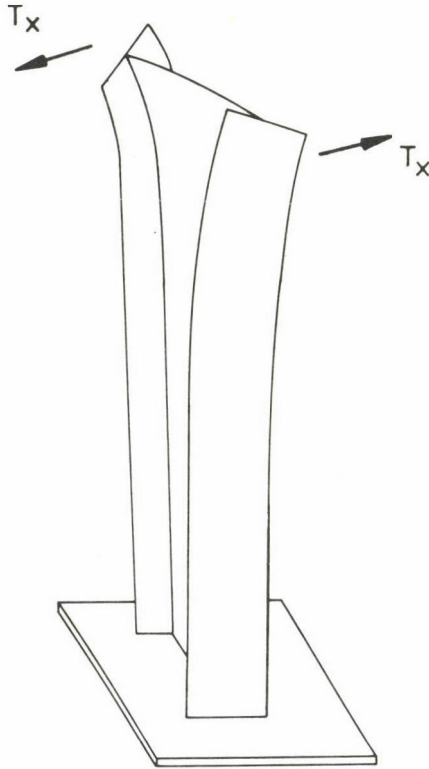
A mag  $EI_\omega$  öblösödési merevségét bonyolultabb módon kapjuk meg, mivel az egyes falelemek saját hajlításával kapcsolatban fellépő nyíróerőknek a mag nyírásközéppontjára kifejtett csavarónyomatéka is lényeges szerephez jut.

A jelenség tisztázásához válasszunk egy egyszerű modellt: egy közönséges  $I$  tartót. Ha az alsó végét befogjuk és a felső végét megcsavarjuk, akkor a két öv hajlítást szenved (lásd az 5. ábrát), és az ebből származó nyíróerőkből álló erőpár veszi fel a csavarónyomaték nagy részét.

A nyíróerők nagysága az öveknek azzal a hajlítási merevségével arányos, amely az elcsavarodási alakváltozás során szerephez jut, azaz a csavarási középponthoz képest körbemenő, tangenciális irányban hatékony inercianyomatékkal képezett hajlítási merevséggel. Az öveknek egy adott  $\psi$  elcsavarodási szög esetében annál nagyobb lesz az eltolódása, minél távolabb vannak a csavarási középponttól, és a bennük ébredő nyíróerőknek a csavarónyomaték kifejtéséhez szükséges karja is a csavarási középponttól mért távolsággal egyenlő. Az egyes öveknek a csavarónyomatékból való részesedését tehát az öv (tangenciális irányban hatékony) hajlítási merevségének és a csavarási középponttól mért távolsága négyzetének szorzata szabja meg. Ez a szorzat az öblösödési merevség ( $EI_\omega$ ).

Általános esetben a falelemeknek lehet saját öblösödési merevségük is (pl.  $U$  alakú falelem esetében). Ilyenkor ehhez hozzá kell adni az előbb említett szorzatot, hasonlóképpen a hajlítási merevség kiszámításához, ahol az elem saját hajlítási merevségéhez hozzá kell adni a "Steiner-tagot", azaz a felületnek és a távolság négyzetének a szorzatát.

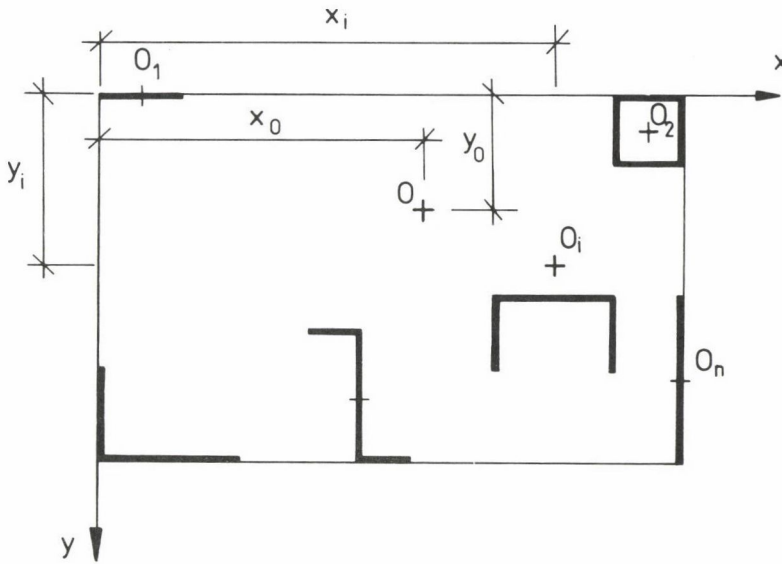
Ha a falelemeknek centrifugális nyomatékuk is van, akkor -- a ferde hajlítás miatt -- ezek is adnak öblösödési merevséget, mégpedig a csavarási középponttól  $x$  és  $y$  irányban mért két távolságukkal megszorozva.



5. ábra

Ezek után a mag öblösödési merevségének kiszámításához először is meg kell határozni a csavarási (azaz nyírási) középpontjának a helyét /Beck és Schäfer, 1969/. Ennek menete az, hogy a falrendszerre először csupán x irányú külső terhet működtetünk és kiszámítjuk az ebből keletkező  $T_x$  nyíróerőt a 4.1. pontban ismertetett módon, valamint eredőjük helyét, majd elvégezzük ugyanezt y irányú teherre is. Ilyen módon megkapjuk az 0 csavarási (nyírási) középpont  $x_0$ ,  $y_0$  koordinátáit a tetszőlegesen felvett origójú koordináta-rendszerben:

$$x_0 = \frac{I_{xy} \left( \sum_i^n I_{y,i} \cdot y_i - \sum_1^n I_{xy,i} \cdot x_i \right) - I_y \left( \sum_1^n I_{xy,i} \cdot y_i - \sum_1^n I_{x,i} \cdot x_i \right)}{I_x \cdot I_y - I_{xy}^2}, \quad (3-2)$$



6. ábra

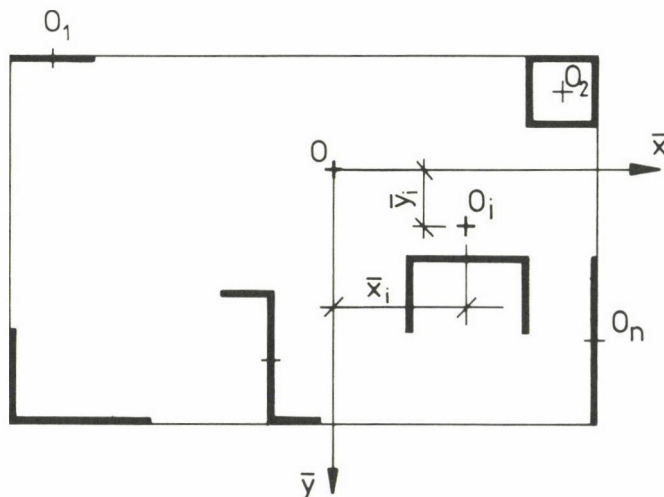
$$y_0 = \frac{I_x \left( \sum_1^n I_{y,i} \cdot y_i - \sum_1^n I_{xy,i} \cdot x_i \right) - I_{xy} \left( \sum_1^n I_{xy,i} \cdot y_i - \sum_1^n I_{x,i} \cdot x_i \right)}{I_x I_y - I_{xy}^2} \quad (3-3)$$

Itt:  $I_x, I_y, I_{xy}$ : a mag hajlítási, ill. centrifugális inerciányomatékai,  
 $I_{x,i}, I_{y,i}, I_{xy,i}$ : az egyes falelemek hajlítási, ill. centrifugális inerciányomatékai,  
 $x_i, y_i$ : az  $i$ -edik falelem nyírasközéppontjának ( $O_i$ ) koordinátái  
 (lásd a 6. ábrát).

A mag öblösödési merevsége pedig /Brandt, Schäfer és Reeh, 1975/, /Zalka, 1991/:

$$EI_\omega = E \left[ \sum_1^n I_{\omega,i} + \sum_1^n I_{x,i} \cdot \bar{x}_i^2 + \sum_1^n I_{y,i} \cdot \bar{y}_i^2 - 2 \sum_1^n I_{xy,i} \cdot \bar{x}_i \cdot \bar{y}_i \right] \quad (3-4)$$

Itt  $\bar{x}_i$  és  $\bar{y}_i$  az  $i$ -edik falelem saját nyírasközéppontjának távolságai a mag  $O$  nyírasközéppontjától, ahogy azt a 7. ábra mutatja.



7. ábra

#### 4. A HELYETTESÍTŐ MAGRA HATÓ IGÉNYBEVÉTELEK SZÉTO SZTÁSA AZ EGYES FALELEMEK KÖZÖTT

A következőkben különválasztva tárgyaljuk a hajlítónyomatékok és a hozzájuk tartozó nyíróerők, valamint a csavarónyomatékok szétosztását.

##### 4.1. A magra ható nyíróerők és nyomatékok szétosztása

A magra ható  $M_x$  és  $M_y$  nyomatékokból a (2-2) képletekkel meghatározzuk az  $e_x$  és  $e_y$  eltolódások  $z$  szerinti második deriváltjait,  $e_x''$ -t és  $e_y''$ -t. Mivel a saját síkjukban merevnek tekintett födémek miatt valamennyi falelem elmozdulása (ill. ezeknek második deriváltja) azonos, ezért ezekből a (2-4) képlet segítségével megkaphatjuk az egyes falelemekben ébredő  $M_{x,i}$  és  $M_{y,i}$  nyomatékokat, ha a merevségi mátrixba az illető falelem  $I_{x,i}$ ,  $I_{y,i}$  és  $I_{xy,i}$  adatait írjuk be. A képletekből látszik, hogy a nyíróerőket hasonló módon kell elosztani.

$$\begin{bmatrix} M_{y,i} \\ -M_{x,i} \end{bmatrix} = E \cdot \begin{bmatrix} I_{y,i} & I_{xy,i} \\ I_{xy,i} & I_{x,i} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} e_x'' \\ e_y'' \end{bmatrix}, \quad (4-1)$$

$$\begin{bmatrix} T_{x,i} \\ T_{y,i} \end{bmatrix} = -E \cdot \begin{bmatrix} I_{y,i} & I_{xy,i} \\ I_{xy,i} & I_{x,i} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} e_x''' \\ e_y''' \end{bmatrix}. \quad (4-2)$$

#### 4.2. A magra ható csavarónyomatékok szétosztása a falelemekre

A magra ható tiszta  $M_t$  csavarónyomatékot az egyes falelemek között a saját  $GI_{t,i}$  csavarási merevségük arányában kell szétosztani a (4-3) képletnek megfelelően, mivel a (3-1) szerint a  $GI_{t,i}$ -ket egyszerűen összegeztük, hogy megkapjuk a mag  $GI_t$  csavarási merevségét:

$$M_{t,i} = \frac{G \cdot I_{t,i}}{G \cdot I_t} \cdot M_t. \quad (4-3)$$

Az  $M_{t,\omega}$  öblösödési csavarónyomatékot a 3. pontban mondottak szerint az elemek között az öblösödési merevségeik arányában kell szétosztani, mivel az öblösödési merevségek szabják meg az elem által felvett csavarónyomatékok nagyságát.

A falelemek öblösödési merevsége két részből tevődik össze: az elem saját  $EI_{\omega,i}$ -jéből, valamint a "Steiner-tagnak" megfelelő részekből, vagyis a következő kifejezésekből:

$$E \cdot (I_{x,i} \cdot \bar{x}_i^2 - I_{xy,i} \cdot \bar{x}_i \cdot \bar{y}_i), \quad (4-4)$$

$$E \cdot (I_{y,i} \cdot \bar{y}_i^2 - I_{xy,i} \cdot \bar{x}_i \cdot \bar{y}_i). \quad (4-5)$$

Az  $EI_{\omega,i}$ -knek megfelelő csavarónyomaték-rész öblösödési csavarónyomaték formájában hat a falelemre, a (4-4), (4-5) képletek adta merevségeknek megfelelő csavarónyomaték viszont az x, illetve y irányú nyíróerőnek a megfelelő karral való szorzatát jelenti. Ezekből minket — a falelemek igénybevételenek szempontjából — a nyíróerő érdekel, amelyet az illető (rész-)csavarónyomatéknak a karral való elosztásával kapunk meg. Így tehát az elem saját öblösödési csavarónyomatéka:

$$M_{t,\omega,i} = M_{t,\omega} \cdot \frac{I_{\omega,i}}{I_\omega}. \quad (4-6)$$

A nyíróerők pedig:

$$T_{x,i} = -\frac{M_{t,\omega}}{y_i} \cdot \frac{I_{y,i} \cdot \bar{y}_i^2 - I_{xy,i} \cdot \bar{x}_i \cdot \bar{y}_i}{I_\omega}, \quad (4-7)$$

$$T_{y,i} = \frac{M_{t,\omega}}{x_i} \cdot \frac{I_{x,i} \cdot \bar{x}_i^2 - I_{xy,i} \cdot \bar{x}_i \cdot \bar{y}_i}{I_\omega}. \quad (4-8)$$

( $M_{t,\omega}$ -t a (2-11) képlet szolgáltatja.)

A falelemek legfontosabb igénybevétele azonban a  $T_{x,i}$ ,  $T_{y,i}$  nyíróerőkkel kapcsolatos hajlítás. Ehhez a nyíróerő kifejezését integrálnunk kell  $z$  szerint, figyelembe véve azt a peremfeltételt, hogy a rúd tetőpontján zérus a nyomaték. Mivel a (4-7) és a (4-8) képletekben a  $z$  szerinti változást az  $M_{t,\omega}$  képviseli, ezért ennek (2-11) számú kifejezését kell integrálnunk, s ez adja az úgynevezett öblösödési kettős nyomatékot,  $W$ -t:

$$W = \int M_{t,\omega} dz = -\frac{m_t}{\alpha^2} \left[ \frac{\alpha l \sinh(\alpha(l-z)) + \cosh(\alpha z)}{\cosh(\alpha l)} - 1 \right], \quad (4-9)$$

és ebből  $T_{y,i}$ ,  $T_{x,i}$  kifejezésébe  $M_{t,\omega}$  helyett  $W$ -t írva megkapjuk  $M_{x,i}$ ,  $M_{y,i}$  értékét:

$$M_{x,i} = -m_t \frac{I_{x,i} \cdot \bar{x}_i^2 - I_{xy,i} \cdot \bar{x}_i \cdot \bar{y}_i}{\alpha^2 \cdot I_\omega \cdot \bar{x}_i} \left[ \frac{\alpha l \sinh(\alpha(l-z)) + \cosh(\alpha z)}{\cosh(\alpha l)} - 1 \right], \quad (4-10)$$

$$M_{y,i} = -m_t \frac{I_{y,i} \cdot \bar{y}_i^2 - I_{xy,i} \cdot \bar{x}_i \cdot \bar{y}_i}{\alpha^2 \cdot I_\omega \cdot \bar{y}_i} \left[ \frac{\alpha l \sinh(\alpha(l-z)) + \cosh(\alpha z)}{\cosh(\alpha l)} - 1 \right]. \quad (4-11)$$

A csavarásból származó, így kiszámított nyíróerőket és hajlítónyomatékokat a hajlításból származó igénybevételekkel összegezzük, mivel mind a két hatás hajlítást okoz a falelemekben.

## 5. A FALELEMEKBEN ÉBREDŐ FESZÜLTSÉGEK

### 5.1. Feszültségek a magra ható hajlításból

A mag hajlítása az egyes elemekben hajlítást és nyírást okoz. Az ebből származó feszültségeket a Tarnai /1993/ által vékonyfalú szelvényekre levezetett ferde hajlításra és nyírásra vonatkozó képletekből kapjuk meg, a nyomatékok és merevségek helyébe az illető falelem adatait behelyettesítve.



A hajlítási normálfeszültség:

$$\sigma_{z,i} = M_{x,i} \frac{I_{y,i} \cdot y - I_{xy,i} \cdot x}{I_{x,i} \cdot I_{y,i} - I_{xy,i}^2} - M_{y,i} \frac{I_{x,i} \cdot x - I_{xy,i} \cdot y}{I_{x,i} \cdot I_{y,i} - I_{xy,i}^2} \quad (5-1)$$

Itt  $x$  és  $y$  a vizsgált pont koordinátái a falelem saját súlypontjára illesztett koordináta-rendszerben. Ha ezt a képletet egyetlen egyenes falsávból álló falelemre alkalmazzuk, akkor a falelem nagyságrendekkel kisebb inercianyomatékát is ki kell számítanunk, és nem vehetjük azt zérusnak, mert különben értelmetlenség lép fel a számításban.

A hajlítási nyírőerőből származó nyírófeszültség, amely mindenütt párhuzamos a vékony fallal:

$$\tau_i = \frac{1}{v_i} \left[ I_{x,i} \frac{I_{x,i} \cdot S'_{y,i} - I_{xy,i} \cdot S'_{x,i}}{I_{x,i} \cdot I_{y,i} - I_{xy,i}^2} + I_{y,i} \frac{-I_{xy,i} \cdot S'_{y,i} + I_{y,i} \cdot S'_{x,i}}{I_{x,i} \cdot I_{y,i} - I_{xy,i}^2} \right], \quad (5-2)$$

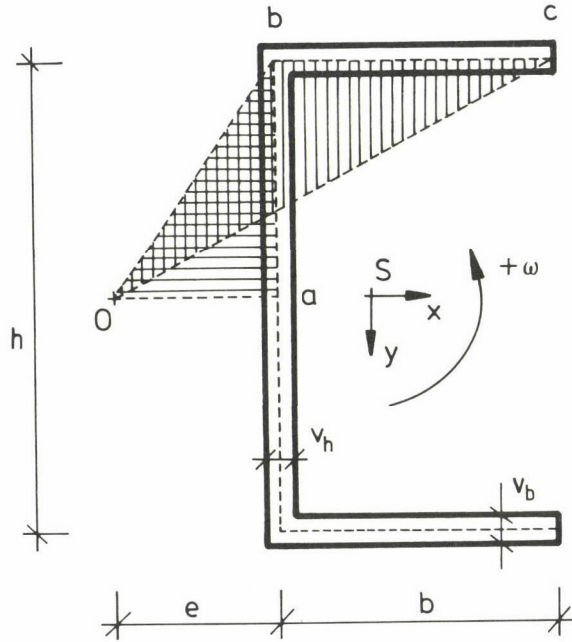
$S'_{x,i}$  és  $S'_{y,i}$  az elcsúszni akaró rész statikai nyomatékai a falelem saját súlyponti tengelyeire,  $v_i$  a falvastagság.

## 5.2. Feszültségek a magra ható csavarásból

A korábban elmondottak szerint a mag csavarása többféle igénybevételt kelt az elemekben. Az elemre ható tiszta csavarónyomatékból az (5-3) képlet szerinti nyírófeszültségek származnak, amelyeket a vékonyfalú nyitott szelvények csavarásának ismert képletével kaphatunk meg. A  $v_{i,k}$  az  $i$ -edik falelem  $k$ -adik falsávjának falvastagságát,  $h_{i,k}$  ugyanezen falsáv középvonalának hosszát jelöli (lásd a 8. ábrát).

$$\tau_{i,k} = \frac{M_{t,i}}{\frac{1}{3} \sum_k v_{i,k}^3 \cdot h_{i,k}} \cdot v_{i,k} \quad (5-3)$$

A mag saját öblösödési csavarónyomatéka  $z$  irányú  $\sigma$ , valamint  $\tau$  feszültségeket okoz, amelyeket a következő képletekkel határozhatunk meg /Csellár, Halász, Réti, 1965/, az egyszerűség kedvéért mindenhol elhagyva az  $i$  indexet:



8. ábra

$$\sigma_{z,\omega} = \frac{W}{I_\omega} \omega; \quad (5-4)$$

$$\tau_{\omega} = \frac{M_{t,\omega} \cdot S_\omega}{I_\omega \cdot v}; \quad (5-5)$$

$$I_\omega = \int \omega^2 dA; \quad (5-6)$$

$$S_\omega = \int \omega \cdot v \cdot dA; \quad (5-7)$$

$$W = \int M_{t,\omega} dz. \quad (5-8)$$

A 8. ábra U keresztmetszetének jellemző mennyiségei:

$$\omega_a = 0$$

$$\omega_b = 2 \cdot \frac{h}{2} \cdot e = h \cdot e$$

$$\omega_c = \omega_b - 2 \frac{h}{2} \cdot b = h(e-b)$$

(5-9)

Az  $I_\omega$ ,  $S_\omega$  keresztmetszeti jellemzők kiszámítására a legtöbb mérnöki táblázat kész képleteket tartalmaz a gyakorlatban előforduló keresztmetszetek esetére. Az  $\omega$  torzulási (öblösödési) mérték kiszámítását egy U szelvényre a 8. ábra mutatja,  $\omega$  a vonalkázott háromszögek előjeles területösszege az  $a$  ponttól indulva, előjele pedig akkor pozitív, ha a forgási irány a koordináta-rendszer pozitív irányával ellentétes. 0 a keresztmetszet nyírasközéppontja.

A 4.2. pontban leírtak alapján a magra ható csavarásból az egyes falelemekben  $T_x$ ,  $T_y$  nyíróerők, ezekből pedig további, az öveket hajlító, függőleges síkú nyomatékok ( $M_x$ ,  $M_y$ ) keletkeznek. A fellépő normál- és nyírófeszültségek értékei az (5-1), (5-2) képletek segítségével számíthatók ki.

$$e = \frac{3 b^2 v_b}{6 b v_b + h v_h}, \quad (5-10)$$

$$I_\omega = \frac{v_b b^3 h^2}{12} \frac{3 b v_b + 2 h v_h}{6 b v_b + h v_h}. \quad (5-11)$$

Az  $a$  pontra:

$$S_\omega = \frac{e h^2}{4} + h b \left( e - \frac{b}{2} \right). \quad (5-12)$$

Láthatjuk, hogy a hajlításból és a csavarásból származó hajlítónyomatékok és nyíróerők hatása ugyanaz, így összegezzük őket, és a feszültségeket együttes hatásukból számíthatjuk ki.

## 6. EGYSZERŰSÍTÉSI LEHETŐSÉGEK

Ha a magnak nincs az  $x, y$  koordináta-rendszerben  $I_{xy}$  centrifugális nyomatéka (az egyes falelemeknek viszont lehet), akkor főirányai egybeesnek az  $x, y$  irányokkal, és az  $x$  irányú terhek csak  $e''_x$ -t, az  $y$  irányúak pedig csak  $e''_y$ -t okoznak (vö. a (2-2) képlettel). Ekkor a falelemekre ható hajlítónyomatékokat egyszerűen az  $I_x$ ,  $I_y$  inercianyomatékok arányában osztjuk szét:

$$M_{y,i} = \dot{M}_y \cdot \frac{I_{y,i}}{I_y}, \quad (6-1)$$

$$M_{x,i} = \dot{M}_x \cdot \frac{I_{x,i}}{I_x}. \quad (6-2)$$

Ugyanez vonatkozik természetesen a  $T_x$ ,  $T_y$  nyíróerőkre is:

$$T_{x,i} = T_x \cdot \frac{I_{y,i}}{I_y}, \quad (6-3)$$

$$T_{y,i} = T_y \cdot \frac{I_{x,i}}{I_x}. \quad (6-4)$$

Mivel ebben az esetben mindegyik falelem kénytelen  $M_x$  hatására csak  $y$ ,  $M_y$  hatására csak  $x$  irányban eltolódní, a hajlítási feszültségek számítása is egyszerűsödik:

$$\sigma_{z,i} = M_{x,i} \frac{y}{I_{x,i}} - M_{y,i} \frac{x}{I_{y,i}}, \quad (6-5)$$

azaz az egyes elemek centrifugális nyomatéka nem jut szerephez a hajlítás során. A csavarás számítása azonban ebben az esetben sem egyszerűsödik.

A számítást tovább egyszerűsíthetjük, ha elhanyagolhatjuk az egyes falelemeknek mind a centrifugális nyomatékát ( $I_{xy,i}$ ), mind pedig a saját csavarási és öblösödési merevségét ( $I_{t,i}$ ,  $I_{\omega,i}$ ). Ezzel a gyakorlati esetek nagy részében csak kis hibát követünk el, lásd a számpéldát és az értékelést.

Ekkor a hajlítónyomatékokat és a hajlítási nyíróerőket a (6-1)–(6-4) képletekkel kaphatjuk meg, a hajlítási feszültségeket pedig a (6-5) képlettel. A nyírófeszültségek (5-2) alatti kifejezése is egyszerűsödik:

$$\tau_i = \frac{1}{v_i} \left[ T_{x,i} \frac{S'_{y,i}}{I_{y,i}} + T_{y,i} \frac{S'_{x,i}}{I_{x,i}} \right]. \quad (6-6)$$

A merevítő mag nyírasközéppontja az egyes falelemek  $I_{x,i}$  és  $I_{y,i}$  inercianyomatékai súlyvonalának metszéspontjában lesz, vö. a (3-2)–(3-3) képletekkel, s a mag  $I_{\omega}$  öblösödési merevségének (3-4) képletéből elmarad a  $\sum I_{\omega,i}$  tag. A csavarónyomatékokat teljes egészében az öblösödési merevség, azaz a (4-7)–(4-8) nyíróerők veszik fel, és így  $M_{t,\omega}$  egyenlő lesz a külső  $M_{t,k}$  csavarónyomatékkal (4. ábra):

$$M_{t,\omega} = M_{t,k} = m_t (\ell - z), \quad (6-7)$$

azaz lefelé lineárisan nő. Ugyancsak lineárisan növekszenek lefelé a (4-7)–(4-8) csavarási nyíróerők is:

$$T_{x,i} = - \frac{m_t(\ell - z)}{\bar{y}_i} \cdot \frac{I_{y,i} \cdot \bar{y}_i^2}{I_\omega}, \quad (6-8)$$

$$T_{y,i} = \frac{m_t(\ell - z)}{\bar{x}_i} \cdot \frac{I_{x,i} \cdot \bar{x}_i^2}{I_\omega}, \quad (6-9)$$

a belőlük származó (csavarási) hajlítónyomatékok pedig (4-10)–(4-11) helyett másodfokú parabola szerint változnak:

$$M_{x,i} = \frac{m_t(\ell z - \frac{z^2}{2} - \frac{\ell^2}{2})}{\bar{x}_i} \cdot \frac{I_{x,i} \cdot \bar{x}_i^2}{I_\omega}, \quad (6-10)$$

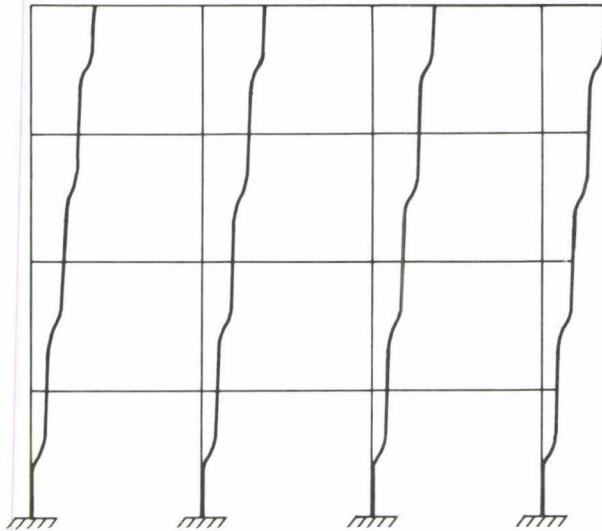
$$M_{y,i} = \frac{m_t(\ell z - \frac{z^2}{2} - \frac{\ell^2}{2})}{\bar{y}_i} \cdot \frac{I_{y,i} \cdot \bar{y}_i^2}{I_\omega}. \quad (6-11)$$

A nyíróerőkből származó  $\tau$  feszültségeket a (6-6) képlet, a nyomatékokból származó  $\sigma$  feszültségeket a (6-5) képlet szolgáltatja. Az (5-3), (5-4) képletekkel jellemzett feszültségek természetesen elmaradnak.

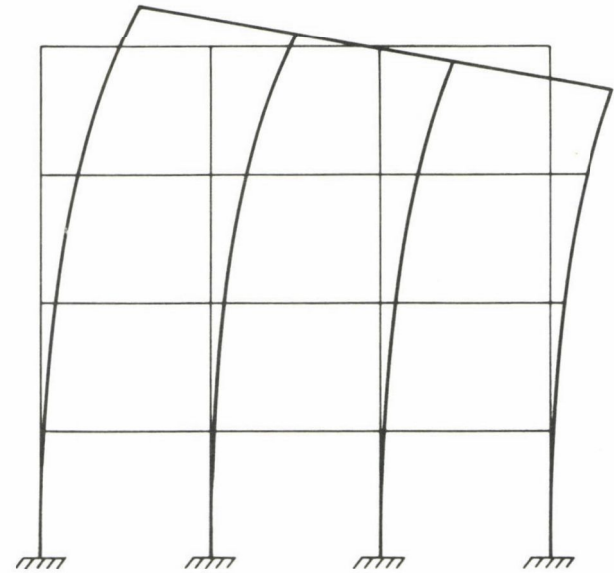
A most vizsgált egyszerűsítések mindenképpen alkalmasak arra, hogy jó közelítéssel felvegyük a merevítőfalak szükséges számát és méretét.

## 7. ÁTTÖRT MEREVÍTŐFALAK

Az eddigiekben tömör merevítőfalakkal foglalkoztunk, azaz feltételeztük, hogy a falak csak hajlítási alakváltozást végeznek, a nyírási alakváltozásuk elhanyagolható (vagyis nyírási merevségük végtelen nagy). A merevítőfalak azonban sokszor ajtó- vagy ablaknyílásokkal vannak áttörve, merevségi jellemzőik tehát eltolódnak a keretek felé. Tudvalevő, hogy az aránylag vékony gerendákból és oszlopokból álló keretszerkezetek elsősorban nyírási jellegű alakváltozást végeznek, s az egész keretnek (mint alul befogott egységes keresztmetszetű konzoltartónak) a hajlítási alakváltozása elhanyagolható (9. ábra).



Csak nyírási alakváltozást végző falak



Csak hajlítási alakváltozást végző falak

A nyílásokkal áttört falak átmenetet képeznek a tömör fal és a keret között: sem hajlítási, sem nyírási alakváltozásukat nem lehet elhanyagolni.

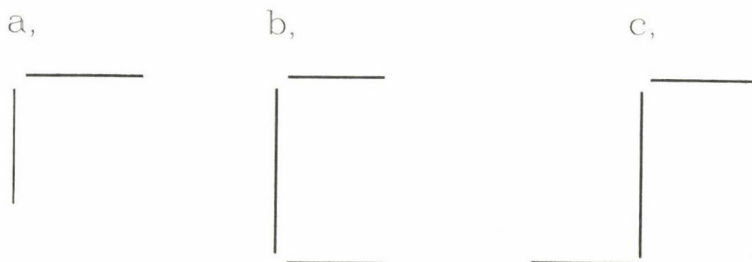
Mivel egy rúd hajlítási és nyírási alakváltozási vonala alapvetően eltér egymástól, ezért e két alakváltozás egyidejű pontos figyelembevétele meglehetősen bonyolult; így például a nyírásközéppont helye változik a rúd tengelye mentén, és függ a terhelés-jellegétől is /Stüssi, 1965/.

Mindezek miatt célszerű közelítően figyelembe venni a hajlítási és a nyírási alakváltozás együttes felléptét. E közelítés lényege /Stüssi, 1965/ szerint az, hogy különválasztjuk a kétféle deformációt: első lépésben meghatározzuk a hajlítási és a nyírási alakváltozást, azután kiszámítjuk a nyírásközéppont helyét először csupán a hajlítási, majd csupán a nyírási alakváltozásból. A nyírásközéppont valódi helyét a kétféleképpen megkapott helyzet között vesszük fel, a hajlítási, illetve nyírási alakváltozás reciprokának "súlypontjában".

Mindehhez tisztáznunk kell azt, hogy hogyan határozhatjuk meg a csak nyírási alakváltozást végző falakból álló merevítőrendszer nyírásközéppontját.

Az ilyen falakból álló törtvonalú falelemeket az jellemzi, hogy az egyes egyenes falsávjaik a csatlakozó falsávoktól függetlenül deformálódnak: e csatlakozó egyenes falsávok saját nyírási deformáció nélkül tudják követni a vizsgált sáv nyírási alakváltozását, hiszen a csatlakozó élek nem szenvednek hosszváltozást. (Ez szöges ellentétben áll a csak hajlítási alakváltozást végző sávokból álló törtvonalú falelemekkel, ahol egy falsáv meggörbülése az élek hosszváltozási kényszere folytán a csatlakozó falsávokat is meghajlítja.)

Ilyenformán az egyes, csak nyírási alakváltozást végző falsávokat önállóaknak tekinthetjük: mintha nem is volnának összeépítve a szomszédaikkal (10. ábra).



10. ábra

A csak nyírési alakváltozást végző falakból álló merevítőrendszer nyírasközéppontját tehát igen egyszerű meghatározunk: ismerve az egyes falsávok  $S_i$  nyírési merevségét, a nyírasközéppont helyét mind  $x$ , mind  $y$  irányban eme  $S_i$  merevségek "súlypontjának" helye szabja meg, hiszen a falsávokban fellépő nyíróerők az  $S_i$  merevségekkel arányosak. (A mennyiségeket most vesszűvel különböztetjük meg az előző fejezetekben használt mennyiségektől.)

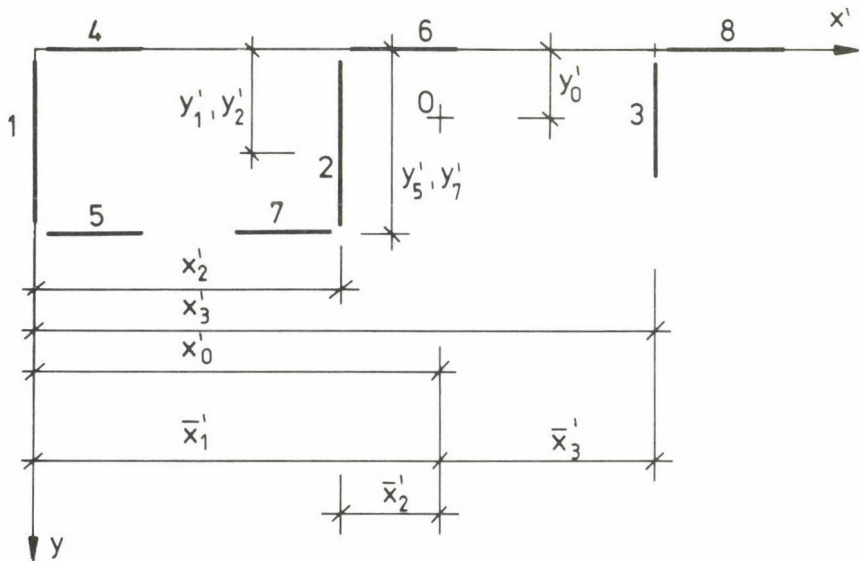
$$x'_0 = \frac{\sum x'_i \cdot S_{y,i}}{S_y}, \quad (7-1)$$

$$y'_0 = \frac{\sum y'_i \cdot S_{x,i}}{S_x}, \quad (7-2)$$

ahol  $S_{y,i}$  és  $S_{x,i}$  a falsávok  $y$ , illetve  $x$  irányban hatékony nyírési merevsége,  $x'_i$  és  $y'_i$  a nyírési merevségeknek a (tetszőlegesen felvett) origótól mért távolsága,  $x'_0$  és  $y'_0$  a nyírési merevségek megszabta nyírasközéppont koordinátái (11. ábra), és

$$S_x = \sum S_{x,i}, \quad (7-3)$$

$$S_y = \sum S_{y,i}. \quad (7-4)$$



11. ábra



(A nyírási merevség definíciószerűen a falsáv egységnyi magasságú szakaszának egy radiánnyi szögtorzulását előidéző vízszintes nyíróerő.)

Mindebből az is látszik, hogy ha a falaknak csupán a nyírási alakváltozását vesszük figyelembe, akkor a nyírasközéppont helye nem változik a rúd teljes hossza mentén és nem függ a teher jellegétől sem.

A csavarási vizsgálathoz szükséges  $EI'_{\omega}$  öblösödési merevség ebben az esetben:

$$EI'_{\omega} = \sum (\bar{x}'_i{}^2 \cdot S_{y,i} + \bar{y}'_i{}^2 \cdot S_{x,i}) \quad (7-5)$$

alakban írható fel, ahol  $\bar{x}'_i$  és  $\bar{y}'_i$  az  $S_{y,i}$ , ill.  $S_{x,i}$  nyírási merevségű falsáv saját nyírasközéppontjának távolsága a közös  $O'$  nyírasközépponttól.

## 8. SZÁMPÉLDA

### 8.1. Alapadatok (12. ábra)

Épületmagasság: 30 m

Falvastagság: 10 cm

Betonminőség: C 16

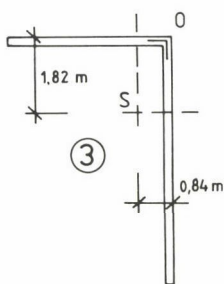
A falelemek adatai:

$$1. \quad \begin{aligned} I_{x1} &= 1,80 \text{ m}^4 \\ I_{t1} &= 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

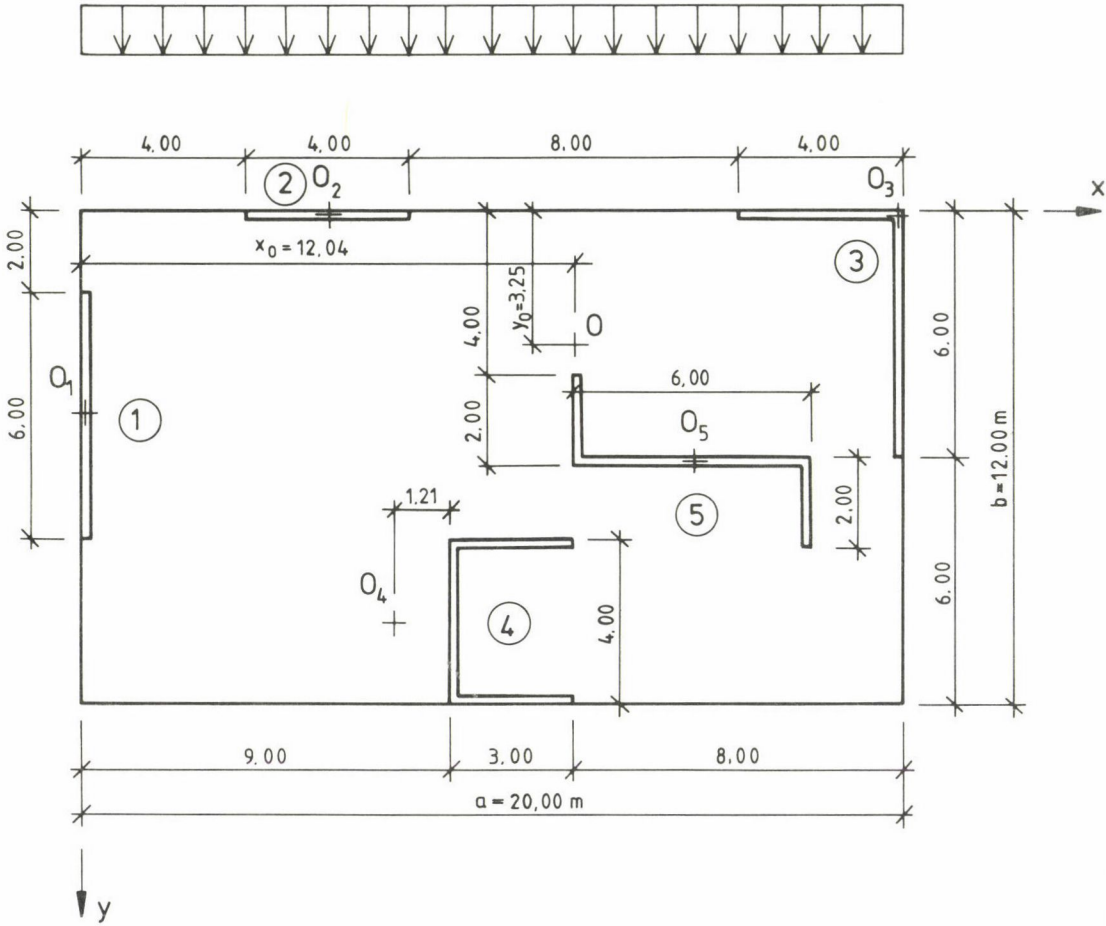
$$2. \quad \begin{aligned} I_{y2} &= 0,533 \text{ m}^4 \\ I_{t2} &= 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$3. \quad \begin{aligned} I_{x3} &= 3,826 \text{ m}^4 \\ I_{y3} &= 1,44 \text{ m}^4 \\ I_{xy3} &= 1,394 \text{ m}^4 \\ I_{t3} &= 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$I_{\omega 3} \approx 0$$

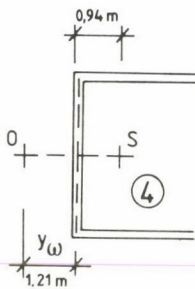


$$P_{szél} = 1.44 \text{ kN/m}^2$$



12. ábra

4.



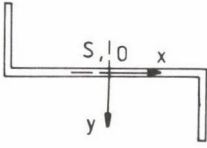
$$I_{x4} = 2,73 \text{ m}^4$$

$$I_{y4} = 0,94 \text{ m}^4$$

$$I_{\omega 4} = 2,497 \text{ m}^6$$

$$I_{t4} = 3,27 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

5.



$$\begin{aligned}
 I_{x5} &= 0,495 \text{ m}^4 \\
 I_{y5} &= 5,107 \text{ m}^4 \\
 I_{\omega 5} &= 6,036 \text{ m}^6
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{xy5} &= 1,21 \text{ m}^4 \\
 I_{t5} &= 3,27 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

A falelemek igénybevételeit mindig a legalsó (befogási) keresztmetszetben határozzuk meg. Kivétel ez alól a tiszta csavarónyomaték, amelynek maximuma a 4. ábra szerint  $z = \ell/4 = 7,5$  m-nél van, de ennek nagysága jelentéktelen.

## 8.2. Pontos számítás

A mag merevségei:

$$(3-1) \quad I_x = \sum_1^5 I_{xi} = 1,80 + 3,826 + 2,73 + 0,495 = 8,851 \text{ m}^4$$

$$I_y = \sum_1^5 I_{yi} = 8,02 \text{ m}^4$$

$$I_{xy} = 2,515 \text{ m}^4$$

$$I_t = 1,32 \cdot 10^{-2} \text{ m}^4$$

A nyírasközéppont távolságai az origótól:

$$\sum_1^5 I_{y,i} \cdot y_i - \sum_1^5 I_{xy,i} \cdot x_i = -4,229 \text{ m}^5$$

$$\sum_1^5 I_{xy,i} \cdot y_i - \sum_1^5 I_{x,i} = -98,395 \text{ m}^5$$

$$(3-2) \quad x_0 = \frac{2,515 (-4,229) - 8,02 (-98,395)}{8,851 \cdot 8,02 - 2,515^2} = 12,04 \text{ m}$$

$$(3-3) \quad y_0 = 3,25 \text{ m}$$

A mag öblösödési merevsége:

$$\begin{aligned}
 (3-4) \quad I_{\omega} &= \sum_1^5 I_{\omega,i} + \sum_1^5 I_{x,i} \cdot \bar{x}_i^2 + \sum_1^5 I_{y,i} \cdot \bar{y}_i^2 - 2 \sum_1^5 I_{xy,i} \cdot \bar{x}_i \cdot \bar{y}_i = \\
 &= 712,24 \text{ m}^6
 \end{aligned}$$

Igénybevételek:

Szélteher (MSZ szerint):  $p = 0,86 \cdot 1,4 \cdot 1,2 = 1,44 \text{ kN/m}^2$

$$M_x = -1,44 \cdot 20 \cdot 30 \cdot \frac{30}{2} = -12960 \text{ kNm}$$

$$M_y = 0$$

$$M_{t,k,\text{szél}} = T_y \cdot (x_0 - \frac{a}{2}) = -20 \cdot 30 \cdot 1,44 \cdot 2,04 = -1762,6 \text{ kNm}$$

Csavarónyomaték az építési hibából:

$$M_{t,k,\text{hiba}} = 0,1 \cdot M_{t,k,\text{szél}} = -176,3 \text{ kNm}$$

$$M_{t,k} = -(1762,6 + 176,3) = -1938,8 \text{ kNm}$$

$$T_y = 20 \cdot 30 \cdot 1,44 = 864 \text{ kN}$$

A mag alakváltozásai:

$$(2-2) \quad e_x'' = \frac{I_x \cdot M_y + I_{xy} \cdot M_x}{E (I_x I_y - I_{xy}^2)} = -\frac{1}{27,4 \cdot 10^6} \frac{2,515 \cdot (-12960)}{8,851 \cdot 8,02 - 2,515^2} = 1,84 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{m}}$$

$$(2-2) \quad e_y'' = 5,867 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{m}}$$

$$(2-3) \quad e_x''' = 1,226 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{m}^2}$$

$$(2-3) \quad e_y''' = -3,911 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{m}^2}$$

Az épület tetőponti eltolódása:

$$(2-8) \quad e_x = \frac{p \cdot \ell^4}{8 EI_x} = \frac{20 \cdot 1,44 \cdot 30^4}{8 \cdot 27,4 \cdot 10^6 \cdot 8,851} = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

A tiszta csavarónyomaték nagysága:

$$(2-10) \quad \alpha = \sqrt{\frac{GI_t}{EI}} = 2,813 \cdot 10^{-3} \quad G = \frac{1}{2(1 + \frac{1}{6})} \cdot E = 11,7 \cdot 10^6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$(2-9) \quad M_{t,\text{max}} (z = 7,5) = \frac{-1938,9}{30} \left\{ (30 - 7,5) - \frac{2,81 \cdot 10^{-3} \cdot 30 \cdot \text{ch} [2,81 \cdot 10^{-3} (30 - 7,5)] - \text{sh} (2,81 \cdot 10^{-3} \cdot 7,5)}{2,81 \cdot 10^{-3} \cdot \text{ch} (2,81 \cdot 10^{-3} \cdot 30)} \right\} = -1,3 \text{ kNm} \approx 0$$

$$(2-11) \quad M_{t,\omega,\max} (z = 0) = -1938,9 \text{ kNm}$$

Az elemek saját öblösödési csavarónyomatékai:

$$(4-6) \quad M_{t,\omega,4} = 1938,9 \cdot \frac{2,497}{712,24} = -6,80 \text{ kNm}$$

$$M_{t,\omega,5} = -16,43 \text{ kNm}$$

A falakra ható nyírőerők a csavarásból:

$$(4-8) \quad T_{y,1} = \frac{-1938,9}{-11,99} \cdot \frac{1,8 \cdot 11,99^2}{712,24} = 58,8 \text{ kN}$$

$$(4-7) \quad T_{x,2} = -4,6 \text{ kN}$$

$$T_{x,3} = -42,6 \text{ kN}$$

$$T_{y,3} = -94,5 \text{ kN}$$

$$T_{x,4} = 17,3 \text{ kN}$$

$$T_{y,4} = 31,2 \text{ kN}$$

$$T_{x,5} = 29,9 \text{ kN}$$

$$T_{y,5} = -4,6 \text{ kN}$$

Az öblösödési kettős-nyomaték:

$$(4-9) \quad W = \int_0^{\ell} M_{t,\omega} dz = \left[ -m_t \frac{\alpha \ell \cdot \text{sh} \alpha(\ell-z) + \text{ch}(\alpha z)}{\alpha^2 \cdot \text{ch}(\alpha \ell)} \right]_0^{\ell} = -29\,032 \text{ kNm}$$

A falelemekre ható hajlítónyomatékok a csavarásból:

$$(4-10) \quad M_{x,1} = \frac{W}{y_1} \cdot \frac{I_{y,1} \cdot y_1^2 - I_{xy,1} \cdot x_1 \cdot y_1}{I_{\omega}} = \frac{-29\,032}{-11,99} \cdot \frac{1,8 \cdot 11,99^2}{712,24} = -879,7 \text{ kNm}$$

$$(4-11) \quad M_{y,2} = -69,5 \text{ kNm}$$

$$M_{x,3} = \frac{-29\,032}{7,91} \cdot \frac{7,91^2 \cdot 3,826 - 1,394 \cdot (-3,2 \cdot 7,81)}{712,24} = 1415,4 \text{ kNm}$$

$$M_{y,3} = -636,9 \text{ kNm}$$

$$M_{x,4} = -467,1 \text{ kNm}$$

$$M_{y,4} = +258,5 \text{ kNm}$$

$$M_{x,5} = + 68,2 \text{ kNm}$$

$$M_{y,5} = + 447,4 \text{ kNm}$$

A magra ható hajlítónyomatékok és nyírőerők szétosztása:

$$(2-4) \quad M_{x,1} = -27,4 \cdot 10^6 \cdot 1,8 \cdot 5,867 \cdot 10^{-5} = - 2893,6 \text{ kNm}$$

$$M_{y,2} = - 268,7 \text{ kNm}$$

$$M_{x,3} = - 5447,7 \text{ kNm}$$

$$M_{y,3} = 1514,9 \text{ kNm}$$

$$M_{x,4} = - 4388,6 \text{ kNm}$$

$$M_{y,4} = - 473,9 \text{ kNm}$$

$$M_{x,5} = - 230,6 \text{ kNm}$$

$$M_{y,5} = - 772,7 \text{ kNm}$$

$$(2-5) \quad T_{y,1} = -27,4 \cdot 10^6 \cdot 1,8 \cdot -3,911 \cdot 10^6 = 192,9 \text{ kN}$$

$$T_{x,2} = - 17,9 \text{ kN}$$

$$T_{x,3} = 101,0 \text{ kN}$$

$$T_{y,3} = 363,2 \text{ kN}$$

$$T_{x,4} = - 31,6 \text{ kN}$$

$$T_{y,4} = 292,6 \text{ kN}$$

$$T_{x,5} = - 51,4 \text{ kN}$$

$$T_{y,5} = 15,4 \text{ kN}$$

Az egyes falelemekre ható eredő igénybevételek:

$$M_{x,1} = - 3773,3 \text{ kNm}$$

$$T_{y,1} = 251,7 \text{ kN}$$

$$M_{y,2} = - 338,2 \text{ kNm}$$

$$T_{x,2} = - 22,5 \text{ kN}$$

$$M_{x,3} = - 4032,3 \text{ kNm}$$

$$T_{x,3} = 58,4 \text{ kN}$$

$$M_{y,3} = 878 \text{ kNm}$$

$$T_{y,3} = 268,7 \text{ kN}$$

$$M_{x,4} = - 4855,7 \text{ kNm}$$

$$T_{x,4} = - 14,3 \text{ kN}$$

$$M_{y,4} = - 215,4 \text{ kNm}$$

$$T_{y,4} = 323,8 \text{ kN}$$

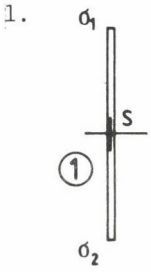
$$M_{x,5} = - 162,4 \text{ kNm}$$

$$T_{x,5} = 21,5 \text{ kN}$$

$$M_{y,5} = - 325,3 \text{ kNm}$$

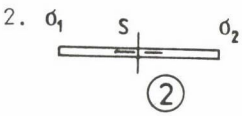
$$T_{y,5} = 10,9 \text{ kN}$$

(5-1) Feszültségek az eredő hajlítónyomatékokból:



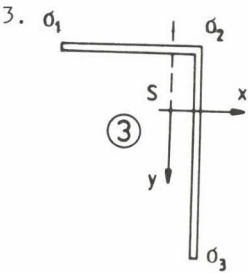
$$\sigma_1 = \frac{-3773,3 \cdot 10^6}{1,8 \cdot 10^{12}} (-3000) = 6,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = -6,3 \text{ N/mm}^2$$



$$\sigma_1 = -1,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = 1,3 \text{ N/mm}^2$$

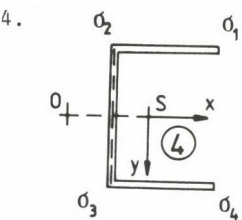


$$\sigma_1 = -4032,3 \frac{1,44 (-1,82) - 1,394 (-3,16)}{1,44 \cdot 3,826 - 1,394^2} -$$

$$- 878,0 \cdot \frac{3,826 (-3,16) - 1,394 (-1,82)}{1,44 \cdot 3,826 - 1,394^2} =$$

$$= 0,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = 2,9 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_3 = -4,8 \text{ N/mm}^2$$

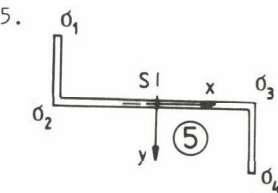


$$\sigma_1 = 4,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = 3,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_3 = -3,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_4 = -3,1 \text{ N/mm}^2$$



$$\sigma_1 = -1,5 \text{ N/mm}^2$$

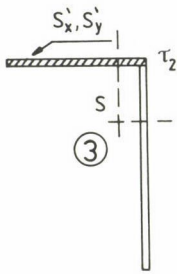
$$\sigma_2 = -2,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_3 = 2,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_4 = 1,5 \text{ N/mm}^2$$

(5-2) Nyírőfeszültségek az eredő nyíróerőkből:

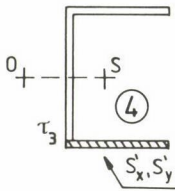
3.



$$S'_x = 0,7 \text{ m}^3 \quad S'_y = 0,46 \text{ m}^3$$

$$\tau_2 = \frac{1}{0,1} \left[ \frac{3,826 \cdot 0,46 - 1,394 \cdot 0,7}{3,826 \cdot 1,44 - 1,394^2} \cdot 58,4 + 268,7 \frac{-1,394 \cdot 0,46 + 1,44 \cdot 0,7}{3,826 \cdot 1,44 - 1,394^2} \right] = 0,4 \text{ N/mm}^2$$

4.



$$S'_x = 0,585 \text{ m}^3 \quad S'_y = 0,267 \text{ m}^3$$

$$\tau_3 = 0,7 \text{ N/mm}^2$$

Nyírőfeszültségek az elemek csavarásából:

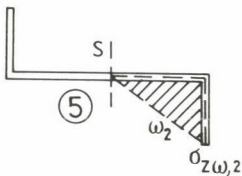
$$I_{\omega,5} = 6,036 \text{ m}^6 \quad \omega_1 = 0$$

$$\omega_2 = -4 \text{ m}^2$$

$$(4-9) \quad W = \int_0^l M_{t,\omega} dz = -15,4 \text{ kNm}^2$$

$$(2-10) \quad \alpha = 1,52 \cdot 10^{-2} \text{ 1/m}$$

5.



$$\sigma_{z,\omega,2} = \frac{W}{I_{\omega,5}} \cdot \omega_2 = \frac{15,4}{6,036} \cdot 4 = 0,01 \text{ N/mm}^2$$

### 8.3. Egyszerűsített számítás

A falelemek adatai:

1.  $I_{x,1} = 1,80 \text{ m}^4$

2.  $I_{y,2} = 0,533 \text{ m}^4$

3.  $I_{x,3} = 3,826 \text{ m}^4$

$I_{y,3} = 1,44 \text{ m}^4$



$$I_{xy,3} = 0$$

$$4. \quad I_{x,4} = 2,73 \text{ m}^4$$

$$I_{y,4} = 0,94 \text{ m}^4$$

$$I_{\omega,4} = 0$$

$$5. \quad I_{x,5} = 0,495 \text{ m}^4$$

$$I_{y,5} = 5,107 \text{ m}^4$$

$$I_{xy,5} = 0$$

$$I_{\omega,5} = 0$$

A mag merevségei:

$$(3-1) \quad I_x = \sum_1^5 I_{x,i} = 8,851 \text{ m}^4$$

$$I_y = \sum_1^5 I_{y,i} = 8,02 \text{ m}^4$$

A nyírasközéppont koordinátái:

$$(3-2) \quad x_0 = \frac{I_y \cdot \sum_1^5 I_{x,i} \cdot x_i}{I_x \cdot I_y} =$$

$$= \frac{8,02(1,8 \cdot 0,05 + 19,95 \cdot 3,826 + 7,84 \cdot 2,73 + 15 \cdot 0,495)}{8,02 \cdot 8,851} = 11,89 \text{ m}$$

$$(3-3) \quad y_0 = \frac{I_x \cdot \sum_1^5 I_{y,i} \cdot y_i}{I_x \cdot I_y} =$$

$$= \frac{8,851(0,05 \cdot 0,533 + 0,05 \cdot 1,44 + 10 \cdot 0,94 + 6,05 \cdot 5,107)}{8,02 \cdot 8,851} = 5,04 \text{ m}$$

(3,25 m a pontos számításban).

A mag öblösödési merevsége:

$$(3-4) \quad I_{\omega} = \sum_1^5 I_{x,i} \cdot \bar{x}_i^2 + \sum_1^5 I_{y,i} \cdot \bar{y}_i^2 = 1,8 \cdot 11,84^2 + 3,826 \cdot 8,06^2 +$$

$$+ 2,73 \cdot 4,05^2 + 0,495 \cdot 3,11^2 + 4,99^2 \cdot 0,533 + 4,99^2 \cdot 1,44 + 4,96 \cdot 0,34^2 +$$

$$+ 1,01^2 \cdot 5,107 = 627,9 \text{ m}^6$$

Igénybevételek a szélteherből:

$$M_x = -1,44 \cdot 20 \cdot 30 \cdot \frac{30}{2} = -12\,960 \text{ kNm}$$

$$M_{t,k,\text{szél}} = T_y \cdot x' = -20 \cdot 30 \cdot 1,44 \cdot 1,89 = -1633 \text{ kNm}$$

Csavarónyomaték az építési hibából:

$$M_{t,k,\text{hiba}} = 0,1 \cdot M_{t,k,\text{szél}} = -163,3 \text{ kNm}$$

$$M_{t,k} = M_{t,k,\text{szél}} + M_{t,k,\text{hiba}} = -1796,3 \text{ kNm}$$

$$T_y = 20 \cdot 30 \cdot 1,44 = 864 \text{ kN}$$

A hajlítónyomaték szétosztása a falelemek között:

$$(6-2) \quad M_{x,1} = M_x \cdot \frac{I_{x,1}}{I_x} = -12\,960 \cdot \frac{1,80}{8,851} = -2635,6 \text{ kNm}$$

$$M_{x,2} = 0$$

$$M_{x,3} = 5602,2 \text{ kNm}$$

$$M_{x,4} = 3997,4 \text{ kNm}$$

$$M_{x,5} = -724,8 \text{ kNm}$$

A nyíróerők szétosztása a falelemek között:

$$(6-4) \quad T_{y,1} = T_y \cdot \frac{I_{x,1}}{I_x} = 864 \cdot \frac{1,80}{8,851} = 175,7 \text{ kN}$$

$$T_{y,2} = 0$$

$$T_{y,3} = 373,5 \text{ kN}$$

$$T_{y,4} = 266,5 \text{ kN}$$

$$T_{y,5} = 48,3 \text{ kN}$$

A csavarásból származó nyíróerők:

$$(6-9) \quad T_{y,1} = \frac{M_{t,k}}{\bar{x}_1} \frac{I_{x,1} \cdot \bar{x}_1^2}{I_\omega} = \frac{-1796,3 \cdot 1,8 \cdot (-11,84)}{627,9} = 61,0 \text{ kN}$$

$$(6-8) \quad T_{x,2} = -\frac{M_{t,k}}{\bar{y}_2} \frac{I_{y,2} \cdot \bar{y}_2^2}{I_\omega} = \frac{1796,3 \cdot 0,533 \cdot (-4,99)}{627,9} = -7,6 \text{ kN}$$

$$T_{x,3} = -20,6 \text{ kN}$$

$$T_{y,3} = -88,2 \text{ kN}$$

$$T_{x,4} = 13,3 \text{ kN}$$

$$T_{y,4} = 31,6 \text{ kN}$$

$$T_{x,5} = 14,8 \text{ kN}$$

$$T_{y,5} = -4,4 \text{ kN}$$

A csavarónyomatékból származó hajlítónyomatékok:

$$(6-10) \quad M_{x,1} (z = 0) = \frac{m_t \left( \ell z - \frac{z^2}{2} - \frac{e^2}{2} \right)}{\bar{x}_1} \cdot \frac{I_{x,1} \cdot \bar{x}_1^{-2}}{I_\omega} =$$
$$= \frac{-1796,3 \cdot \left( -\frac{30^2}{2} \right)}{30 \cdot (-11,84)} \cdot \frac{1,8 \cdot (-11,84)^2}{627,9} = -914,5 \text{ kNm}$$

$$(6-11) \quad M_{y,2} = -114,1 \text{ kNm}$$

$$M_{x,3} = 1323,3 \text{ kNm}$$

$$M_{y,3} = -308,3 \text{ kNm}$$

$$M_{x,4} = -474,5 \text{ kNm}$$

$$M_{y,4} = 200,1 \text{ kNm}$$

$$M_{x,5} = 66,1 \text{ kNm}$$

$$M_{y,5} = 221,3 \text{ kNm}$$

A falelemekre ható eredő nyíróerők és hajlítónyomatékok:

$$M_{x,1,e} = -914,5 - 2635,6 = -3550,1 \text{ kNm}$$

$$M_{y,2,e} = -114,1 \text{ kNm}$$

$$M_{x,3,e} = -4278,9 \text{ kNm}$$

$$M_{y,3,e} = -308,3 \text{ kNm}$$

$$M_{x,4,e} = -4471,9 \text{ kNm}$$

$$M_{y,4,e} = 200,1 \text{ kNm}$$

$$M_{x,5,e} = -658,7 \text{ kNm}$$

$$M_{y,5,e} = 221,3 \text{ kNm}$$

$$T_{y,1} = 175,7 + 61,0 = 236,7 \text{ kN}$$

$$T_{x,4} = 13,3 \text{ kN}$$

$$T_{x,2} = -7,6 \text{ kN}$$

$$T_{y,4} = 298,1 \text{ kN}$$

$$T_{x,3} = -20,6 \text{ kN}$$

$$T_{x,5} = 14,8 \text{ kN}$$

$$T_{y,3} = 285,3 \text{ kN}$$

$$T_{y,5} = 43,9 \text{ kN}$$

(6-5) Feszültségek az eredő hajlításból:

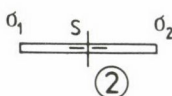
1



$$\sigma_1 = \frac{-3550,1}{1,8} \cdot (-3,0) = 5,9 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = -5,9 \text{ N/mm}^2$$

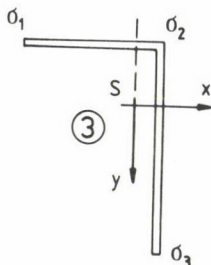
2



$$\sigma_1 = -0,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = 0,4 \text{ N/mm}^2$$

3

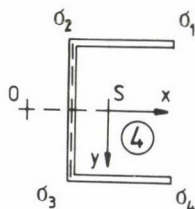


$$\sigma_1 = -4278,9 \frac{-1,84}{3,826} - (-308,3) \frac{-2,16}{1,44} = 1,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = 2,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_3 = 4,5 \text{ N/mm}^2$$

4



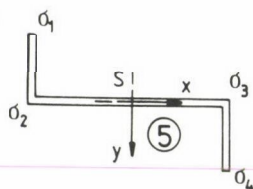
$$\sigma_1 = 2,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = 3,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_3 = 3,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_4 = 3,7 \text{ N/mm}^2$$

5



$$\sigma_1 = 2,7 \text{ N/mm}^2$$

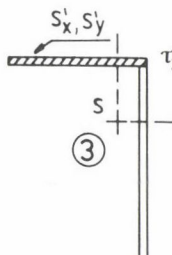
$$\sigma_2 = 0,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_3 = 0,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_4 = -2,7 \text{ N/mm}^2$$

(6-6) Nyírófeszültségek az eredő nyírőerőkből:

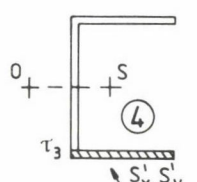
3



$$S'_x = 0,7 \text{ m}^3 \quad S'_y = 0,46 \text{ m}^3$$

$$\tau_2 = \frac{1}{0,1} \left( \frac{20,6}{1,44} \cdot 0,46 + \frac{285,3}{3,826} \cdot 0,7 \right) = 0,6 \text{ N/mm}^2$$

4



$$S'_x = 0,585 \text{ m}^3 \quad S'_y = 0,267 \text{ m}^3$$

$$\tau_3 = 0,7 \text{ N/mm}^2$$

#### B.4. Értékelés

A pontos és az egyszerűsített számítás eredményeit összehasonlítva a következőket állapíthatjuk meg:

A nyitott falelemek saját csavarási és öblösödési merevségeinek hatása elhanyagolhatóan kicsi, így ezeket a merevségeket a számításban nem kell figyelembe venni. Más a helyzet a zárt falelemmel, amelynek saját csavarási merevsége nem hanyagolható el.

A nyitott falelemek centrifugális nyomatékainak figyelmen kívül hagyása a feszültségek eloszlásában számottevő eltéréseket okozhat, így a centrifugális nyomatékok elhanyagolását az ellenőrző számításokban nem ajánljuk. A falelemek szükséges számának és méreteinek felvételéhez azonban véleményünk szerint el lehet hanyagolni a falelemek centrifugális nyomatékait, azaz a 6. pontban ismertetett egyszerűsített számítást használhatjuk.

#### IRODALOM

Beck, H., Schäfer, H. (1969): Die Berechnung von Hochhäusern durch Zusammenfassung aller versteifenden Bauteile zu einem Balken. Der Bauingenieur 44, 80–87.

Beljajev, N. M. (1951): Szoprotivlenyije matyerialov. Moszkva--Leningrad, Gosztyehizdat.

- Brandt, B., Schäfer, H. G., Reeh, H.** (1975): Zum Stabilitätsnachweis von Hochhäusern. Beton- und Stahlbetonbau, **70**, 211–223.
- Csellár Ö., Halász O., Réti V.** (1965): Vékonyfalú acélszerkezetek. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- Kollár L.** (szerk.) (1991): A mérnöki stabilitáselmélet különleges problémái. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Stüssi, F.** (1965): Die Grenzlage des Schubmittelpunktes bei Kastenträgern. Abhandlungen IVBH, Bd. XXV., 279–315.
- Szmodits K.** (1975): Útmutató panelépületek statikai tervezéséhez. Építéstudományi Intézet, Budapest.
- Tarnai T.** (1993): Ferde hajlítás mátrixos megfogalmazásban. Építés- Építészettudomány (megjelenés alatt).
- Zalka K.** (1991): Keretek és nyílásokkal áttört falak közelítő stabilitásvizsgálata a kontinuum-módszerrel, 1. /Kollár, 1991/-ben.

Dr. Mistéth Endre, a műszaki tudomány doktora

## EXCENTRIKUSAN NYOMOTT RÚD

### 1. BEVEZETÉS ÉS ÁLTALÁNOS MEGOLDÁS

Az 1. ábra szerinti állandó keresztmetszetű, excentrikusan nyomott rúd a nyomóerőre merőlegesen is terhelve van. A terhelés a tehetetlenségi főirányoknak megfelelően két egymásra merőleges komponensre felbontható.

$$\begin{aligned} p_I &= \sum_{i=1}^n p_i \cos \delta_i, \\ p_{II} &= \sum_{i=1}^n p_i \sin \delta_i. \end{aligned} \quad (1)$$

Az (1) kifejezésben  $p_I$  a maximális inercianyomatékú irányra merőleges terhelés,  $\delta_i$  a  $p_i$  tehernek az I. főiránnyal bezárt szöge,  $p_{II}$  a maximális inercianyomatékú irányra merőleges terhelés.

A nyomóerő véletlen jellegű excentricitása a rúd bal oldali végén (1. ábra) az 1-1 főiránytól  $e_{11}$ , a 2-2 főiránytól  $e_{12}$ . A rúd jobb oldali végén az excentricitás mértéke az 1-1 főiránytól  $e_{21}$ , a 2-2 főiránytól  $e_{22}$ . Feltételezzük, hogy az "N" nyomóerő támadásvonala egyenes. Az egyenes egyenletének vetülete az 1-1 főirányra merőlegesen, ha  $\frac{x}{l} = \xi$

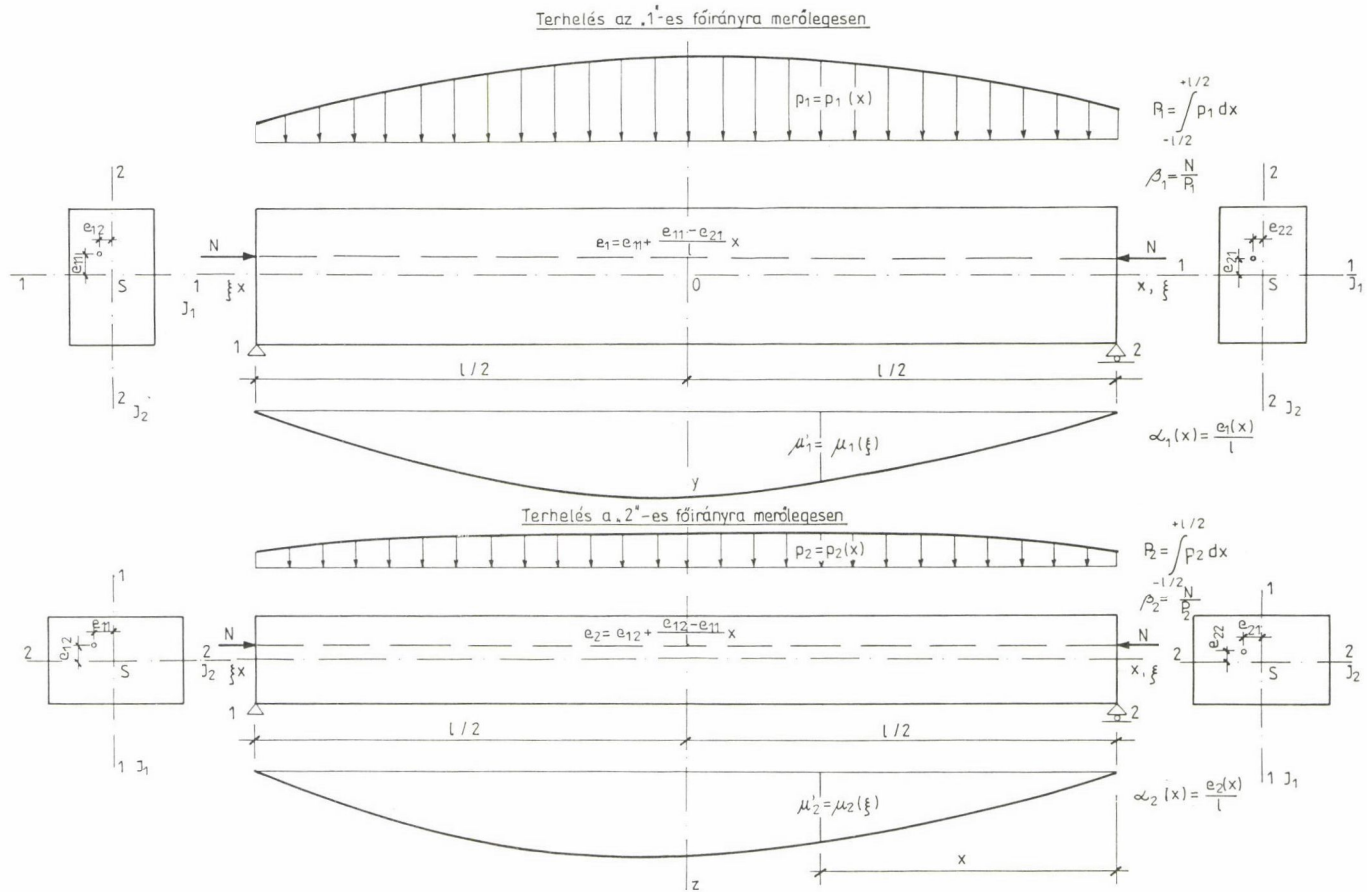
$$e_1 = e_{11} + (e_{11} - e_{21}) \xi,$$

a 2-2 főirányra merőlegesen

$$e_2 = e_{12} + (e_{12} - e_{22}) \xi.$$

A főirányokra merőleges erőrendszer nyomatéka, ha  $\frac{x}{l} = \xi$

$$M'_1 = M_{01} (b'_0 + b'_1 \xi + b'_2 \xi^2 + \dots + b'_{m-1} \xi^{m-1} + b'_m \xi^m),$$



1. ábra. Excentrikusan nyomott gerenda



$$M_2' = M_{02} (b_0'' + b_1'' \xi + b_2'' \xi^2 + \dots + b_{m-1}'' \xi^{m-1} + b_m'' \xi^m).$$

Bevezetve az  $f_1 = \frac{M_{01}}{N}$  és  $f_2 = \frac{M_{02}}{N}$  kifejezéseket, továbbá a nyomóerő hajlító nyomatékát is figyelembe véve, a hajlító nyomaték

$$M_1 = M_1' + N e_1 = M_{01} \left[ \left( b_0' + \frac{e_{11}}{f_1} \right) + \left( b_1' + \frac{e_{11} - e_{21}}{f_1} \right) \xi + b_2' \xi^2 + \dots + b_m' \xi^m \right] \quad (2)$$

$$M_2 = M_2' + N e_2 = M_{02} \left[ \left( b_0'' + \frac{e_{12}}{f_2} \right) + \left( b_1'' + \frac{e_{12} - e_{22}}{f_2} \right) \xi + b_2'' \xi^2 + \dots + b_m'' \xi^m \right]$$

lesz.

A (2) kifejezésben  $M_{01}$  az 1-1 főirányra,  $M_{02}$  a 2-2 főirányra merőleges erőrendszer nyomatéka az 0 pontra.

A rugalmas rúd differenciálegyenlete az egyes főirányokra merőlegesen:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + \frac{N}{EJ_1} y + \frac{M_1}{EJ_1} = 0,$$

$$\frac{d^2 z}{dx^2} + \frac{N}{EJ_2} z + \frac{M_2}{EJ_2} = 0.$$

A továbbiakban számításainkat az 1-1 főirányra merőleges irányban végezzük el, ezért az 1 indextől eltekintünk. Megjegyezzük, hogy a 2-2 főirányra merőleges számítások teljesen egyezők az 1-1 főirányra vonatkozó számításokkal. A rugalmas rúd differenciálegyenlete

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + \frac{N}{EJ} y + \frac{M}{EJ} = 0, \quad (3)$$

ahol

$$M = M_0 \left[ \left( b_0 + \frac{e_{11}}{f} \right) + \left( b_1 + \frac{e_{11} - e_{21}}{f} \right) \xi + b_2 \xi^2 + \dots + b_m \xi^m \right].$$

A (3) kifejezésben lévő differenciálegyenlet általános megoldása,

ha 
$$G = \sqrt{\frac{N e^2}{EJ}}$$

$$y = c_1 \cos(G\xi) + c_2 \sin(G\xi) + a_0 + a_1 \xi + a_2 \xi^2 + \dots + a_m \xi^m. \quad (4)$$

A továbbiakban feltételezzük, hogy  $m$  páros.

A (4) kifejezésben lévő állandókat ( $a_j$ ;  $j = 0, 1, 2 \dots m$ ) úgy számíthatjuk ki, hogy a (4) kifejezést behelyettesítjük a (3) differenciálegyenletbe:

$$\begin{aligned}
 & -c_1 \frac{N}{EJ} \cos(G\xi) - c_2 \frac{N}{EJ} \sin(G\xi) + \frac{2a_2}{l^2} + \frac{6a_2}{l^2} + \dots + \frac{m(m-1)a_m}{l^2} \xi^{m-2} + \\
 & + \frac{N}{EJ} c_1 \cos(G\xi) + \frac{N}{EJ} c_2 \sin(G\xi) + \frac{N}{EJ} (a_0 + a_1\xi + a_2\xi^2 + \dots + a_m\xi^m) + \\
 & + \frac{N}{EJ} [e_{11} + (e_{11} - e_{21})\xi] + \frac{M_0}{EJ} (b_0 + b_1\xi + b_2\xi^2 + \dots + b_m\xi^m) = 0
 \end{aligned} \quad (5)$$

Az (5) egyenlet kielégítéséhez az szükséges, hogy a racionális egészfüggvények ugyanolyan hatványkitevőjű tagjainak összege zérus legyen. Pl. a  $k$ -ad fokú tag:

$$\begin{aligned}
 & \frac{(k+2)(k+1)}{l^2} a_{k+2} + \frac{N}{EJ} a_k + \frac{M_0}{EJ} b_k = 0, \\
 & a_k = -fb_k - \frac{(k+2)(k+1)}{G^2} a_{k+2}, \\
 & (k = 0, 1, 2 \dots m).
 \end{aligned} \quad (6)$$

A (6) összefüggés alapján

$$\begin{aligned}
 a_m &= -fb_m \\
 a_{m-1} &= -fb_{m-1} \\
 a_{m-2} &= -f \left[ b_{m-2} + \frac{m(m-1)}{G^2} b_m \right] \\
 a_{m-3} &= -f \left[ b_{m-3} + \frac{(m-1)(m-2)}{G^2} b_{m-1} \right] \\
 a_{m-4} &= -f \left[ b_{m-4} + \frac{(m-2)(m-3)}{G^2} b_{m-2} - \frac{m(m-1)(m-2)(m-3)}{G^4} b_m \right] \\
 a_{m-5} &= -f \left[ b_{m-5} + \frac{(m-3)(m-4)}{G^2} b_{m-3} - \frac{(m-1)(m-2)(m-3)(m-4)}{G^4} b_{m-1} \right] \\
 \dots & \\
 a_1 &= -(e_{11} - e_{21}) - f \left[ b_1 + \frac{6b_3}{G^2} - \frac{120b_5}{G^4} + \frac{5040b_7}{G^6} \right] + \frac{362880a_9}{G^8} \\
 a_0 &= -e_{11} - f \left[ b_0 + \frac{2b_2}{G^2} - \frac{24b_4}{G^4} + \frac{720b_6}{G^6} \right] + \frac{40320a_8}{G^8}
 \end{aligned} \quad (7)$$

lesz.

A (4) egyenletben  $c_1$  és  $c_2$  állandók meghatározásához ki kell elégíteni a

$$\xi = -\frac{1}{2} \quad y = 0$$

$$\xi = +\frac{1}{2} \quad y = 0$$

kerületi feltételeket. A feltételek alapján, ha  $m$  páros:

$$c_1 = -\frac{a_0 + \frac{a_2}{4} + \dots + \frac{a_m}{2^m}}{\cos\left(\frac{G}{2}\right)},$$

$$c_2 = -\frac{\frac{a_1}{2} + \frac{a_3}{8} + \dots + \frac{a_{m-1}}{2^{m-1}}}{\sin\left(\frac{G}{2}\right)},$$

$$G = \sqrt{\frac{N\ell^2}{EJ}}.$$

A (4) függvény, az általános megoldás, az állandók behelyettesítésével felírható. Ez azonban nem teszi áttekinthetőbbé az eredményt. A nyomaték értéke a (4) függvény kétszeri deriválásával nyerhető.

$$M = -\frac{EJ}{\ell^2} \frac{d^2 y}{d\xi^2} = \frac{a_0 + \frac{a_2}{4} + \dots + \frac{a_m}{2^m}}{\cos\left(\frac{G}{2}\right)} N \cos(G\xi) +$$

$$+ \frac{\frac{a_1}{2} + \frac{a_2}{8} + \dots + \frac{a_{m-1}}{2^{m-1}}}{\sin\left(\frac{G}{2}\right)} N \sin(G\xi) - EJ \left[ 2a_2 + 6a_3 \xi + \dots + m(m-1) a_m \xi^{m-2} \right].$$

A maximális nyomaték ott lehet, ahol a (9) kifejezés első deriváltja zérus.

$$\frac{dM}{dx} \equiv \frac{a_0 + \dots + \frac{a_m}{2^m}}{\cos\left(\frac{G}{2}\right)} \frac{NG}{\ell} \sin(G\xi) + \frac{\frac{a_1}{2} + \dots + \frac{a_m}{2^{m-1}}}{\sin\left(\frac{G}{2}\right)} \frac{NG}{\ell} \cos(G\xi) -$$

$$- \frac{EJ}{\ell} \left[ 6a_3 + 24a_4 \xi + \dots + m(m-1)(m-2) a_m \xi^{m-3} \right] = 0.$$

A (10) egyenlet  $\xi = \xi'$  megoldása adja a maximális nyomaték helyét. A nyomatéknak a második deriváltja viselkedése szerint lesz maximum vagy minimum. A  $\left[ \frac{d^2M}{d\xi^2} \right]_{\xi=\xi'} < 0$  helyen a kifejezés értéke negatív, tehát maximum van.

Meg kell még határozni a maximális feszültség helyét és mértékét. A főirányok szerinti feszültségek összege:

$$\sigma = \frac{M_1}{J_1} y + \frac{M_2}{J_2} z + \frac{N}{A} \quad (11)$$

y és z értéken a nyomófeszültséghez tartozó egyidejűleg lehetséges megnyisítések értendők. A maximális feszültség helye:

$$\frac{d\sigma}{d\xi} = \frac{dM_1}{d\xi} \frac{y}{J_1} + \frac{dM_2}{d\xi} \frac{z}{J_2} = 0 \quad (12)$$

A (12) egyenlet megoldása  $\xi = \xi_0$  helyen  $\left[ \frac{d\sigma}{d\xi} \right]_{\xi=\xi_0} < 0$ , tehát a számított feszültség maximum.

$$\sigma_{\max} = \frac{M_1(\xi_0)}{J_1} y + \frac{M_2(\xi_0)}{J_2} z + \frac{N}{A} \quad (13)$$

A (13) kifejezésben "A" a rúd keresztmetszeti területe.

Valószínűségelméleti alapon történő méretezésnél ki kell elégíteni a jól ismert összefüggések valamelyikét.

$$P \{ [\sigma_B(t) - \sigma_{\max}(t)] \leq 0 \} \leq \frac{1}{r} \quad (14)$$

$$P \{ [R(t) - S(t)] \leq 0 \} \leq \frac{1}{r}$$

$$0 < t \leq T$$

## 2. SPECIÁLIS ESETEK

### 2.1. Centrikus nyomás

Centrikus nyomás esetén  $p_1(\xi) = p_2(\xi) = 0$ . Az excentricitás mértékére  $\alpha_1(\xi) = \frac{e_1}{l} = \text{konstans}$ ;  $\alpha_2(\xi) = \frac{e_2}{l} = \text{konstans}$  feltételezéssel lehet élni (2.a. ábra). Ebben az esetben

$$y = + \frac{e_1}{\cos \left( \frac{G_1}{2} \right)} \cos (G_1 \xi) - e_1 \quad (15)$$

$$z = + \frac{e_2}{\cos \left( \frac{G_2}{2} \right)} \cos (G_2 \xi) - e_2.$$

A (15) kifejezés kétszeri deriválása alapján meghatározhatók a mértékadó nyomatékok:

$$M_1 = - \frac{EJ_1}{l^2} \frac{d^2 y}{d\xi^2} = - \frac{Ne_1}{\cos \left( \frac{G_1}{2} \right)} \cos (G_1 \xi)$$

$$M_2 = - \frac{EJ_2}{l^2} \frac{d^2 z}{d\xi^2} = - \frac{Ne_2}{\cos \left( \frac{G_2}{2} \right)} \cos (G_2 \xi).$$

A maximális nyomaték helye a  $\xi = 0$  keresztmetszetben van:

$$\left[ M_1 \right]_{\xi=0} = - \frac{Ne_1}{\cos \left( \frac{G_1}{2} \right)} \quad (16)$$

$$\left[ M_2 \right]_{\xi=0} = - \frac{Ne_2}{\cos \left( \frac{G_2}{2} \right)}.$$

A (16) kifejezés pozitív nyomaték, mert  $e_1 = -\alpha_1 l$  és  $e_2 = -\alpha_2 l$ . A maximális feszültség, ha  $y$  és  $z$  a nyomófeszültséghez tartozó szélső szál, akkor

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{A} \left[ \frac{e_1}{\cos \left( \frac{G_1}{2} \right)} \frac{y}{i_1^2} + \frac{e_2}{\cos \left( \frac{G_2}{2} \right)} \frac{z}{i_2^2} + 1 \right]$$

lesz. A többlet áthajlás miatt a nyomaték növelő tényező:

$$\text{az "1" főirányban} \quad \psi_1 = \frac{1}{\cos \left( \frac{G_1}{2} \right)}$$

$$\text{a "2" főirányban} \quad \psi_2 = \frac{1}{\cos \left( \frac{G_2}{2} \right)}. \quad (17)$$

## 2.2. Nyomaték támadja a rudat

A nyomatéki ábra bármelyik főirányban a 2.b. ábra szerinti. A nyomóerő excentricitása a keresztmetszet mentén mindkét főirányban állandónak van feltételezve.

$$M = \frac{M_1 + M_2}{2} - (M_1 - M_2)\xi + Ne.$$

A differenciálegyenlet

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{N}{EJ} (e + y) + \frac{M_1 + M_2}{2EJ} - \frac{M_1 - M_2}{EJ} \xi = 0. \quad (18)$$

A (18) szerinti differenciálegyenlet általános megoldása:

$$y = \frac{M_1 - M_2}{N} (\xi) - \frac{M_1 + M_2 + 2Ne}{2N} + \frac{M_1 + M_2 + 2Ne}{2N \cos\left(\frac{G}{2}\right)} \cos(G\xi) - \frac{M_1 - M_2}{2N \sin\left(\frac{G}{2}\right)} \sin(G\xi).$$

A nyomaték függvénye:

$$M = -\frac{EJ}{l^2} \frac{d^2y}{d\xi^2} = \frac{M_1 + M_2 + 2Ne}{2 \cos\left(\frac{G}{2}\right)} N \cos(G\xi) - \frac{M_1 - M_2}{2 \sin\left(\frac{G}{2}\right)} N \sin(G\xi). \quad (19)$$

A nyomaték értéke  $\xi = 0$  helyen

$$[M]_{\xi=0} = \frac{M_1 + M_2 + 2Ne}{2 \cos\left(\frac{G}{2}\right)}. \quad (20)$$

Abban az esetben, ha  $M_1 = M_2 = M$ , akkor a kritikus keresztmetszet  $\xi = 0$  helyen van:

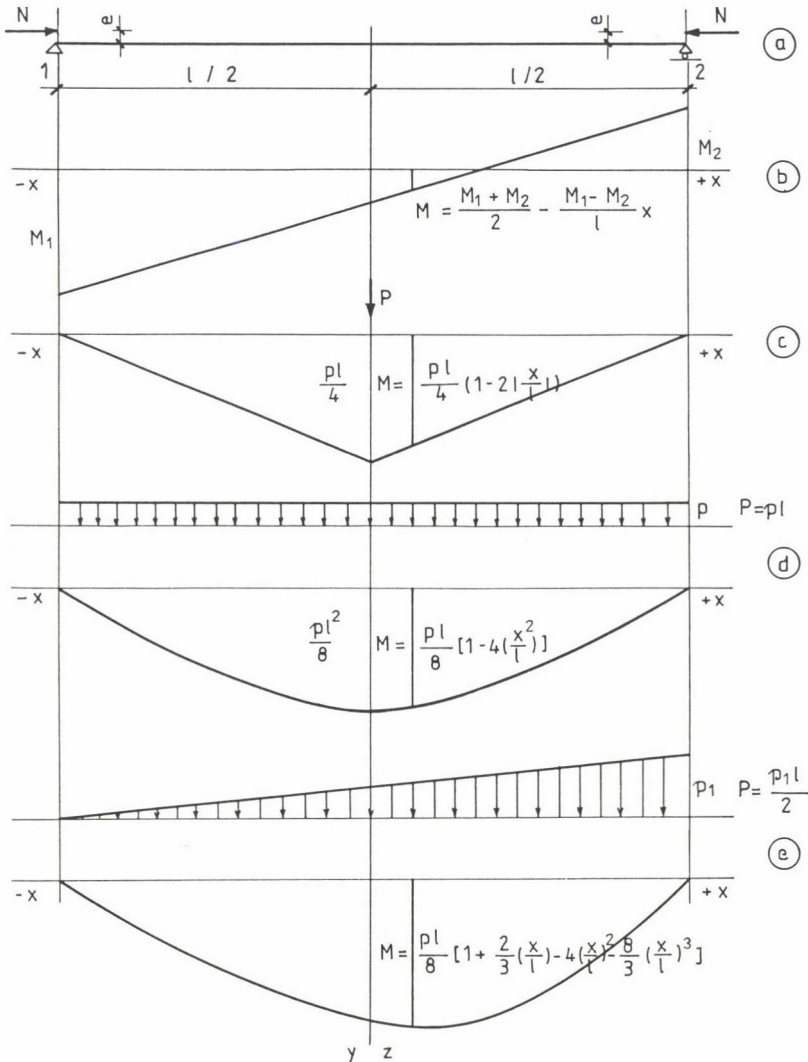
$$[M]_{\xi=0} = M_{\max} = \frac{M + Ne}{\cos\left(\frac{G}{2}\right)}. \quad (21)$$

A (20) és (21) kifejezésekből látható, hogy a növelő tényező  $\psi$  a (17) kifejezéssel egyező.

### 2.3. Koncentrált erő hat a rúd közepén

A nyomatéki ábra a 2.c. ábrán látható, bármelyik főirányban. A feltételezések a (21) és (22) pontokban leírtakkal egyezők. A differenciálegyenlet

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + \frac{N}{EJ} (e + y) + \frac{P}{4EJ} (1 - 2|\xi|) = 0. \quad (22)$$



2. ábra. Speciális esetek

A (22) differenciálegyenlet általános megoldása, ha  $\frac{Pl}{4N} = f$

$$y = 2f|\xi| - (f + e) + \frac{f + e}{\cos\left(\frac{G}{2}\right)} \cos(G|\xi|) - \frac{f}{\sin\left(\frac{G}{2}\right)} \sin(G|\xi|). \quad (23)$$

A (23) kifejezést kétszer deriválva, a nyomaték számítható:

$$M = -\frac{EJ}{l^2} \frac{d^2y}{d\xi^2} = N \left[ \frac{f + e}{\cos\left(\frac{G}{2}\right)} \cos(G|\xi|) - \frac{f}{\sin\left(\frac{G}{2}\right)} \sin(G|\xi|) \right]. \quad (24)$$

A (24) kifejezésben a nyomatékot határoztuk meg. A maximális nyomaték természetesen  $\xi = 0$  helyen van. Értéke

$$M_{\max} = [M]_{\xi=0} = \frac{N(f + e)}{\cos\left(\frac{G}{2}\right)}. \quad (25)$$

A nyomatéknövelő  $\psi$  tényező értéke most is a (17) kifejezéssel egyező.

#### 2.4. A rúdon egyenletesen megoszló erő hat

A nyomatéki ábra a 2.d. ábrán látható. A feltételezések a (22) és (23) pontokban leírtakkal egyezők. A differenciálegyenlet

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{N}{EJ} (e + y) + M_0 [1 - 4(\xi)^2] = 0,$$

ahol  $M_0 = \frac{Pl}{8}$ .

A differenciálegyenlet általános megoldása, ha  $f = \frac{Pl}{8N}$ :

$$y = 4f\xi^2 - 8f \left( \frac{1}{8} + \frac{1}{G^2} + \frac{e}{8f} \right) + \frac{\frac{8f}{G^2} + e}{\cos\left(\frac{G}{2}\right)} \cos(G\xi).$$

A nyomaték meghatározható:

$$M = -\frac{Pl}{G^2} + \frac{\frac{Pl}{G^2} + Ne}{\cos\left(\frac{G}{2}\right)} \cos(G\xi). \quad (26)$$

A (26) kifejezés alapján a maximális nyomaték  $\xi = 0$  helyen



$$M_{\max} = M \frac{\frac{16}{G^2} \sin^2 \left( \frac{1}{4} G \right) + \frac{e}{f}}{\cos \left( \frac{G}{2} \right)} < \frac{M}{\cos \left( \frac{G}{2} \right)}. \quad (27)$$

A (27) kifejezés számlálójának minimuma  $0,81057 + \frac{e}{f}$ ; kis  $\frac{1}{4} G$  értékekre ( $G \leq 1,4$ ) a  $\frac{16}{G^2} \sin^2 \left( \frac{1}{4} G \right) \leq 0,96$  és  $\frac{e}{f}$  érték is kicsi.

## 2.5. A rúdterhelés lineárisan növekvő megoszló teher

A terhelés  $p = \frac{D}{2} + p \xi$  lineárisan növekvő megoszló erőrendszer, ami a nyomatéki ábrával együtt a 2.e. ábrán látható. A b) és c) pontokban leírt feltételezések érvényesek. A differenciálegyenlet, ha  $M_0 = \frac{P\ell}{8}$

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + \frac{N}{EJ} (e + y) + \frac{M_0}{EJ} \left[ 1 + \frac{2}{3} (\xi) - 4 (\xi)^2 - \frac{8}{3} (\xi)^3 \right] = 0.$$

A differenciálegyenlet általános megoldása, ha  $f = \frac{P\ell}{8N}$

$$y = \frac{8}{3} f \xi^3 + 4f \xi^2 - 8f \left( \frac{1}{12} + \frac{2}{G^2} \right) \xi - 8f \left( \frac{1}{8} + \frac{1}{G^2} \right) - e + \frac{\frac{8f}{G^2} + e}{\cos \left( \frac{G}{2} \right)} \cos (G \xi) + \frac{\frac{8f}{G^2}}{\sin \left( \frac{G}{2} \right)} \sin (G \xi). \quad (28)$$

A (28) kifejezésből a nyomaték meghatározható:

$$M(\xi) = \left( - \frac{EJ}{\ell^2} \frac{d^2 y}{d\xi^2} \right) = - \frac{P\ell}{G^2} \left[ 2\xi + 1 - \frac{(1 + \frac{GN}{P\ell} e) \cos (G\xi)}{\cos \left( \frac{G}{2} \right)} - \frac{\sin (G\xi)}{\sin \left( \frac{G}{2} \right)} \right]. \quad (29)$$

A (29) kifejezés alapján meghatározható a maximális nyomaték helye, ami a

$$\cos G \left( \xi + \frac{1}{2} \right) = \frac{\sin G}{G} - \frac{G^2 N}{P\ell} e \sin \left( \frac{G}{2} \right) \quad (30)$$

egyenlet megoldása.

A (30) egyenlet  $\xi_0$  megoldásai a  $G$  függvényében, ha az egyenlet jobb oldalán lévő második tagtól eltekintünk, az 1. táblázatban található. A  $\xi_0$  értéket a (29) kifejezésbe helyettesítve, a maximális nyomaték számítható. Az elhanyagolás mértéke 1,5%.

1. táblázat  
Nyomatéknövelő tényező

$G^2$	$\cos\left(\frac{G}{2}\right)$	$\xi_0$	$G = \sqrt{\frac{Nl^2}{EJ}}$	$\psi = \frac{1}{\cos\left(\frac{G}{2}\right)}$
0,0	1,00000		0,000	1,00000
0,1	0,98761	0,07671	0,31623	1,01255
0,2	0,97510	1,07606	0,44721	1,02554
0,3	0,96273	0,07541	0,54772	1,03871
0,4	0,95042	0,07476	0,63246	1,05217
0,5	0,93815	0,07411	0,70711	1,06593
0,6	0,92593	0,07345	0,77460	1,07800
0,7	0,91377	0,07279	0,83666	1,09437
0,8	0,90166	0,07213	0,89443	1,10907
0,9	0,88959	0,07146	0,94868	1,12411
1,0	0,87758	0,07080	1,00000	1,13950
1,2	0,85371	0,06945	1,09545	1,17136
1,4	0,83004	0,06810	1,18322	1,20476
1,6	0,80658	0,06673	1,26491	1,23980
1,8	0,78331	0,06535	1,34164	1,27663
2,0	0,76024	0,06396	1,41421	1,31537
2,2	0,73738	0,06256	1,48324	1,35615
2,4	0,71470	0,06114	1,54919	1,39919
2,6	0,69223	0,05972	1,61245	1,44461
2,8	0,66995	0,05828	1,67332	1,49265
3,0	0,64786	0,05683	1,73205	1,54354
3,5	0,59348	0,05316	1,87083	1,68498
4,0	0,54030	0,04941	2,00000	1,85082
4,5	0,48830	0,04559	2,12132	2,04792
5,0	0,43745	0,04169	2,23607	2,28598
5,5	0,38775	0,03772	2,34521	2,57898
6,0	0,33919	0,03455	2,33949	2,94820
7,0	0,24539	0,02537	2,64575	4,07515
8,0	0,15594	0,01677	2,82843	6,41272
9,0	0,07074	0,00791	3,00000	14,13627

$$[M]_{\xi=0} = \frac{Pl}{8} \frac{\frac{16}{G^2} \sin^2\left(\frac{1}{4}G\right) + \frac{e}{f}}{\cos\left(\frac{G}{2}\right)}. \quad (31)$$

A (31) kifejezés a (27) kifejezéssel teljesen egyező, így  $\psi \leq \frac{1}{\cos\left(\frac{G}{2}\right)}$  nyomaték növelő tényező az előbbieken elmondottakkal egyező.

Az előzőből következtetve, kéttámaszú tartók esetén  $\psi_{\max}$  akkor áll elő, ha  $\frac{G}{2} = \frac{\pi}{2}$

$$N_{\text{krit}} = \pi^2 \frac{EJ}{l^2}$$

az Euler-féle kritikus nyomóerő.

### 3. BEFOGOTT ÉS MEGTÁMASZTOTT RÚD EXCENTRIKUS NYOMÁSA

#### 3.1. Centrikus nyomás (3.a. ábra)

A 3. ábra szerinti egyik végén befogott, másik végén megtámasztott rúd esetében a differenciálegyenlet felállítható és ugyanúgy megoldható, mint a kéttámaszú tartó esetében:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = -\frac{N}{EJ} e + y - \frac{X}{N} x.$$

Az általános megoldás:

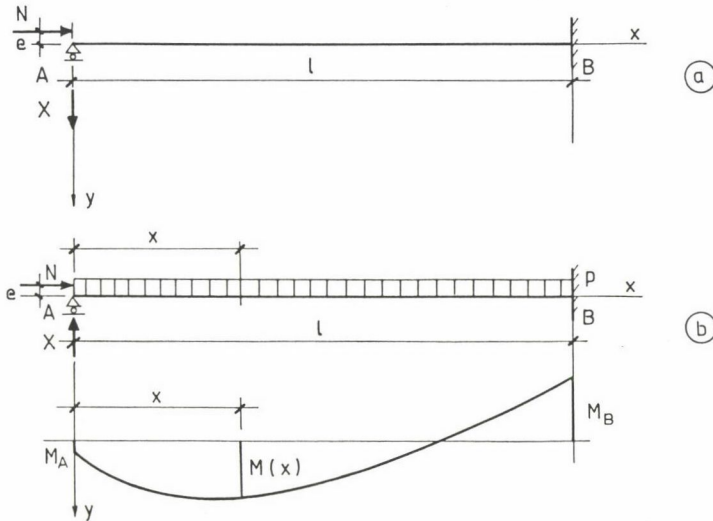
$$y + e - \frac{X}{N} x = c_1 \cos\left(\frac{G}{\ell} x\right) + c_2 \sin\left(\frac{G}{\ell} x\right).$$

A kerületi feltételek:

$$x = 0 \quad y = 0$$

$$x = \ell \quad y = 0 \quad \text{és}$$

$$x = \ell \quad \frac{dy}{dx} - \frac{X}{N} = -c_1 \frac{G}{\ell} \sin\left(\frac{G}{\ell} x\right) + c_2 \frac{G}{\ell} \cos\left(\frac{G}{\ell} x\right)$$



3. ábra. Befogott megtámasztott rúd

$$\frac{y}{e} = \frac{\sin(G - G\xi) - G \cos(G - G\xi) + \sin(G\xi) + G[(1 - \cos(G))]}{\sin(G) - G \cos(G)} - 1. \quad (33)$$

Kétszeri deriválással a hajlítónyomaték  $M = \frac{EJ}{l^2} \frac{d^2 y}{d\xi^2}$ ,

$$M = -Ne \frac{\sin(G - \xi G) - G \cos(G - \xi G) + \sin(G\xi)}{\sin(G) - G \cos(G)}. \quad (34)$$

### 3.2. Egyenletesen megoszló erőrendszer hat (3.b. ábra)

A teher okozta hajlítónyomaték, ha a pozitív X felfelé hat és

$$M(x) = M_0 \left( \frac{e}{f} + \frac{8X}{P} \xi - 4\xi^2 \right).$$

A megoldandó differenciálegyenlet, ha X értéke a 3.b. ábrán feltüntetettel ellentétes:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + \frac{N}{EJ} y + \frac{M_0}{EJ} \left( \frac{e}{f} + \frac{8X}{P} \xi - 4\xi^2 \right) = 0.$$

A megoldás:

$$y = c_1 \cos(G\xi) + c_2 \sin(G\xi) + 4f\xi^2 - \frac{Xl}{N}\xi - e. \quad (35)$$

A kerületi feltételek a  $c_1$ ,  $c_2$  állandók és X értékének meghatározásához

$$\begin{aligned} x = 0 & \quad \xi = 0 & \quad y = 0 \\ x = l & \quad \xi = 1 & \quad y = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \left[ \frac{dy}{dx} \right]_{x=l} &= -c_1 \frac{G}{l} \sin(G\xi) + \\ &+ c_2 \frac{G}{l} \cos(G\xi) + \frac{8f}{l} \xi - \frac{X}{N} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y = & \frac{e \left\{ \sin(G + G\xi) - G \cos(G - G\xi) + \sin(G\xi) \left[ 1 + \frac{4f}{e} \right] \right\}}{\sin(G) - G \cos(G)} + \\ & + 4f\xi^2 - \frac{4f [2 \sin(G) - G \cos(G)] - eG [1 - \cos(G)]}{\sin G - G \cos(G)} \xi - e. \end{aligned} \quad (36)$$

Kétszeri deriválással a hajlítónyomaték  $M = -\frac{EJ}{l^2} \frac{d^2 y}{d\xi^2}$ .

$$M = Ne \frac{+ \sin (G + G\xi) - G \cos (G - G\xi) + \sin (G\xi) \left[ 1 + \frac{4f}{e} \right]}{\sin G - G \cos (G)} - \frac{8M_0}{G^2}. \quad (37)$$

A rúd stabilitását elveszti, ha  $\sin (G) - G \cos (G) = 0$  egyenletet  $G$ -re megoldjuk.  $G = 4,49340946$ .

A kritikus nyomóerő:  $N_{krit} = \frac{4,49340946^2 EJ}{2} = \frac{\pi^2 EJ}{(0,69916)^2}$  vagyis a ki-hajlási hosszúság a rúd tényleges hosszának a  $\sim 0,7$ -szerese.

#### 4. MIND A KÉT VÉGÉN BEFOGOTT RÚD

##### 4.1. Centrikus nyomás (4.a. ábra)

Az ábra szerint az "e" excentricitás negatív.

A befogási nyomaték:

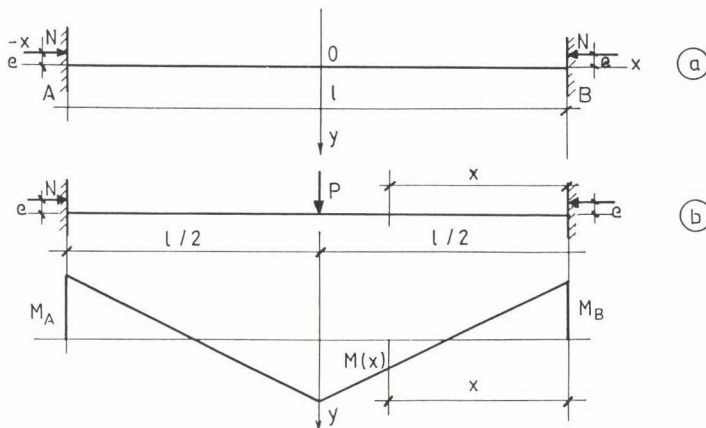
$$M_A = - Ne$$

$$M_B = + Ne$$

$$M_0 = - Ne$$

A differenciálegyenlet:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + \frac{N}{EJ} (y - e) = 0.$$



4. ábra. Mindkét végén befogott rúd

A differenciálegyenlet megoldása:

$$y = c_1 \cos(G|\xi|) + c_2 \sin(G|\xi|) - e.$$

A  $c_1$  és  $c_2$  állandók meghatározásához a kerületi feltételek

$$\begin{aligned} |x| = \frac{\ell}{2}; \quad |\xi| = \frac{1}{2}; \quad y = 0 \\ \frac{dy}{dx} = 0. \end{aligned}$$

A differenciálegyenlet általános megoldása:

$$y = e \left[ 1 - \cos\left(\frac{G}{2}\right) - G|\xi| \right].$$

A hajlítónyomaték:

$$M = \left( -\frac{EJ}{\ell^2} \frac{d^2 y}{d\xi^2} \right) = -Ne \cos\left(\frac{G}{2} - G|\xi|\right)$$

$$[M]_{\xi=0} = -Ne \cos\left(\frac{G}{2}\right)$$

$$[M]_{\xi=\frac{1}{2}} = -Ne.$$

A befogásnál az érintő vízszintes és az elmozdulás zérus.

$$\left[ \frac{dy}{dx} \right]_{\xi=\frac{1}{2}} = e \frac{G}{\ell} \sin\left(\frac{G}{2}\right) = 0$$

(38)

$$[y]_{\xi=\frac{1}{2}} = e \left[ 1 - \cos\left(\frac{G}{2}\right) \right] = 0.$$

A (38) két összefüggés csak akkor állhat fenn, ha

$$\frac{G}{2} = 0, 2\pi, 4\pi, \dots$$

vagyis

$$N_{\text{krit}} = \frac{4\pi^2 EJ}{\ell^2}.$$

#### 4.2. Koncentrált erő hat a rúd közepén (4.b. ábra)

Az ábra szerint az "e" excentricitás negatív.

A befogási nyomaték:

$$M_A = - Ne - \frac{P\ell}{8}$$

$$M_B = + Ne + \frac{P\ell}{8}.$$

A nyomaték a középső keresztmetszetben ( $\xi = 0$ )

$$M_0 = [M]_{\xi=0} = - Ne + \frac{P\ell}{8}$$

$$M(x) = \frac{P\ell}{8} - Ne - \frac{P|x|}{2} \quad \text{vagy} \quad M(\xi) = M_0 - \frac{P}{2} |\xi|.$$

A differenciálegyenlet:

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{N}{EJ} y + \frac{P}{8EJ} + \frac{Ne}{EJ} - \frac{P|x|}{2EJ} = 0 \quad \text{vagy}$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{N}{EJ} y + \frac{M_0}{EJ} - \frac{P\ell}{2EJ} |\xi| = 0.$$

Az általános megoldás, ha  $\frac{P\ell}{8N} = f$ ,

$$y = c_1 \cos(G|\xi|) + c_2 \sin(G|\xi|) + 4f|\xi| - (f + e). \quad (39)$$

Az általános megoldásból a hajlítónyomaték

$$M = \left[ -\frac{EJ}{\ell^2} \frac{d^2y}{d\xi^2} \right] - N \left\{ \frac{4f}{G} \sin\left(\frac{G}{2} - G|\xi|\right) - (f - e) \cos\left(\frac{G}{2} - G|\xi|\right) \right\} \quad (40)$$

$$[M]_{\xi=\frac{1}{2}} = -N(f - e) = -\frac{P\ell}{8} + Ne \quad (41)$$

$$[M]_{\xi=0} + \frac{P\ell}{2G} \sin\left(\frac{G}{2}\right) - \left(\frac{P\ell}{8} - Ne\right) \cos\left(\frac{G}{2}\right).$$

## 5. VALÓSZÍNŰSÉG-ELMÉLET ALAPJÁN TÖRTÉNŐ SZÁMÍTÁS

A (14) szerinti közismert összefüggést kell kielégíteni; a (14) kifejezés valószínűség-elméleti jellemzői. Először  $\sigma_B(t)$ . A törőfeszültség, illetőleg a folyási határ  $t_0$  idő múlva zérus lesz. A szórásnégyzet az idő múlásával növekszik.

Várható érték:

$$\sigma_{B(T)} = \bar{\sigma}_{Bo} \left[ 1 - \frac{1}{2} \left( \frac{T}{t_0} \right)^2 - \frac{1}{2} \left( \frac{T}{t_0} \right)^3 \right].$$

Szórásnégyzet:

$$[s_B(T)]^2 = s_{Bo}^2 \left[ 1 + 3 \left( \frac{T}{t_0} \right) \right]. \quad (42)$$

Ferdeség:

$$a_B(T) = a_{Bo} \left[ 1 - 2,4 \left( \frac{T}{t_0} \right) \right].$$

A ferdeségsökkenés csak plasztikus anyagoknál feltételezhető. Rideg anyagok ferdesége időben állandónak vélelmezhető. A maximális feszültség valószínűségi jellemzői a (13) kifejezés alapján.

Várható érték:

$$\bar{\sigma}_{\max}(T) = \bar{\psi}_1 \frac{\bar{M}_1(\xi_0)}{J_1} \bar{y} + \bar{\psi}_2 \frac{\bar{M}_2(\xi_0)}{J_2} \bar{z} + \frac{\bar{N}}{\bar{A}}.$$

Szórásnégyzet:

$$\begin{aligned} [s_{\max}(T)]^2 &= (\bar{\psi}_1 \frac{\bar{M}_1}{J_1} \bar{y})^2 (v_{\psi_1}^2 + v_{M_1}^2 + v_{J_1}^2 + v_y^2) + \\ &+ (\bar{\psi}_2 \frac{\bar{M}_2}{J_2} \bar{z})^2 (v_{\psi_2}^2 + v_{M_2}^2 + v_{J_2}^2 + v_z^2) + (\frac{\bar{N}}{\bar{A}})^2 (v_N^2 + v_A^2). \end{aligned} \quad (43)$$

Ferdeség:

$$a^{\max}(T) = \frac{(a_{\psi_1} v_{\psi_1}^3 + a_{M_1} v_{M_1}^3) \sigma_{M_1}^3 + (a_{\psi_2} v_{\psi_2}^3 + a_{M_2} v_{M_2}^3) \sigma_{M_2}^3 + a_N \bar{\sigma}_N^3}{[s^{\max}(T)]^3}.$$

A keresztmetszeti mennyiség korróziójára is figyelemmel kell lenni. A lineáris méret korróziója:

várható érték:

$$\bar{u}(T) = \bar{u}_0 \left[ 1 - \left( \frac{T}{t_0} \right) - \frac{1}{2} \left( \frac{T}{t_0} \right)^2 \right],$$

szórásnégyzet:

$$[s_u(T)]^2 = s_0^2 \left[ 1 + 3 \left( \frac{T}{t_0} \right) \right]. \quad (44)$$



A keresztmetszeti mennyiségcsökkenés a tervezett élettartam végén:

$$w(T) = 1 - \frac{u_{\min} [1 - \bar{u}(T)]}{W_0} \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial W_0}{\partial u_i} \right)_{u_i = \bar{u}_i} \quad (45)$$

szórásnégyzet növekedés:

$$[s^w(t)]^2 = [s_{W_0}^w]^2 \left[ 1 + 3 \left( \frac{T}{t_0} \right) \right]$$

$$\bar{W}(T) = \bar{W}_0 w(T),$$

A teher okozta igénybevétel és valószínűségi jellemzői:

G valószínűségi jellemzőinek számítása:

várható érték:

$$\bar{G} = \sqrt{\frac{Nl^2}{EJ}}$$

szórásnégyzet:

$$s_G^2 = \frac{\bar{G}^3}{4} (v_N^2 + 4v_l^2 + v_E^2 + v_J^2)$$

relatív szórás:

$$v_G = \frac{s_G}{\bar{G}} = \frac{\sqrt{\bar{G}}}{2} \sqrt{v_N^2 + 4v_l^2 + v_E^2 + v_J^2} \quad (46)$$

ferdeség:

$$a_G = \frac{a_N v_N^3 - a_E v_E^3}{(v_N^2 + 4v_l^2 + v_E^2 + v_J^2)^{3/2}}$$

A nyomatéknövelő tényező és valószínűségi jellemzői:

várható érték:

$$\bar{\psi} = \frac{1}{\cos \left( \frac{G}{2} \right)}$$

szórásnégyzet:

$$s_\psi^2 = \left( \frac{\partial \psi}{\partial G} s_G \right)^2 = \frac{\bar{G}^3}{16} \frac{\sin^2 \left( \frac{G}{2} \right)}{\cos^4 \left( \frac{G}{2} \right)} (v_N^2 + 4v_l^2 + v_E^2 + v_J^2)$$

relatív szórás:

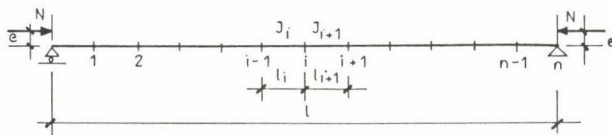
$$v_\psi = s_\psi \cos \left( \frac{G}{2} \right) = \frac{G^{3/2}}{4} \operatorname{tg} \left( \frac{G}{2} \right) \sqrt{v_N^2 + 4v_l^2 + v_E^2 + v_J^2} \quad (47)$$

ferdeség:

$$a_{\psi} = -a_G = \frac{-a_N v_N^3 + a_E v_E^3}{(v_N^2 + 4v_L^2 + v_E^2 + v_J^2)^{3/2}} \cdot$$

## 6. VÁLTOZÓ KERESZTMETSZETŰ, EXCENTRIKUSAN NYOMOTT RÚD

Ha a rúd keresztmetszete nem állandó, akkor olyan szakaszokra bontjuk a rudat, ami már állandó inercianyomatékúnak tekinthető. Minden szakasz  $a_C^{(i)}$  együtthatói kiszámíthatók a (6–7) összefüggések alapján. A megoldásoknál csak a csatlakozó feltételek kielégítésére kell ügyelni. Az ábra szerinti "i" pontban ugyanazt az áthajlási és érintő iránytangens értéket kell kapni, akár az "iedik", akár az "i+1" szakasz alapján számolunk. Ezzel a feltétellel számíthatók a " $c_1^{(i)}$ ", " $c_2^{(i)}$ " állandók.



5. ábra. Változó keresztmetszetű rúd

A differenciálegyenlet megoldása az "i"-edik és "i+1"-edik szakaszon

$$\begin{aligned} & c_1^{(i)} \cos\left(\sqrt{\frac{Nl_i^2}{EJ_i}} \frac{\sum_1^i l_i}{l}\right) + c_2^{(i)} \sin\left(\sqrt{\frac{Nl_i^2}{EJ_i}} \frac{\sum_1^i l_i}{l}\right) + \\ & + a_0^{(i)} + a_1^{(i)} \left(\sum_1^i l_i\right) + a_2^{(i)} \left(\sum_{i=1}^i l_i\right)^2 + \dots + a_m^{(i)} \left(\sum_{i=1}^i l_i\right)^m = \\ & = c_1^{(i+1)} \cos\left(\sqrt{\frac{Nl_{i+1}^2}{EJ_{i+1}}} \frac{\sum_1^i l_i}{l}\right) + c_2^{(i+1)} \sin\left(\sqrt{\frac{Nl_{i+1}^2}{EJ_{i+1}}} \frac{\sum_1^i l_i}{l}\right) + \\ & + a_0^{(i+1)} + a_1^{(i+1)} \left(\sum_1^i l_i\right) + a_2^{(i+1)} \left(\sum_1^i l_i\right)^2 + \dots + a_m^{(i+1)} \left(\sum_1^i l_i\right)^m \end{aligned} \quad (48)$$

és

$$\begin{aligned}
& - c_1^{(i)} \sqrt{\frac{Nl^2}{EJ_i}} \sin \left( \sqrt{\frac{Nl^2}{EJ_i}} \frac{\sum_1^i l_i}{l} \right) + c_2^{(i)} \sqrt{\frac{N}{J_i E}} \cos \left( \sqrt{\frac{Nl^2}{EJ_i}} \frac{\sum_1^i l_i}{l} \right) + \\
& + a_1^{(i)} + 2a_2^{(i)} \left( \sum_1^i l_i \right) + \dots + m a_m^{(i)} \left( \sum_1^i l_i \right)^{m-1} = \\
& = - c_1^{(i)} \sqrt{\frac{N}{EJ_{i+1}}} \sin \left( \sqrt{\frac{Nl^2}{EJ_{i+1}}} \frac{\sum_1^i l_i}{l} \right) + c_2^{(i)} \cos \sqrt{\frac{Nl^2}{EJ_{i+1}}} \frac{\sum_1^i l_i}{l} + \\
& + a_1^{(i+1)} + 2a_2^{(i+1)} \left( \sum_1^i l_i \right) + \dots + m a_m^{(i+1)} \left( \sum_1^i l_i \right)^{m-1}.
\end{aligned} \tag{49}$$

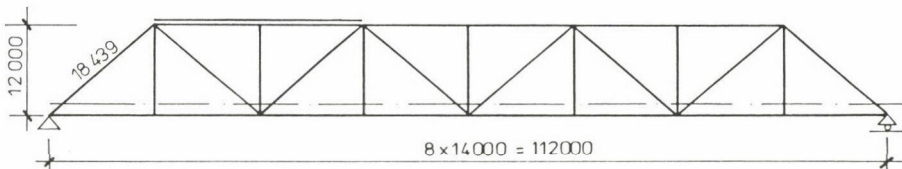
A (48) kifejezés két egyenletéből  $c_1^{(i)}$  és  $c_2^{(i)}$  számítható. Ezen egyenletek segítségével lehet  $(n-1)$  db  $c_1^{(i)}$ ,  $c_2^{(i)}$  együtthatót kiszámítani. A  $c_1^{(i)}$  és  $c_2^{(i)}$  együtthatók érvényessége az "i"-edik szakasz közepétől az "i+1"-edik szakasz közepéig terjed. A "0" pont és az első szakasz közepe közötti szakasz és az "n"-dik szakasz közepe és az "n" pont közötti szakasz lineárisnak feltételezhető.

## 7. SZÁMPÉLDÁK

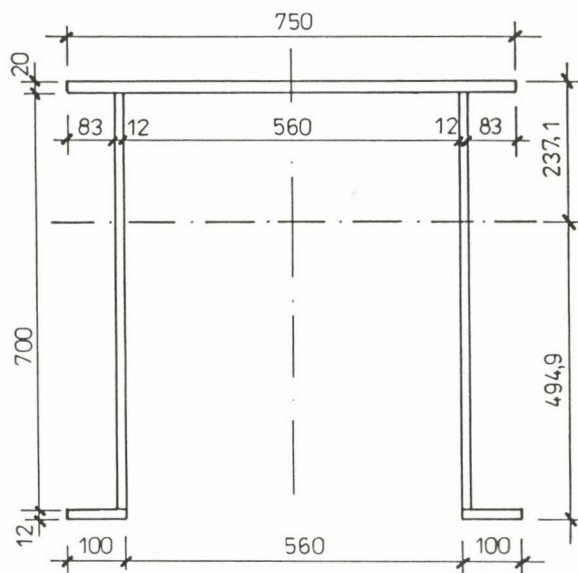
### 7.1. Acélszerkezet

#### 7.1.1. Méretezés valószínűség-elméleti alapon

- a) Az acélszerkezeti számpéldánál szereplő mennyiségek valószínűségi jellemzői (6., 7. ábra)



6. ábra. Közúti híd felső övrúd



7. ábra. Övrúd keresztmetszet

a)

	Rúderő (kN)			Rúd önsúly kN/fm (g)	Hő- teher P <sub>hő</sub> kN/fm	Szél- teher P <sub>szél</sub> kN/fm	Rugalm. modulus E	Excentri- citás (mm)	
	Ng önsúly	Np hasznos	N = N <sub>g</sub> + N <sub>p</sub>					e <sub>x</sub>	e <sub>y</sub>
Várható érték	-2599,8	-2000,2	-4,600	3,00	0,60	0,586	200 kN/mm <sup>2</sup>	9,8	7
Szórás	130,0	250,0	281,780	0,09	0,12	0,117	10	1,47	0,75
Relatív szórás	0,050	0,125	0,06126	0,03	0,2	0,2	0,05	0,15	0,15
Ferdeség	0,300	0,600	0,44849	0,25	0,7	0,7	0,25	-	-

A tervezett élettartam  $T = 100$  év. A feszültségesés, ha  $t_0 = 750$  év, az acélmag tönkremegy  $\sigma_B(t_0) = 0$ .

A szilárdság várható értékének csökkenése:

$$\sigma(100) = 1 - \frac{1}{2} \left( \frac{100}{750} \right)^2 - \frac{1}{2} \left( \frac{100}{750} \right)^3 = 0,98993.$$

A szilárdság szórásnégyzetének növekedése:

$$s^\sigma(100) = 1 + 3 \left( \frac{100}{750} \right) = 1,4.$$

A szilárdság ferdeségének csökkenése:

$$a^{\sigma}(100) = 1 - 2,4 \left( \frac{100}{750} \right) = 0,68.$$

A tartós igénybevétel szilárdságcsökkentő határa:

$$\bar{z} = 1 - 0,15 \left( \frac{2599,8 + 0,2 \cdot 2000,2}{4600} \right)^4 = 0,97286.$$

A tartós igénybevétel szilárdságcsökkenésének szórása:

$$s_z = 0,03.$$

A tartós igénybevétel szilárdságcsökkenésének ferdesége:

$$a_z = 0.$$

Méretcsökkenés várható értéke:

$$u(100) = 1 - \frac{1}{2} \left( \frac{100}{750} \right) = \frac{1}{2} \left( \frac{100}{750} \right)^2 = 0,92444.$$

A méretcsökkenés szórásnégyzetének növekedése:

$$1 + 3 \left( \frac{100}{750} \right) = 1,4000 = s^u(100).$$

b) Szilárdsági és keresztmetszeti adatok:

Semleges tengely:  $x = 237,1 \text{ mm}$ .

	Folyási határ N/mm <sup>2</sup>		Keresztmetszeti terület (A)		Inerciayom. I <sub>x</sub> (mm <sup>4</sup> )		Inerciayom. I <sub>y</sub> (mm <sup>4</sup> )		A rúd hossza (mm)
	t=0	t=T	t=0(mm <sup>2</sup> )	t=T(mm <sup>2</sup> )	T=0(10 <sup>6</sup> )	t=T(10 <sup>6</sup> )	t=0(10 <sup>6</sup> )	t=T(10 <sup>6</sup> )	
Várható érték	288,3	277,65	34 200	32007,8	2330,53	2228,43	2340,86	2163,00	14 000
Szórás	30,73	36,39	568,4	672,5	28,6204	33,8641	42,3185	50,0719	-
Relatív szórás	0,10659	0,13106	0,01662	0,02101	0,01228	0,01520	0,01808	0,02315	-
Ferdeség	0,679	0,46172	-	-	-	-	-	-	-

c) Merevségi állandók és feszültségek  $t = T$  időpontban

	$G_x = G_1$	$G_y = G_2$	$\psi_x = \psi_1$	$\psi_y = \psi_2$	Excentricitás és hőteher		
					$M_x = M_1$ (kNm)	$M_y = M_1$ (kNm)	$\sigma_{\max}$ (N/mm <sup>2</sup> )
Várható érték	1,42230	1,44366	1,31994	1,33227	103,88	32,20	165,74
Szórás	0,068188	0,071046	0,038770	0,041662	8,06945	5,21994	9,38409
Relatív szórás	0,047942	0,049212	0,029373	0,031271	0,077680	0,16211	0,056619
Ferdeség	0,13827	0,13072	-0,13827	-0,13072	0,34415	0,44849	0,43029

d) Méretezési tartalék és valószínűségek  $t = T$  időpontban

	Excentricitás és szélteher			Excentricitás és hó	Excentricitás és szél
	$M_x = M_1$ (kNm)	$M_y = M_2$ (kNm)	$\sigma_{\max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_1 \sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\gamma_2 \sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )
Várható érték	94,08	41,77	166,57	111,91	111,08
Szórás	7,45064	5,55728	9,38665	37,58	37,58
Relatív szórás	0,079195	0,13304	0,056353	0,33581	0,33831
Ferdeség	0,42448	0,39970	0,42994	0,41254	0,41252

$$\beta_{y1} = -2,9779$$

$$\beta_{y2} = -2,9558$$

$$1/r_1 = 4,57 \cdot 10^{-5}$$

$$1/r_2 = 5,44 \cdot 10^{-5}$$

megfelel!

7.1.2. A közúti hídszabályzat szerinti méretezés

Tehetetlenségi sugár:

$$i_x = \frac{2330,53 \cdot 10^6}{34\,200} = 261,04 \text{ mm}$$

karcsúság:

$$\lambda = \frac{14\,000}{261,04} = 53,63$$

csökkentő tényező:

$$\psi^* = 0,84$$

megengedhető feszültség:

$$\sigma = \frac{4\,600\,000}{34\,200} = 134,50 \text{ N/mm}^2 < \sigma_e,$$

tehát megfelel!

### 7.1.3. A szabályzati előírások az excentrikus nyomásra

a) MSz 15024 szerint

A nyomaték növelő  $\phi$  tényező:

$$\phi = \frac{1}{1 - \frac{N}{A\sigma_H} \left(\frac{\lambda}{\lambda_E}\right)^2} = \frac{1}{1 - G^2 \frac{E}{\sigma_H \lambda_E^2}}$$

Az  $\frac{E}{\sigma_H \lambda_E^2}$  értékei:

Acélanyag-minőség	37	45	52	58	64
$\lambda_E$	93,01	83,02	75,68	69,58	66,48
$\sigma_H$	200	240	280	320	350
$\frac{E}{\sigma_H \lambda_E^2}$	0,11849	0,12393	0,12783	0,13238	0,13253

b) Közúti és Vasúti Hídszabályzat

37-es acélanyag esetén:

$$\phi_1 = \frac{1}{1 - 1,15 \frac{N}{A\sigma_e} \left(\frac{\lambda}{100}\right)^2} = \frac{1}{1 - 1,15 \frac{E}{10\,000 \sigma_e} G^2} = \frac{1}{1 - 1,15 \cdot 0,12812 G^2}$$

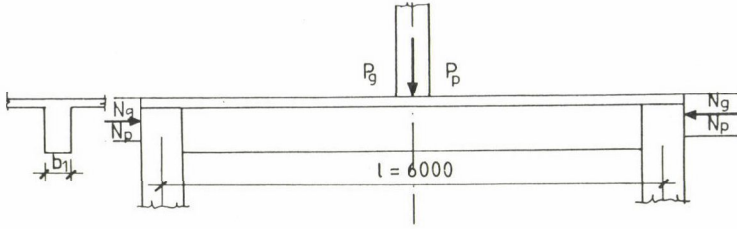
$$\phi_2 = \frac{1}{1 - 1,6 \frac{N}{A\sigma_e} \left(\frac{\lambda}{100}\right)^2} = \frac{1}{1 - 1,6 G^2 \frac{E}{10\,000 \sigma_e}} = \frac{1}{1 - 1,15 \cdot 0,12964 G^2}$$

c) Javaslat:

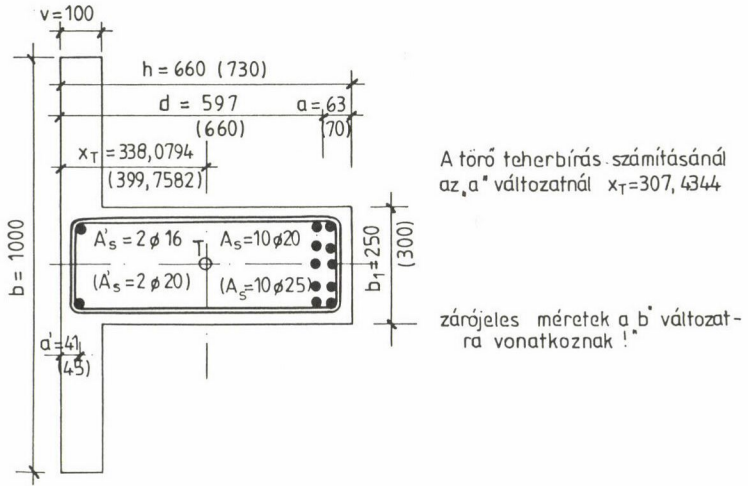
$$\text{Egységesen: } \phi = \frac{1}{1 - 0,13 G^2}$$

### 7.2.1. Méretezés valószínűség-elméleti alapon

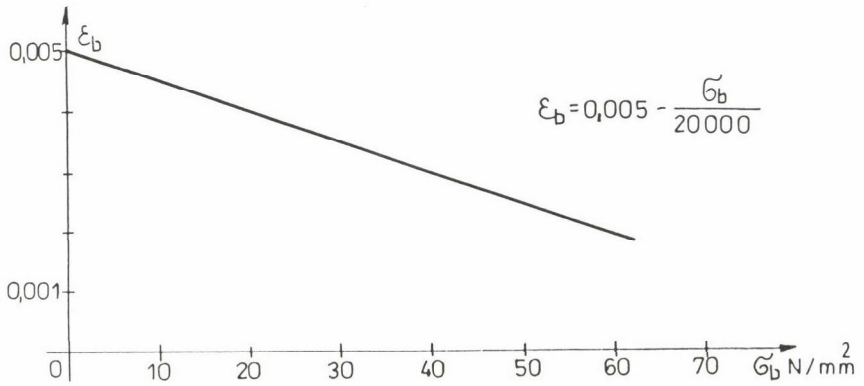
Lásd a 8–13. ábrákat!



8. ábra. Vasbeton rúd

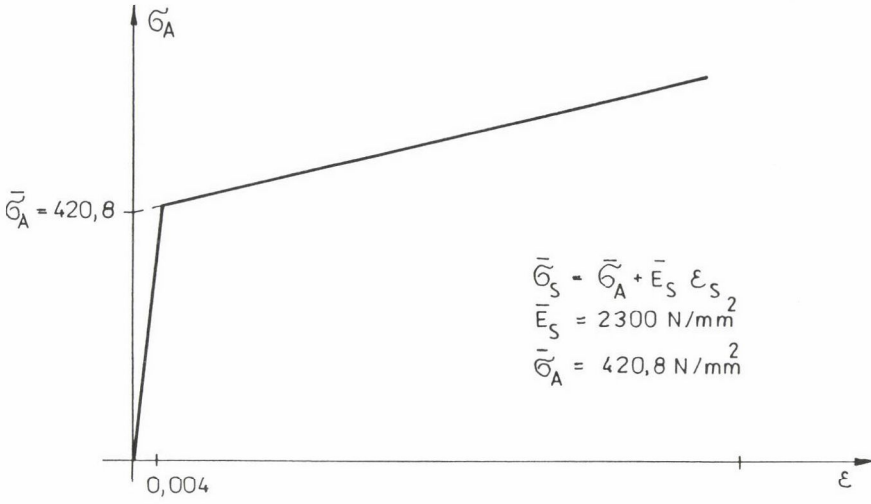


9. ábra. Vasbeton keresztmetszet

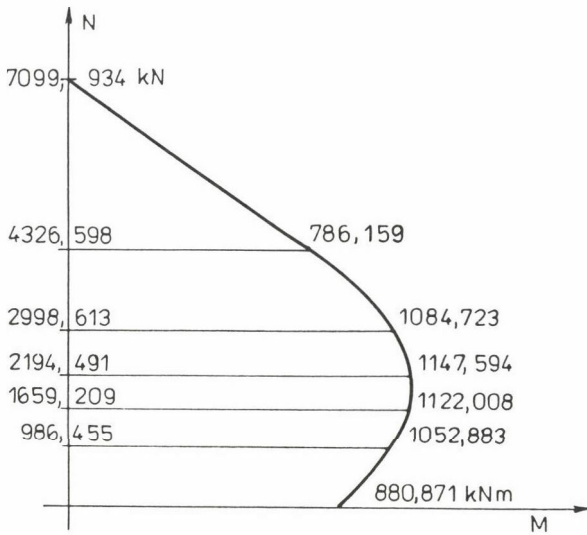


10. ábra. A beton törési nyúlása

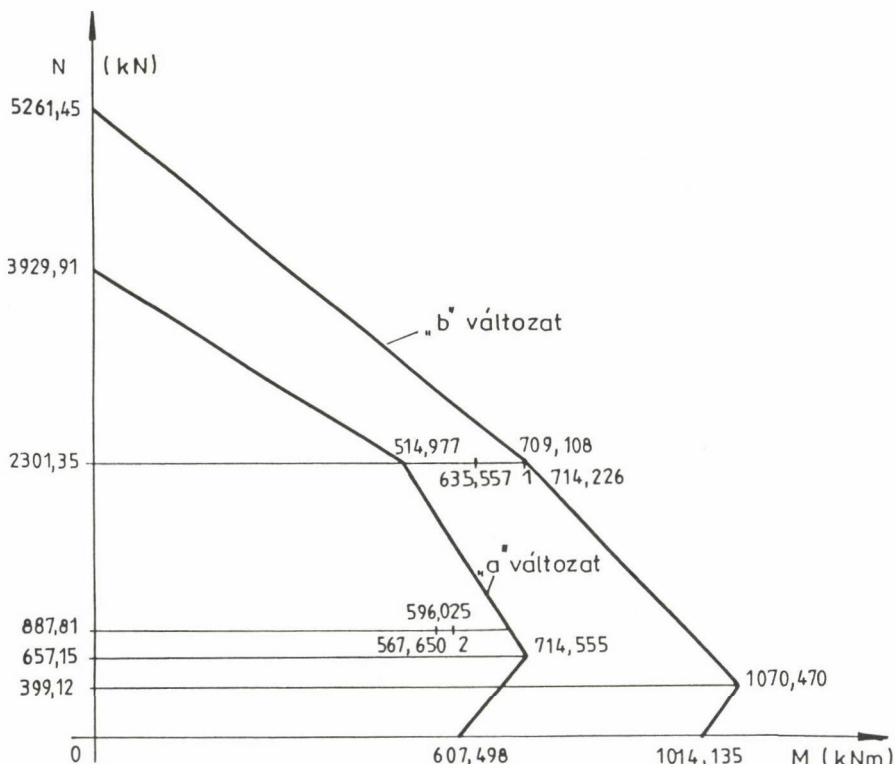




11. ábra. Az acél szilárdsági jellemzői



12. ábra. Törő teherbírási vonal



13. ábra. Teherbírési vonal MSz 15022-1/86 szerint

a) A vasbeton-szerkezeti számpéldánál levő mennyiségek valószínűségi jellemzői

	Rúderő (kN)			Derékerő (kN)			Rugal.m. modulus		Excentricitás (mm)
	(Ng) önsúly	(Np) hasznos	N = Ng + Np	(Pg) önsúly	(Pp) hasznos	P = Pg + Pp	N/mm <sup>2</sup> beton	N/mm <sup>2</sup> acél	
Várható érték	986,455	1013,545	2000,0	100,0	200,0	300,0	20000	2300	60
Szórás	60,0	314,0	319,68109	6,0	40,0	40,44750	4000	570	15
Relatív szórás	0,060824	0,309804	0,15984	0,06	0,20	0,13482	0,2	0,24783	0,25
Ferdeség	0,25	0,40	0,38070	0,3	0,7	0,67800	0,3	0,15	-

A tervezett élettartam  $T = 50$  év. A táblázat adatai az élettartam végére vonatkoznak és magukban foglalják a tartós igénybevétel hatását is. A törési nyúlás  $\epsilon_b = 0,005 - \frac{\sigma_b}{20\,000}$ . A korrózió hatása, mert a rúd épületen belüli, elhanyagolható.

b) Szilárdsági és keresztmetszeti adatok

	Beton törő-szil. ( $\sigma_b$ ) N/mm <sup>2</sup>	Acél folyási határ ( $\sigma_a$ ) N/mm <sup>2</sup>	Köracél terület mm <sup>2</sup>		Tartó- magasság (d) mm	Beton törési nyúlás ( $\epsilon_b$ )	Teher- bírási közép- pont ( $x_T$ ) mm	Teherbírás (R) (kNm)	
			( $A_S$ ) hozott	( $A'_S$ ) nyomott				max. nyomás	min. nyomás
Várható érték	23,6	420,80	3141,6	201,0	597	0,00382	307,43438	1142,761	1052,883
Szórás	5,03	42,4	32,0	2,0	6	0,0003449	13,26471	124,086	114,327
Relatív szórás	0,21314	0,10076	0,01019	0,00995	0,01005	0,090285	0,043146	0,10858	0,10864
Ferdeség	0,40	0,3	-	-	-	-0,15510	-0,21268	0,26651	0,09414

c) Merevségi állandók, hajlítónyomaték és méretezési tartalék

A betonkeresztmetszet súlyvonala:

$$s = \frac{75\,000 \cdot 50 + 165\,000 \cdot 380}{750 \cdot 100 + 660 \cdot 250} = 242,5 \text{ mm.}$$

A betonkeresztmetszet inercianyomatéka:

$$I_y = \frac{250 \cdot 660^3}{3} + \frac{750 \cdot 100^3}{3} - 240\,000 \cdot 242,5^2 = 10\,094\,500 \text{ mm}^4.$$

A teherbírási középpont:

$$x_T = \frac{240\,000 \cdot 23,6 \cdot 242,5 + 3141,6 (420,8 + 0,00382 \cdot 2300) 597 + 209 \cdot 429,586 \cdot 41}{7099,934} = 307,4344 \text{ mm.}$$

	Merevség (G)		Nyomatéknövelő		Hajlítónyom. (kNm)		Teherbírási tart.	
	$G_1$	$G_2$	$\psi_1$	$\psi_2$	$\psi_1 M_1$	$\psi_2 M_2$	$y_1$	$y_2$
Várható érték	0,597185	0,402779	1,046297	1,020627	596,3893	519,6903	546,3717	533,193
Szórás	0,0590769	0,0267183	0,00951265	0,00278362	73,8081	63,943	144,378	130,994
Relatív szórás	0,0989253	0,0663349	0,0054023	0,0027274	0,12376	0,12304	0,26425	0,24568
Ferdeség	-0,050371	-0,25656	0,050371	0,25656	0,43247	0,60800	0,11141	-0,00824

$$\beta_1 = -3,7843$$

$$\beta_2 = -4,0704$$

$$1/\Gamma_1 = 2,4 \cdot 10^{-5}$$

$$1/\Gamma_2 = 2,35 \cdot 10^{-5} < 10^{-4}$$

megfelel!

### 7.2.2. Az MSz 15022/1 szerinti mérekszámítás

Lásd a 8. és 12. ábrát!

a) A mértékadó igénybevételek

Maximális nyomóerő:

$$N_1 = 1,1 \cdot 986,415 + 1,2 \cdot 1013,545 = 2301,3545 \text{ kN.}$$

Minimális nyomóerő:

$$N_2 = 0,9 \cdot 986,415 = 887,809 \text{ kN.}$$

Derékerő okozta nyomaték:

$$M_1 = \frac{(1,1 \cdot 100 + 1,2 \cdot 200) \cdot 6,0}{4} = 525 \text{ kNm,}$$

$$M_2 = \frac{0,9 \cdot 100 \cdot 6,0}{4} = 135 \text{ kNm.}$$

Mértékadó excentricitás:

$$\Delta e_{oy} = 0,06 \cdot 597 + \frac{6000}{300} = 55,82 \text{ mm (23,94),}$$

$$\Delta e_{ty} = \frac{4}{597} \cdot \left(\frac{6000}{100}\right)^2 = 24,12 \text{ mm,}$$

$$\Delta e_y = 55,82 + 24,12 = 79,94 \sim 80,0 \text{ mm,}$$

$$\Delta e_{tx} = \frac{4 \cdot 60^2}{1000} = 14,4 \text{ mm (24,1),}$$

$$\Delta e_x = 80 + 14,4 = 94,4 \text{ mm (48,04).}$$

Nyomatéktöbblet:

$$\Delta M_1 = 2301,3345 \cdot 0,08 = 184,108 \text{ kNm (110,557),}$$

$$\Delta M_2 = 887,809 \cdot 0,08 = 71,025 \text{ kNm (42,650).}$$

A maximális nyomóerőhöz tartozó nyomaték:

$$M_{1\max} = 525 + 184,108 = 709,108 \text{ kNm (635,557).}$$

A minimális nyomóerőhöz tartozó nyomaték:

$$M_{2\max} = 525 + 71,025 = 596,025 \text{ kNm (567,650).}$$

b) A teherbírési vonal számítása az "a" változatnál

C.16-os beton és B.60.40-es betonacél

Határnyomóerő:

$$N_H = (1000 \cdot 100 + 250 \cdot 560) \cdot 11,5 + (3141,6 + 201) \cdot 350 = 3929,91 \text{ kN.}$$

Határhajlítónyomaték számítása:

Húzóerő:

$$H = 3141,6 \cdot 350 = 1\,059\,560 \text{ N.}$$

Nyomóerőtöbblet:

$$N_3 = 201 \cdot 350 = 70\,350 \text{ N.}$$

Betonban lévő nyomóerő:

$$N_b = 1\,059\,560 - 70\,350 = 1\,029\,210 \text{ N.}$$

Szükséges betonterület:

$$A_b = \frac{1\,029\,210}{11,5} = 89\,496,5 \text{ mm}^2.$$

Semleges tengely:

$$x = \frac{89\,496,5}{1000} = 89,5 \text{ mm.}$$

Határnyomaték:

$$M_H = 70\,350 (597 - 41) + 1\,029\,210 \left( 597 - \frac{89,4965}{2} \right) = 607,498 \text{ kNm.}$$

A teherbírásvonal maximális nyomatéka:

Semleges tengely:

$$x_0 = 0,48 \cdot 593 = 286,56 \text{ mm.}$$

A betonban lévő összes nyomóerő:

$$N = (750 \cdot 100 + 250 \cdot 286,56) \cdot 11,5 + 70\,350 = 1\,756\,710 \text{ N,}$$

A határ-teherbírési középpont:

$$X_{HT} = \frac{750 \cdot 100 \cdot 11,5 \cdot 50 + 250 \cdot 660 \cdot 11,5 \cdot 330 + 70\,350 \cdot 41 + 1\,099\,560 \cdot 597}{750 \cdot 100 \cdot 11,5 + 250 \cdot 660 \cdot 11,5 + 70\,350 + 1\,099\,560} = 338,0794 \text{ mm.}$$

Maximális határhajlítónyomaték:

$$M_{HT} = 750 \cdot 100 \cdot 11,5 (338,0794 - 50) + 250 \cdot 286,56 \cdot 11,5 (338,0794 - 143,28) + 70\,350 (338,0794 - 41) + 1\,099\,560 (597 - 338,0794) = 714,555 \text{ kNm.}$$

A hozzá tartozó nyomóerő:

$$N_{HT} = (75\,000 + 286,56 \cdot 250) \cdot 11,5 - (3141,6 - 201) \cdot 350 = 657,15 \text{ kN.}$$

A teherbírési vonalon kívül esik az  $M_{1\max} = 709,108 \text{ kNm}$ , a szelvény tehát, az "a" változat keresztmetszete, nem felel meg!

Véleményünk szerint az excentricitásra vonatkozó előírások túlzottak. Az előző (zárójeles értékek) 1970-es kiadású MSz 15022/1-70 a megfelelő. Az "a" változat keresztmetszete akkor sem felel meg.

c) A teherbírési vonal számítása a "b" változatnál

Határnyomóerő:

$$N_H = (1000 \cdot 100 + 300 \cdot 630) \cdot 11,5 + (4908,7 + 628,3) \cdot 350 = 5261,45 \text{ kN.}$$

Határhajlító nyomaték:

Húzóerő:

$$H = 4908,7 \cdot 350 = 1\,718\,045 \text{ N.}$$

Nyomóerőtöbblet:

$$N_S = 628,3 \cdot 350 = 219\,905 \text{ N.}$$

Betonban lévő nyomóerő:

$$N_D = 1\,718\,045 - 219\,905 = 1\,498\,140 \text{ N.}$$

Szükséges betonterület:

$$A_D = \frac{1\,498\,140}{11,5} = 130\,273,04 \text{ mm}^2.$$

Semleges tengely:

$$x = 100 + \frac{130\,273,04 - 100\,000}{300} = 200,9109 \text{ mm.}$$

Határnyomaték:

$$\begin{aligned} M_H &= 219\,905 (660 - 45) + 100\,000 \cdot 11,5 (660 - 50) + \\ &+ 30\,273,04 (660 - 100 - \frac{100,9109}{2}) = 1014,135 \text{ kNm.} \end{aligned}$$

A teherbírési vonal maximális nyomatéka:

Semleges tengely:

$$x_0 = 0,48 \cdot 660 = 316,8.$$

A betonban lévő összes nyomóerő:

$$(700 \cdot 100 + 300 \cdot 316,8) \cdot 11,5 = 1\,897\,960 \text{ N}_\bullet$$

A határ-teherbírasi középpont:

$$\begin{aligned} X_{HT} &= \frac{700 \cdot 100 \cdot 11,5 \cdot 50 + 300 \cdot 730 \cdot 11,5 \cdot 365 + 219\,905 \cdot 45 + 1\,718\,045 \cdot 660}{1\,897\,560 + 1\,718\,045 + 219\,905} = \\ &= 399,7582 \text{ mm.} \end{aligned}$$

A maximális határhajlítónyomaték:

$$\begin{aligned} M_{HT} &= 700 \cdot 100 \cdot 11,5 (399,7582 - 50) + 316,8 \cdot 300 \cdot 11,5 (399,7582 - \frac{316,8}{2}) + \\ &+ 219\,905 (399,7582 - 45) + 1\,718 \cdot 45 (660 - 399,7582) = 1\,070,470 \text{ kNm.} \end{aligned}$$

A hozzá tartozó nyomóerő:

$$N_{HT} = (216,8 \cdot 300 + 700 \cdot 100) 11,5 - (4908,7 - 628,3) 350 = 399,82 \text{ kN.}$$

A mértékadó excentricitás:

$$\Delta e_{oy} = 0,06 \cdot 660 + \frac{6000}{300} = 59,6 \text{ mm}$$

$$\Delta e_{ty} = \frac{4}{660} \left( \frac{6000}{100} \right)^2 = 21,82 \text{ mm}$$

$$\Delta e_y = 59,6 + 21,82 = 81,42 \text{ mm}$$

$$\Delta e_{tx} = \frac{4 \cdot 60^2}{1000} = 14,4 \text{ mm}$$

$$\Delta e_x = 81,42 + 14,4 = 95,82 \text{ mm.}$$

Nyomatéktöbblet:

$$\Delta M_1 = 2301,3545 \cdot 0,08142 = 187,376 \text{ kNm}$$

$$\Delta M_2 = 887,809 \cdot 0,08142 = 72,285 \text{ kNm.}$$

A maximális nyomóerőhöz tartozó nyomaték:

$$M_{1\max} = 525 + 187,376 = 712,376 \text{ kNm.}$$

A minimális nyomóerőhöz tartozó nyomaték:

$$M_{2\max} = 525 + 72,285 = 597,285 \text{ kNm.}$$

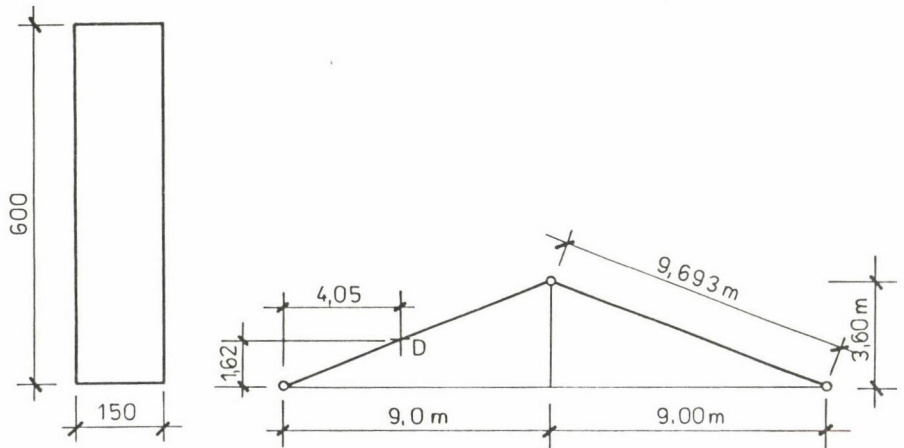
A "b" változat keresztmetszete megfelel!

Elgondolkoztató, hogy a töréshez tartozó teherbírás  $2,5 \cdot 10^{-5}$  valószínűséggel következhet be az "a" változatnál, ami megfelelőnek mondható!

### 7.3. Faszerkezet

#### 7.3.1. Méretezés valószínűség-elméleti alapon

Lásd a 14. ábrát!



"D" Keresztmetszet

14. ábra. Faszerkezetű tetőtartó

a) A faszerkezetű számpéldánál lévő keresztmetszeti mennyiségek valószínűségi jellemzői

	Keresztmetszeti mennyiségek							Excentricitás	
	A (mm <sup>2</sup> )	I <sub>x</sub> (mm <sup>4</sup> )	K <sub>x</sub> (mm <sup>3</sup> )	i <sub>x</sub> (mm)	I <sub>y</sub> (mm <sup>4</sup> )	K <sub>y</sub> (mm <sup>3</sup> )	i <sub>y</sub> (mm)	e <sub>x</sub> (mm)	e <sub>y</sub> (mm)
Várható érték	90000	2700·10 <sup>6</sup>	9·10 <sup>6</sup>	173,2	168,75·10 <sup>6</sup>	2,25·10 <sup>6</sup>	43,3	20	7
Szórás	1594,5	101,12492	241,9·10 <sup>3</sup>	-	7,03125·10 <sup>6</sup>	65,491·10 <sup>3</sup>	-	5	2
Relatív szórás	0,017717	0,037454	0,026874	-	0,041667	0,029107	-	0,25	0,28571
Ferdeség	-	-	-	-	-	-	-	-	-



b) Teheradatok, belső erők és azok valószínűségi jellemzői

	Önsúly (g) kN/m	Hóteher (phó) kN/m	Szélteher (psz) kN/m	Maximális nyomatékok kNm az x irányban					Nyomaték az y ir. kNm
				önsúly	hóteher	szélteher	excentr.	össz.	
Várható érték	4,2	4,8	0,978	42,825	48,600	11,490	2,482	105,097	0,869
Szórás	0,252	1,2	0,2444	2,552	12,150	2,872	0,6205	12,758	0,2638
Relatív szórás	0,06	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,12140	0,30353
Ferdeség	0,3	0,9	0,9	0,3	0,9	0,9	-	0,79002	0,65813

c) Szilárdsági adatok és valószínűségi jellemzők

Tervezett élettartam:  $\tau = 50$  év. Szilárdságcsökkenés:

$$\sigma(50) = 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{50}{500}\right) - \frac{1}{3} \left(\frac{50}{500}\right)^2 - \frac{1}{3} \left(\frac{50}{500}\right)^3 = 0,963.$$

Szórásnövekedés:

$$s^\sigma(50) = \sqrt{1 + 2 \left(\frac{50}{500}\right)} = 1,0954.$$

Tartós szilárdságcsökkenés:

$$\bar{Z}(50) = 0,825 - \ln 50 = 0,6568.$$

Tartós szilárdság szórása:

$$s_z = 0,05.$$

Nedvesség miatti csökkenés:

$$\bar{n}(50) = 0,91.$$

Nedvesség szórása:

$$s_n = 0,03.$$

	Maximális nyomóerők (kN)				Törőfesz. 80N/mm <sup>2</sup>	Törőfesz. az élettartam végén $\sigma_B(50)$ n/mm <sup>2</sup>
	önsúly	hóteher	szélteher	összesen		
Várható érték	-50,890	-58,160	-4,979	-114,029	74,344	$74,344 \cdot 0,963 \cdot 0,6568 \cdot 0,91 = 42,791$
Szórás	3,053	14,540	1,245	14,909	10,468	7,49395
Relatív szórás	0,06	0,25	0,25	0,1375	0,14080	0,17513
Ferdeség	0,3	0,9	0,9	0,83791	-	-

d) Merevségi állandók, feszültségek, méretezési tartalék

	$G_x = G_1$	$G_y = G_2$	$\psi_1 = \psi_x$	$\psi_2 = \psi_y$	$\sigma_{\max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_y$ (50) (N/mm <sup>2</sup> )
Várható érték	0,59988	0,79216	1,046732	1,083804	14,33106	28,460
Szórás	0,040213	0,061362	0,006509	0,013896	1,54771	7,65210
Relatív szórás	0,067036	0,07746	0,0062184	0,012821	0,10800	0,26887
Ferdeség	0,36533	0,35834	-0,36433	-0,35834	0,52927	-0,00438

$$\beta_y = -3,7192$$

$$1/r = 1 \cdot 10^{-4}$$

7.3.2. Méretezés az MSz 15025 szerint

a) Mértékadó igénybevételek

Hajlítónyomaték:

$$M_M = 1,1 \cdot 42,525 + 1,4 \cdot 48,600 + 1,2 \cdot 11,490 \cdot 0,6 = 123,090 \text{ kNm.}$$

Nyomóerő:

$$N_M = 1,1 \cdot 50,890 + 1,4 \cdot 58,160 + 1,2 \cdot 2,987 = 55,929 + 81,424 + 3,584 = 140,987 \text{ kN.}$$

b) Határ-igénybevételek

Határfeszültség hajlításra:

$$\sigma_{ha} = 21 \cdot 0,94 = 19,74 \text{ N/mm}^2.$$

Határfeszültség nyomásra:

$$\sigma_{ny} = 18,1 \cdot 0,94 = 17,014 \text{ N/mm}^2.$$

Határnyomaték:

$$M_H = 19,74 \cdot 9 \cdot 10^6 = 177,660 \text{ kNm.}$$

Határnyomóerő:

$$N_H = 17,014 \cdot 90 \cdot 10^3 = 1531,260 \text{ kN.}$$

Mértékadó kihajlási hosszúság:

$$\ell_1 = 1,2 \cdot 9,093 = 11\,622 \text{ mm,}$$

$$\ell_2 = 3200.$$

Mértékadó karcsúság:

$$\lambda_1 = \frac{11\,632}{173,2} = 67,16 \quad \text{csökkentő } \psi_1^* = 0,539$$

$$\lambda_2 = \frac{3100}{43,3} = 7,4 \quad \psi_2^* = 0,963.$$

Kihajlási határerő:

$$N_H = 0,539 \cdot 1531,26 = 825,35 \text{ kN}.$$

Nyomatéknövelő:

$$\phi = \frac{1}{1 - \frac{140,987}{835,35}} = 1,206.$$

Összehasonlító igénybevételek:

$$\frac{140,987}{1531,26} + 1,206 \frac{123,000}{177,66} = 0,092 + 0,836 = 0,928 < 1.$$

### 7.3.3. Szabályzati előírás és javaslat az excentrikus nyomás méretezésére

A jelenlegi szabvány szerint  $\phi = \frac{1}{1 - \frac{N_M}{N_K}}$ . Az összefüggésben  $N_K$  a kihaj-

lást előidéző nyomóerő, ami kis  $\lambda$ -nál túlzott, nagy  $\lambda$ -nál pedig kisebb értéket ad, ezért nem megfelelő!

Javaslat:  $\phi = \frac{1}{1 - 0,13 G^2}$ . A jelenlegi számpéldánál

$$\phi = \frac{1}{1 - 0,13 \frac{140\,987 \cdot 11\,622^2}{12\,000 \cdot 2700 \cdot 10^6}} = 1,083 < 1,206.$$

## 8. ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmány az excentrikus nyomás számításához elméletileg helyes feltevésekből kiindulva megoldást ad a számítás végrehajtásához. Ezek az alábbiak:

- A keresztmetszetek vizsgálata a tehetetlenségi főirányokba történjék.
- Mindkét főirányba célszerű előre egy kezdeti excentricitást felvenni. Ezek acélszerkezeteknél  $0,0005 \ell - 0,0015 \ell$ ; vasbeton szerkezeteknél  $0,005 \ell - 0,01 \ell$ , faszerkezeteknél  $0,001 \ell - 0,004 \ell$  között van. Értéke előre megbecsülhető, ami a gyártás, építés körülményeitől erősen függ.

c) A rúdtengelyre merőleges erőrendszert is figyelembe véve, a nyomaték-növelő tényező mindkét irányba külön-külön  $\psi = \frac{1}{\cos(\frac{G}{2})}$ , ahol  $G = \sqrt{\frac{Ne^2}{EJ}}$  érték. A cosinusfüggvény sorbafejtésénél

$$\psi = \frac{1}{1 - \frac{G^2}{8} + \frac{G^4}{384}} \sim \frac{1}{1 - 0,13 \frac{Ne^2}{EJ}}$$

$$\psi = \frac{1}{1 - 1,23370 \frac{N}{N_E} + 0,25367 \left(\frac{N}{N_E}\right)^2} > \frac{1}{1 - \frac{N}{N_E}}$$

Javasolt növelő tényező:

$$\psi = \frac{1}{1 - 1,25 \frac{N}{N_E}}$$

d) Kéttámaszú tartók esetében  $\psi_{\max}$  akkor következik be, ha  $N = N_E = \pi^2 \frac{EJ}{l^2}$  az Euler-féle kritikus nyomóerő.

e) A jelenlegi — az excentrikus nyomásra vonatkozó — erőtanai méretezési előírások acélszerkezetek és faszervezetek esetében kis módosításra szorulnak. Vasbeton szerkezetek esetében az előírások kissé túlzottak és a vétlen, de kedvezőtlen excentricitás miatti többlet nem a hajlítónyomaték növelésében, hanem az excentricitás növelésében jut kifejezésre.

#### JELÖLÉSEK

e	vétlen excentricitás
p	teherérték
M	hajlítónyomaték
N	nyomóerő
$f = \frac{M}{N}$	excentricitás
x	független változó
y, z	áthajlás az 1, illetve a 2 főirányba
$\xi = \frac{x}{l}$	relatív változó
$a_i$	a megoldási polinom együtthatói
$b_i$	a hatványsorba fejtett hajlítónyomaték polinomjának együtthatói
$c_i$	a megoldási polinom trigonometrikus tagjainak együtthatói
E	a rúd rugalmassági modulusa

$J$  a rúd keresztmetszetének tehetetlenségi nyomatéka  
 $G = \sqrt{\frac{Nl^2}{EJ}}$  merevségi tényező  
 $\psi$  nyomatéknövelő tényező  
 $A$  a rúd keresztmetszeti területe  
 $\psi^*$  szabályzat szerinti feszültségcsökkentő tényező

#### IRODALOM

**Rejtő M.—Pach Zs. Pálné—Révész Pál:** Matematika. Mezőgazdasági Kiadó, Bp. 1972.

**Stephen P. Timoshenko—James M. Gere:** Theory of Elastic Stability, McGraw—Hill Book Company, INC. (New York, Toronto, London 1961.) Második kiadás.



**Dr. Zádor Mihály**, a műszaki tudomány doktora--**Dr. Kollár György**, a kémiai tudomány kandidátusa

## ÚJ ELJÁRÁS MÁLLOTT MÉSZKŐ FELÜLETEK SZILÁRDÍTÁSOS KONZERVÁLÁSÁRA ÉS KŐPÓTLÁSOK KÉSZÍTÉSÉRE

### BEVEZETÉS

#### A szilárdításos kőkonzerválás jelenlegi helyzete és néhány elvi kérdése

A világ legjelentősebb műemléki kőfelületeinek egyre gyorsuló pusztulása következtében ma már a világ valamennyi nemzeti és nemzetközi szakmai szervezete, intézménye anyagi és szellemi erőinek jelentős részét e probléma megoldására összpontosítja. Számos nemzetközi konferencia, az ICOMOS és a RILEM közös munkabizottságában végzett munka, három évtized hazai kutatási erőfeszítése és az e témában kutató, úgyszólván valamennyi iskolateremtő kutatóval folytatott személyes konzultáció alapján megállapítható:

-- Megoldott a konzerválásnak az a területe, amely a ma még jó megtartású kőfelületek hidrofobizálása, felületvédelme révén igyekszik a pusztulási folyamat megindulását akadályozni, illetve lassítani. A hidrofobizálás - mint ez egyre világosabbá válik - csak igen kevés esetben: homogén szilárd felületen és kb. három éves ismétlés kényszerével hozhat eredményt. Az első ilyen felületkezelések jellegzetes példája a Lánchíd pilonjai és az Alagút bejárata 1973-ban. Ennek aránylag jó megtartási állapotú felületeinél még kevésbé jelentkezett az ismételt kezelések elmúlasztásának káros következménye.

-- Megoldottnak tekinthető a kőfelületek tisztítása, annak ellenére, hogy egyes eljárásokat, pl. a nedves homokfúvatást a puha mészkő felületek esetében általában, a keménymészköveknél pedig igen gyakran tiltani kell, éppen e felületek megóvása érdekében. Ma már tehát, gondos vizsgálatok és mérlegelés alapján, eredményesen távolíthatók el a kőpusztulások egyik okát képező szennyezett felületi rétegek. Így pl. a pasztás tisztítás kisebb objektumok esetében -- ha költségesen is -- megfelelő eredményt biztosíthat, akárcsak a megfelelő, speciális szórófejeket alkalmazó olyan eljárás, amely

egy nagyságrenddel (!) kisebb vízigényű az elmúlt években használatos vizes eljárásoknál, továbbá kevés finom szemcsészerkezetű adalékot alkalmaz, tehát nem okoz károsodást a felületen.

— Nem tekinthetők azonban teljesen megoldottnak a kőpusztulások okait és mértékét vizsgáló tesztek és a vizsgálati eljárások, módszerek, különös tekintettel a gyakorlat igényei és lehetőségei szerint adandó világos és egyértelmű válaszadás vonatkozásaira.

— Nem voltak megoldottak — a különösen hazánk sajátos klimatikus viszonyai miatt gyakran erősen mállott puha mészkő felületek, ill. kőfaragványai esetében — az általunk szilárdítós konzerválásnak, talán helyesebben és a nemzetközi szóhasználatnak jobban megfelelő konzolidálásnak nevezhető feladatok. Homokkövek esetében eredményeket értek el a sziloxán kötésű vegyületekkel (szilészterekkel) a szilárdítós konzerválás terén, a szilikonvegyületek csoportjába tartozó hidrofobizáló szerekkel való kombinálással.

Sajnálatos azonban, hogy éppen a mi feladataink szempontjából leggyakoribb esetekre nem volt található mind ez ideig megfelelő konzerváló anyag, mivel a durva mészkő felületeinek egy része kézzel morzsolható mállottságú is lehet. Különösen vonatkozik ez a legértékesebb műemlék kőfelületekre, amelyeket — történeti értékük megóvása érdekében — mindenképpen eredetiségükben (és nem kőcserével) kellene helyreállítani.

— További sajátos adottság a durva mészkőnél

— a rendkívül gyenge minőség,

— az in situ konzerválást igénylő nagyméretű mállott puha mészkő homlokzati felületek,

— a gyors ütemben növekvő légszennyeződés,

— a műemlékek jelentős többségében (még utólagos falszigetelés esetében is) jelenlevő kisebb falnedvesség, amely ilyen mértékben ugyan károsodást nem okoz, amennyiben nem idézik azt elő a kellő páradiffúziót nem biztosító konzerváló anyaggal.

Munkánk kezdetekor nehézséget jelentett nemcsak a probléma említett bonyolultsága, hanem a kitűzött feladat: a szilárdítós konzerválás fogalmának meghatározhatatlansága is.

Tulajdonképpen nem lehet cél, hogy egy jó minőségű kőből készült faragvány vagy egy kiragadott kőfelület szilárdságát (statikai értelemben) növeljük, mivel általában nem teherhordó szerkezetet konzerválunk, ill. a mállott felület igen ritkán csökkenti a szerkezet (falazat) állékonyságát.



Durva mészkövek esetében azonban nemcsak az eredeti tartósságot kell regenerálni. Célunk volt, hogy ezt a szabvány szerinti fagyveszélyes kategóriába tartozó kőfelületet a "fagyálló" kategóriába emeljük, továbbá felületét megvédjük a légköri agresszivitás ellen, pl. a savas esőtől. Mindez természetesen olyan megoldást igényel, hogy a konzervált (vagy regenerált, tartósított) mállott rész és a kő ép részei közötti kapcsolat, vagyis az együttdolgozás megfelelő legyen. (Ez főként a kőzet fizikai és kémiai tulajdonságai hasonlóságát kívánja.)

A fentiekben vázolt célkitűzés megjelölésénél igyekeztünk alkalmazkodni a gyakorlat követelményeihez. A műemlék-helyreállítási gyakorlat (és általában az építészeti feladatok) követelményei olyan anyag és technológia alkalmazását követelik, amely könnyen kivitelezhető és az alapvető elvárásokat teljesíti, mint pl. a jó és tartós, időt álló víztaszító képesség és emellett megfelelő páradiffúzió (max. 15% különbség a kezelt és kezeletlen felület között) és az UV ellenálló képesség, a fagyállóság feleljen meg a szabvány szerinti követelménynek (ez a várható tartósság szempontjából kitűnő összehasonlítási alap az egyes kezelőszerek között). Ugyanez mondható el a rugalmassági modulusról, a hajlítószilárdságról és a hőtágulási együtthatóról.

A fenti fizikai jellegű követelmények mellett (amelyek a kőfelület tartós megóvásának eredményességét jelzik) több esztétikai, ill. műemléki követelményt is ki kell elégíteni, mint pl. az eredeti kőszerű textúra megtartását, a színtartást, a matt jellegét. (Megjegyzendő: egy adott szín azonos tónusának megtartása általában nehéz és nem is szükséges feltétel, kissé sötétebb árnyalat a teljes -- és gyakran amúgy is váltakozó tónusú -- kőfelületen nem okoz a kérdést eldöntő építész vagy kőszobrász restaurátor számára problémát.)

A kőhomlokzatok konzerválásának sajátos követelménye a szerkezeti összefüggések figyelembevétele, különös tekintettel a fugák anyagára, ill. azok javítására.

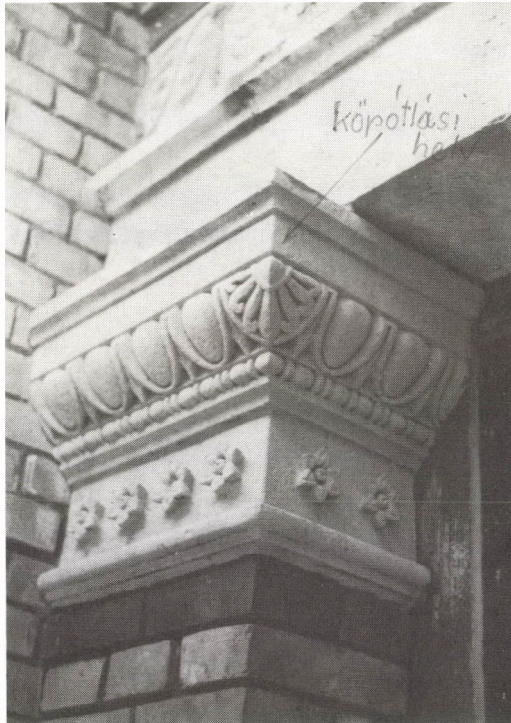
Végül, de nem utolsósorban, a követelmények említésénél is meg kell jegyeznünk azt a már általánosan elfogadott (bár a gyakorlatban nem mindig követett) alapelvet, hogy a feladatok sokrétű, komplex jellege miatt, a megfelelő tisztítási és konzerválási technológia a megelőző szakszerű diagnosztikai vizsgálat eredményének a függvénye.

A következőkben a hazai mállott durvamész kő homlokzatok, ill. kőfaragványok szilárdítását igénylő konzerválásra alkalmas új módszerünket, ill. anyagunkat, a ZKF kőszilárdítót, ill. eljárást mutatjuk be. Alapanyaga alifás típusú poliuretánt adó, jól tapadó filmképző anyag, amely időálló és vegyszerálló tulajdonságokkal is rendelkezik.

## 1. A VIZSGÁLATI MÓDSZER MEGVÁLASZTÁSA

A kutatómunka elsődleges feladata a mállott mészkövek szilárdításos konzerválására alkalmas anyag bevilását ellenőrzendő vizsgálati módszer kidolgozása volt. Ezzel párhuzamosan kerestük a feladat megoldására alkalmas anyagot, amely egyúttal vizsgálati módszerünk próbájára is módot nyújtott.

Az építőanyagok vizsgálatánál, pl. a cementipari termékeknel alkalmazott módszerek analógiája nem alkalmazható etalonok hiányában, mert a vizsgálatok elvégzéséhez pontosan azonos jellegű, valamint azonos mállottságú állapotban levő és emellett még ugyanolyan eredetű (azonos fizikai és kémiai tulajdonságú) mészkő etalonokra lett volna szükség; ez az "azonosság" biztosíthatta



1. ábra. A ZKF kőszilárdító és kőpótló anyag, ill. módszer első alkalmazásainak egyike (Budapest, Új városháza, V., Váci u. 62--64. -- 1986)



2. ábra. A ZKF alkalmazása teljes épülethomlokaton  
(Sopron, Posta palota, Széchenyi tér 7--10. -- 1989)

volna, hogy különböző kötőanyagok sajátosságai a mechanikai vizsgálatok számszerűsítésével egzakt módon összehasonlíthatók legyenek.

A vizsgálati módszer kidolgozásához az adta az ötletet, hogy Citoplaszt mikroszkóppal megfigyeltük egy mállott sóskúti mészkő struktúráját, mondhatni "szemcsézettségét", és ennek megfelelő mészkőörleményt (zúzalékot) állítottunk elő. Vizsgálatainkhoz főtömegében a kb. 0,2-0,8 mm közötti szitafrakciót használtuk fel: ez felelt meg a mikroszkópon látott mállott mészkő "szemcsézettségének".

Vizsgálatainknál ily módon figyelembe vettük, hogy a kötőanyagok kötőképessége a kőzet anyagi sajátosságaitól is függ, vagyis mészkövet kell szilárdítani (és nem homokkövet). Ügyelni kellett arra is, hogy a kötőanyag a durva mészkő kalcitsemcséit -- mállás esetén -- összeépítse és így a kőzet pórusaiba és hajszálrepedéseibe biztonságosan, több cm (5-15) mélységbe is beszívódjék.

## 2. ELŐKÍSÉRLETEK AZ ELJÁRÁS ÉRTÉKELÉSÉRE

A kutatás első lépése olyan kötőanyagok kiválasztása volt, amelyeknél a szilárdító hatás mellett várhatóan megfelelő lesz a hidrofobitás és a páradiffúziós tulajdonság is.

Előkísérleteinkhez 6 cm átmérőjű, keresztirányban átvágott, 1,5 cm magasságú hengeres PVC formákat használtunk, amelyeket pauszpapírra helyeztünk, a formákat belülről szintén pauszpapírral béleltük. Ezután beöntöttük a formákba az előzőekben jellemzett mészkőfrakciót. Ennek tömörítése után annyi kötőanyagot öntöttünk a formába, hogy az a forma alján kissé kicsorodjon. Ily módon szimuláltuk tehát egy olyan mállott szerkezetű mészkő kötőanyaggal való szilárdítását, amely körömmel, ujjal morzsolható volt.

Szükséges volt az is, hogy a kötőanyagokat különböző oldószerekkel és ezek különböző hígításainál is bevizsgáljuk. A megszilárdult korongban lévő anyagot a forma keresztirányú bevágásának tágításával kiemeltük, és tájékozódó összehasonlítás céljából egymás közötti összehasonlítással (kézzel történő morzsolással, dörzsöléssel, mechanikai módszerekkel) megvizsgáltuk. Ezen vizsgálatokat azzal is kiegészítettük, hogy a PVC formák alá egészséges mészkövet helyeztünk. Ily módon szimuláltuk azt a jelenséget, mintha a mészkő kb. 1,5 cm mélységig (ez volt a PVC forma magassága) mállott felületű lenne.

Vizsgálatainknál csak az olyan kötőanyagot minősítettük — kezdeti fokon is — megfelelőnek, amelynél a szemcsés szerkezetű rész jól egybeépült az egészséges mészkő felszínével, és körömmel, kézzel a szemcsés szerkezet nem volt morzsolható.

A páradiffúzió lehetőségeiről kvalitatív úton ezzel a vizsgálati módszerrel szintén meggyőződhattunk. Azáltal, hogy a kellő szilárdságúnak minősített korongokra, amelyek a rácseppentett vizet nem szívták magukba hidrofób tulajdonságaik miatt, valamilyen apoláris szerves oldószert, pl. xilolt cseppentettünk: ez a porozitás következtében gyorsan beszívódott; másik vizsgálat szerint Citoplaszt mikroszkópon megnéztük különböző nagyítások mellett a kapilláris-pórusok jelenlétét.

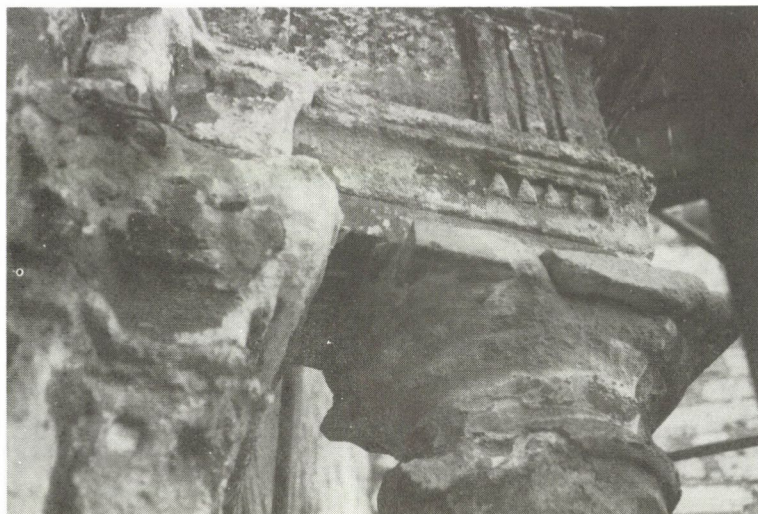
Előkísérleti módszerünk tehát a kivizsgált kötőanyagok, műgyanták két sajátosságára adott azonnali felvilágosítást:

1. szilárdítás (ill. tartósítás, regenerálás),
2. páradiffúzió.

Ezen vizsgálati módszer lehetővé tette azoknak a kötőanyagoknak a kiválasztását, amelyekkel a számszerűségeen alapuló vizsgálatokat már érdemesnek látszott elvégezni.



3. ábra. A módszer komplex alkalmazása (kőszilárdítás, kőpótlás, vakolatszilárdítás és falazatrögzítés)  
(Martonvásár, Brunswick-kastély — 1990. Helyreállítás előtti és utáni kép)



4. ábra. Az egykori barokk Zeughaus-kapu, a budai Várnegyedben másodlagos helyen befalazva. Részletek a helyreállítás előtti erősen mállott állapot bemutatására

Mielőtt azonban a műszeresen is megvizsgált anyagokkal kapcsolatos eredményeket részleteznénk, előre kell bocsátani, hogy vizsgálatainkhoz csak egykomponensű műgyantákkal végeztünk kísérleteket. Ezek ugyanis már eleve elpárolgó oldószeres oldatban kerülnek forgalomba, de tekintettel arra, hogy legtöbbjük szárazanyag-tartalmának többszörösére is hígítható, azzal az előnyös tulajdonsággal is rendelkeznek, hogy a felhasználás előtti pontos összemérésre (mint pl. a kétkomponensű műgyantáknál) nincsen szükség. Ez egyszerűvé teszi helyszíni felhasználásukat. Oldószerek célszerű megválasztásával elérhető, hogy a kötőanyag a kőzetet — esetünkben a mészkövet — optimálisan nedvesítse, és abba akár 5-15 cm mélységbe is beszívódjék a kapilláraktivitás eredményeként. Ezt a rendkívül magas követelményt tűztük ki megvalósítandó feladatként.

Az egykomponensű, levegőn térhálósodó oldószeres műgyanták célszerű sajátosságát abban is láttuk, hogy az oldószer elpárolgása után az "oldószer térfogata" kitöltetlen marad, vagyis a korrodeált kőzet részecskéinek kiépülése után megmaradnak (visszaépülnek) azok a kapillárisjáratok, amelyek a paradiffúziót már korábban is lehetővé tették. Az elmondottak érzékeltetésére szolgáljon az alábbi példa: ha pl. egy 10% (m/m-es) szárazanyag-tartalmú



4.b. ábra

ZKF oldattal kezelünk egy jó szívóképességű, nagy porozitású kőfeleséget, pl. a kb. 30% porozitású durva mészkövet, akkor az anyag felhordásakor az bediffundál a kőbe, és a kapilláris járatok falának benedvesítésével 5-15 cm mélyre is behatol. Ennek eredményeként a kapilláris járatok kiürülnek (el-szívó hatás). A járatok falának benedvesítése ZKF oldattal jelenti a kő kezelését, vagyis a kő anyagát alkotó kalcitkristályok összeragasztását, és így a mállott anyag regenerálódva az elvárt műszaki paraméterek eredményeit mutatja.

Eljárásunk alapvetően másik fontos tulajdonsága, hogy a felületet bevonó anyag 90%-a az elpárolgó oldószer, más szóval a bevonó réteg vastagsága a

kapillárisok falán kb. 1/10-ére lecsökken, így tehát a páradiffúziós effektus csökkenése is eleve 10% alatti. A magyar szabvány szerint a páradiffúzió csökkenése 15% alatti érték kell legyen.

A gyantatartalom minimális értékre való csökkentése (amelynél megfelelő a szilárdító hatás) gazdaságossági szempont is: az oldószer ára ugyanis kb. egy nagyságrenddel kevesebb a forgalmazott termék áránál. Kísérleteinknél a 10% (m/m-es) oldat bizonyult az optimálisnak.

Előkísérleteinkhez tartozott az is, hogy a vizsgálandó kötőanyagokból tárgylemezre filmréteget vittünk fel, és szemrevételeztük a filmképző tulajdonságokat, pl. kikeményedés, keménység (körömmel, adott keménységű ceruzával karcolható-e), tapadóképeség, színezőhatás stb.

A fenti vizsgálati módszer -- mint minden egyéb -- csak a valóságos beválás előfeltételeinek megközelítő modellje, mégpedig meglehetősen szigorú modellje. Ezért csak a valóságos esetekre történő alkalmazás dönti el magának a vizsgálati módszernek a helyességét is. Véleményünk szerint előfordulhat olyan eset is, amikor a vizsgált anyag a szigorú vizsgálaton nem válik be, a gyakorlatban azonban, bizonyos esetekben megfelelőnek bizonyulhat. Azt viszont biztosan állíthatjuk, hogy amelyik anyag e vizsgálatoknál beválik, vagy valószínűséggel a gyakorlat próbáját is kiállja.

### 3. SZILÁRDÍTÁSOS KONZERVÁLÁSRA HASZNÁLTOS MŰGYANTA OLDAT SAJÁTOSÁGAI

Előkísérleti vizsgálataink eredménye azt mutatta, hogy a kb. 5-15% (m/m) szárazanyag-tartalmú műgyanta oldat teljesíti az elvárásaink szerinti követelményeket.

Az oldószerek között alifás vegyületek (észterek, ketonok) és aromás típusúak (benzol homológok) egyaránt megtalálhatók. Ez a széles skála lehetővé teszi az oldószerelegy optimális kidolgozását, mert pl. lényeges tulajdonsága az adott kóvel kapcsolatos nedvesítő hatás szempontja, avagy az alacsony forráspontú oldószerek sajátossága, amelyek gyors párolgása következtében a levegővel érintkező felületen kéregképződés keletkezhet. Ennek okát azzal magyarázhatjuk, hogy az oldószer átítatja ugyan a kezelt anyag mállott részének teljes vastagságát, de az oldószer a felszínről gyorsabban párologva felszívja (pontosabban visszaszívja) a felszín alatti rétegből az oldószeres kötőanyagot. Ezáltal a telítés egyenetlenné válik. A felszín közelében (a levegővel érintkező hely környezetében) feldúsul a kötőanyag az oldószer elpárolgása következtében: ez okozza a kéregképződést.



Szilárdítási konzerválási előkísérleteinknél a kipróbált műgyantaféleségek vizsgálati eredményeinek ismertetésére nem térünk ki. Utalni kívánunk azonban arra, hogy sziloxán kötésű vegyületekkel, akrilátokkal és epoxigyantákkal is dolgoztunk; ezek egyike sem teljesítette műszaki elvárásainkat, illetve az in situ alkalmazásánál elengedhetetlen egyszerű kezelhetőséget.

Lényegesnek tartjuk viszont azon megállapításunk hangsúlyozását, hogy a gyanta típusa és annak oldószerkegye csak együttesen adhat olyan műgyantoldat kompozíciót, amely az egyszerű kezelhetőség mellett a szükséges műszaki paraméterek létrehozását is biztosítani tudja.

Ezért dolgoztunk ki a ZKF eljáráshoz olyan műgyanta-oldószer kompozíciót, amely 80-90% (m/m) oldószertartalmú: ez a sajátosság biztosítja nemcsak a már említett 5-15 cm mélységű penetrációt, hanem a légjáratok (pórusok) olyan kiépülését is, amely a szükséges páradiffúziót is lehetővé teszi, amint már erről szóltunk. Mindezek velejárójaként jelentkeznek a már említett előnyös tulajdonság, hogy az anyag felhordása egyszerű, és pl. a komponensek felhordás előtti összemérésére nincs szükség, az anyag látszólagosan egykomponensű, mivel a levegő nedvességének hatására térhálósodik.

#### 4. MECHANIKAI VIZSGÁLATOK

##### 4.1. Törésvizsgálatok

Vizsgálatainkat többféle módszer szerint végeztük:

a) Megnéztük a sósókúti bányából származó, tömörebb mészkő szilárdsági értékeit (1. táblázat).

b) Próbatesteket készítettünk az előkísérletek során használt mészkőfrakciókból. (E kísérleteinket a 6. fejezetben részletesen tárgyaljuk.)

Törésvizsgálatainkhoz 4x4x16 cm-es próbatesteket használtunk, melyeket bányakőből (a kőzetekből) vágunk méretre.

Az 1. táblázatban szereplő jelölések:

$R_{tf}$  = hajlító-húzó szilárdság, mértékegysége:  $N/mm^2$

$R_c$  = nyomószilárdság, mértékegysége:  $N/mm^2$

K = kezelőszerszáranyag-tartalma (m/m)%

1. táblázat

Kezeletlen próbatest		Műgyantás kezelt próbatest			Növekedés %-ban	
R <sub>tf</sub>	R <sub>C</sub>	K % (m/m)	R <sub>tf</sub>	R <sub>C</sub>	R <sub>tf</sub>	R <sub>C</sub>
1,20	4,70	9,6	3,77	8,44	314	180
		8,2	4,64	7,44	387	158
		7,3	3,94	6,76	328	144

A műgyantás kezelés a kezelőszer felszívásával történt a kapilláraktivitás révén, mivel szimulálni próbáltuk pl. egy puha mészkő homlokzat műgyantás kezelését, amikor is a műgyanta oldat felhordása ecseteléssel történik, az oldat penetrációját — és ez a lényeg — pedig a kapilláraktivitás hozza létre. Ennek analógiájára a lapjára fektetett próbatesteket addig tartottuk a kezelőszerben, míg a 4 cm-es magasság kb. 3 cm-es része átnedvesedett. Mivel a testek porozitása mintegy 30% volt, a kb. 1 cm-es hasábrész telítése a kapillárisjáratokban lévő folyadékmennyiség felszívódásából adódott, vagyis a kapillárispórusok kiürültek, csak a felszínük (a kapillárisok fala) volt bevonva a kezelőszerrel.

Értékelve az 1. táblázat adatait, továbbá figyelembe véve a puha mészkő R<sub>tf</sub> és R<sub>C</sub> értékeinek közismerten nagy szórását, valamint a próbatestek kezelésének fentiekben leírt és szükségszerűen kialakított módszerét, megállapíthatjuk, hogy a 10% (m/m) szárazanyag-tartalmú oldattal való kezelés a hajlító-húzó szilárdsági értéket — a táblázat adatai szerint — mintegy háromszorosára növeli, a nyomószilárdságot pedig kb. 60–80%-kal fokozza.

Megnéztük a kezelési eljárás hatását egy valamivel gyöngébb minőségű sósókúti bányakövön is, továbbá a kétszeres kezelés okozta paraméterváltozásokat. Tettük ezt annak ellenére, hogy ipari szempontból a kétszeri kezelés eleve kevésbé kívánatosnak mondható. Eredményeinket a 2. táblázatban foglaltuk össze. (A jelölések azonosak az 1. táblázatban megadottakkal.)

2. táblázat

Kezeletlen		Műgyantás kezelés					
R <sub>tf</sub>	R <sub>C</sub>	K % (m/m)	Kezelési szám	R <sub>tf</sub>	R <sub>C</sub>	Növekedés %-ban	
						R <sub>tf</sub>	R <sub>C</sub>
1,1	3,32	9,6	1	3,68	4,93	300	148
		9,6	2	4,92	5,96	410	180
		9,6	1	3,61	5,16	300	155
		9,6	2	5,16	7,56	430	227

A 2. táblázat adatait értékelve a következő megállapításokat tehetjük:

A kétszeres kezelés okozta szilárdsági értékek növekedése a nyomószilárdság %-os változásában 1,2-1,5-szörös növekedést ad, a hajlító-húzó szilárdság 1,3-1,4-szeres növekedést, vagyis -- ami eleve várható volt -- a 25-30% porozitással bíró sóskúti kőnél kétszeres értékjavulást nem okozhat a kétszeres kezelés.

A sóskúti kő vonatkozásában tehát a kb. 10% (m/m) szárazanyag-tartalmú gyantaoldatunk egyszeri kezeléssel a hajlító-húzó szilárdságot több mint háromszorosára növeli, a nyomószilárdság vonatkozásában pedig 60%-nál nagyobb szilárdságnövekedés jön létre.

A kétszeres kezelés okozta effektusok fontossága nem a mállott részek szilárdítási konzerválása, hanem a később részletezendő kőpótlások szempontjából fontos. E helyen csak röviden érintjük e kérdést: kőfrakcióból (pl. 0,2-0,8 mm szemcsézetű zúzalék) gyantaoldattal habarcs konzisztenciájú anyagot készíthetünk, amiből a kőpótlási helyet kitöltve az alapkőzetnél gyengébb szilárdsági effektusokkal bíró kőpótlott részt állíthatunk elő. Az ismételt kezeléssel azonban az alapkőnek megfelelő szilárdságú kőpótlott részt kaphatunk.

#### 4.2. A fagyállóság növelésének értékelése törési vizsgálattal

Az 1. és 2. táblázat eredményeihez kapcsolódva az adatok más irányú értékelésére is bemutatjuk azokat a vizsgálati eredményeket, amelyeket a 26, illetve 30 fagyasztási ciklusok után kaptunk. E vizsgálat a kezelés hatására létrejött fagyállóságot adja meg a szabvány szerinti számszerűsített formában.

Ennek a vizsgálati sorozatnak az az érdekessége is megvolt, hogy a sóskúti bányából származó régebben (közel 100 éve) kitermelt és valamelyest jobbnak, időállóbbnak, talán kevésbé fagyveszélyesnek mondott ún. vorzugos kőféleséget is összehasonlítottuk a jelenleg kitermelt bányakövek fagyállóságával.

Az MSZ 182891/2 szabvány a fagyállóság szempontjából a következő kategorizálást teszi a kövek fagyasztási minősítésére, a fagyasztási ciklusok alapján. (Ez a ciklus  $-25^{\circ}\text{C}$  kb. 4 órai időintervallumban és  $+20^{\circ}\text{C}$ -on való olvasztást kb. 2 órai intervallumban, vízben tárolva.)

A kő minősítése a fagyállóság szempontjából:

- fagyveszélyes (ha 15 ciklust nem bír ki),
- mérsékelten fagyálló (15-25 ciklusszám között),
- fagyálló (26-35 ciklusszám között),

3. táblázat

5-5 kő vizsgálati adatainak átlaga

Jelölés	A kő jellemzői			$R_{tf}$		$R_C$		Értékelés, megjegyzés
		K	C	F	N/mm <sup>2</sup>	F	N/mm <sup>2</sup>	
1	nb	0	0	642	1,50	17,30	6,92	A bányakő paraméterei jobbak
	n	0	0	614	1,44	16,7	6,68	
2	nb	0	27	4 db } próba- test szétfa- gyott		16	6,40	A hajlító szilárdságok értékelhetetlenek, a nyomószilárdságok értékei gyakorlatilag azonosak
	n	0	28			3 db }	16,2	
3	nb	+	0	2390	5,60	31,75	12,7	A kezelés hatására a kétféle kő hajlítószilárdsági és nyomószilárdsági értékei gyakorlatilag azonosnak mondhatók
	n	+	0	2360	5,53	27,7	11,08	
4	nb	+	26	2286	5,35	32	12,8	Mivel a 3 és 4 jelölés adatai gyakorlatilag azonosak, ezért a 25 fagyasztás után nem változtak meg a mechanikai paraméterek
	n	+	26	2259	5,30	31,7	12,7	

- fokozottan fagyálló (36-50 ciklusszám között),
- igen fagyálló (50 ciklusszám fölött).

A 3. táblázatban szereplő jelölések magyarázata:

- n = vorzugos bányakő, mely az Ybl Miklós tér 8-12. műemléki épületből származik,
- nb = jelenlegi termelésből származó bányakő,
- K = 10% (m/m)-os ZKF oldattal való kezelés,
- C = ciklusok száma,
- F = törőerő (N),
- $R_{tf}$  = hajlító-húzószilárdság (N/mm<sup>2</sup>)
- $R_C$  = nyomószilárdság (N/mm<sup>2</sup>).

A táblázat adatait értékelve a következő alapvető megállapításokat tehetjük:

A sóskúti "fagyveszélyes" kategóriába tartozó durva mészkő 10% (m/m)-os ZKF oldattal való kezelés hatására a "fagyálló" kategóriába került, a 25 fagyasztási ciklus után mechanikai vizsgálati adatok gyakorlatilag azonosak a kezelt, de fagyasztásoktól mentes próbatestek adataival, melyet a 3. és 4. jelölési oszlopon lévő adatok összevetéséből láthatunk. (Megjegyezzük, hogy

a fagyciklusok iránti érzéketlenség csak a 30. ciklust követően kezdett változni, ettől kezdve a törési adatok közötti szórás kissé növekedni kezdett, de még ekkor sem haladta meg a gyakorlatilag elvárható 5-10%-os eltéréseket.)

A 3. táblázat adatainak teljes kritikai értékeléséhez természetesen nem elégségesek a mechanikai és fagyállósági vizsgálatok. A páradiffúziós követelményt pl. már korábban érintettük, de az összes kőkonzerválással kapcsolatos követelményekre e helyen nem is akarunk kitérni, mert azt a ZKF eljárást minősítő ÉMI alkalmassági bizonyítvány tartalmazza.

Ezek közül csak megemlítjük a jónak minősített páradiffúziós követelményt, az UV ellenállást, a vegyszerállóságot (pl. nitrogén-oxidok, kén-dioxid).

#### 4.3. Kopás-ellenállósági vizsgálatok

A kezelőszer, ill. a konzerválási módszer hatásának vizsgálata során a mechanikai szilárdsági vizsgálatok mellett a kopás-ellenállóság is jellemző képet adhat egy kő konzerválás előtti és utáni ellenálló képességéről, vagyis a külső korróziós tényezők elleni védelemről.

A kezelés után 50 cm<sup>2</sup>-es felületen végeztük a szabványos kopási vizsgálatokat Böhme szerint. Adatainkat a 4. táblázat tartalmazza, amelyből látható, hogy a 10% (m/m) szárazanyag-tartalommal kezelt mészkő kopás-ellenállósága is jelentősen növelhető a ZKF eljárással, ami a gyakorlati felhasználás szempontjából az eróziós hatás miatt lényeges.

4. táblázat

	Koptatás előtti átlagos		Koptatás utáni átlagok		Különbség	
	Tömeg g	Vastagság mm	Tömeg g	Vastagság mm	Tömeg g	Vastagság mm
Kezeletlen	382,7	41,3	285,5	31,2	96,9	10,1
Kezelt	332,4	40,6	275,8	34,0	56,6	6,6

#### 5. PENETRÁCIÓ A SÓSKÚTI BÁNYAKÖVÖN

A szilárdítási konzerválási eljárás lényeges tulajdonsága, hogy a puha mészkövekbe, illetve a mállott kőzetekbe avagy más porózus műtárgyba (pl. téglá) a kezelőszer behatolása a szükségletnek megfelelően 5-15 cm is lehet,

melyet kizárólag a kapilláraktivitás tesz lehetővé a műgyantaoldat sajátos összetétele révén.

Ezt 20x20 cm<sup>2</sup> területű, 40 cm magas sósókúti bányakő kezelése jól szemléltette: kb. 0,5 cm magasságú kezelőoldatba mártva megindult felfelé az oldatáramlás, a kő telítődése és kb. 5-10 perc eltelteivel elérte a 10-15 cm-t.

Néhány nap múlva a bányakövet a felszívódási irány tengelyében kettévágtuk. A bányakő felületén a hidrofobitás jól mutatta a kezelőszer felszívódásának határát az eredeti külső felületeken és a fűrészeléssel szétvágott és így kialakult felületen: ez egyúttal azt is jelezte, hogy a kezeléskor a belső rész is olyan magasságig telítődött, amint azt a felületen megfigyelhettük.

Mindezek előrebocsátását azért is láttuk szükségesnek, mert a kezelendő felületre az anyag ecseteléssel vagy célszerűbben folytatással hordható fel. A kapilláraktivitás teszi lehetővé, hogy a kezelőszer a kívánt mélységig beszívódjék, vagyis annyi anyagot hordunk fel a felületre, amennyit a kezelendő réteg vastagsága (oldatfelvevő képessége) megkövetel. Az anyag penetrációját a hidrofób sajátosság felhasználásával műszeres úton könnyen ellenőrizhetjük, pl. ellenállásméréssel.

## 6. KŐPÓTLÁS, JAVÍTÁS

A kőfelületek, kőfaragványok konzerválásának előfeltétele a megelőző diagnosztikai vizsgálat, és ez nemcsak magát a konzerválási módszert, hanem a feltétlenül szükséges tisztítási módot és a javítások, kőpótlások technológiáját is meghatározza. Új módszerünk, ill. anyagunk a ZKF kőszilárdító kidolgozásánál ez utóbbira is nagy figyelmet kellett fordítanunk.

Amint erről korábban szó volt, a szilárdítós konzerválási eljárásunk vizsgálati módszerének kidolgozásánál, különböző szemcseméretű meszkőőrlemények összeragasztásával próbálkozva szimulálni akartuk a mállott meszkövek szilárdítását. Ez adta az ötletet olyan műanyagkötésű habarcsok készítésére, amelyek kőpótlásra használhatók.

Kísérleteinknél abból indultunk ki, hogy a habarcsok kötőanyaga azonos kell hogy legyen a szilárdítós konzerválásra használatos kötőanyaggal, mert csak ez biztosíthatja a szilárdított és a kőpótlott részek azonos sajátosságait. Emellett természetesen arra is gondolnunk kellett, nehogy a kőpótlással kiegészített részek pl. keményebbek, szilárdabbak legyenek az alapkőzetnél, mert ez a hőtágulások azonosságát lehetetlenné tenné. E követelmény

megvalósítása azonban nem okoz nehézséget, mert egy habarcs kötőanyaga mennyiségének változtatásával beállíthatók a kívánatos műszaki paraméterek.

A kőpótlások készítésére a kőzet fajtája (pl. sóskúti mészkő) szerint megválasztott 1 mm és 0,1-0,2 mm közötti szemcseszerkezettel dolgoztunk, 10-15% (m/m) szárazanyag-tartalmú műgyanta oldattal. A habarcsot földnedves konzisztenciára alakítottuk, majd oxidalapú pigmentekkel (pl.  $\text{TiO}_2$  vagy okkersárga) az alapkőzet színére állítottuk be. A kitöredezett helyeket (pl. egy ornamentika pótlása) előbb a konzerváláshoz használt műgyanta kompozícióval ecsetes felhordással alapoztuk, majd felhortuk és ráformáztuk a hiányzó részt. Kb. 24 óra múlva következett a pótolta rész — ha erre szükség volt — esetleges utánfaragása. Ezt követte (kb. 48 óra elteltével) az alapkőzet és a pótolta rész egyidejű szilárdításos konzerválása.

A kőpótolta részek alakját azonban nemcsak helyszíni formálással avagy utólagos faragással tudjuk kialakítani, hanem úgy is, hogy megformázzuk a hiányzó részt, erről negatívot készítünk, pl. szilikongumból, és az ily módon kialakított formába tömörítjük a figurális részt, melyet a kötés után kivesszünk a formából és a saját kötőanyagával a hiányzó helyre ragasztjuk.

## 7. A KEZELÉS ESZTÉTIKAI HATÁSA, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A MŰEMLÉKVÉDELEMBEN VALÓ ALKALMAZÁSRA

A kőzetek kémiai kezelésénél — történjék az hidrofobizálás avagy kőzet-szilárdítás céljából — elsődleges követelmény, hogy a kezelés a kőzeten semmit ne változtasson, ne maradjon vissza fénylő felület vagy elszíneződés.

E követelmény teljesítése azonban összetett feladat, mert nemcsak arról van szó, hogy a kezelőanyag színtelen legyen.

Mindezt egyszerűen szemléltethetjük azáltal, hogy pl. egy sóskúti mészkövet (mely kellően nedvszívó) különböző színtelen és nagy tisztaságú folyadékokkal benedvesítünk vagy egy mállott mészkövet különböző célból (hidrofobozó, ill. szilárdításos konzerválás) kezelünk.

A nedvesített részek felülete, mivel a kőzet porózus, természetesen matt marad, de a különböző oldószerek hatására kialakult nedves felületek színárnyalata egymás közt is különböző lesz.

Ennek oka egyrészt a folyadékok törésmutatóinak különbözősége ( $n_{\text{víz}} = 1,3304$ ;  $n_{\text{toluol}} = 1,4992$ ,  $n_{\text{CCl}_4} = 1,4607$ ), másrészt — ami már ezzel is kapcsolatos — a kőzetek porozitása. A porozitás szabja meg ugyanis azt, hogy a kezelendő felületbe milyen mennyiségben ivódnak be a különböző törésmutatójú oldatok. Természetesen egy műgyanta réteg, melynek vastagsága a száraz-



5. ábra. A Zeughaus-kapu egyik szoboralakja helyreállítás előtt és után – 1991





6. ábra. A Zeughaus-kapu helyreállítás után. Példa az in situ konzerválás komplex feladatára. Rendkívüli nehézség a befalazott állapot az erősen nedves heterogén falazatban



6a ábra. Szoboralak a Zeughaus-kapun

anyag-tartalom függvénye, szintén a fentiekhez hasonlóan viselkedik. A fénytani sajátosságok tehát szerepet játszanak a tónusváltozásnál, a színtelen műgyanta oldatnál is, legyen az köztetszilárdító avagy hidrofóbozó szer.

Az általunk használt műgyanta oldat összetétele olyan, hogy az oldat által nedvesített mészkőfelületeken (puha avagy kemény süttői mészkő) gyakorlatilag olyan tónusváltozást okoz, mint egy vizezett felületé a száraz felülethez képest. Vizes felület kiszáradása után ez a tónus – a víz elpárolgását követően – megszűnik, és visszaáll a nedvesítés előtti szintónus. Az általunk használt műgyanta oldattal való kezelés után azonban a kezelt felület tónusa megmarad változatlanul, időállóan: utóbbin azt értjük, hogy a fény vagy levegő hatására nem következik be színváltozás (színsötétedés), az időjárás (UV sugárzás) nem okoz felületi színeltérést.

## 8. REFERENCIAHELYEK

Szilárdítási konzerválási kutatómunkánk sokrétűsége nyilvánvalóvá teszi, hogy vizsgálatainkat -- bármennyire is kedvező eredményeket hoztak -- ne tekinthessük befejezettnek. Jelenleg már kiléptünk a laboratóriumi keretek közül, folyamatban van az ipari megvalósítás, a gyakorlat próbája. A ZKF eljárás alkalmazási helyeit az 5. táblázatban foglaltuk össze; ezek elemzése, minősítése részünkről feleslegesnek látszik és mindössze annyit jegyzünk meg, hogy a legrégebben készült helyen, a Műegyetem egyik kváderkövén a kezelés és kópótlás nyolc év eltelte után is kifogástalan állapotú.

### 5. táblázat

A ZKF eljárás referenciahelyei

---

#### I. Kísérleti munkák

- 1985 Budapesti Műszaki Egyetem — homlokzati rész, kváderkő
- 1985 Mezőgazdasági Múzeum — homlokzati részek
- 1985 Új városháza, Váci utca. Műemlék épület, belső udvar (felületkezelések, kópótlások)

#### II. Kivitelezések

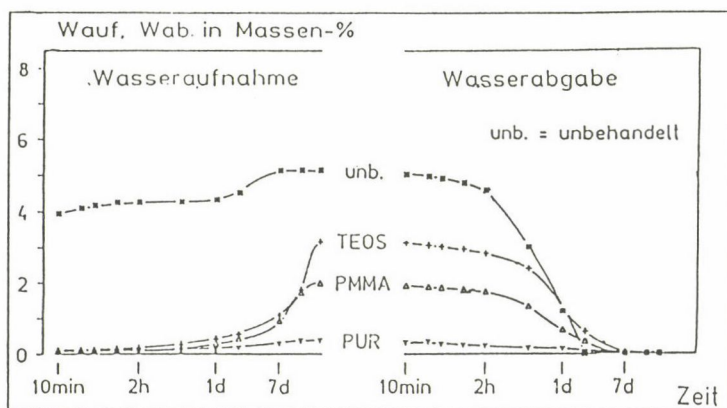
- 1988 Nagykanizsa, Lenin út 8. — Mállott kőrészek kezelése, kópótlás
- 1989 Sopron, Főposta, Széchenyi tér 7—10. — Homlokzatkezelés
- 1989 Budapest, OTP székház, Nádor u. 16. — Felületkezelés
- 1989 Budapest, Lónyai utcai Általános Iskola — Tympanonrész felületkezelése
- 1990 Martonvásár, Brunswick-kastély — Műemlék — Vakolaterősítések, kőrészek felületkezelése, helyenkénti pótlás
- 1991 Budapest, Zeughaus-kapu — A Vár déli cortinafalában felületkezelések, kőszilárdítás
- 1992 Budapest, Alkotmány u. 3. — Vakolaterősítés, kópótlás, kőszilárdítás

Jóllehet feleslegesnek tartjuk a kezelés reverzibilitási kérdésének diszkutálását, mégis röviden érintjük e kérdést, melyet a múzeumi laboratóriumi kőszobrász-restaurátori előírások szabályoznak: ez pedig a "reverzibilitás" iránti igény. Bár természetesnek kell tartanunk, hogy az új anyagok alkalmazásánál ügyelni kell a pótolhatatlan kulturális értékek megóvása miatt a beavatkozások későbbi eltávolíthatóságának lehetőségére, ennek megvalósítása azonban a kőszilárdító anyagoknál mindenkor lehetetlen, még akkor is, ha a gyanta oldószerben oldódik.

## 9. KONZERVÁLÁSRA HASZNÁLT ANYAGOK NÉHÁNY KÜLFÖLDI TAPASZTALATA

Amint a bevezetőben írtuk, a kőkonzerválással kapcsolatos kutatómunka világszerte folyik. Hazai kutatásainkkal egy időben kezdődött el a filmképző tulajdonságú polimerekkel kapcsolatos kutatómunka is. A figyelem ugyanis ezen anyag típus felé fordult, mivel a kovasavészter, sziloxán kötésű anyagokkal kapcsolatban a negatív tapasztalatok erre ösztönöztek.

Alábbiakban közöljük a Bautenschutz und Bausanierung c. német folyóiratból kimásolt diagramot, amely különböző anyagfélésekkel kezelt homokkőnek vízfellevő-vízleadó sajátosságait mutatja be, az idő függvényében ábrázolva a felvett víz tömegszázalékát (B+B 11, 1988, 205–211.).



A diagramon látható jelzések:  
PUR -- alifás típusú poliuretán,  
PMMA -- poli-metil-metakrilát,  
TEOS -- tetra-toxi-szilán,  
unb. -- kezeletlen.

Nagy megelégedésünkre szolgálta, hogy a legjobbnak látszó PUR jelzésű anyagfélések csoportjába tartozik a ZKF is, igazolván korábban elkezdett kutatómunkánk irányának jó megválasztását.

Kísérleteink szerint egyébként a durva mészkövekre a sziloxán kötésű szilészter alapú kötőanyagok (TEOS jelzés: tetra-toxi-szilán) nem is hatnak, úgyhogy a sziloxán kötésű anyagokkal kapcsolatos negatívumok még a homokkővön jelentkeztek. Ezenkívül kiragadjuk a meghibásodások legfontosabb okát, és pedig az ilyen típusú kötőanyagok merevségét (a rugalmasság hiányát) és a másodlagos pórusképződést, amely a kötést létrehozó kovasavgél dehidratáló-

dásának szükségszerű eredménye; más szóval: ez indokolja (magyarázza) az időleges szilárdító hatás lecsökkenését. Ezt olvashatjuk a Bautenschutz und Bausanierung 1989, 12. évfolyam, augusztus 4-i számában.

## 10. ÖSSZEFOGLALÁS

Vizsgálataink során megállapítottuk, hogy eljárásunkkal mállott mészkövek vagy homokkövek szilárdításának az egész világon kutatott problémája megoldható, ezt kísérleti adataink igazolják.

1. Megállapítottuk, hogy az általunk használt 10% (m/m)-os szárazanyag-tartalmú kompozíció kiváló közetszilárdító hatást és légköri vegyszerállékonyságot, savas esőnek ellenálló hatást biztosít, növeli a kőzet fagyállóságát, a fagyveszélyes kategóriából a fagyálló kategóriába emeli a sósókúti durva mészkövet és növeli annak kopásállóságát is. Továbbá kielégíti a páradiffúziós követelményeket is.
2. A kezelőoldat összetétele lehetővé teszi, hogy a kezelőszer a kívánt mélységbe — az előzetes diagnosztikai vizsgálat eredményétől függően (ha ez szükséges) — akár 5-15 cm mélyen is behatoljon; a kezelt réteg vastagsága műszeresen is ellenőrizhető.
3. A kezelőszer mesterséges kő, letüredezett figurális részek, ornamentikák kiegészítésére is használható. A kötőanyag a szilárdítós konzerváláshoz és kőpótlásokhoz azonos, így a kezelt mállott részek és a kőpótoló helyek "együttdolgozása" biztosított.
4. Eljárásunk in situ kezelésre is alkalmas, felhordható ecseteléssel vagy ráfolyatással, a felhordást követő néhány óra elteltével az eső már nem károsítja a kezelt felületet. Az eljárás könnyen kivitelezhető, mert az anyag látszólagosan egykomponensű, így helyszíni keverékanyagok beállítását nem igényli.
5. A kezelés felületi elszíneződést nem okoz, csak a vizes-nedves felületnek megfelelő színtónust hozza létre. Ez azonban időálló és időjárásálló, melyet a napfény már nem károsít. Mivel a kezelt felület sav-, lúg- és vegyszerálló, a felület elpiszkolódását is csökkenti.

Mindezek alapján úgy látjuk, hogy a ZKF kezelőszer, amely a BME szolgálati találmánya (feltalálók: Zádor M., Kollár Gy., Feuer I.) az eddigi inspiráló eredmények és helyszíni fülüzemi kísérletek során megfelelt az előírt követelményeknek. Kiemeljük nagyon mély behatolókéességét és a máll-

lott durva mészkövek szilárdítását. Európában (Magyarországon kívül) a ZKF szisztéma szerinti RABEOSEAL elnevezésű termék kerül forgalmazásra.

\* \* \*

A kutatómunkánkba időközben bekapcsolódott TONK EMILNÉ laborvezető, okl. vegyészmérnök lelkiismeretes és eredményes munkájáért ezúton is őszinte köszönetet mondunk.

Dr. Dulácska Endre, a műszaki tudomány doktora\*

## A FÖLDRENGÉS MÉRNÖKI ÉRTÉKELÉSE

### BEVEZETÉS

Hazánk nem tartozik a világ erősebben szeizmikus övezeteibe, és ezért hajlamosak vagyunk e kérdést elhanyagolni. Így például még ma sincsen kötelező érvényű földrengés-méretezési előírásunk, csak egy ajánlás /1/, melyet csak akkor alkalmaznak, ha a beruházó kívánja. A beruházó az építési költség minimálisra szorításában érdekelt, és ezért sohasem kívánja a földrengésre való méretezést és a földrengésálló kialakítást.

Amikor pedig bekövetkezik egy talán nem is túl erős földrengés (pl. Berhida), az egész ország megdöbben, de egy idő múlva elfelejtik a károkat. Ez az oka annak, hogy mai napig nem sikerült Magyarországon egy kötelező földrengés-méretezési előírást létrehozni.

Ezért úgy gondoljuk, nem lesz érdektelen kissé áttekinteni a földrengés-értékelési problémát mérnöki szempontból. Ez az áttekintés lehetőséget nyújt néhány új fogalom, ill. értékelési módszer bevezetésére is.

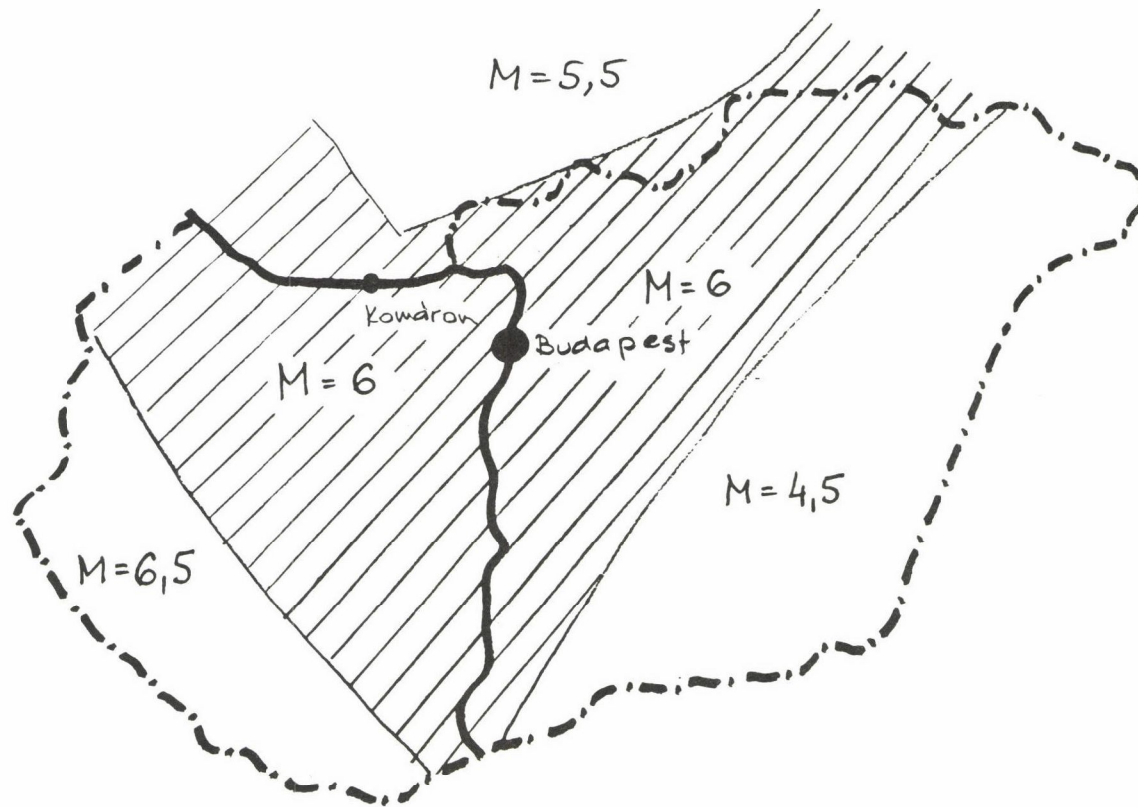
### A MAGNITÚDÓ

A földrengés értékelésére két lehetőség van. A RICHTER által bevezetett M magnitúdó (méret) a földrengés során felszabaduló energiával kapcsolatos. A magnitúdó 9 fokozatú skálát jelent. Az  $M = 3$  érték az érezhetőség alsó határa, az  $M = 9$  érték az elméleti maximum (a földkéreg teljes törése). Ennél nagyobb rengés csak egy óriásmeteor becsapódása esetén lehetséges /2/.

A geológia és szeizmológia meg tudja határozni egy adott nagyobb területre a geológiai szempontból létrejöhethető maximális földrengés magnitúdóját.

---

\*Okl. építészmérnök, egyetemi tanár, az MTA Földrengésmérnöki Nemzeti Bizottságának elnöke



1. ábra. A Magyarországon várható legnagyobb magnitúdójú rengés Bune, V. I., Karnik, V. és Schenkova, Z. szerint



Ezt a magyarországi területre az 1. ábrán mutatjuk be. Ebből a térképből megállapítható, hogy Magyarország területén elképzelhető legnagyobb földrengés az  $M = 6,5$  magnitúdójú lehet /3/.

A magnitúdót több szeizmológiai állomás rezgésmérési adataiból számítják. Természetesen ez is bizonytalanságokat rejt magában.

A magnitúdó közvetlenül nem alkalmas a földrengésveszély, ill. -kár jelzésére, mert a rengés fészekmélysége nagy befolyással van a kialakuló károkra. Ugyanolyan magnitúdójú rengés nagy kárt okozhat sekély fészknél ( $< 30$  km), és viszonylag kis kárt mély fészknél ( $> 300$  km) rengés esetén. E körülmény miatt vezették be az I intenzitási skálát.

### AZ INTENZITÁS

A MERCALLI—CANCANI—SIEBERG (MCS)-féle intenzitási skála a földrengés okozta károk statisztikai elemzése alapján egy 12 fokozatú skálába sorolással következtet a földrengés erősségére. Ezt a skálát fogadta el 1917-ben a Nemzetközi Földrengési Asszociáció.

Az Európai Szeizmológusok Bizottságának 1962. évi ülésére MEDVEGYEV—SPONHEUER—KARNIK (MSK) előterjesztették az új, pontosított intenzitási skálát. Ezt mint MSK-64 intenzitási skálát fogadta el a KGST és az ENSZ is /2/.

Az  $I = 0$  intenzitás gyakorlatilag az  $M = 3$  magnitúdójú földrengésnek felel meg (nincs károsodás), az  $I = 12$  intenzitás viszont a totális kárt jelent, tehát megfeleltethető az  $M = 9$  magnitúdójú földrengésnek.

E határok között természetesen az intenzitás meghatározása bizonyos mértékig szubjektív. Másként értékelhetők ugyanis a lakatlan és a sűrűn lakott területek rengései attól függően, hogy az azonos jellegű épületeket méretezték-e földrengésre vagy sem. E hatásokat az MSK skála elhanyagolja.

Magyarországon az eddig észlelt legnagyobb földrengés  $I = 8,5$  intenzitású volt, a komáromi törésvonal-keresztvezetésnél /4/, mely megfelel a térkép szerint ott érvényes  $M = 6$  magnitúdónak.

### A GYORSULÁSÉRTÉKEK

A földrengés okozta vízszintes lökőhatás a vízszintes gyorsulással arányos.

Az MSK 64 intenzitási skálába rendelhető földrengés-adatok BISZTRICSÁNY szerint a következők /4/:

I	gyorsulás "a" (cm/sec <sup>2</sup> )	a/g
6	25— 50	0,025—0,05
7	50—100	0,05 —0,10
8	100—200	0,10 —0,20
9	200—400	0,20 —0,40

Magyarországon a Mohorovic felület mélysége a térszíntől 30 km körüli. Ez meghatározza a földrengések fészekmélységét, azok 30 km-nél kisebbre adódnak, azaz hazánkban sekély fészű rengések várhatók. Itt g a nehézségi gyorsulás.

KARDEVÁN szerint az intenzitás és a gyorsulás közötti összefüggés a következő /5/:

$$\log a = I/3 - 0,5.$$

Ennek értékei:

I	gyorsulás "a" (cm/sec <sup>2</sup> )	a/g
6	32	0,03
7	68	0,07
8	146	0,15
9	316	0,32

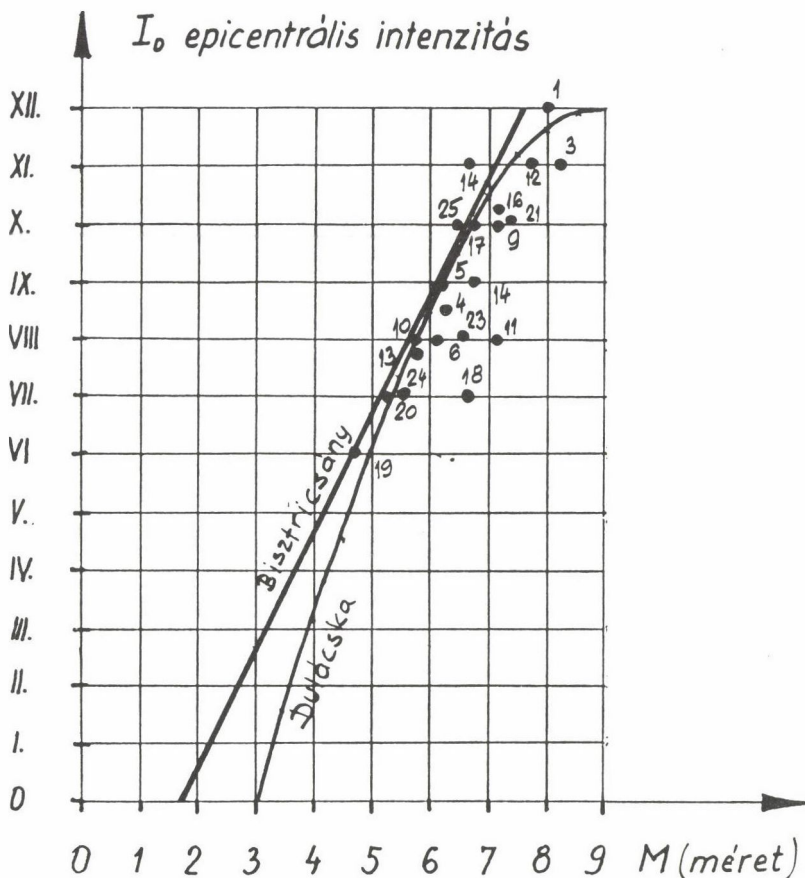
Ezek az értékek lényegében a GUTENBERG—RICHTER-féle gyorsulás-értékeket adják /9/, és az MSK adatok közepes értékeinek felelnek meg.

Tehát az MSK skála felső gyorsulási értékei megfelelő biztonságú abszolút felső korlátnak tekinthetők.

A fenti gondolatmenet szigorúan véve a sekély mélységű rezgésekre igaz, mert a mély fészű rengések esetében az azonos magnitúdóhoz tartozó azonos energia sokkal nagyobb köztömegeket mozgat meg. Ennek az a következménye, hogy az intenzitás kisebb lesz, de nagyobb területen. Ezt korrekcióval lehet figyelembe venni. A magyarországi rengések azonban sekély fészűek, így korrekcióra nincs szükség.

#### A MAGNITÚDÓ ÉS AZ INTENZITÁS KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉS

GUTENBERG és RICHTER 1942-ben az  $I_0 = 1,5 M - 1,95$  képletet dolgozta ki az intenzitás előrejelzésére /7/. Ez azonban nem bizonyult megfelelőnek.



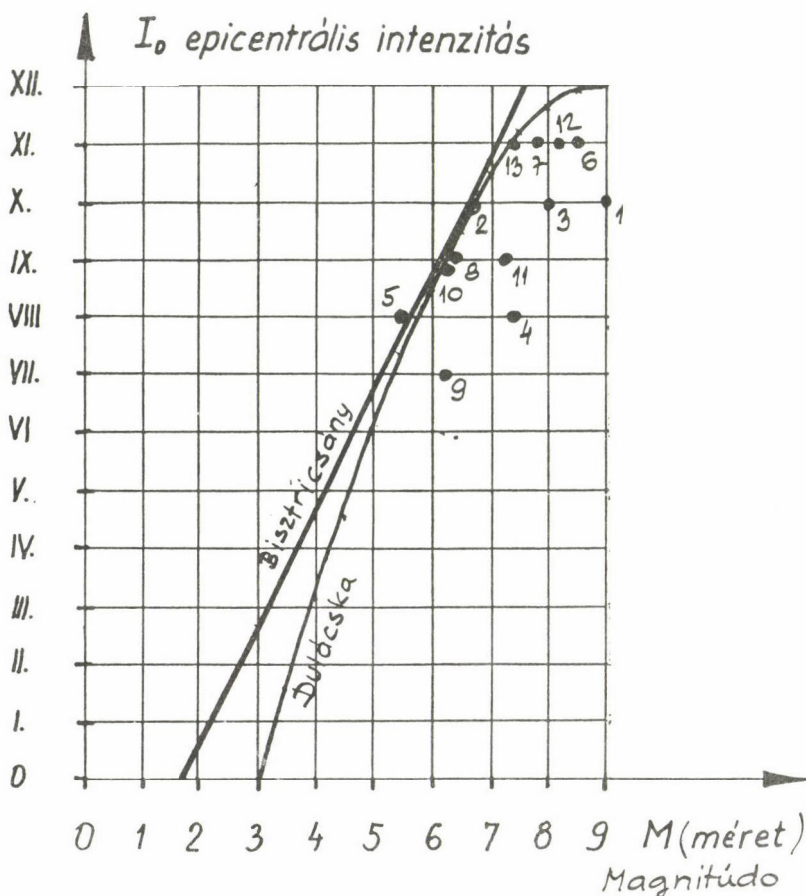
1. New Madrid (1811), 3. San Francisco (1906), 4. Santa Barbara (1925), 5. Long Beach (1933), 6. Helena, Montana (1935), 9. Imperial Valley (1940), 10. Santa Barbara (1941), 11. Olympia, Washington (1949), 12. Kern County, California (1952), 13. Bakersfield, California (1952), 14. Nevada (1954), 16. Fairview Peak (1954), 17. Dixie Valley, Nevada (1954), 18. Eureka, California (1954), 19. Port Hueneme, California (1957), 20. San Francisco (1957), 21. Montana (1959), 23. Puget Sound, Washington (1965), 24. Parkfield, California (1966), 25. San Fernando (1971)

2. ábra. Az USA nagy rengéseinek  $M-I_0$  összefüggése

BISZTRICSÁNY szerint a magnitúdó és az intenzitás között a következő összefüggés írható fel /4/:

$$I_0 = 2,04 M - 3,55.$$

Ez az összefüggés azonban az  $M = 8$  és  $9$  magnitúdónál  $I_0 > 12$  értéket, és  $M < 2$  esetben  $I_0 < 0$  értéket szolgáltat, ami lehetetlen. Ezért nyilvánvalóan le kell korlátozni, és így az



1. Lisszabon (1755), 2. San Fernando (1971), 3. Messina (1908), 4. Románia (1940), 5. Marokkó, Agadir (1960), 6. Chile (1960), 7. Kína (1976), 8. Skopje (1963), 9. Banja Luka (1969), 10. Friuli (1976), 11. Románia (1977), 12. Mexikó (1985), 13. Úrményország (1987)

3. ábra. A világ nagy rengéseinek  $M-I_0$  összefüggése

$$I_0 = 2,04 M - 3,55 \begin{matrix} \geq 0 \\ \leq 12 \end{matrix}$$

összefüggést nyerjük. Ez az összefüggés az  $M = 6$ -os magnitúdójú földrengés lehetőségét elfogadva,  $I_0 = 8,7$  értéket szolgáltat.

Jelen sorok szerzője szerint, az  $I_0 - M$  összefüggésnek az érzetőség alsó határának megfelelő  $M = 3$  értékből kell indulnia, valamint az  $M = 9$  magnitúdónak megfelelő 12 intenzitásba vízszintes érintővel kell befutnia.

Ezeket a feltételeket az

$$I_0 = 12 \sin \left( \frac{\pi}{12} M - \frac{\pi}{4} \right) \geq 0$$

kifejezés megfelelően kielégíti.

Ezzel az összefüggéssel számítva az  $M = 6$  magnitúdóhoz  $I_0 = 8,5$  intenzitást kapunk.

Kérdés ezek után, hogy a gyakorlatban mit mutatnak a fenti összefüggések. Ennek kiértékelésére a 2. ábrán feldolgoztuk az USA nagy földrengéseinek és a 3. ábrán a világ nagy földrengéseinek  $M = I_0$  összefüggéseit a /6/ és /7/ irodalom alapján, és berajzoltuk a Bisztricsány- és a Dulácska-féle görbéket.

Látható, hogy az  $M = 6$  értékhez az  $I_0 = 7-8,5$  közötti valóságos tartomány tartozik. Tehát ha elfogadjuk akár a lekorlátozott Bisztricsány-képletet, akár a Dulácska-féle képletet adta intenzitást, akkor megfelelő felső korláthoz jutunk. A Dulácska-féle képlet a kisebb magnitúdójú rezgéseket reálisabban értékeli.

#### A FÖLDRENGÉS PERIÓDUSIDEJE

A japán kutatók feldolgozták a világ 1904. és 1946. évek közötti  $M \geq 5$  földrengéseinek periódusidejét az  $M$  magnitúdó függvényében, és a 4. ábrán rajzolt görbét kapták a frekvenciák közepes értékeire /8/.

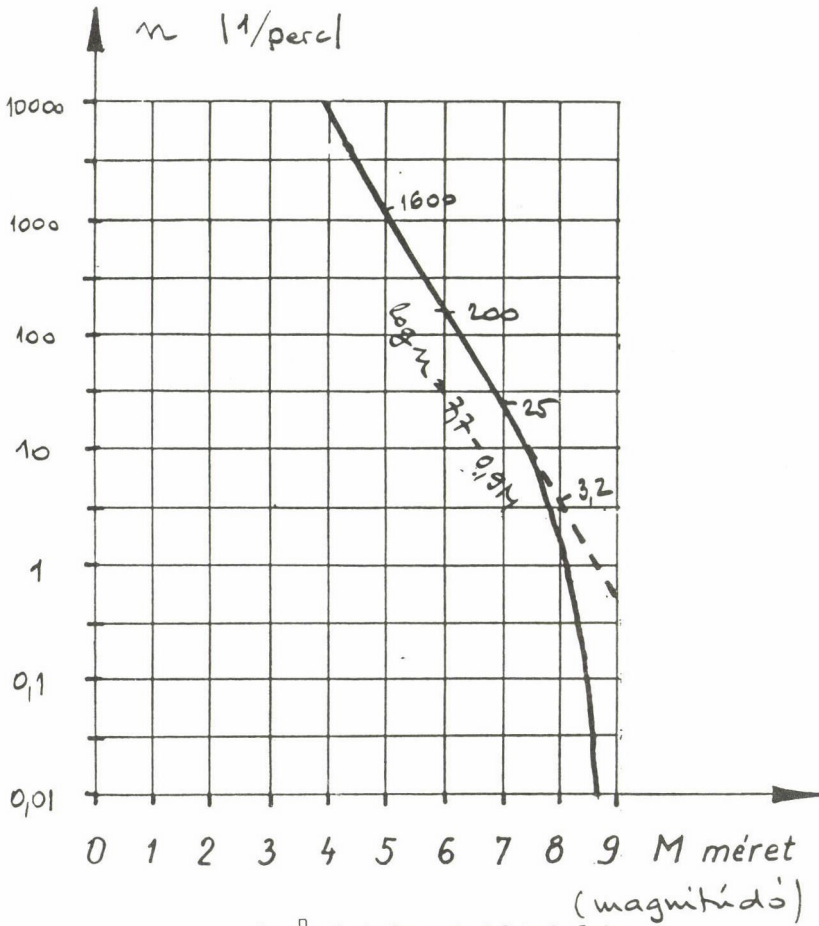
Az  $M < 7,5$  szakaszon a percnkénti  $\underline{n}$  rezgésszám a

$$\log n = 7,7 - 0,9 M$$

összefüggésből számítható. Ebből esetünkben  $M = 6$  magnitúdó esetére  $n = 200$ /perc rezgésszám, illetve  $T_g = 0,3$  sec rengés periódusidő adódik. Itt a  $\underline{g}$  index azt jelenti, hogy a létesítményekre a földrengési rezgés gerjesztő hatásként jelentkezik.

A rezgésidő azért szükséges a vizsgálathoz, mert a szerkezetek és létesítményekben keletkező igénybevételek a földrengésnek mint gerjesztőerőnek a periódusától, valamint a létesítmény periódusától is függenek. Ezt a gyorsulási válasz spektrum (mint dinamikus tényező)  $\beta$  ordinátája jellemzi.

A valóságban a  $T_g < 0,1$  sec rengésidők esetén a  $\beta$  értékek csökkennek. Ezt azonban a szabályzatok nem veszik figyelembe. Ennek az az oka, hogy a "kemény" szerkezetek károsodás esetén "lágyulnak", rezgésidőjük növekszik, és ezzel az igénybevételek is növekednek, melyek a szerkezetet tönkreteszhetik.



$f = \frac{n}{60}$  Basic Concept of Seismic Codes

$T_g = \frac{1}{f}$  Hz The Int. Ass. for Earthquake Engineers 1980, Japan

$M = 6$  esetén

$n = 200$

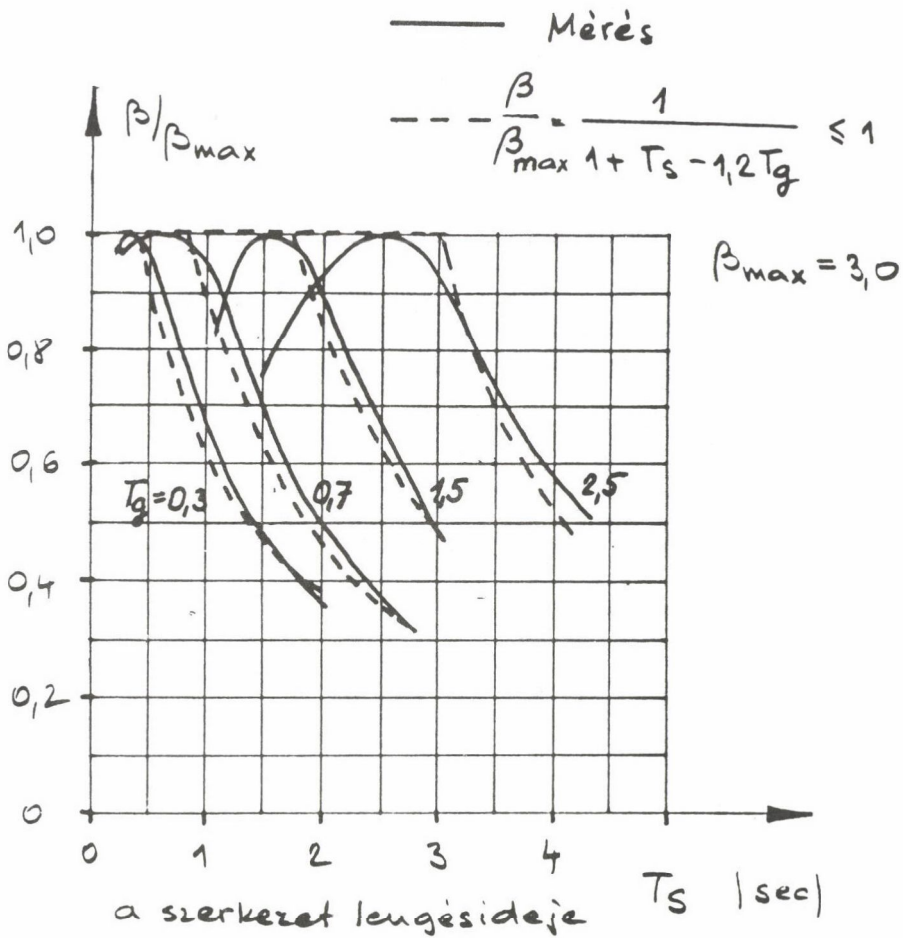
$f = 3,3$  Hz

$T_g = 0,3$  sec

4. ábra. A világ 1904–1946 közötti nagy rengéseinek közepes frekvenciái

#### A GYORSULÁSI VÁLASZSPEKTRUM

A létesítményekre átadódó erőhatás függ a földrengés  $T_g$  periódusidejétől és az építmény  $T_s$  rengésperiódus-idejétől. Ezt az összefüggést lényegében a gyorsulási válaszspektrum mutatja.



El Centro (1940)	$T_g = 0,3$ sec
Osaka (1963)	$T_g = 0,7$ sec
Románia, Vrancea (1977)	$T_g = 1,5$ sec
Mexikó (1962, 1985)	$T_g = 2,5$ sec

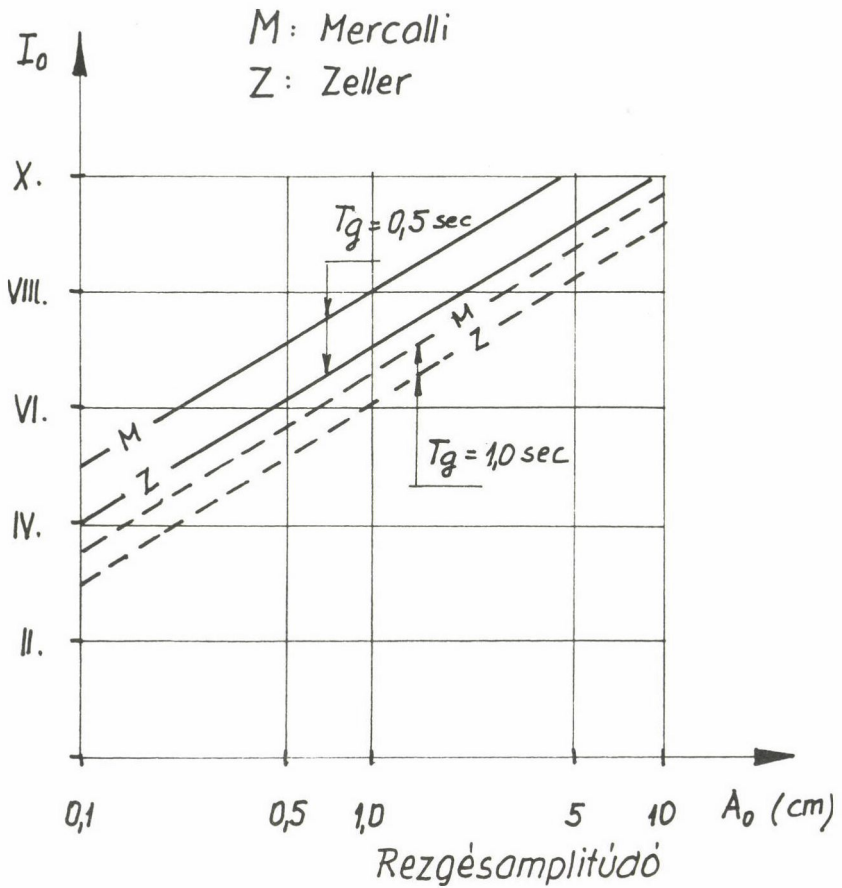
5. ábra. Különböző periódusidejű rengések relatív gyorsulásspektrumai

Az 5. ábrán felrajzoltuk négy különböző periódusidejű földrengés feldolgozott gyorsulási válaszspektrumát /9/ alapján.

Úgy találtuk, hogy a gyorsulási válaszspektrumok jól megközelíthetőek a

$$\beta = \frac{3}{1 + T_s - 1,2 T_g} < 3,0$$

összefüggéssel. Az  $M = 6$  magnitúdójú földrengés  $T_g = 0,3$  sec periódusideje



6. ábra. A rezgésamplitúdó és az intenzitás összefüggései

az El Centro rengésének felel meg, melyhez tartozó gyorsulási válasz spektrum az 5. ábrán látható. A 4. ábrából úgy tűnik, hogy a Magyarországra jellemző maximális  $M = 6$  magnitúdójú rengések esetén  $T_g = 0,3$  sec várható, ami megfelel az El Centró-i rengés gyorsulási válaszspektrumának. Ez a spektrum lényegében megegyezik a magyar ajánlás /1/ által javasolt

$$\beta = \frac{1,1}{T_s} \leq 3,0$$

dinamikus tényező adta értékkel. Pl.  $T_s = 0,4$  sec-re 2,88, ill. 2,75 értéket ad. Tehát az ajánlott képletet esetünkben megnyugtatóan vehetjük.



## A RENGÉSAMPLITÚDÓ

Minél nagyobb a földrengés intenzitása, annál nagyobb amplitúdójú rezgések keletkeznek.

Az amplitúdó mértéke a mérnök számára szemléltetően érzékelteti a földrengés erősségét.

Ennek elősegítésére bemutatjuk a 6. ábrán a Mercalli és a Zeller szerint meghatározható intenzitás-amplitúdó értékeket. Különböző amplitúdók tartoznak az azonos intenzitású fokhoz, ha a rengés periódusideje más. Így pl.  $I = 8,5$  intenzitású rengés esetében a következő A amplitúdók várhatók:

$T_g$ (sec)	A (cm)
0,25	0,5– 1
0,50	1,5– 3
1,00	5 – 8
2,00	15 –25

Magyarországon tehát 1 cm körüli amplitúdóértékkel lehet számolni ( $T_g = 0,3$ ).

## ÖSSZEFOGLALÁS

A földrengéserősség mérnöki értelmezésével foglalkoztunk. Áttekintettük a különböző fogalmakat és a szokásos értékelési módokat. Olyan új meghatározásokat javasoltunk a magnitúdó és intenzitás közötti összefüggésre, mely figyelembe veszi a határfeltételeket, megfelel a világ nagy földrengéseiből számított értékeknek és realisabb értékeket szolgáltat a kisebb földrengésekre. Egy új összefüggést mutattunk be a gyorsulásspektruma, mely az épület és a földrengés periódusidejét egyaránt figyelembe veszi, és így szélesebb körben alkalmazható, mint a szokásos spektrum.

## IRODALOM

- /1/ Méretezési Irányelvek Földrengési Hatásokra. MI-04.133-81.
- /2/ **Csák—Hunyadi—Vértes:** "Földrengések hatása az építményekre". Műszaki Könyvkiadó, 1981, Budapest.

- /3/ **Schenk—Kárnik—Schenkóvá:** "Earthquake Belts in Central and Eastern Europe. Some Seismotectonic Aspects" (Közép- és kelet-európai földrengési övezetek. Néhány szeizmotektonikai szempont). Proc. 17th ESC Assembly, 1980, Budapest.
- /4/ **Bisztricsány:** "Mérnökszeizmológia". Akadémiai Kiadó, 1974, Budapest.
- /5/ **Kardeván P.:** A földrengések és előrejelzésük. Gondolat Kiadó, 1980, Budapest.
- /6/ **Steinbrugge, K. V.:** Earthquake Damage and Structural Performance in the United States (in: Wiegel, R. L.: Earthquake Engineering, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, London, 1970).
- /7/ **Newmark, N. M.—Rosenbluth, E.:** Fundamentals of Earthquake Engineering. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, London, 1971.
- /8/ Basic Concept of Seismic Codes. The Int. Ass. for Earthquake Engineers, 1980, Japán.
- /9/ **Müller, Keintzel:** "Erdbeben-Sicherung von Hochbauten". Verl. für Architektur und technische Wissenschaften, 1984, Berlin.

## CONTENTS

<b>Dr. Lajos Kollár – László Póth:</b> Stresses in a Building Braced by Several Masonry Units .....	3
<b>Dr. Endre Mistéth:</b> Bar under Eccentric Compression .....	37
<b>Dr. Mihály Zádor – Dr. György Kollár:</b> A New Method for Consolidating and Conserving Weathered Limestone Surfaces and for Making Stone Replacements .....	77
<b>Dr. Endre Dulácska:</b> Engineering Evaluation of Seisms .....	101

## INHALT

<b>Dr. Lajos Kollár – László Póth:</b> Beanspruchungen in mit mehreren Mauersteinen versteiften Gebäuden .....	3
<b>Dr. Endre Mistéth:</b> Stab unter ausmittigem Druck .....	37
<b>Dr. Mihály Zádor – Dr. György Kollár:</b> Ein neues Verfahren zur Konservierung mit Verfestigung von verwitterten Kalksteinoberflächen und zur Herstellung von Steinersätzen .....	77
<b>Dr. Endre Dulácska:</b> Ingenieurmäßige Schätzung von Erdbeben .....	101

## TABLE DES MATIÈRES

<b>Dr. Lajos Kollár – László Póth:</b> Sollicitations des bâtiments renforcés de plusieurs blocs de muraille .....	3
<b>Dr. Endre Mistéth:</b> Barre sous compression encentrique .....	37
<b>Dr. Mihály Zádor – Dr. György Kollár:</b> Une méthode nouvelle pour la conservation avec consolidation des surfaces en pierre calcaire frustes et pour faire des remplacements de pierre .....	77
<b>Dr. Endre Dulácska:</b> L'évaluation technique des séismes .....	101



A kiadásért felelős az Akadémiai Kiadó és Nyomda Vállalat igazgatója  
A nyomdai munkálatokat az Akadémiai Kiadó és Nyomda Vállalat végezte  
Felelős vezető: Zöld Ferenc  
Budapest, 1994. - Nyomdai táskaszám: 22551  
Felelős szerkesztő: Szabó János  
Műszaki szerkesztő: Sándor István  
Megjelent: 10,25 (A/5) ív terjedelemben  
HU ISSN 0013--9661





*Ára: 495, – Ft áfával*





316.594

22.

# ÉPÍTÉS- ÉPÍTÉSZET- TUDOMÁNY

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI: SZABÓ JÁNOS

XXIV. KÖTET  
3-4. SZÁM



AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST 1994

# ÉPÍTÉS- ÉPÍTÉSZETTUDOMÁNY

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG:

DR. KALISZKY SÁNDOR, DR. PERÉNYI IMRE, DR. SZABÓ JÁNOS,  
DR. VÁMOSSY FERENC

TECHNIKAI SZERKESZTŐK:

HORVÁTHNÉ DR. SIPOS EDIT ÉS DR. VÁMOSSY FERENC

1521 BUDAPEST, MŰEGYETEM RAKPART 3. BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM  
K. II. 60. (ÉPÍTÉSZETTÖRTÉNETI ÉS ELMÉLETI INTÉZET)

---

*A kiadvány példányonként megvásárolható:*

Az Akadémiai Kiadó *Stúdium* (1052 Budapest, Váci utca 22., tel.: 118-5881) és  
*Magiszter* (1052 Budapest, Városház utca 1., tel.: 138-2440) könyvesboltjaiban.

Külföldön terjeszti a

KULTURA KÜLKERESKEDELMI VÁLLALAT

H-1389 Budapest, Postafiók 149. Telefon: 142-9760

Pénzforgalmi jelzőszám: 218—10 990.

---

# ÉPÍTÉS- ÉPÍTÉSZET- TUDOMÁNY

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI: SZABÓ JÁNOS

XXIV. KÖTET  
3—4. SZÁM

AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST 1994

MAGYAR  
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
KÖNYVTÁRA

## TARTALOM

<b>Dr. Roller Béla:</b> Modell és valóság: évtizedek a mechanikában .....	115
<b>Kirchner István:</b> Szöveorientációs analízis .....	171
<b>Dr. Dalmy Dénes—dr. Fúzy Jenő—dr. Ódor Péter—Teiter Zoltán:</b> Periodikusan ismétlődő inhomogenitású közegek mechanikai viselkedésének leírása helyettesítő Cosserat-kontinuum segítségével .....	199
<b>Dr. Dulácska Endre—Orosz László:</b> A Coulomb-féle súrlódási törvény korrekciója .....	207
<b>Dr. Szalai József:</b> A faanyag és faalapú anyagok erőtani méretezése összetett feszültségi állapot esetén .....	215
<b>Dr. Brenner János:</b> Kommunálpolitika és városrendezési tervezés .....	225
<b>Ferkai András:</b> Viták a nemzeti építészettről. II. rész, 1930—1939 ....	255
<b>Dr. Simon Mariann:</b> Az ökológikus gondolkodás kulturális háttere .....	279

## SZEMLE

Koppány Tibor „Építési gyakorlat az újkori Magyarországon. Az építési irodák története a 16—19. században” c. kandidátusi értekezésének 1994. március 11-i vitája. (Koppány Tibor tézisei, dr. Komárik Dénes és dr. Kubinyi András bírálata) .....	297
--	-----

Dr. Roller Béla, a műszaki tudomány doktora

## MODELL ÉS VALÓSÁG: ÉVTIZEDEK A MECHANIKÁBAN\*

### 1. BEVEZETÉS

A természetnek, ezen belül a mesterségesen megalkotott és az ember használatára szolgáló objektumoknak a működése meglehetősen bonyolult, és ha a valóságnak minden oldalát egyszerre vesszük figyelembe, akkor alig lehet megérteni. Ha tehát közel akarunk férkőzni a műszaki alkotások építőmérnöki szempontból lényeges sajátosságaihoz, akkor modelleket kell kialakítanunk. Ezek a modellek az építőmérnöki műveknek erősen leegyszerűsített, sematikus tükörképei, amelyek alapvető geometriai és fizikai ismereteken nyugszanak. Céljuk a műszaki valóság fokozatos megismerése és a tényleges mérnöki építmények viselkedésének, az őket a számítás során jellemző paramétereknek nyomon követése elméleti eszközökkel.

A modell rendelkezzen az alábbi tulajdonságokkal:

- a) épüljön elfogadott tudományos alapelvekre;
- b) legyen egyszerű és matematikailag kezelhető;
- c) a segítségével végzett számítások eredményei — ésszerűen választott pontosság keretein belül — egyezzenek meg a modellezett mérnöki műtárgyon vagy laboratóriumi szinten végzett mérések eredményeivel /7/.\*\*

Attól függően, hogy egy mérnöki feladattal kapcsolatban általános vagy részletes tájékozódást akarunk nyerni, egyszerűbb vagy összetettebb modellek alkalmazhatók. Ha például egy földrengési vizsgálathoz szükségünk van egy TV-torony sajátrezgésszámára, mindenekelőtt egy olyan modell kerül szóba, amely egy súlytalan, de hajlításnak ellenálló konzol tetején egy súlyos tömegpontot tartalmaz. Pontosabb vizsgálat esetén a szintek tömegét pontrend-

---

\*A Budapesti Műszaki Egyetemen 1993. november 16-án rendezett XV. Acélszerkezeti Ankét keretében tartott előadás anyaga.

\*\*A hivatkozások és ábrák számozása fejezetenként újratezdődik.

szerrel kell reprezentálni (1. ábra), ez azonban már bonyolultabb sajátérték-feladatok megoldását követeli meg /10/.

A modell gondolatát tágabb körben megfogalmazva három különböző értelmezéssel is találkozhatunk.

a) A modell egy geometriai séma, amelynek elemei bizonyos fizikai tulajdonságokkal rendelkeznek.

b) Modellnek nevezi a korszerűbb felfogás azt a kerek, önmagában zárt, egyértelműen megfogalmazott és rendszerint egyértelműen, de néha — éppen a feladat természeténél fogva — többértelműen megoldható matematikai elméletet is, amely egy-egy műszaki kérdést megfelelő módon jellemez /1/.

c) Műszaki feladatoknak sokszor akad analóg modellje is, azaz egy olyan másik feladat, amelynek matematikája azonos az eredetivel, de amelyet annál vagy egyszerűbben lehet ismert feladatra visszavezetni, vagy könnyebben lehet kísérletileg megvalósítani.

Az első modellalkotás legegyszerűbbje a dinamikában elfogadott, súlyos, de kiterjedés nélküli tömegpont (2. ábra), amelynek viselkedése a közlekedési feladatokat, például egy metrószerelvény fékezését a pályán, hozzávetőleg eléggé jól leírja /5/. Másik ide tartozó példa a rúd, amely egy rugalmas vonalból és rá helyezett merev, kártyalapszerű keresztmetszetekből áll (3. ábra); viselkedését jól utánozza egy harmonika /3/. A harmadik példa a kihajlás **Shanley**-modellje, mely két végtelen vékony övből és egy terjedelem nélküli gerincből áll, nyírómerevség nélkül (4. ábra). Ennek még az is érdekes sajátossága, hogy hajlításkor nincs képlékeny tartaléka /2/.

A matematikai modellek egyik tipikus példája a keretek képlékeny határállapot-vizsgálatára szolgáló lineáris programozási módszer, amelynek keretében például kiderül, hogy a statikus és a kinematikai törőparaméter megállapítása ugyanaz a feladat, mint a programozásban a primál és a duál feladat megoldása /6/. Másik példa a feltételes kényszerekkel ellátott keresztaljak (5. ábra) számításának leírása az ún. lineáris komplementerfeladat algoritmusával /8/.

A harmadik fajtájú modellalkotás szép példája a **de Saint Venant** elméletével jellemzett csavarás **Prandtl**-féle hártyahasonlata (6. ábra) meg a képlékeny csavarás **Nádai**-féle homokhegy-analógiája (7. ábra). Ide tartozik **Kelvin** analógiája is a forgó folyadékot tartalmazó medencéről.

A másik idevágó példában a rugalmas hajlított lemez megoldását szolgáló ún. biharmonikus egyenletet (lemezegyenletet) két Poisson-egyenletre (két egyidejűleg megoldandó membrán-egyenletre) bontják. Ennek egy **Marcus** által javasolt, *finit* modellje: két egymás után számítandó kötélháló /9/.

A továbbiakban a modellalkotásra vonatkozó gondolatainkat részben a mechanika történetének tapasztalatai, részben a BME Építőmérnöki Kara Mechanika Tanszékén az utóbbi évtizedekben végzett kutatások alapján idézzük fel /4/. Kutatásaink sokszor a megismerésnek nem éppen egyenes útjait követték, kitérőinkről, néhol kudarcainkról abban a reményben számolunk be, hogy a későbbi vizsgálatokat végző mérnökök talán tanulságot vonnak le belőlük.

## 2. NEVEZETES STATIKAI MODELLEK ÁTTEKINTÉSE TÖRTÉNETI SZEMPONTBÓL

A legegyszerűbb mérnöki modell természetesen a húzott vagy nyomott rúd, amelyben az erő tengelyirányban terjed. Ezt már **Euler** ismerte és stabilitás-elméleti szempontból is alkalmazta, 250 évvel ezelőtt. Ugyanő, de még előtte Johann **Bernoulli**, később pedig **Navier** a rúdon hajlító igénybevételt is figyelembe vett; valamennyien ott tapintottak rá a lényegre, hogy a sík keresztmetszeteket alakváltozás után is síknak tekintették és nem foglalkoztak a nyíróerő alakváltoztató hatásával. Közülük **Bernoulli** — minthogy nem tételezte fel a görbületről, hogy csekély, és a differenciálgeometriai ismeretei sem voltak még fejlettek — nem tudott operatív megoldást adni a rúd lehajlásának számítására /36/. **Euler** ellenben már megállapította a jelentősen kigömbült nyomott rudak alakjait (1. ábra), az elasticákat /6/. **Navier** meg tudta határozni a konzol lehajlását, sőt a kéttámaszú tartó eltolódásait is erre a feladatra vezette vissza /28, 34, 42/.

Építőmérnöki vonalon a rudak elmélete ehhez képest már nem sokat fejlődött. **Mohr** és **Müller-Breslau** az elmozdulások számításához a **Navier**-féle modellt használták /27/. **Zsuravszkij** kiegészítette az elméletet a nyíróerő okozta alakváltozásokkal, amelyeket leginkább egy összefogott könyvcsoomag alakjának megváltozásával érzékeltethetünk (2. ábra). Kimutatták, hogy ez a hatás csak zömök és magas ívekben lehet jelentős /24/. Az ívek számításakor az eredeti modellt alkalmazzák, mindössze a hálózat felvételekor veszik figyelembe a görbültséget. Finomabb számításoknál a másodrendű elméletet használják fel /12/.

A rúd jelentős görbültsége a gépészmérnöki gyakorlatban fontos, ahol a feszültség megoszlása például horgok esetén már nem tekinthető a keresztmetszet mentén lineárisnak, hanem hiperbolikus. Ezen alapul **Grashof** elmélete, ezt azonban az építőmérnökök nem alkalmazzák /26/.

A rúdnak mint úgynevezett vonalkontinuumnak olyatén tárgyalása, amely minden geometriai ellentmondástól mentes, **Truesdell** munkáiban szerepel, de ezek távol állnak a mérnöki gyakorlattól /7/. Sokkal fontosabbnak tartjuk a

**Vlaszov** által kifejlesztett és az elcsavarodó kihajlás vizsgálatára alkalmas vékony falú rúdmodellét /45/, továbbá **Kollár**nak azt a görbe tengelyű, ún. héjív-modelljét (3. ábra), amelyet hosszú és keskeny héjszerkezetű lefedések számítására alkalmazott /22/. A klasszikus rúdmodellét mindkettő abban az irányban fejlesztette tovább, hogy az elmozdulások és alakváltozások szabadságfokát fokozta, de csak olyan mértékben, hogy a számítás ne váljon használhatatlanul bonyolulttá, mindazonáltal tükrözze a vékony falú szelvény deformációinak jellemző vonásait, például a súlypont, a nyírási és a csavarási középpont eltéréseit.

A rúd mérnökileg használható modellje után a 19. század elején a szilárd rugalmas test kontinuummodellje fejlődött ki. Ez **Cauchy** érdeme, aki **Euler** munkássága alapján felismerte, hogy a szilárd test egy olyan folyadéknak tekinthető, amelynek nyíróellenállása jelentős, alakváltozása igen kicsi és viselkedése kvázistatikus, tehát dinamikai vizsgálata során a tehetetlenségi erők építőmérnöki szempontból elhanyagolhatók. Ugyanő **Lagrange** nyomán megalkotta a folytonos lineáris alakváltozások tenzormodelljét is /3/.

**Cauchy** az egyensúlyi vizsgálatokban feltételezte, hogy az elemi térfogat oldalfelületei mentén a feszültségek egyenletesen oszlanak meg, eredők tehát elemi erők (4. ábra). Alapvető feltevését a **Cosserat**-testvérek módosították, akik az iménti eloszlást lineárisnak választották, így az elemi oldalfelületekre támadó dinámot egy erő és egy erőpár együttesének tekintették /4/. Ennek megfelelően az elemi parallelepipedonoknak nemcsak eltolódási, de elfordulási szabadságfokai is vannak. A modell némileg emlékeztet egy golyó alakú elemekből összeállított szövedékre, amilyen például a gépkocsik üléseinek támláján található (5. ábra). A **Cosserat**-kontinuum alkalmazási területe a kavicszemcséket is tartalmazó vasbetontartók szilárdsági számítása. Az eredmények elsősorban olyan héjakon térnek el jelentősen a klasszikus számításokkal kapottaktól, amelyek vékonyak és nagy adalékszemcséket tartalmaznak. Ezzel a modellel hazánkban **Fúzy J.** foglalkozott /9/.

Az atomos modell őse **Navier** rácsmodellje, amelynek segítségével ő a rugalmasságtan **Lamé**-féle egyensúlyi egyenleteit, vagyis az elmozdulásmódszer alapjait szerkezetileg helyesen, de hibás anyagállandókkal írta fel. Maga az atomokból álló közegmodell nem terjedt el az építőmérnöki gyakorlatban, mert a mikroszkopikus tulajdonságokra a tartószerkezetek elméletében nincs szükség. A kontinuumot helyettesítő rácszat modellje azonban újra meg újra felmerül, mert aránylag egyszerű (6. ábra). Tárcsákon 1940-ben **Hrennikoff** /46/, héjakon hazánkban **Kollár** és **Hegedűs** alkalmazta őket.



**Kollár** egyszerű alakváltozási sémák alapján következtetett a rácsozat merevségére /21/, **Hegedűs** pedig a rácsozaton ható szinguláris erők okozta állapotváltozás számítását a differenciamódszerből kiindulva diszkrét **Fourier**-transzformációval oldotta meg /15/.

A lemezelmélet legrégebbi, ma is használatos számítási modellje a **Navier**-féle rúdmodell általánosító **Lagrange—Kirchoff**-modell, amelynek sarkalatos geometriai kikötése, hogy a lemez a kiterjedéséhez képest vékony, a lehajlása még a vastagságához képest is kicsi, és vizsgálata során mind a nyíróerő okozta alakváltozás, mind a lehajláskor fellépő membránhatás elhanyagolható /41/. Az előbbit **Reissner**, az utóbbit **Kármán** lemezelmélete veszi tekintetbe /43/. A lemez vastagságával magyarázható pótlólagos elfordulási szabadságfokokat **Mindlin** modernebb elmélete alkalmazza /1/.

Ha a rugalmas állapotról a képlékeny határteher-számításra térünk át, akkor levélborítékra, illetve (kör alaprajz esetén) pókhálóra emlékeztető törésképek (7. ábra) feltételezése esetén **Johansennek** a rugalmas állapotúnál jóval egyszerűbb matematikát igénylő modelljére jutunk /18/.

A héjak mint vastag görbült lemezek elméletének első jelentős tudósa **Love** /25/. Munkásságát továbbfejlesztve igen sok egyszerűsített modell keletkezett. Ezek közül a legkönnyebben kezelhető a **Pelikán**-féle hártyahéj /32/, illetve a **Pucher**-féle, statikailag többnyire határozottan kialakított, hajlítás- és nyírásmentes membránhéj, amely csak középfelületi normálerőkkel és csúsztató erőkkel dolgozik /33/. Lapos hajlított héjakon egy olyan közelítő elmélet alkalmazható, amely a héjat egy vékony hajlított lemez és egy membránhéj statikailag határozatlan együttesének modellezi, ezt **Vlaszov** és **Marguerre** dolgozták ki, egymástól függetlenül /44/. Erősen domborodó hengerhéjakra, még mindig vékony szerkezetet feltételezve, a **Fourier**-módszer általánosításán alapuló, matematikailag bonyolult megoldást mutat be **Flügge** /8/. Az alaprajzi arányok adta egyszerűsítési lehetőségeket — tehát azt, hogy a héj nagyon hosszú vagy nagyon rövid — használja ki **Donnell—Jenkins—Kármán** /2/, illetve **Hruban** elmélete /16/. A hosszú héjon a lezáró diafragmák jelenléte miatti peremzavarok hatása exponenciálisan lecsengő (8. ábra), így a két vég kényszerét külön-külön lehet számba venni. A rövid héj az alkotók mentén rugalmas ágyazású gerendákkal közelíthető, míg az ívek, ha a peremfalak a tulajdon síkjukban nem nagyon merevek, síkbeli tartóknak tekinthetők.

Hasonlóan egyszerűsíthető a tartályok számítása is (9. ábra). Ezeket olyan rugalmas alátámasztású, függőleges síkú rudak együttesével lehet megközelíteni, amelyek alátámasztását vagy helyesebben ágyazását a vízszintes

síkú gyűrűelemek hordják. A talplemez, illetve a homlokgyűrű részleges befogási hatását itt is egy-egy, legtöbbszörre függetlennek tekinthető peremzavar modellezi /40/.

A térrácsokat régebben helyettesítő kontinuummal modellezték, ma viszont, az elektronikus számítógépek korszakában, a végelemek módszerének hatására gyakran számítják őket a mátrixszámításon alapuló végelem-elmozdulásmódszerrel. Itt csak az a közelítés, hogy a csomópontokat tökéletes csuklóknak tekintik /39/.

Külön kell kitérni a hidak statikai modelljeire /23, 29/. Régebben a térbeli erőjátékot statikailag határozott módon redukálták a hosszanti és a keresztirányba. A pályaszerkezetet tartórácsnak tekintették. Újabbán a közúti hidak pályaszerkezete ortotróp lemez. Az együttlőzést határozatlan tartórács alkalmazása esetén **Leonhardt** közelítő, helyettesítő kereszttartón alapuló modellje (10. ábra), lemez figyelembevételével pedig a **Lévy** elméletét általánosító **Guyon–Massonet**-féle eljárás veszi figyelembe. **Leonhardt** a kereszteloszlási tényezők, tehát a rugalmas alátámasztású kereszttartó támaszerő-hatásábra ordinátáinak számításával operál. Ennek legegyszerűbb modelljét — tökéletesen merev kereszttartót feltételezve — **Engesser** javasolta (11. ábra), ma ehelyett **Cornelius** eljárása terjedt el /14/. **Palotás** és **Kollár** a főtartó számításakor háromtámaszú törzstartóval számol /31/.

A főtartókat a múlt század első felében statikailag sokszorosan határozatlannak alakították ki, többszörös rácsozattal. Ezt számításal aligha tudták követni. Később, éppen az erőjáték egyszerűsítése végett, határozottá tették a hálózatot, és megjelentek a rácsos **Gerber**-tartók (12. ábra). Ezek alakjaival a tömör tartók nyomatóki ábráit igyekeztek utánozni. A múlt században sok hatalmas, de nem éppen szép híd épült /11/ (13. ábra). Mind a határozott tömör és rácsos tartóknak, mind pedig az őket követő, kétcsuklós, illetve lapokra támaszkodó ívtartóknak egyszerű és félreérthetetlen a modellje, vagyis a statikai váza. Külön probléma a 14. ábrán látható tartók modellezése, amelyeket — merevségi viszonyaiktól függően — vagy rúdlánccal merevített gerendának (Langer-tartó), vagy vonórudas ívnek, vagy íves felső-övű Vierendel-tartónak lehet modellezni /30/. Említésre méltó itt **Haviár** modellje, aki az ív és a pályagerenda között a **Cross**-módszeren alapuló nyomatókosztódást tételezett fel, miközben a függesztőrudak rendszerét húzott lepelnek tekintette /13/.

**Haviár** az ívtartókat a másodrendű elmélet alkalmazásával is vizsgálta. Az alakváltozásnak az egyensúlyi erőjátékra kifejtett visszahatása ilyen

esetekben segít a szükséges biztonságot garantálni, ezért a bonyolultabb modell nagyon is helyénvaló /12/.

Magyar kutatókra szorítkozva nem feledkezhetünk el **Kherndl** Antal lánchíd-számítási elméletéről /19/ és szigma-ponti módszeréről, amely a két végén befogott tartót egy speciális rugalmas tulajdonságokkal bíró konzolpárnak modellezi /2/. Ezt az eljárást viaduktok főtartóit képező kapcsolt kerekekre (15. ábra) **Schwertner** fejlesztette tovább /35/. Végül legújabban, az Erzsébet híd újjáépítés előtti számításaira **Egerváry** adott módszert /5/, amelyet egyetemi oktatási anyagként **Szabó** János fejlesztett tovább. A módszer a másodrendű elméleten alapul, mechanikai alapjai már **Steinman** és **Amman** amerikai szerzőknek a New York-i függőhidakra (16. ábra) vonatkozó elméletében is jelentkeznek /14/. A magyar módszer a függőtartó elferdülését figyelmen kívül hagyja, viszont a merevítőtartót — a valósághoz elődeinél jobban közeledve — rugalmas alátámasztású többtámaszú tartónak tekinti. Matematikai eszköze a mátrixok spektrál-analízise.

Hárfahidak (17. ábra) számításával **Goschy**, különlegesen kikötött, többnyire csőhídként szolgáló szerkezetével pedig **Debreczeni E.**, **Visontai**, majd **Gáspár** /10/ foglalkozott. Egyes részlegesen befogott végű tartók statikai és dinamikai számítása **Hunyaditól** /17/ származik.

### 3. MODELLALAKOK, LINEARITÁS, SZÁMÍTÁSI MÓDSZEREK

Statikai modelljeinket a következőkben alakjuk, illetve szélsőségesen kiélezett tulajdonságaik nyomán igyekszünk csoportosítani, nem törekedve a teljességre. A modellhez véleményünk szerint hozzátartozik a számítás módja is, így csoportosításunkban a modellezett feladat lineáris vagy nem lineáris jellegére is tekintettel leszünk.

A statika legegyszerűbb modelljei a rugalmasan alátámasztott vagy kapcsolt merev testek, illetve tartók. Ezek közül az alábbiakról teszünk említést:

a) **Engesser** modellje a végtelenül merev, koncentrált rugókkal megtámasztott gerenda. Szabadsági fokai: billenés és eltolódás. Számítása nem más, mint az excentrikusan nyomott oszlop feszültség- és alakváltozás-számításának diszkrét mása. A számítás mátrixalakja jó példa a rúdszerkezetek állapotváltozásának **Szabó**-féle elsőrendű elméletére (l. **Roller** /41/).

Használóan egyszerű **Kaliszky**nak a nyírás közvetítésével működő talajmodellje, továbbá **Kaliszky**nak és **Galaskó**nak az ún. piramis-modellje. Mindkettő

a **Winkler**-féle rugalmas ágyazást helyettesíti és tökéletesíti olyan értelemben, hogy biztosítják a talajreakciók oldalirányú elosztódását is /21/.

**Kaliszky** egyébként a **Winkler**-modellt ideálisan rugalmas, tökéletesen képlékeny anyag esetére is kiterjesztette /20/.

b) A **Csonka**-féle kapcsolt oszloprend egymással párhuzamosan elhelyezett, alul befogott, felül csuklós végű, hajlékony oszlopokból áll (1. ábra), amelyeken egy végtelenül merev gerenda helyezkedik el. A kilendítő teher az oszlopok között a párhuzamos kapcsolás folytán az erőosztók arányában oszlik el /12/. A feladat analóg a **Cross**-féle nyomatékosztási eljárás alkalmazásakor használt rúdcstillag nevű alapmodellel (2. ábra), amely egy merev csomópontban összekapcsolt, egymással tetszőlegesen szöveget bezáró tengelyű, hajlékony rudakból áll. Oszloprend esetén a szint eltolódása, rúdcstillag esetén pedig a csomópont elfordulása az ismeretlen szabadságfok-koordináta /11/.

Párhuzamosan kapcsolt oszloprendek alapján egy, a **Cross**-eljárással analóg erőosztási eljárást lehet kialakítani.

A változó inercianyomatékú függőleges konzolt (3. ábra) sorba kapcsolt oszlopokból álló toronynak is tekinthetjük. Ennek merev elemei a keresztmetszetek változási helyén elképzelt, fiktív csomópontok.

Az egyszintes csarnokot modellező oszloprenden a merevségek, a konzoltornyokon pedig a hajlékonyságok összegeződnek. A két modell összekapcsolásával vegyes iterációs eljárást lehet kialakítani, a **Cross—Morris**-módszer mintájára /2/30/.\*

c) A diszkrét elemekből álló tartók egydimenziós esetben merev rudakból és őket összekapcsoló, az elfordulásnak többnyire rugalmasan ellenálló, forgatónyomatékot kifejtő rugókból állnak (4. ábra). Számításuk egy, a differenciámódszerrel analóg eljárásra vezet, amely a tartószerkezetek elméletében érvényes bármelyik klasszikus elvvel, így például a potenciális energia stacionaritási tételének alkalmazásával is összekapcsolható. Előnye, hogy a geometriai összefüggések egyszerűek, hátránya, hogy kevés elem esetén a pontosság fogyatékos /35/. A tér két síkjában elhelyezett rugók alkalmas megválasztása segítségével egyetlen merev elem (5. ábra) is összetett stabilitásvesztési tünetet tud felmutatni (**Augusti**-modell) /26/.

Négyszög alaprajzú merev panelelemekből, rugalmas kapcsolatokkal (6. ábra) ügyes modellt lehet kialakítani a sokszabadságfokú térbeli panelépületek (7. ábra) vizsgálatára /23/.

---

\*2. fejezet /30/ hivatkozás.

Mindegyik panel csak a saját síkjában hordképes. Egy-egy panelt három rugó kapcsol a többihez, ezek közül kettő külpontos húzást vagy nyomást visel, a harmadik a nyírásnak áll ellen. A modellt **Kaliszky** kezdeményezte.

A kapcsolatok ez esetben valóságosak, nem pedig számítási fikciók. Mervevségi tulajdonságaikra a Típustervező Vállalat gyakorlata és kísérleti eredmények alapján **Kurutz** Károlyné és **Andor** Béla megfelelő támpontot szolgáltatató segédletet dolgozott ki /29/.

Héjak esetén ugyanezt a modellt inkább háromszögletű elemekből célszerű kiállítani (8. ábra). Az így kapott szerkezet óriási előnye, hogy teljesen mellőzi a hagyományos végeelem-módszer különböző — némelykor nagyon is fondorlatosan megválasztott — alakfeltevéseit. Egyben mint az engedékeny elemeket és merev, de kiterjedés nélküli csomópontokat alkalmazó hagyományos végeelem-módszer fogalmi duálisa annak alkalmazásával párhuzamosan jó közrefogó becslést adhat a tényleges héjszerkezetek (illetve tárcsák) erőjátékára. Ezt a modellt a szerző már 20 évvel ezelőtt javasolta, megmutatván, hogy a számítása analóg a rúdszerkezetek állapotváltozásának **Szabó**-féle mátrixegyenleteivel /39/. Legújabbán **A. Oliveira** ismertette, aki azt is bizonyította, hogy a modell az elemek egyenletes és határtalan sűrítése esetén, síkbeli feszültségállapotban produkálni tudja az engedékeny kontinuum-szerkezet megoldását.

d) A középmagas, pengepilléres, csúszózszaluzattal épített épületek statikai és földrengéstani vizsgálatának a hatvanas évek vége óta kedvelt modellje engedékeny, de hajlítást és nyírást (néha csavarást is) viselő, elrendülő oszlopokból és őket összekötő, csakis a saját síkjában elmozduló, de e síkban végtelenül merevnek tekintett födéméből (9. ábra) áll /52/.

Az oszlopok hajlékonysági tényezői segítségével meg lehet keresni a födém rugalmassági középpontját, és ennek alapján a számítás a szigma-ponti módszer mintájára végezhető /19/. Földrengésvizsgálata során először egy három szabadságfokú sajátérték-feladatra (10. ábra) jutunk, aminek megoldása lehetővé teszi a gerjesztés hatásának tisztázását is. A gerjesztést a támaszok mozgásával modellezzük, ez legújabbán már véletlen eloszlású.

A számítási elméletet a magyar alkalmazók részére **Vértes** tette elérhetővé. **Tornyos** a rezgésalakok (11. ábra) megállapítására **Duhamel**-integrálok és módál-analízist (12. ábra) alkalmazott /51/, **Bognár** pedig valószínűség-elméleti alapra helyezte a számítást képlékeny tulajdonságú kereteken is, de a matematikai bonyodalmak miatt egyelőre csak egyetlen szabadságfokot tudott figyelembe venni. A rugalmas elcsavaródó kihajlítást ellenben pontosan modellezi /6/.

A továbbiakban olyan modellekkel foglalkozunk, amelyek tulajdonságait egyes hálózati egyszerősítések jellemzik:

a) A legrégebbi probléma a többtámaszú tartó megoldása, amelynek használható változata **Clapeyron**tól ered. A **Clapeyron**-egyenletek sémája a sorbakapcsolásnak megfelelő három- (illetve rugalmas alátámasztás esetén öt-) elemnyi szélességű szalagmátrix, amely a modern számítógépnek már tetszés szerinti rendszám esetén sem okoz problémát. Irodai számításokban azonban kellemetlen volt, ha a tartó túl sok nyílású. Másrészt tapasztalták (13. ábra) — és a fixpontmódszer alkalmazásával igazolható is —, hogy a tartó egyik végén okozott hajlítónyomaték hatása a másik vég felé haladva hamarosan lecseng /5/. Arra is rájöttek, hogy a rugalmas ágyazású gerendán mint kontinuum-modellen a koncentrált erő okozta igénybevételeket célszerűen lehet transzcendens elemekből összeállított hatásfüggvényekkel leírni /18/.

Ezért azután vagy azt az utat követték, hogy a soktámaszú tartót egy-egy néhány, de kevés számú (3-4) nyílásból álló tartóval közelítették meg, vagy azt, hogy helyette egy végtelen hosszú és rugalmas ágyazásúnak választott gerendát vettek számításba. Az utóbbi eljárás különösen az alapozás területén terjedt el. Itt, a **Fourier**-sorfejtéses megoldást elegánsan általánosították **Fourier**-integrálokkal /24/.

Síkbeli panelelemekből összeállított homlokzati falak gyakran nyugszanak fogadószinteken. **Kaliszky** és munkatársai a merev panelekből és rugalmas kapcsolatokból összeállított modellen számítással szimulált kísérletek segítségével bizonyították, hogy a fogadósínt statikai szempontból felesleges, mert a merevsége nem jelentős a felette lévő szintek panelrendszeréhez képest. Dinamikai okok miatt a fogadósínt mégsem mellőzhető, mert a földrengetési hatásokat alaposan csökkenti.

Másrészt megállapították az épület együttműködő szintjeinek számát, és kimutatták, hogy az alsó szintek erőjátéka szempontjából a legfelső szintek szerkezeteinek jelenléte mellőzhető /22/.

b) Régi repülőgéptörzsek és -szárnyak vizsgálatából ered a hajlított és nyírt gerendának egy olyan modellje, amelyben a gerinc nyírásából keletkező ferde húzást egy csúsztatott membrán nyírásával egyensúlyozzák. A membrán egyben a rácsos tartó átlós rácsrúdjainak funkcióját is ellátja. Az övek és a bordázatnak is tekinthető oszlopok igénybevétele a hosszuk mentén egyenletesen megoszló erőrendszer (14. ábra).

A modellt az ötvenes években **Argyris** iskolája újította fel (15. ábra), sok szabadságfok esetén mátrix-erő-, illetve -elmozdulásmódszert alkalmazva, annál is inkább, mert a koncentrált erők bevezetésének vizsgálatakor jól mű-

ködik /2/. Tárcsák nyílásai által okozott gyengítések figyelembevételére is igen alkalmas. Itt olyan eljárást követnek, amely vagy lineáris és a tömör szerkezetet tekinti törzstartónak, vagy pedig a nyílás hatását fiktív, szerkezeti eredetű nemlinearitásnak tekinti, és az annak kialakításakor fellépett, kiegyensúlyozatlan belső erőket a **Newton—Raphson**-módszer szerint számolva fokozatosan tünteti el /1/.

c) A sokemeletes épületek keretvázának (16. ábra) számítása, különösen akkor, ha az oszlopok és a gerendák a csomópontokba befogottak, **Ostenfeld** /36/ és **Bendixsen** /4/ elmozdulásmódszerével elvileg már 80 éve megoldottnak tekinthető, azonban az eljárás, részben eredeti értelmezésének felesleges bonyodalmai miatt -- amelyeket **Palotás** keretszerkezeti monográfiája híven tükröz --, részben a lineáris egyenletrendszer terjedelme miatt nehezen terjedt el a gyakorlatban /2/30/.

A modell megválasztásával elérhető legnagyobb egyszerűsítés, ha a keret nyomatóki zéruspontjainak helyét jó érzékkel megbecsüljük, és a sokszorosán határozatlan tartó helyett egy háromcsuklós elemekből összeállított, határozott építménnyel számolunk (17. ábra). Hasonló, de talán szolidabb egyszerűsítés, ha feltételezzük, hogy egy-egy lokális zavar hatása a keretszerkezeten is, akár a többtámaszú tartón, lecsengő jellegű. Ez különben a **de Saint-Venant**-elvvel is összhangban van; a gondolat alkalmazását **Palotás** már évtizedekkel ezelőtt javasolta. Az így létrejött egyszerű tartót vagy a **Cross**-módszerrel, vagy ennek és az elmozdulásmódszernek egy célszerű kombinálásával már könnyebben meg lehet oldani. (A **Cross—Morris**-módszer konvergenciája sok esetben kétségesnek bizonyult.)

A **Cross**-módszerre a modellképzés más vonatkozásában még visszatérünk.

A sokemeletes keret **Vierendeel**-konzolnak is tekinthető. A **Vierendeel**-tartók gyakorlati megoldására **Palotás** nyomán **Korda** adott módszert, modelljében az egyes rudak deformációit ügyesen megválasztva.

d) Magas házak merevítő falrendszerének elterjedt modellje a **Rosmann**-féle konzol (18. ábra), amelynek függőleges övei falak, nyírt gerincét pedig ingarudak rendszere, esetleg S alakban deformálódó, hajlított és nyírt gerendák (19. ábra) képezik /42/. Ha a kapcsolatrendszer elemeit végtelenül sűrítjük, ez a modell egy közönséges differenciálegyenlet-rendszerrel leírt sajátérték-feladatra vezet.

**Szmodits** és **Goschy** foglalkozott a kérdéssel. A probléma matematikája emlékeztet a **Cheung**-féle véges sávok módszerére /9/ és a szerző által vizsgált, a gerendákkal merevített kötéltetön jelentkező mátrix-differenciálegyenlet megoldására /38/, de az Építőmérnöki Kar Mechanika Tanszékén szer-

zett numerikus tapasztalatok szerint és a szerző személyes véleménye szerint sem előnyösebb a teljesen diszkrét modellekre alapított módszereknél.

e) A tárcsák és a lemezek korszerű számítási modelljei véges elemek /7, 33/, ritkábban véges sávok rendszerei /46/. Az előbbieket vizsgálata általában a **Ritz-** vagy a **Galjorkin-**módszer alkalmazására vezet /37/, és mérnöki szempontból egy olyan keretszerkezet megoldásának tekinthető, amelynek szerkezeti elemei rudak helyett ismertnek feltételezett merevségi tulajdonságokkal rendelkező kisebb tárcsák, illetve lemezek. A terhelést, ugyancsak ismert deformációs sablonok segítségével, a csomópontokra redukálják /30/.

Véges sávok esetében a modell az egyik irányban folytonos, a másik irányban véges (20. ábra). A folytonosnak tekintett változás irányában az elmozdulásokat **Fourier** módszerével kezelik, a merőleges irányban véges elemeknek tekintett rudakkal (illetve az ezek elmozdulását leíró **Hermite**-polinómmal) dolgoznak. Maga a számítástechnikai (vagy mechanikainak is tekinthető) alapelv, vagyis a **Ritz-**, illetve **Galjorkin-**módszer változatlan /9/.

A véges elemek módszerével szinte az egész Mechanika Tanszék foglalkozik. A legjobb eredményeket talán **Bojtár** /7/ és csoportja érte el, akik az óriási méretű adatrendszer bevitelét és az eredményeknek ma már egyedülállóan korszerű képi megjelenítését magas fokra fejlesztették /25/.

A véges sávok módszere speciálisan hidak pályaelemeinek megoldására való. A módszer alapjában véve a két pilléren szabadon támaszkodó lemez megoldására alkalmas, de ügyes lépésekkel a befogott végű, íves, illetve a többszámszű lemezek számítására is általánosítani lehet. Ezt a munkát **Szilágyi** végezte el /49/.

f) A térbeli rúdszerkezetek számítási modelljének meghatározása **Szabó** munkásságában csúcspontot ér el, aki kutatásaival nemcsak a Mechanika Tanszéken, de országos viszonylatban is iskolát teremtett. Első idevonatkozó munkái a térbeli tartórácsokkal voltak kapcsolatosak; ezek mátrixelméletét oldotta meg 30 évvel ezelőtt, akadémiai doktori értekezésében /43/. Modellje elvben már itt is kétszer hat szabadságfokú, rugalmas térbeli rudakból állt, de számítástechnikai okból élt a tartórács speciális elrendezése által nyújtott egyszerűsítési lehetőségekkel. Idevágó eredményeinek tetőpontja a mátrixok spektrálanalízisének a tartórácsokra való alkalmazása volt, amelynek egyik gyökere, hogy a szabadságfoknak megfelelő ismeretleneket egy, az alaprajzi hálózattal konformis mátrix formájában kezeli, és így alkalmazni tudja a lemezekben **Navier** által bemutatott, kettős **Fourier**-soros megoldás diszkrét mását /2/37/. A másik, hogy **Egerváry**, **Csebisev**-polinómmal alkalmazásával, zárt alakban tudja a páros rendű parciális differenciaegyenletek operátorait invertálni /13/.



**Szabó** az eljárást sorozatos közelítés alkalmazásával változó együtthatós parciális differenciálegyenletekre is kiterjesztette. Ez a probléma gyakorlatilag annak az — eredetileg sík — hártyának vagy hálónak a szekunder alakmeghatározását jelenti, amelynek peremeit nem egyenletesen feszítik.

Ezzel a feladattal a rácselmélet teljesítőképességének határára ért, ilyen irányban nem fejleszthető tovább. Azt is be kellett látni, hogy a szabadságfokoknak mátrixokban, nem pedig oszlopvektorokban való csoportosítása a vizsgálat gátjává válik és a térbeli keretszerkezet számítására már nem alkalmas.

**Szabó** erre a szellemi kihívásra úgy reagált, hogy 1966—1968 között megalkotta a rúdszerkezetek általános elméletét. Először is felismerte, hogy állapotok helyett állapotváltozásokat kell vizsgálni, ekkor a másodrendű elmélet számítási modellje, algoritmusai analóg az elsőrendűével, közelebbről a másodrendű merevség egy fiktív rugalmas alátámasztással ér fel. A nagy elmozdulások harmadrendű elmélete lépésenként visszavezethető a másodrendű elmélet sorozatos alkalmazására és korrekciós számításokra /44, 45/.

Figyelmét ezek után az elsőrendű elméletre összpontosította. A térbeli rúdszerkezet rúdjaikat egyenes tengelyű, állandó inercianyomatékú, csavaráskor szabadon öblösödő, lineárisan rugalmas, konzolszerű véges elemeknek választotta. A csomóponti elmozdulások és az ottani terhek hat szabadságfokúak. Egyensúlyi és kompatibilitási mátrixegyenletek felírásával egyetlen hipermátrix-állapotváltozási egyenletet írt fel, amely a virtuális elmozdulások tétele meg a **Maxwell**-tétel értelmében szimmetrikus /2/39/. Csírájában ez már az **Engesser**-modell vizsgálatakor is felírható volt. A benne szereplő egyensúlyi és geometriai mátrix transzponált jellegének kontinuummechanikai eredete az, hogy már a rugalmasságtan **Cauchy**-féle egyensúlyi differenciálegyenleteinek operátora és a rugalmasságtan **de Saint-Venant**-féle geometriai egyenleteinek operátora is duális viszonyban állnak /50/.

**Szabó** hipermátrix-egyenletéből megfelelő blokkokra bontással egyszerűen levezethető a tartók statikájának négy alapvető módszere, és pedig

- az egyszerű elmozdulásmódszer,
- az általánosított elmozdulásmódszer,
- az erőmódszer,
- a határozatlan törzstartó módszere.

Algebrailag mindegyik módszer egy hiperegyszerű megoldási redukciójának tekinthető, és így módon a rúdszerkezetek statikai elmélete, amelyről az irodalom különálló gondolatokat és eljárásokat ismertetve köteteket ír össze /3, 53/, egységesen van összefoglalva.

**Szabó** a rúdmenti terheket és kinematikai hatásokat a konzol végére redukáltan kezeli. A görbe tengelyű, változó keresztmetszetű rudat sokszögletűvel, tehát a szabadságfok-ismeretlenek fokozásával approximálja. Elméletének kiépítésében **Béres, Rózsa Pál** és a szerző is közreműködött /2/39/.

Az eljárásokat később görbe tengelyű, de kisebb görbületesi sugarú rúdelemek alkalmazásával **Gáspár** egészítette ki /14/, vékony falú, a **Vlaszov**-modellnek megfelelő rúdelemekkel pedig **Kurutzné** foglalkozott /28/. **Gáspár** figyelembe vette a külpontos csomóponti bekötések hatását is /16/.

**Szabó**, részben **Scharle** közreműködésével, megtalálta a hiányzó láncszemet elmélete és a véges elemek módszere között is, amennyiben akadémiai székfoglalójában a rúdelemek helyett már kettőnél több sarokpontú, térbeli véges elemeket alkalmazott mint a térbeli rúdszerkezetek alkotóelemeit /47/.

A merev paneles modellt a rúdszerkezetek általános elmélete szerint megoldva foglalkoztak a tanszéken a panelvázas épületeknek a progresszív összemelés ellenében tanúsított állékonyságával is.

A rúdszerkezetek általános elmélete külföldön is megjelent. Nyugati változataiban a csomópontokat összekötő és összeférhető elmozdulásúvá tett konzolelemek helyett gyakran alkalmaznak kéttámaszú, esetleg azonnal határozatlannak választott, mindkét végén befogott alaptartókat. Algoritmusának részleteit — körülményesebb megfontolások alapján és az egységes koncepciót nélkülözve — megtaláljuk például **Livesley** és **Meek** monográfiájában is /31, 32/.

**Szabó** gondolatait a külföldi irodalomban véleményünk szerint a leginkább adekvát módon **Chobot** prágai egyetemi tanár német nyelvű monográfiája fejezi ki; ez a munka a magyar iskolától függetlenül született /10/.

Az elméletnek a geometriailag nemlineáris feladatokra való kiterjesztésében **Szabó** nyomán **Gáspár**nak volt nagy része /15/. A fizikai nemlinearitás vizsgálatát a tanszéken **Kaliszky** iskolája eszközölte, itt **Nédli** és **Vásárhelyiné Szabó** Anna /17/ munkássága említésre méltó. A feltételes kapcsolatokból eredő szerkezeti nemlinearitást **Kurutzné** /7/1/ és a szerző vizsgálta /40/.

A képlékenységi kérdésekkel kapcsolatos kutatás a **G. Maier** által irányított milánói iskola munkáival függ össze /8/.

A nemlineáris modellekkel külön foglalkozunk.

E pont befejezéséként megemlítjük, hogy a nemlineáris feladatokra vonatkozó számítási modellek alkalmazásával lineáris feladatok is vizsgálhatók. E modellek lényege lineáris alapmodellek lépésenkénti alkalmazása. Tényle-

sen lineáris feladatok esetében akkor jöhetnek szóba, ha a kitűzött probléma sokkal nehezebb a bázisul szolgáló alapfeladatoknál (21. ábra).

A **Newton—Raphson**-módszer akkor alkalmazható eredményesen, ha az alapul szolgáló feladatban előforduló, segédletül szolgáló szerkezet merevebb a valójában megoldandónál. Ilyen eljárást követhetünk mélyépítési szerkezetek számításakor (22. ábra), amire **Nagy** és a szerző tett javaslatot, automatikus és iteratív módszereket összefoglaló munkájukban, az MTA SZTAKI egy konferenciáján /34/.

A kis paraméterek módszerével is hasonló célt érünk el; így vezette vissza **Szilágyi** a ferde és anizotrop lemezek számítását lépésről lépésre de- rékszögű ortotrop lemezek számítására /48/.

#### 4. GEOMETRIAILAG NEMLINEÁRIS FELADATOK

A statikai modellek nemlinearitása

- geometriai,
- fizikai,
- szerkezeti,
- komplex /25/

jellegű. Ezek közül a harmadik eset eredményes vizsgálata a legrégebbi, a feltételes kapcsolatokat tartalmazó, kettős rácsos tartók egyszerűsített, közelítő számításait ugyanis már a múlt század végén bevezették.

Mivel a geometriai összefüggések vizsgálata a fizikaiakénál egyszerűbb és egységesebb tárgykör, a tartószerkezetek terén a leglátványosabb haladást a geometriai nemlinearitás vizsgálata mutatta, annál is inkább, mert ez a rugalmas stabilitási elméletek sarkköve. A rudak, kötelek, hálók, lemezek és héjak területén többé-kevésbé átütő sikert lehetett elérni.

A geometriailag nemlineáris feladatok terén a BME Építőmérnöki Kara Mechanika Tanszékének nagy tapasztalata van; eredményt sikerült elérni mind a rúdszerkezetekkel, mind a rúdhálókkal és kötélhálókkal kapcsolatban /22/.

A rúdszerkezetek nagy elmozdulásokkal járó, harmadrendű elmélete alapjait **Szabó** rakta le, egyben iteratív sajátérték-feladatot mutatva be az egyensúlyi út kritikus ponthoz közeli környezetének vizsgálatára /21/. **Gáspár** és a szerző e módszert a másodrendű merevségi mátrix energetikai alapon elvégzett, szélesebb körű megállapításával — például a nyíróerő okozta alakváltozás figyelembevételével — hatékonyabbá tette /6/, végül a szerző a karakterisztikus egyenletet kiterjesztette többparaméteres terhelés és hőmérsékleti teher esetére is /15/.

A kutatást **Gáspár** olyan irányban vitte tovább, hogy az egyes szerkezeti rúdelemek kinematikai számítását finomítva nagyon hatékony eljárást dolgozott ki kis alakváltozások, de nagy elmozdulások esetére (1. ábra). Modelljében a **Hooke**-törvényt korlátlanul érvényesnek fogadta el, de figyelembe vette, hogy a merevtestszerű elfordulást finit mozgások esetén nem szabad vektornak tekinteni. Elemezte azokat a számítási problémákat is, amelyek onnan erednek, hogy az érintőmerevségi mátrix szimmetriája megbomlik. A lokális kinematikai leírást az elemmel együttmozgó **Euler**-féle referenciarendszerben végzi, a globálisat pedig a rögzített **Lagrange**-félében. Vizsgált rúdjai térgörbe tengelyűek és tengelyük mentén megoszló kinematikai terheket is hordhatnak. Öblösödésük szabad, így a modell és az elmélet a vékony falú összetett szelvényekre nem terjed ki /5/.

A matematikai modell kapcsolt, nemlineáris kezdőérték-feladatoknak felel meg, minthogy a kiindulás itt is a konzol. Az egyes rudak elmozdulásának vizsgálatával még az **Euler**-féle elasticák is leírhatók /1/, de maga a számítás olyan összetett, hogy a sok szabadságfokú keretvázak hatékony elemzése még várat magára.

A leginkább tetszetős, geometriailag nemlineáris feladat a rúdháló, illetve a függesztett tetőszerkezetek állapotváltozási vizsgálata (2. ábra).

Az alapot ezen a téren is **Szabó** adta meg, a rögzült csomópontú, húzott rudakból álló térbeli háló kinematikai határozottságának a geometriai mátrix automatikus rangvizsgálatával történő elemzése révén /17/. Megemlítjük, hogy a függesztett tetőszerkezetek (3. ábra) számításával a magyar irodalomban elsőként **Szmodits** foglalkozott /24/.

A szerkezet modelljeit háló helyett nyírástmentes kötélfelületnek választotta. Lineáris geometriai közelítést alkalmazva figyelembe vette az elmozdulásnak az erőjátékra való visszahatását, tehát másodrendű elméletet alkalmazott. Mivel az alakon kívül a feszítőerők is ismeretlenek, összeférhetőségi egyenleteiben kifejezte, hogy egy-egy vonal mentén a kötélhossz változását fizikai és geometriai összefüggésből azonos módon lehet megállapítani, ezek a relációk már nemlineárisak. Elgondolásai a másodrendű elmélet alap gondolatán /9/ és a függőhidak klasszikus **Melan**-féle elméletén nyugszanak /8/. **Szmodits** az alaprajzot derékszögű négyszögnek választotta, az elsődleges kötélfelületi alakot pedig hiperbolikus paraboloidnak. A kötelek szabási tervezésével nem foglalkozott, és nem adott hatékony megoldási stratégiát sem. A kötelek elernyedését kellő mértékű feszítéssel javasolta elhárítani, az igazoló számítását nem részletezte. Nagy érdeme mégis a feladat felvetése és a kérdés tanulmányozása klasszikus eszközökkel.

**Szmodits** a számításban nem vette figyelembe a kötelek alakjának torzulását. Feltételezte, hogy egy-egy kötél kötélsokszögének megfelelő sarokpontjai a kezdeti és a deformált alakban is közös függőlegesben maradnak, így a kompatibilitási feltételt két-két csomópont között nem tudta következetesen teljesíteni.

**Szabó** ezt az ellentmondást átmenetileg úgy küszöbölte ki, hogy a háló keresztezési pontjain különleges vezetéseket tételezett fel, speciális csatlakozási elemek segítségével /16/.

E sorok írója 1958-ban kezdett függőtétőkkel foglalkozni, akkoriban elterjedt nyugati minták (pl. a berlini Kongressshalle, a karlsruhei Schwarzwaldhalle stb.) ösztönzésére. Első, társszerzőkkel írott munkája csak a kezdeti alak meghatározásának elméletével foglalkozott /7/ a relaxáció szellemében /23/. Ez a módszer az elsőrendű elméleten alapul, de az egyensúly csak a kötelek előfeszítése révén biztosítható. További kutatása /10, 11, 12/ már figyelembe vette a magasabbrendű elmélet szükségességét, amely a nagy elmozdulásokból adódott, valamint a szerelési és feszítési állapot vizsgálatának igényét, különös tekintettel arra, hogy a kötelek nem viselik el a nyomást. A matematikai nehézségek elkerülésére, egyben ellenőrzési lehetőségként energetikai módszert is javasolt, viszont továbbra is kontinuummodellből, nem pedig diszkrét alakzatból indult ki. Ezzel, noha **Szmodits**csal szemben igyekezett figyelembe venni az alak torzulásait is, nem változtatott lényegesen elődje fizikai elképzelésein, és mivel a matematikai bonyodalmak elkerülésére igazán hatásos módszert nem remélt, következetlen egyszerűsítésekkel egy „köztes” elméletre jutott.

**Cholnoky**, majd **Kollár** bírálata nyomán megszületett a javított elmélet is /14/, amely nem tartalmaz differenciálgeometriai közelítést, és a szerelési alak vizsgálatakor figyelembe veszi, hogy a kötelek a csomópontokban elcsúszhatnak egymáson, ezért az alkotóelemek a kötélfelületek geodéziai vonalai. Ez a modell azonban áthidalhatatlannak látszó matematikai nehézségekre vezet, amin csak rúdháló, nem pedig kötélfelület modellezésével lehet úrrá lenni.

**Szabó** ezután derékszögű határolású alaprajzra és alaprajzban derékszögű szemekből álló, de nem egyenletesen feszített háló esetére is kiterjesztette a mátrixok spektrálfelbontásával kapcsolatos elméletét /19, 18/, majd **Gáspárral** együtt új modelleket alakított ki /20/. A kötélháló állapotváltozási vizsgálatát kezdeti érték feladatnak tekintette, amelynek megoldásában a **Newton—Raphson**-módszernek van nagy szerepe, és sok múlik az érintő-merev-

ségi mátrix célszerű megállapításán is. Ezt Szabó már előzőleg a geometriai mátrix deriválttenzorának igényes meghatározása révén eszközölte.

A spektrálfelbontási módszer annyira hatékony, hogy érdemes volt a derékszögűtől eltérő alaprajzú, a szabad peremű (kábelre feszített) és az árbcokra is támasztott háló kezdeti alakjának megállapítását is e módszernek mint bázisnak a segítségével kifejleszteni (4. ábra). A feladat lényegéhez tartozik, hogy legyen egy olyan derékszögű kötélháló kéznél, amely az előírt terhet kedvező alakban és elfogadható feszültségeloszlással hordja. Ezen, mint már említettük, fiktív csomópontbeli vezetőelemek vannak, amelyek hiányában a köteleket a csomópontokon az elcsúszás fenyegeti, továbbá az árbcok tetőpontjai környékén elviselhetetlenül nagy kábelerők mutatkoznak.

A kiegyensúlyozatlan nyíróerők hatását, illetve a kötelek egymáson való elcsúszását Gáspár úgy küszöböli ki, hogy a rúdhálóra interpoláció segítségével kötélfelületet konstruál, majd lépésről lépésre megkeresi ennek geodéziai vonalhálózatát és ezt választja a rúdháló alakjának. Másik irányzata a felület főgörbületi hálózatának mint kiinduló hálózati alaknak megszerkesztése (5. ábra), ennek előnye, hogy az árbcok tetőpontjainak környékén enyhül a feszültségtorlódás, hiszen ott a főgörbületi háló sűrűsödik /4/.

A függőtető alakja szinte kötetlen, tetszés szerinti lehet. A háló szemének alaprajza nem derékszögű, de a kialakítás látványosan szép. A számítási eljárást Gáspár nagy matematikai felkészültséggel algoritmizálta /3/.

Később a módszert, Galaskó közreműködésével, ponyvaszerkezetek számítására is alkalmazták (6. ábra). Az eredmények a gyakorlatban igen használhatónak bizonyultak, annak ellenére, hogy a modell a ponyva nyírási merevségét nem veszi figyelembe /2/. Hasonlóan eredményes az alkalmazása az esernyőszerű, önmagában kinematikailag határozatlan kapcsolt ívekből és az ezekre borított stabilizáló ponyvaelemekből álló lefedések területén. Az ívtartók olyan görbe rudak, amelyeknek alakváltozása kicsi, elmozdulása viszont nagy. Utóbbiakat a pontos, merevtestszerű elfordulások és eltolódások figyelembevételével állapítják meg. A ponyvák alakjának az egyensúlyi helyzetbe való beállása határt szab az ívek elmozdulásának.

A függesztett tető mértéktelen elmozdulásait úgy is lehet korlátozni, hogy a feszítőkötelek helyett gerendasorokat képeznek ki (7. ábra). Az így kapott és a kábelhíd térbeli általánosításának tekinthető szerkezet megoldására a szerző mátrix-differenciálegyenlet-rendszereket írt fel, ezek mechanikailag rokonságban vannak a véges sávok módszerével /13/. Eljárását Szabó és Béres ugyancsak a mátrixok spektrálfelbontásán alapuló módszerrel tökéletesítette, mindkét irányban véges modellt (8. ábra) alkalmazva /19/.

**Kollár** élesen rámutatott arra, hogy ha a peremtartók engedékenységét a számításban — a merevség javára — elhanyagolják, akkor minden további számítási precizitás illuzórikus. Ellipszis-alaprajz alkalmazásával olyan — elemi szilárdságtani — módszert adott a peremtartók tényleges merevségének figyelembevételére, amely vázlattevi szinten is alkalmazható. Ez az eljárás meghatározza a tervezés támpontjával szolgáló méreteket, majd az elektronikus számítógép tisztázza a részleteket is /22/.

## 5. STABILITÁSI VIZSGÁLATOK

Az ideálisan rugalmas szerkezetek stabilitási vizsgálata szorosan összefügg a geometriailag nemlineáris feladatok megoldási módjával, mert ha a rugalmasság korlátlan és lehetségesek a kritikus állapoton túli elmozdulások is, akkor az elmozdulások nagyok is lehetnek. Sok szerkezet viselkedése különösen kényes a kezdeti tökéletlenségekre, ilyenkor még a mechanikai folyamat minősége is megváltozik /7/.

Az egyensúlyi út alakjában bekövetkező alapvető különbségekre, amelyet az **Euler**-féle rúd vizsgálatában a véletlen kezdeti kardosság okoz, már **Timoshenko** is rámutatott. Ha ez a kardosság nincs jelen, a nyomott rúd vizsgálata a másodrendű elmélet szerint lineáris stabilitási probléma, amely sajátérték-feladatra vezet. Ha jelen van, szilárdsági problémával állunk szemben, ennek megoldása azonban éppen a kritikus erő fellépésekor szingularitást mutat. Ha viszont az eltolódás mértéktelen, akkor a lineáris geometriai feltevések létjogosultsága megszűnik /20/.

A tökéletlenség-érzékenység vizsgálata meg a harmadrendű elmélet alkalmazása mindenképpen összefüggő probléma.

Régebben a stabilitási kérdéseket elsősorban kontinuummodellek alkalmazásával oldották meg. Ilyen volt például a kifordulás vizsgálatának **Prandtl**-féle modellje és elmélete /13/, a lemez behorpadásának **Bryan**-féle modellje /20/, a keretstabilitási és lengési vizsgálatoknál alkalmazott **Kolousek**-féle modell /15/ stb. Ezeknek közös sajátossága, hogy a kinematikai összefüggések még a szokásos lineáris közelítések nyomán is bonyolultak maradnak, míg az egyensúlyi út jellege aránylag egyszerű.

A stabilitásvesztés leginkább tetőpontos típusú.

A bonyolultabb egyensúlyi utak (elágazást, illetve átcsapást jelző diagramok) mélyreható vizsgálata **Koiter** munkássága /6/ nyomán indult meg, feltétlenül a potenciál részletesebb elemzését teszi szükségessé, és a katasztrofaelmélethez visz /2/. E problémák már a legegyszerűbb véges szabadságfokú

modellek esetén is olyan súlyosak, hogy a rudakat és lemezeket aligha van mód kontinuumnak tekinteni. Ugyanakkor a fizikai következtetéseket már akkor is megtehetjük, ha a modellt egyetlen, rugalmasan megfogott merev test, és a kinematikai összefüggéseket leegyszerűsítjük /19, 3/.

E gondolat jegyében született az ún. **Hencky**-féle rúdmodell (1. ábra), amely egy vagy több csuklós végű merev tagból áll. Az aljzhoz való kapcsolat és az elemek egymás közötti kapcsolata rugalmas. Magasabb matematika nélkül követhetők vele az **Euler**-rúd különböző klasszikus megtámasztási esetei, egyszerű levezetést ad a vékony gerincű, magas, hajlított rúd kifordulására, és alkalmas a konzol negy elmozdulással járó egyensúlyi útjának vizsgálatára is /3/35/.

A másod- és a harmadrendű elméletet, beleértve ebbe a kezdeti tökéletlenség hatását is, olyan szemléletesen jellemzi az egyetlen merev rúdból álló **Hencky**-modell, hogy a kérdés már évek óta a másodéves építőmérnök-hallgatók kötelező tananyagában szerepel (2. ábra), ahol az **Euler**-rúd hagyományos tárgyalásán túlmenően ennek segítségével is kiszámítják a különböző esetekre vonatkozó kritikus erőértékeket, mégpedig már a potenciális energia stacionaritási tételével is, sőt minősítik az egyensúly jellegét is /1/3/.

A nagy elmozdulással járó egyensúlyi utak megállapítására **El Naschie** a **Hencky**-modell alkalmazásával párhuzamosan a kis paraméterek módszerét javasolja. Ilyenkor a nemlineáris feladatot úgy redukálják lineárisak egymásutánjává, hogy az elmozdulási vektort egy kis paraméter szerint haladó sorba fejtik, és a lineáris részfeladatok sorozatát az a követelmény vezérli, hogy a sorfejtésnek a problémába való visszahelyettesítése az egyensúlyi feltételt tegye azonossággá. A kis paraméter éppen az egyensúlyi görbe paramétere.

A gondolat **Poincaré**tól ered, és csillagászati feladatok megoldására született. Alkalmazását változó intenzitású feszítőerőkkel alakított függőtetők számítására régebben **Szabó** és a szerző is javasolták egy közös dolgozatukban /14/.

Itt említjük meg, hogy az egyetlen merev tárcsából álló **Hencky**-modellnek a kifordulási kritikus erejét **El Naschie** igen egyszerű számítással, de nagyon durva közelítésként a

$$P_{kr} = 1,7 \cdot (EG \cdot I \cdot I_{CS})^{1/2} / l^2$$

képlettel írja le /3/35/. A vékony, magas gerinclemez kontinuumként történő modellezése nyomán kapott, elfogadhatóan helyes eredmény tényezője **Prandtl**



és Szabó István szerint 1,7 helyett 4,01. Megjegyzendő, hogy ez a képlet egy Fuchs-típusú differenciálegyenletnek sorfejtéses megoldása során, a Bessel-függvények származtatásával analóg eljárás mintájára született, és a levezetésben még így is közelítés van, amennyiben a szorzószám megállapításának útja egy nemlineáris algebrai egyenlet megoldásán át vezet /13/.

A lineáris stabilitásvizsgálat ún. kinematikai módszerét, amely nem konzervatív terhek esetén is alkalmazható, Halász mutatta be, az Euler-rúd modelljén. A gondolat lényege, hogy a nyomott rudat csekély alakzavarral rezgésre kényszerítjük. Ha ez csillapodó jellegű, a kezdeti állapot stabilis, ha növekedő, az állapot labilis. A csillapítás kapcsolatos a nyomóerővel, így megtalálható az összefüggés a tartószerkezeti stabilitás és a rezgéseknek a Ljapunov által leírt aszimptotikus stabilitása között /1/.

A nemlineáris stabilitási kérdéseknek egy olyan értelmezését, amelynek alapját a csavart rugóval, illetve a különböző irányú rugalmas ingarudakkal megtámasztott Hencky-modell képezi, Kollár tárgyalta (1. ábra) megmutatván, hogy a rugalmas kapcsolat jellege, illetve az ingarúd iránya lényegesen befolyásolja az egyensúlyi utat /7/. Tarnai (Barta nyomán) a nyomott rúd helytelenül elrendezett többletmegtámasztásainak destabilizáló hatását vizsgálta /16/, és összetett stabilitásvesztési esetekre általánosította Dunkerley képleteit /7/, míg Popper (ugyancsak Barta tanításaiból kiindulva) a rúd elmozdult tengelyének irányát követő nyomóerő hatását, az ún. Beck-féle problémát vizsgálta több szabadságfokú Hencky-modellen /9/. Tarnai és Popper olyan speciális, a rugalmas végponti kapcsolat által bonyolított, elcsavarodó kihajlási feladatot is vizsgált, amelyben a sajátérték a peremfeltétel felírásakor is előfordul /17/. A nemlineáris sajátérték-feladatokra, a mátrixseregek és operátornyalábok sajátérték-feladataira vezető stabilitásvesztési modellek kialakításában és a súlyos matematikai problémák megoldásában (a témák sorrendjében) Popper, Rózsa és Tarnai jeleskedett. Mindhármuk munkája a funkcionálanálízis területére vezetett /10, 12, 18/.

Nemlineáris sajátérték-feladatokat eredményeztek Gáspárnak a nagy elmozdulások hatását figyelembe vevő vizsgálatai is, amelyeket rúdszerkezeteken végzett, az egyensúlyi út kritikus pontjainak keresése közben. Itt kitűnt, hogy a másodrendű(nek nevezett) merevségi mátrix nemlineárisan függ a kritikus paramétertől /4/.

Megjegyzendő, hogy már a keretszerkezetek régebbi, stabilitási függvényekkel végzett állapotváltozási vizsgálatakor is nemlineáris sajátérték-feladatokkal találkozhatunk. Ebben az elméletben, amelynek modellje a keret egyes rúdjaik meggörbülésével járó instabilitást is mérlegeli, a sajátér-

ték-feladat karakterisztikus determinánsa a kritikus paramétereiktől befolyásolt transzcendens függvényeket tartalmazza. Ezek a paraméterek lényegében a keretrudak normálerőit, viszont az igénybevételek eloszlását a sajátérték-feladat eredményei generálják, így a számítás két része szétválaszthatatlanul összefonódik /8/.

Ezt a nehézséget csak sorozatos közelítéssel lehet leküzdeni úgy, hogy a kezdeti lépésben a normálerőket az elsőrendű elmélettel határozzák meg.

**Gáspár** említett munkája és korszerűbb számítási modellje nagy teljesítményű számítógépek használatakor kiküszöböli a stabilitásfüggvények alkalmazását.

Ugyanő végül az **Augusti**-féle és a **Thompson**-féle, egyetlen rúdból álló modellek nyomán olyan feladatot konstruál, amely egy merev oszlopnak három rugalmas rúddal történt térbeli megtámasztásából indul ki. Bármilyen csekély kezdeti zavar jelentősen befolyásolhatja a kritikus terhet, ezenkívül az egyensúlyi út kritikus pontjának jellegét, tehát azt, hogy ott elágazás vagy átcsapás következik-e be, nagy elmozdulás esetén is döntően fontos tisztázni, és itt a hagyományos módszerek csődöt mondanak /5/.

A kritikus pont jellegét a **Thom** által felfedezett és **Thomson** által rugalmas rúdszerkezetekre alkalmazott katasztrófaelmélet vizsgálja, amely kis szerkezeti paraméterváltozások hirtelen nagy folyamati következményeivel foglalkozik. Rúdszerkezet esetén, amint azt **Poston** és **Stewart** monográfiája ismerteti /11/, az elmélet a rugalmas rendszer potenciális energiájának a kritikus pont környezetében végzett, magasabb fokú tagokig terjedő sorfejtésén alapul. **Gáspár** ezt a sorfejtést, az általa javasolt modellen a potenciális energiakifejezés együtthatóinak elemzésével elvégezte, és az eredményekből következtetett a szerkezeti tökéletlenség hatására.

Eredményeit, vagyis a különböző, geometriai eredetű szerkezeti tökéletlenségek stabilitást befolyásoló hatását a katasztrófaelmélet ma már világhírűvé vált típuseseteibe, a különböző katasztrófa kategóriákba sorolja be („rác", „csúcs", „fecskéfarok", „pillangó" stb.), és ezek szemléletes ábrázolása segítségével mint analóg geometriai modelleken érthetővé tesz olyan instabilitási jelenségeket is, amelyeket az eredeti mechanikai modelleken nehéz belátni.

## 6. FIZIKAI NEMLINEARITÁS

A fizikai nemlinearitást a tanszék kutatásai az anyag képlékeny tulajdonságainak figyelembevételével vizsgálták /5/. A szerkezeti anyagot először

ideálisan rugalmas — tökéletesen képlékeny — viselkedésűnek tekintették /9/, majd — a lineáris viszkoelaszticitás kellő mértékű tanulmányozása után /22, 21/ — megindult az elasztoviszko-plasztikus anyagú szerkezetek és kontinuumok vizsgálata is /1, 23/.

Rugalmas-képlékeny esetben az állapotváltozás vizsgálata a fokozatos plasztifikálódásnak megfelelően szakaszokból áll, ha viszont megelégszünk a szerkezet határterhének megállapításával, akkor csak a végállapotot kell vizsgálni /10/. Képlékenységtannal a tanszéken legrégebben **Kaliszky** foglalkozik, aki kezdeti eredményei nyomán iskolát is alapított /7/. Első vizsgálatai az ideálisan képlékeny ágyazatú és rugalmas-képlékeny anyagú rudak töréseméletére vonatkoztak, egyparaméteres teher esetén /2/. Ez a modell egyszerű, az alapozás és az útépités területén igen hasznos. Azután rátért a hasonló anyagtulajdonságú lemezek és héjak vizsgálatára, főirányokban elhelyezett vasalás esetén. Részletesen kidolgozta az alapozási célú kúphéjak töréseméletét /3/. Később szerkezeti optimalizálással foglalkozott, a tervezési feladat keretében. Sikerült megtalálnia a **Castigliano**-féle munkaminimum-tételnek egy képlékenységtani analógiáját, amely módot ad a vasalási optimum megkeresésére a forgásfelületű vasbeton héjakon. Eredményét egy igen egyszerű ötlet alapozta meg. A törőnyomaték összefüggése a vasmennységgel általában lineáris, de minthogy szerkezeti okból egy bizonyos minimális vasmennységre okvetlenül szükség van, az összefüggés diagramja a gyakorlatban egy rövid vízszintes és egy hosszú ferde szakaszból áll. **Kaliszky** ezt a könnyen felrajzolható, de analitikusan nehezen kezelhető diagramot egy másodfokú parabolával helyettesítette, ennek nyomán sikerült a megadott törőteherhez tartozó szerkezeti vasalást úgy megállapítani, hogy közben az (anyagmennységgel arányosnak elfogadott) építményi költség optimális legyen. Az alkalmazott célfüggvény analóg a rugalmas szerkezet belső kiegészítő munkájával /4/.

**Kaliszky** és munkatársai (**Nédli, Wolf, Tornycs, Lógó**) később rátértek a dinamikus teherrel, például a leeső csille súlyával megterhelt gerendák és lemezek vizsgálatára. A terhelést rövid, de véges időtartam alatt lezajló lökésszerű erővel vagy egy előírt sebességmezővel modellezték, és a törés feltételül azt írták elő, hogy a terheléskor végzett külső munkát eméssze fel a keresztmetszet tönkretételéhez szükséges alakváltozási energia /11/. Később sikerült néhány olyan feladatot is megoldani, amelyekben már optimalizálták a dinamikusan terhelt képlékeny viselkedésű tartók vasalását. Ekkor, elhanyagolva a képlékeny csuklók vándorlását, a szerkezetre egy képlé-

keny alakváltozással járó, kinematikailag lehetséges állapotot kényszerítettek, egy szabadságfokkal /6/.

A legjelentősebb kutatás a panelvázás épületeknek rendkívüli terhekre történő vizsgálata. Ennek alapja mindenekelőtt egy rugalmas állapotváltozási vizsgálat volt, amelyet a rúdszerkezetek általános elméletének értelemszerű módosításával dolgoztak ki, először rudakat, majd rudak helyett panelszerű végelemeket választva /14/. Majd, részben a G. **Maier**-féle milánói iskolát követve, kidolgozták a rugalmas-képlékeny rúdszerkezetek általános elméletét, és ezt panelvázakra is kiterjesztették /12/. Bevezetve a számításba az alternatívan előfordulható képlékeny keményedési többletteleherbírást és a képlékeny alakváltozásokat, majd az állapotváltozási egyenleteket az elmozdulásmódszer algoritmusá szerint redukálva /15/, matematikai modell gyanánt az ún. lineáris komplementer feladatra jutunk, amely a kvadratikus programozás egyik alapproblémája. Ezt **Wolfe** eljárásával két egymás utáni lineáris programozás egymásutánjára vezetik vissza. A modellt a szerző küszöbgradiens jelenlétében (1. ábra) lezajló szivárgás esetére is alkalmazta /18/.

A rendkívüli terhekre igénybe vett panelváz vizsgálatához még egy érdekes feladatot kellett megoldani: a szakaszos építésmód hatását az igénybevételekre. A valóságban ugyanis egy-egy újabb épületszintet mindig egy már megépített, merev egységhez kapcsolnak hozzá, így a hatás számításával történő figyelembevétele azt a kérdést veti fel, hogyan kell egy merevségi mátrixot nagyobb terjedelművé alakítani úgy, hogy eredeti blokkjait közben fel lehessen használni /8/.

Ezek után következik a rendkívüli terhek hatásának érdemi vizsgálata. Ez részben annak kiderítéséből áll, hogy miként emésztik fel a teherbíráruk határára jutott szerkezeti elemek a terheléssel kapcsolatos mozgási energiát, részben abból, lehetséges-e a megadott lökészerű teher nyomán egy láncolatot vázösszeomlás. A szerkezet progresszív tönkremenetelét okozó erőlkést a kutatók számítógéppel szimulálták /13/.

A lineárisan viszkoelasztikus tartószerkezetek állapotvizsgálatát a szerző dolgozta ki. Modellje statikai és kinematikai szempontból azonos volt a rúdszerkezetek általános elméletében alkalmazottal, a fizikai egyenleteket viszont az ideális rugókból és newtoni dugattyúkból összeállított általános modellekre alapította. Az időinvariáns modellek számítását a **Laplace**-transzformációval végezte el, kialakítván a rúdszerkezetek állapotváltozási egyenletét a frekvenciasíkon is. Az öregedő anyagú rudak számítását a **Duhamel**-integrál segítségével felírható másodfajú **Volterra**-típusú integrálegyenletek alkalmazásával, iterációs úton javasolta elvégezni. Ennek alapján felírta a

viszkoelasztikus rúdszerkezetek általános állapotváltozási elméletét, és levezette az erő- és az elmozdulásmódszer megfelelően módosított alakját. A viszkoelasztikus utóhatást minden esetben kinematikai tehernek tekinthetjük /19, 20/.

A rugó--dugattyú-modellek anyagállandóinak tényleges megállapítása igen nehézkes, ezekből a modellekből máskülönben engedékenységi és ernyedési függvényeket kell származtatni, mert azok szerepelnek a szuperpozíciós integrálban. Tetejében a rugó--dugattyú-modell a nem időinvariáns anyag esetén már eléggé komplikált is, anyagállandóinak időfüggése pedig bizonytalan. Így azt javasoljuk, hogy az amúgy is csak fiktív rugó--dugattyú-szerkezet helyett a fizikai egyenletek felírása az engedékenységi, illetve az ernyedési függvények laboratóriumban kimért, rövid idejű terhelés hatására bekövetkező alakjának figyelembevételével történjék.

Az elasztó-viszkoplasztikus anyagtulajdonságot két műszaki területen használta fel a tanszék:

a) Alagutak és bányabeli üregek környékének feszültségi és alakváltozási vizsgálatakor /17/.

b) Az emberi csontrendszer mechanikai működésének vizsgálatakor /1/. (Utóbbiról külön, más vonatkozásban teszünk említést.)

A bányászati probléma tárgyalásakor a közettömeget izoparametrikus négy-szögelemek véges rendszerének modellezték. Az üregbontás, illetve üregfelhagyás hatását peremmenti erőkkel, illetve elemek merevségének megszüntetésével szimulálták. A takaró közet-, illetve talajrétegek minősége változó lehetett, a felszín gyakorlatilag terheletlen.

Az anyag törési feltételül a **Drucker—Prager**-feltételt fogadták el /7/, amely a kohézióval és a belső súrlódás tényezőjével kapcsolatos. Az elasztó-viszkoplasztikus állapotváltozás háromparaméteres. A rugó--dugattyú-modell elemei: egy rugó, sorba kötve egy dugattyú és egy csúszka párhuzamosan kapcsolt együttesével. A fokozatos változási vizsgálat a **Newton—Raphson**-módszerrel, a kezdeti feszültségek ismeretében történt. Eredményei a közegebeli nyomásállapot megzavarása folytán fellépő elmozdulásokat, alakváltozásokat, illetve az egyes véges elemek teherbírásának kimerülését reálisan tükrözték. A felszíni horpa alakját a számítás nem modellezte kifogástalanul. A figyelembe vett tartomány ugyanis nem volt elég terjedelmes, így a kényszerű lehatárolásából keletkezett peremzavarokat nem nagyon lehetett elhanyagolni.

Az anyagmodell engedékenységének levezetésekor két analógiatételt is találtunk /23/:

a) „A standard modellek analógiatétele”:

Eszerint a rugóból, dugattyúból és csúszkából összetett anyagmodell a keményedési stádiumban úgy viselkedik, mint egy dugattyúból és két rugóból összetett elem, tehát egy helyettesítő standard elasztoviszkózus modell.

b) „Az elasztoplasztikus modell analógiatétele”:

Egy-egy pillanatban a rugó–dugattyú–csúszka-modell úgy viselkedik, mint egy bilineáris munkadiagrammal jellemzett rugalmas-képlékeny modell. A keményedési modulus az időtől függ.

## 7. SZERKEZETI NEMLINEARITÁS

Kontinuummechanikai tekintetben **Kaliszky** foglalkozott hazánkban legelőször az anyagi hézagok megváltozása által okozott tömörödés vagy lazulás hatásával, **Prager** nyomán a kapcsolatokat elváló vagy záruló, multilineáris viselkedésű szerkezeteknek modellezve. Analógiát tárt fel a képlékenységtan teherbírásvizsgálati tételeivel. A kapcsolat modelljét a keményedő képlékeny anyagéval állította párhuzamba, kimutatva, hogy milyen feltételekkel jön létre rés, záródás, esetleg képlékeny alakváltozás /8/5/. **Kurutzné** ennek alapján először kinematikai tehernek fogta fel a diszkontinuitásokat, és a szerkezeti nemlinearitást terheléssel felérő elmozdulások beiktatásával követte /1/. Később **Panagiotopoulos** nyomán a tömörödés és lazulás hatását (1. ábra) együtt kezelte a feltételesen érintkező, csak egyirányú kényszererőt képviselő, elválható támaszú szerkezet vizsgálatával, és bevezette a rugalmasságtan stacionaritási, illetve szélsőértéktételeibe a szubdifferenciál fogalmát, amely egyoldalú kapcsolat esetén a klasszikus differenciált felváltja /2/. Elgondolásait a stabilitásvesztés területére is átvitte (2. ábra), de ott rúdszerkezet helyett a **Hencky**-modellt alkalmazza /3/.

Elváló kapcsolatú, egyoldalú kényszerrel ellátott szerkezetekkel a szerző is foglalkozott. Felírta az állapotváltozási egyenletnek mind az erőmódszer, mind az elmozdulásmódszer esetén érvényes algoritmusát, és statikai szempontból értelmezte a **Wolfe**-féle megoldást /4, 5/. Egyben az elválhatóan rugalmas alátámasztású többtámaszú tartó (pl. keresztalj) esetére egyszerű interpretációt adott a lineáris komplementerfeladatnak, a következőképpen:

Ha a rendszer támaszai között egyoldalúak is előfordulnak, az egyensúlyi egyenletbe mindegyik támasz erejét be kell sorolni. Egyben a kompatibilitási egyenletben minden támasznál elválási részt kell feltételezni.

A támaszerők csak nyomások lehetnek, a rések csak megnyílások lehetnek. Meg kell tehát oldani a rugalmas rúdszerkezetnek az alternatív támaszerőkkel

és elválási diszkontinuitásokkal kibővített állapotváltozási mátrixegyenletét, azzal a mellékfeltétellel, hogy mind a támaszerők, mind a réshézagok előjele korlátozott. Egyben, mivel egy-egy helyen csak vagy támaszerő, vagy támasztási rés fordulhat elő, az erő és a hézagban keletkező elmozdulás szorzata mindenképpen nulla, így a támaszerők vektorát a hézagok vektorával skalárisan összeszorozva is nullát kapunk; a támaszerők rendszere a hézagok mentén nem végez munkát.

**Wolfe** algoritmusának ezután az a statikai értelme, hogy minden lépésben azt az újabb elválást kell megengedni, amelynek létrejötte a már kialakult érintkezéseket nem szünteti meg, egyben az egyensúlyi viszonyokat sem zavarja.

## 8. TUDOMÁNYÁGAK KÖZÖTT ANALÓGIÁK ÉS MODELLEK

Az analógiák mind azon a gondolon alapulnak, hogy ha két tudományág egy-egy feladatának közös a matematikai leírása (modellje), akkor ezek egymás helyett vizsgálhatók, az egyik ágazat eredményei felhasználhatók a másik területén. Ezeket a régebben különállónak és függetlennek tekintett diszciplínákat manapság két nagyobb kérdéscsoport keretében lehet vizsgálni:

- a) transzportelmélet,
- b) rendszerelmélet.

A tartószerkezetek elméletében a következők a legnevezetesebb hasznosítható párhuzamok:

a) Párhuzam a haladó és a forgó mozgás mechanikája között a **Newton**-törvény és a forgó merev test perdülettétele alapján /6/.

b) Párhuzam a lineáris viszkoelaszticitás, a mechanikai rezgések elmélete és a villamos rezgőkörök, dinamikus hálózatok között /2/. Ennek matematikai háttere a közönséges lineáris differenciálegyenletek kezdőérték-feladatainak elmélete.

c) Párhuzam a villamos rendszerek elmélete, a viszkoelaszticitás és az időben változó terheléssel megterhelt talajok konszolidációs folyamata között. Mindegyiknél alkalmazható az átmeneti függvény és a **Duhamel**-féle szuperpozíciós integrál fogalma /3/.

d) Párhuzam a rúdszerkezet statikája, a vezetékrendszerben áramló folyadék és a villamos hálózat viselkedése között. Mindegyiket lineáris egyenletrendszer jellemezheti. Ezt **Southwell** az algebraiban a relaxáció módszerével oldja meg, aminek műszaki interpretációja a **Cross**-eljárás /4/23/.

A **Cross**-módszer elektromos úton történő realizálásával régebben **Rózsa Mihály**, később a tanszéken **Havas** foglalkozott /4/, míg a folyadékáramlás területére **Bozóky—Szeszich** terjesztette ki.

Megemlítjük végül a tanszék modellképző kutatásainak három legújabb fejleményét.

a) **Bojtár** és munkatársai a végelemek módszerét a biomechanika területére is alkalmazzák. Térbeli, izoparametrikus, rugalmas végelemekkel modellezték a combcsontot, illetve a benne elhelyezett különböző típusú protéziseket, a feszültségcsúcsok helyének és jellegének vizsgálatára. Hosszú idejű terhelésekkel is foglalkoztak, elasztoviszkózus anyagmodelleket felhasználva. Ezeket laboratóriumi kísérletekkel is összehasonlították /6/1/.

Héj végelemek segítségével az emberi koponyát is modellezték, vizsgálva annak a dinamikus hatásokból bekövetkező rezgéseit, illetve feszültségeloszlását, különös tekintettel a közlekedési szerencsétlenségekre.

b) **Bojtár** és **Bagi** diszkrét körök, illetve gömbök véletlenszerűen, de tömören elhelyezkedő rendszerével modellezi a szemcsés halmazokat, például a porokat, a szemes terményeket vagy a talajt, a szemcsék egymáshoz feszüléséből, illetve a szemcseelhelyezkedés átrendeződéséből származó szilárdságváltozás kiderítésére, ezenkívül új típusú, makro-anyagmodellek kialakításának elemzésére is /1/.

c) **Tarnai** és **Gáspár** azzal az igen érdekes diszkrét geometriai problémával foglalkoznak, miként lehet egy gömbön adott számú, azonos átmérőjű, egymást nem metsző kört úgy elhelyezni, hogy a körök átmérője maximális legyen. A problémának a távközlési rendszerekben és a vírusok, illetve a molekulák biológiájában van jelentősége, de a képzőművészek is találkoztak vele /7/.

A kutatók rájöttek, miként lehet a problémát analóg térbeli rácsos szerkezettel vizsgálni. Az egymást érintő körök középpontjait összekötő gráfot alkotnak. Ennek éleit egy rácsos tartó rúdjaiknak tekintik, és az így keletkezett szerkezet határozottságát vizsgálják. Tudvalevő, hogy a határozott tartón a hőmérsékletváltozás nem okoz rúderőket, viszont a határozatlan tartókon általában igen. Másrészt ha a gömbön a körök átmérője növelhető, akkor a rudak hőmérsékletét a rácsos tartón növelni lehet, éspedig belső feszültségek fellépése nélkül mindaddig, amíg további megfelelő körök érintkezésbe nem lépnek, minek következtében az analóg rácsos tartóba újabb rudakat kell beiktatni. Így a rácsos tartó hőmérsékletváltozási viselkedéséből következtetni lehet a körelhelyezés javításának helyes módjára.

A rácsos tartó a végállapotban olyan sajátfeszültségi rendszerbe kerül, amely nem tartalmazhat húzott rudat. Ha találunk ilyen végállapotot és az



stabil, akkor sikerült megtalálni az eredeti geometriai probléma lokális optimumát is.

## 9. TANULSÁGOK, FEJLEMÉNYEK

A tartószerkezeti kutatómunka a mechanikai és a számítási modellek haladásán alapul. Az elektronikus számítógépek rohamos fejlődése két irányra is rámutat egyidejűen:

a) Egyre korszerűbb, egyre kifinomultabb, több természeti jelenséget és geometriai bonyodalmat figyelembe vevő modelleket kell keresni.

b) A gépi kapacitás szüntelenül nő, mégis az a tendencia, hogy a komplikált modellek olyan számításokra vezetnek, amelyeknek programja is bonyolult és kényes, a végrehajtásukhoz szükséges operatív memóriakapacitás mértékételenül nagy. Sokszor helyesebb tehát nagy adatrendszeret foglalkoztató, mégis egyszerű és sematikus modellekkel dolgozni.

Befejezésül nem lehet elégszer hangsúlyozni, hogy mérnöki feladataink megoldásának realitását csakis a gyakorlat szavatolja, tehát modelljeink létjogosultságát kizárólag laboratóriumi vagy teljes léptékű kísérletek támaszthatják alá.

## IRODALOM

### 1. pont

1. **Egerváry J.:** A mechanika differenciálegyenleteiről, különös tekintettel a gépszerkezettan és szilárdságtan feladataira. Mérnöki Továbbképző Intézet kiadványa, Egyetemi Nyomda, Budapest 1948.
2. **Kalishzky S.:** Platizitátslehre. Theorie und Anwendungen. Akadémiai Kiadó, Budapest, VDI-Verlag, Düsseldorf 1984.
3. **Kalishzky S.—Kurutz K.-né—Szilágyi Gy.:** Mechanika II. Szilárdságtan. Tankönyvkiadó, Budapest 1991.
4. **Kalishzky S.** és munkatársai: Tartószerkezetek dinamikai és stabilitási vizsgálata, különös tekintettel az anyag nemlineáris viselkedésére. OTKA Kutatási részjelentés, Budapest 1992.
5. **Megyeri J.:** Vasúti vágánygeometria. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1978.
6. **Nédli P.:** Rugalmas-képlékeny anyagú rúdszerkezetek számítása matematikai programozással. Egyetemi doktori értekezés, Budapest 1976.
7. **Roller B.:** A tartók sztatikájának problémaköre és módszerei. ÉKME Tud. Közl. (1963), X/6. 29—49.
8. **Szabó J.—Roller B.:** Anwendungen der Matrizenrechnung auf Stabwerke. Akadémiai Kiadó, Budapest 1978.

9. Szilard, R.: Theory and Analysis of Plates. Prentice-Hall, New Jersey 1974.
10. Vértés Gy.: Építmények dinamikája. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1976.

2. pont:

1. Bojtár I.—Gáspár Zs.: Tartók statikája IV.: a végeelem módszer. Egyetemi jegyzet. Műegyetemi Kiadó, Budapest 1992.
2. Bölcskei E.—Orosz Á.: Vasbeton szerkezetek. Héjak. Tankönyvkiadó, Budapest 1973.
3. Cauchy, A. L.: Oeuvres Complètes d'Augustin Cauchy II. e Série. — Tom VIII. Gauthier Villars et Fils, Paris 1890.
4. Cosserat, E.—Cosserat, F.: Théorie des corps déformables. Hermann, Paris 1909.
5. Egerváry J.: A mátrixelmélet alkalmazása lánchidak számítására. MTA III. Mat. Term. Tud. Oszt. közleményei, Budapest 1955.
6. Euler, L.: Methodus inveniendi lineas curvas maximi minimive proprietate gaudentes. Lausanne—Genf 1744.
7. Flügge, S.: Handbuch der Physik. Encyclopedia of Physics 6. Bd. Elastizität und Plastizität. Elasticity and Plasticity. Springer, Berlin—Göttingen—Heidelberg 1958.
8. Flügge, W.: Stresses in Shells. Springer, Berlin—Göttingen—Heidelberg 1960.
9. Fűzy J.: Numerikus módszer a háromdimenziós, rugalmas szilárd testek feszültséganalízisére. Építés-Építésztudomány (1974), VI/1—2.
10. Gáspár Zs.: Tetszőleges síkú kábelekkal merevített csőhidak számítása. Mélyépítéstudományi Szemle (1975), XXV/12.
11. Hartmann, A.: Stahlbrücken. Deuticke, Wien 1951.
12. Haviár, Gy.: Der mit der Versteifungsträger verbundene Bogen. IVBH. Dritter Kongress, Schlussbericht, Liège 1948.
13. Haviár Gy.: Válogatott fejezetek a vasbeton köréből. Kézirat. Egyetemi jegyzet. Budapest 1955.
14. Hawranek, A.—Steinhardt, O.: Theorie und Berechnung der Stahlbrücken. Springer, Berlin—Göttingen—Heidelberg 1958.
15. Hegedűs, I.: Discrete Fourier integrals as singular solutions for grids of regular networks. Acta Technica Acad. Sci. Hung. (sajtó alatt).
16. Hruban, K.: Válcové skopěpiny u želehovéku betonu. Technicko-vedecké vydavatelství, Praha 1951.
17. Hunyadi F.: Végükön rugalmasan befogott tartók kihajlási hullámhosszának meghatározása rezegtetéssel. Mélyépítéstudományi Szemle (1975), XXX/5.
18. Kaliszky S.: Vasbeton lemezek méretezése a képlékenységtan elvei szerint. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1967.
19. Kherndl, A.: A lánchidak merevítő tartóinak grafikai elméletéről. (Akadémiai székfoglaló értekezés.) Értekezések a matematikai tudomány köréből. Kiadja a Magyar Tudományos Akadémia, Budapest 1891.

20. **Kherndl, A.:** A tartók grafosztatikája. Magyar Mérnök- és Építész-Egylet kiadványa, Budapest 1893.
21. **Kollár, L.:** Kétrétegű, alaprajzban átlós-négyzetes térrácsok számítása a kontinuum-módszerrel. Műszaki Tudomány (1973), 46.
22. **Kollár, L.:** Statik und Stabilität der Schalenbogen und Schalenbalken. Akadémiai Kiadó, Budapest 1973.
23. **Korányi I.:** Tartók sztatikája I. Sztatikailag határozott tartók. Tankönyvkiadó, Budapest 1957.
24. **Korányi I.:** Tartók sztatikája II. Sztatikailag határozatlan tartók. Tankönyvkiadó, Budapest 1954.
25. **Love, A. E. H.:** Mathematical theory of elasticity. Dover Publications, New York 1927.
26. **Muttnyánszky Á.:** Szilárdságtan. Tankönyvkiadó, Budapest 1956.
27. **Müller-Breslau, H. F. B.:** Beiträge zur Theorie der ebenen elastischen Träger. Ernst & Korn (Wilhelm Ernst), Berlin 1890.
28. **Navier, H. L.:** Mechanik der Baukunst (Ingenieur-Mechanik). Hering, Hannover 1851.
29. **Palotás L.:** Hidak. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1987.
30. **Palotás L.:** Keretek elmélete és számítása. Közlekedési Kiadó, Budapest 1951.
31. **Palotás L.—Kollár L.:** Tartórácsok közelítő számítása a csavarás figyelembevételével. Mélyépítéstudományi Szemle (1951).
32. **Pelikán J.:** Tartószerkezetek. Tankönyvkiadó, Budapest 1959.
33. **Pucher, A.:** Lehrbuch der Stahlbetonbau. Springer, Wien 1953.
34. **Rühlmann, M.:** Vorträge über Geschichte der Technischen Mechanik. Loewenthal, Berlin 1885.
35. **Schwertner A.:** Vasbetonszerkezetek statikája. Közlekedési Kiadó, Budapest 1950.
36. **Szabó, L.:** Geschichte der mechanischen Prinzipien und ihrer wichtigsten Anwendungen. Birkhäuser, Basel und Stuttgart 1977.
37. **Szabó, J.:** Über die explizite Auflösung der Poissonschen, biharmonischen und ähnlich gebauten Differenzgleichungen mit Hilfe der Matrizenrechnung. Veröffentlichungen der österreichischen Gesellschaft für Mathematik, Wien 1957.
38. **Szabó J.:** Négyfőtartós tartórácsok határfelületeinek számítása a mátrix-elmélet segítségével. Mélyépítéstudományi Szemle (1957), 7—8.
39. **Szabó J.—Roller B.:** Rúdszerkezetek elmélete és számítása. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1971.
40. **Szmodits K.:** Héjszerkezetek statikája. Akadémiai Kiadó, Budapest 1953.
41. **Timoshenko, S.:** Theory of Plates and Shells. McGraw—Hill, New York 1940.
42. **Timoshenko, S. P.:** History of Strength of Materials. McGraw—Hill, New York—London—Toronto 1953.
43. **Timoshenko, S.—Woinowsky—Krieger, S.:** Theory of Plates and Shells. McGraw—Hill, New York—Toronto—London 1959.

44. **Vlaszov, V. V.:** Obscsaja tyeorija obolocsok i jevo prilozsenije v tehni-ke. Gosztehizdat, Moszkva—Leningrád 1949.
45. **Vlaszov, V. V.:** Dünnwandige elastische Stäbe. Verlag für Bauwesen, Berlin 1964.
46. **Zienkiewicz, O. C.:** The Finite Element Method in Engineering Science. McGraw—Hill, New York 1971.

3. pont:

1. **Argyis, J. H.—Kelsey, S.:** Modern fuselage analysis and the elastic aircraft. Butterworths, London 1963.
2. **Argyis, J. H.—Kelsey, S.:** Energy theorems and structural analysis. Butterworths, London 1971.
3. **Asplund, S. O.:** Structural Mechanics. Classical and Matrix Methods. Englewood Cliffs, Prentice Hall, New Jersey 1966.
4. **Bendixsen, L.:** Die alpha-Gleichungen. Ernst, Berlin 1912.
5. **Bleich, F.—Melan, E.:** Die gewöhnlichen und parziellen Differenzialgleichungen der Baustatik. Springer, Berlin—Wien 1927.
6. **Bognár L.:** Épületek merevítőrendszerének stabilitásvizsgálata különböző magasságú merevítőfalak és szintenként változó terhelés esetén. Építés-Építészettudomány (1992), XXI/1—4.
7. **Bojtár I.—Vörös G.:** A végeelem-módszer alkalmazása lemez- és héjszerkezetekre. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1986.
8. **Capurso, M.—Maier, G.:** Incremental elastoplastic analysis and quadratic optimization. Meccanica (1970), V/2.
9. **Cheung, Y. K.:** Finite strip method in structural analysis. Pergamon Press, Oxford 1976.
10. **Chobot, K.:** Matrizenrechnung in der Baumechanik. SNTL—Springer Verlag, Wien—New York 1970.
11. **Csonka P.:** Keresztmetszetek számítása a Cross-módszer segítségével. (Különlenyomat Möller: Építési Zsebkönyvből.) Egyetemi Nyomda, Budapest 1943.
12. **Csonka P.:** Eljárás elmozduló sarkú derékszögű keretek számítására. MTI kiadvány, Ép. 39. Budapest 1950.
13. **Egerváry J.:** Mátrix-függvények kanonikus előállításáról és annak néhány alkalmazásáról. MTA Mat. és Fiz. Oszt. Közl. 1953.
14. **Gáspár Zs.:** Rúdszerkezetek nagy elmozdulásának számítása különböző modellek esetén. Építés-Építészettudomány (1973), IV/3—4.
15. **Gáspár, Zs.:** Establishment of the tangent stiffness matrix of an ideally elastic space bar. Acta Techn. Acad. Sci. Hung. (1977), 84/3—4.
16. **Gáspár Zs.:** Excentrikus kapcsolatú síkbeli rúdháló állapotváltozása III. Magyar Mechanikai Konferencia előadásai, Miskolc, 1979. szept. 5—7.
17. **Gáspár Zs.—Kurutzné Kovács M.—Nédli P.—Vásárhelyiné Szabó A.:** Előregyártott épületszerkezetek különleges statikai problémáinak megoldása matematikai programozással. Műszaki Tudomány (1981), 61/1—4.

18. **Hayashi, K.:** Theorie des Trägers auf elastischer Unterlage und ihre Anwendung auf den Tiefbau. Springer, Berlin 1921.
19. **Kaliszky, S.:** Structural Analysis of Buildings with vertical thin walled load carrying elements affected by horizontal forces. Acta Technica Acad. Sci. Hung. (1965), 51/1–2.
20. **Kaliszky S.:** A rugalmas ágyazat egyszerű diszkrét modelljei. Építés-Építészettudomány (1977), IX/2–3.
21. **Kaliszky S.—Galaskó Gy.:** A rugalmas ágyazat egy új modellje. Mélyépítéstudományi Szemle (1975), XXV/7.
22. **Kaliszky S.—Györgyi J.—Lovas A.:** Valós méretű panelekből álló szerkezeteken végzett laboratóriumi kísérletek értékelése. Magyar Építőipar (1983), 6.
23. **Kaliszky S.—Nédli P.—Tornyos Á.—Wolf K.:** Panelvázás szerkezetek dinamikai vizsgálata gázrobbanás esetére. Építés-Építészettudomány (1984), 3–4.
24. **Kármán T.—Biot, M. A.:** Matematikai módszerek. Műszaki Kiadó 1963.
25. **Kirchner I.—Lovas A.:** Grafikai lehetőségek a végelem-módszer segítségével. Építés-Építészettudomány (1989), XX/3–4.
26. **Kollár L.:** A mérnöki stabilitáselmélet különleges problémái. Akadémiai Kiadó, Budapest 1981.
27. **Kurutzné Kovács M.:** Feltételes kapcsolatokat tartalmazó szerkezetek gépi számítása kinematikai terhekkel. Magyar Építőipar (1975), 7–8.
28. **Kurutzné Kovács M.:** Vékonyfalú, nyitott keresztmetszetű rúdszerkezetek gépi számítása. Műszaki Tudomány (1977), 53.
29. **Kurutzné Kovács, M.—Andor, B.:** General Analysis of Mechanical Properties of Large Panel Joints. Proc. of Int. Conf. on Joints of Concrete Structures for Buildings, Karlovy Vary, Czechoslovakia 1987.
30. **Kurutzné Kovács M.—Scharle P.:** A végelem-módszer egyszerű elemei és elemcsaládjai. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1985.
31. **Livesley, R. K.:** Matrix Methods of Structural Analysis. Pergamon Press—MacMillan, Oxford—New York 1964.
32. **Meek, J. L.:** Matrix Structural Analysis. McGraw—Hill, New York 1971.
33. **Nagy T.—Bojtár I.—Molnár Gy.:** A végelem-módszer alkalmazása síkbeli feladatokra. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1988.
34. **Nagy T.—Roller B.:** Automatikus és iteratív számítási módszerek a mélyépítési statikában. MTA SZTAKI Számítógéppel segített tervezés szimpózium, Budapest 1973.
35. **El Naschie, M. S.:** Stress, stability and chaos in structural engineering: an energy-approach. McGraw—Hill, London—Toronto 1990.
36. **Ostenfeld, A.:** Die Deformationsmethode. Springer, Berlin 1926.
37. **Popper Gy.:** A végelem-módszer matematikai alapjai. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1985.
38. **Roller, B.:** Berechnung von Seilträgernetzen. I. Teil. Acta Technica Acad. Sci. Hung. (1966), 3–4.
39. **Roller B.:** Rugalmasan kapcsolt merev elemekből álló héjszerkezet számítási elmélete. Számítástechnikai Közlemények (1970), 14.

40. **Roller B.:** Korlátozott kapcsolatú keretszerkezetek megoldása mátrix-elmozdulásmódszerrel. Mélyépítéstudományi Szemle (1975), XXV/2.
41. **Roller B.:** Tartószerkezetek elmélete és számítása. I. k. E.F.E. Egyetemi jegyzet, Sopron 1993.
42. **Rosman, R.:** Die statische Berechnung von Hochhauswänden mit Öffnungsreihen. W. Ernst und Sohn, Berlin—München 1965.
43. **Szabó J.:** A térbeli tartórács egyenlete. ÉTI Tudományos közleményei (1964), 34.
44. **Szabó, J.—Rózsa, P.:** Die Matrizengleichung von Stabkonstruktionen (in Falle kleiner Verschiebungen). Acta Techn. Acad. Sci. Hung. (1971), 71/1—2.
45. **Szabó, J.—Rózsa, P.:** Grosse Verschiebungen von Stabkonstruktionen. Acta Techn. Acad. Sci. Hung. (1973), 75/1—4.
46. **Szabó, J.—Sándor, I.:** Raszcsot prjámougolnüh sájb. Acta Technica Acad. Sci. Hung. (1961), 33/1—2.
47. **Szabó, J.—Scharle, P.:** Über die Beziehung zwischen der Theorie der Stabkonstruktionen und der Kontinuumaufgabe. Acta Techn. Acad. Sci. Hung. (1974), 79/1—2.
48. **Szilágyi, Gy.:** Analysis of skew anisotropic plates by the small parameter method. Periodica Polytechnica (1970), 14.
49. **Szilágyi, Gy.:** Inhomogeneous boundary conditions for finite strips. Periodica Polytechnica (1981), 25/3—4.
50. **Timoshenko, S.—Goodier, W.:** Theory of Elasticity. McGraw—Hill, New York—Toronto, London 1951.
51. **Tornyos, Á.—Vértes, Gy.:** Analysis of Composite Building Structures under Horizontal Dynamic Loads. Periodica Polytechnical Civil Eng. (1979), 23/2.
52. **Vértes Gy.:** Vázás és merevítőfalas magasházak önrezgésszámának meghatározása. Mélyépítéstudományi Szemle (1969), 9.
53. **Wang, P. C.:** Numerical and Matrix Methods in Structural Mechanics, with Application to Computers. John Wiley and Sons, New York 1966.

#### 4. pont:

1. **Domokos, G.:** Large deflections of elastic bars subjected to arbitrary, distributed loads. Newsletter of T.U. Budapest (1988), 6/2.
2. **Galaskó Gy.—Gáspár Zs.:** Sátorszerkezetek számítógéppel segített tervezése. Előadás az Automatizált tervezési vitakörben, 1984. márc. 12.
3. **Gáspár Zs.:** Kötélhálók tervezése és számítása számítógéppel. MTA SZTAKI és a CADC Szeminárium előadása, Budapest 1973.
4. **Gáspár Zs.:** Főgörbületi kötélnáló szerkesztése. Műszaki Tudomány (1976), 52/3—4.
5. **Gáspár Zs.:** Rugalmas rúdszerkezetek nagy elmozdulásának vizsgálata. Kandidátusi értekezés, Budapest 1976.
6. **Gáspár Zs.—Roller B.:** A véges szabadságfokú szerkezetek másodrendű elméletének néhány kérdéséről. Építés—Építészettudomány (1973), IV/3—4.

7. Halász O.—Roller B.—Vértes Gy.: Függesztett tetőszerkezetek számítása az elsőrendű elmélet alapján. Mélyépítéstudományi Szemle (1960), 3.
8. Hawranek, A.—Steinhardt, O.: Theorie und Berechnung der Stahlbrücken. Springer, Berlin 1958.
9. Korányi I.: Stabilitási kérdések a mérnöki gyakorlatban. Akadémiai Kiadó, Budapest 1965.
10. Roller B.: A függesztett tetőszerkezetek sztatikája. Egyetemi doktori értekezés, Budapest 1960.
11. Roller B.: A kettős görbületű, feszített függőtetők szekunder elmélete. ÉKME Tud. Közl (1962), VIII/1.
12. Roller B.: Függesztett tetőszerkezetek néhány típusának számítása. Kandidátusi értekezés, Budapest 1965.
13. Roller B.: Berechnung von Seilträgergeräten I—II. Acta Technica Acad. Sci. Hung. (1966. febr. 3—4), 55/1—2.
14. Roller B.: A feszített kötéltetők elméletének differenciálgeometriai egyenletei. Építés- és Közlekedéstudományi Közlemények (1966), 4.
15. Roller, B.—Gáspár, Zs.: Generalization of the Stability Analysis of Elastic Systems. Periodica Polytechnica C.E. (1974), 18/1—2.
16. Szabó J.: Kötélháló állapotterének elemzése. Építés- és Közlekedéstudományi Közlemények (1965), 2.
17. Szabó, J.: Ein Verfahren für die Formfindung vorgespannter Netzwerkkonstruktionen. IVBH. IX. Kongress, 1972 Schlussbericht.
18. Szabó, J.—Berényi, M.: Numerical Analysis of rectangular cable nets. Acta Technica Acad. Sci. Hung. (1972), 72/3—4.
19. Szabó, J.—Béres, E.: Beitrag zur Abhandlung über die „Berechnung von Seilträgergeräten“ von B. Roller. Acta Technica Acad. Sci. Hung. (1967), 59/1—2.
20. Szabó J.—Gáspár Zs.: Peremkábelekre feszített derékszögű kötélnáló számítása. Műszaki Tudomány (1974), 48/3—4.
21. Szabó, J.—Gáspár, Zs.: Bolsije peremescsenyija i poszlekriticseskije szosztrojanyija sztrezsnjevüch konsztrukcii. Uszpehi Mehaniki (1978), 1/1—2.
22. Szabó, J.—Kollár, L.: Structural design of cable-suspended roofs. Akadémiai Kiadó, Budapest 1984.
23. Southwell, R.: Relaxation methods in Engineering Science. Oxford, University Press 1951.
24. Szmodits K.: Függesztett tetőszerkezetek méretezési eljárásai. ÉTI Tudományos közleményei, 14. sz. Budapest 1959.
25. Zienkiewicz, O. C.—Cheung, Y. K.: The Finite Element Method in Structural and Continuum Mechanics. McGraw—Hill, New York 1967.

#### 5. pont:

1. Csellár Ö.—Halász O.—Réti V.: Vékonyfalú acélszerkezetek. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1965.
2. Gáspár, Zs.: Buckling models for higher catastrophes. J. Struct. Mech. (1977), 5/4.

3. Gáspár Zs.: Kritikus tökéletlenségi tartomány. Műszaki Tudomány (1982), 62/1–3.
4. Gáspár, Zs.: Nonlinear calculations of conservative structures. ZAMM (1982), 62/4.
5. Gáspár Zs.: Rugalmas szerkezetek tökéletlenség-érzékenysége. Akadémiai doktori értekezés, Budapest 1984.
6. Koiter, W.: Proceedings of the Symposium on the theory of thin elastic shells Delft 1959. North Holland Publ. Comp., Amsterdam 1959.
7. Kollár L.: A mérnöki stabilitáselmélet különleges problémái. Akadémiai Kiadó, Budapest 1991.
8. Korányi I.: Stabilitási kérdések a mérnöki gyakorlatban. Akadémiai Kiadó, Budapest 1965.
9. Popper Gy.: A Beck-féle stabilitási feladat viszkoelasztikus rúd esetén. Építés-Építészettudomány (1978), X.
10. Popper, Gy.—Gáspár, Zs.: Numerical method for solving eigenvalue problems of lambda-matrices of degrees. Acta Techn. Acad. Sci. Hung. (1982), 94/3–4.
11. Poston, T.—Stewart, J.: Katasztrófaelmélet és alkalmazásai. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1985.
12. Rózsa P.: Lineáris algebra és alkalmazásai. Akadémiai Kiadó, Budapest 1991.
13. Szabó, I.: Höhere Technische Mechanik. Springer, Berlin—Tokyo 1985.
14. Szabó, J.—Roller, B.: Asymptotic and iteration methods for the matrix analysis of structures with linear or nonlinear character. Acta Techn. Acad. Sci. Hung. (1967), 59/1–2.
15. Szmodits K.: Keretszerkezetek statikája, dinamikája és stabilitása. Akadémiai Kiadó, Budapest 1972.
16. Tarnai, T.: Destabilizing Effect of Additional Restraint on Elastic Bar Structures. International Journal of Mechanical Sciences (1980), 22.
17. Tarnai, T.—Kurutz, M.—Popper, Gy.: Numerical Solution of Eigenvalue Problems with Eigenvalue Parameter in the Boundary Conditions. Acta Technica Acad. Sci. Hung. (1982), 95.
18. Tarnai, T.—Popper, Gy.: Solution of Flexural-Torsional Problem of Beams by Series Expansion in Eigenfunctions of Quadratic Operator Pencils. Acta Technica Acad. Sci. Hung. (1979), 89.
19. Thompson, J. M. T.—Gáspár, Zs.: A buckling model for the set of umbilic catastrophes. Proc. of the Cambridge Phil. Soc. (1977), 82.
20. Timoshenko, S.: Theory of elastic stability. McGraw—Hill, New York—Toronto—London 1961.

6. pont:

1. Bojtár, I.—Kirchner, L.—Lovas, A.: Finite element analysis of human femur. Third Polish-Hungarian Joint Seminar on mechanics of inelastic solids and structures. T.N. Cracow 1990.
2. Kaliszky S.: Képlékeny ágyazatú és anyagú gerendák és lemezek teherbírásának számítása. ÉKME Tud. Közl. V. kötet, 1959.



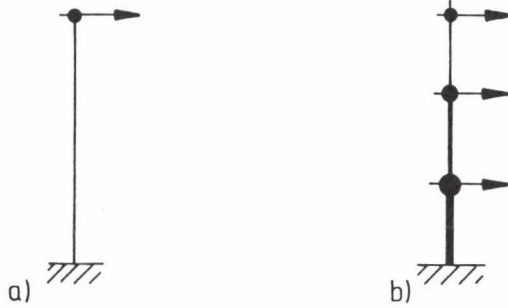
3. Kaliszky S.: Csonkakúp alakú vasbeton héj vizsgálata a törési elmélet alapján. ÉKME Tud. Közl. VII. kötet, 1961.
4. Kaliszky, S.: On the optimum design for reinforced concrete structures. Acta Technica Acad. Sci. Hung. (1968), 60.
5. Kaliszky, S.: Gábor Kazinczy. Periodica Polytechnica — Civil Eng. (1970), 28/1–4.
6. Kaliszky, S.: Optimal design of rigid plastic solids and structures under dynamic pressure. GAMM Tagung 1980. ZAMM, Band 61, 1981.
7. Kaliszky, S.: Plastizitátslehre. Theorie und Anwendungsn. Akadémiai Kiadó, Budapest, VDI Verlag, Düsseldorf 1984.
8. Kaliszky S.—Györgyi J.—Lovas A.: Panelvázás épületek igénybevételei a függőleges teher okozta süllyedésekből. Magyar Építőipar (1977), 8.
9. Kaliszky S.—Halász O.—Kollár L.: Rúdszerkezetek teherbírasszámítása és méretezése a képlékenységtan szerint. Mérnöki Továbbképző Intézet 1959.
10. Kaliszky S.—Korda J.—Kollár L.—Somogyi D.: A biztonság kérdése statikailag határozatlan vasbeton szerkezetben. MTA Műszaki Tud. Oszt. Közl. (1955), XV/1–4.
11. Kaliszky S.—Nédli P.: Lökésszerű teherrel terhelt merev-viszkoplasztikus anyagú szerkezetek nagy alakváltozásainak vizsgálata. Építés-Építészettudomány (1973), IV/3–4.
12. Kaliszky, S.—Nédli, P.: Analysis of elasto-plastic structures by mathematical programming. Acta Technica Acad. Sci. Hung. (1976), 83/3–4.
13. Kaliszky, S.—Nédli, P.—Tornyos, Á.: Progressive collapse analysis of large panel buildings. Third International Symposium on wall structures. Varsó 1985.
14. Kaliszky S.—Wolf K.: Panelvázás épületek számítása merev tárcsamodell segítségével. Építés-Építészettudomány (1978), X/3–4.
15. Kurutzné Kovács, M.: State change analysis of elastic-plastic structures with generalized conditional joints. ZAMM (1983), 63/4.
16. Nédli, P.—Fard, M. A.: Elastic plastic analysis of underground openings. Periodica Polytechnica (1991), 1–2.
17. Roller, B.: Numerische Untersuchung des Zustandes von Gesteinkomplexen. Acta Geod. Geoph. et Mont. Acad. Sci. Hung. (1978), 13/3–4.
18. Roller, B.: Discrete analysis of steady transport problems in case of a threshold gradient. Periodica Polytechnica C.E. (1979), 23/2.
19. Roller, B.: Integral equations for linear elasto-viscous skeletons. Periodica Polytechnica C.E. (1981), 25/3–4.
20. Roller B.: Viszkoelasztikus rúdszerkezetek munkatételei és variációs tételei. Építés-Építészettudomány (1984), XVI/1–2.
21. Roller, B.: The general state change equation of bar structures. Acta Technica Acad. Sci. Hung. (1989), 102/C/3.
22. Roller, B.: Systems theory, linear viscoelasticity and plasticity. Internal colloquium on stability of Steel Structures. Final Report. BME Acélszerkezeti Tanszék 1990.
23. Roller, B.: Rock mechanics of viscoelastic materials — a cooperation between department and research station. Acta Geod. Geoph. et Mont. Acad. Sci. Hung. (1992), 27/2–4.

7. pont:

1. **Kurutzné Kovács M.:** Feltételes kapcsolatokat tartalmazó szerkezetek gépi számítása kinematikai terhekkkel. Magyar Építőipar (1975), 7—8.
2. **Kurutzné Kovács M.:** A szubdifferenciális anyagtörvény elemzése egytengelyű feszültség- és alakváltozás-állapotban. Építés-Építésztudomány (1984), XVI/3—4.
3. **Kurutzné Kovács, M.:** Dual variational principles in stability analysis. European Journal of Mechanics A/Solids (1993), 12/3.
4. **Roller, B.—Szentiványi, B.:** Die Berechnung von Tragwerken mit bedingten Stützen und Verbindungen durch quadratische Programmierung. Periodica Polytechnica C.E. (1975), 19/3—4.
5. **Szabó, J.—Roller, B.:** Anwendungen der Matrizenrechnung auf Stabwerke. Akadémiai Kiadó, Budapest 1978.

8. pont:

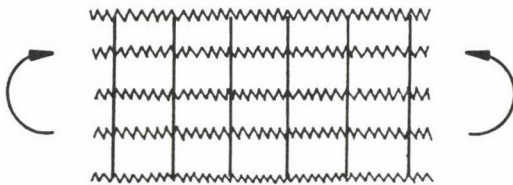
1. **Bojtár, I.—Bagi, K.:** A numerical model for the analysis of state changing processes in granular materials. ZAMM (1990), 70.
2. **Bosznay Á.:** Műszaki rezgésstan. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1962.
3. **Fodor Gy.:** A Laplace-transzformáció és műszaki alkalmazása. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1962.
4. **Havas, I.—Pikler, Gy.:** Solution of disc problems, an electrical analogue network. Periodica Polytechnica C.E. (1970), 14.
5. **Kaliszky S.:** Feltételes kapcsolatokat tartalmazó szerkezetek vizsgálata. Építés-Építésztudomány (1975), VI/3—4.
6. **Mutnyánszky Á.:** Kinematika és kinetika. Tankönyvkiadó, Budapest 1957.
7. **Tarnai, T.—Gáspár, Zs.:** Improved Packing of Equal Circles on a Sphere and Rigidity of Its Graph. Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society (1983), 93.



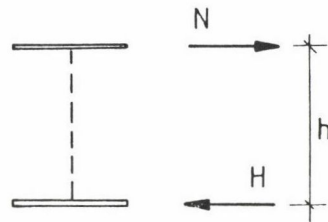
1/1. ábra. TV-torony modellje mint egy- és töbttömegű rendszer



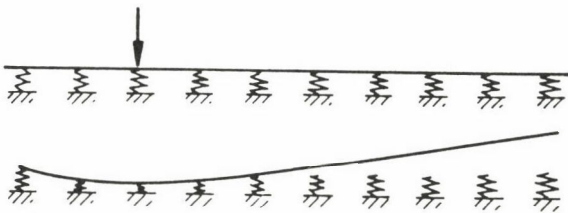
1/2. ábra. Metrószerelvény modellje mint tömegpont



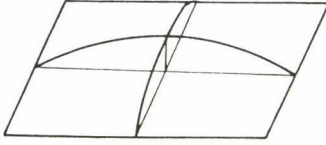
1/3. ábra. Tisztán hajlított rúd modellje



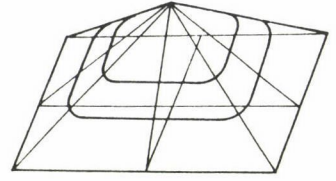
1/4. ábra. Shanley-féle keresztmetszet



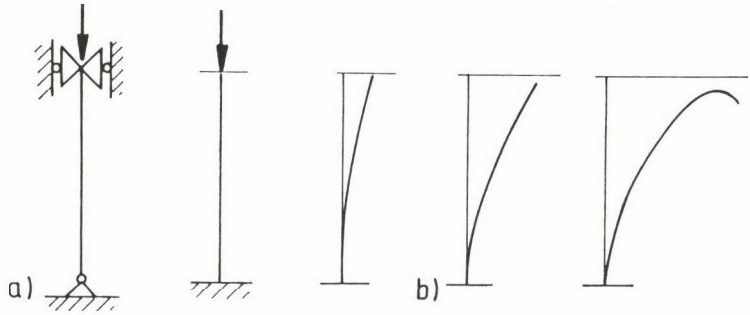
1/5. ábra. Fellovágó keresztalj



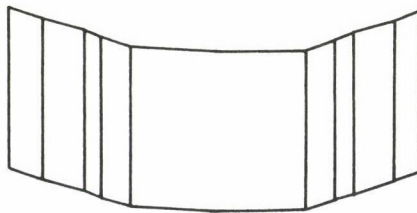
1/6. ábra. A rugalmas csavarás Prandtl-féle hártyahasonlata



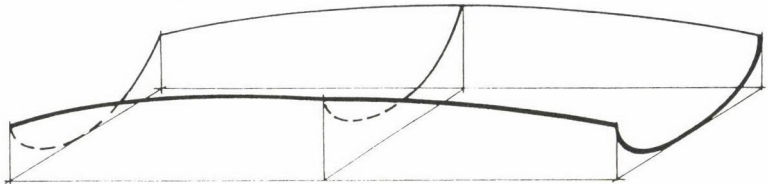
1/7. ábra. A képlékeny csavarás Nádai-féle hártyahasonlata



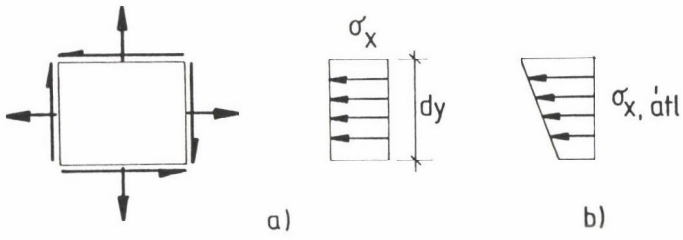
2/1. ábra. Euler-rúd és Euler-féle elasticák



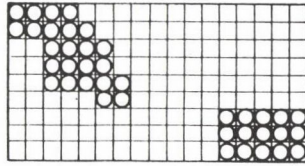
2/2. ábra. Hajlítással párosuló nyírás



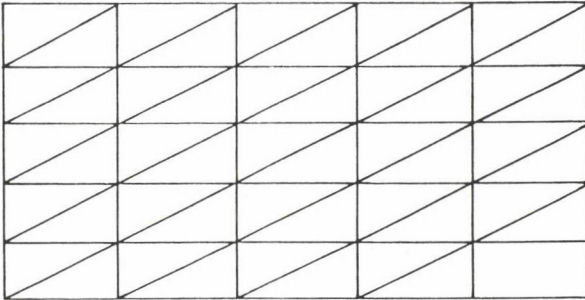
2/3. ábra. Kollár-féle héj-ív



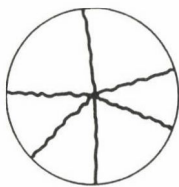
2/4. ábra. Feszültségeloszlás az elemen Cauchy és Cosserat szerint



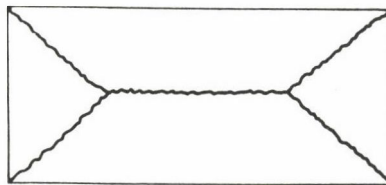
2/5. ábra. A Cosserat-kontinuum kinematikai modellje



2/6. ábra. A síkbeli tárcsa rácsmodellje

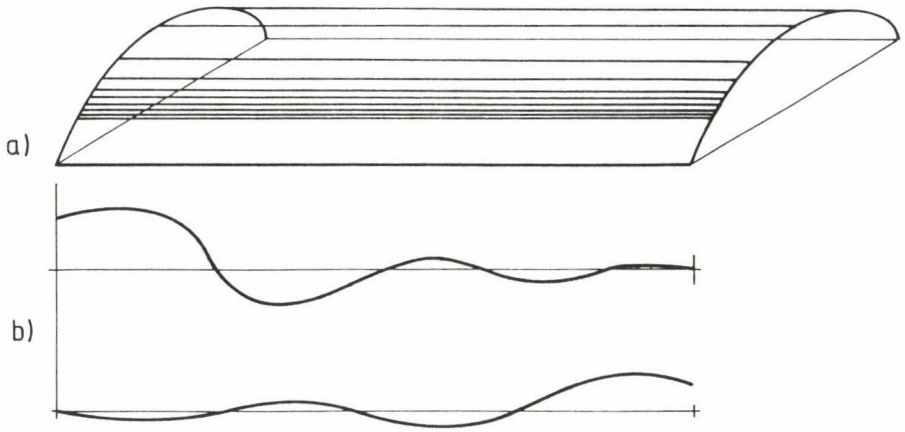


a)

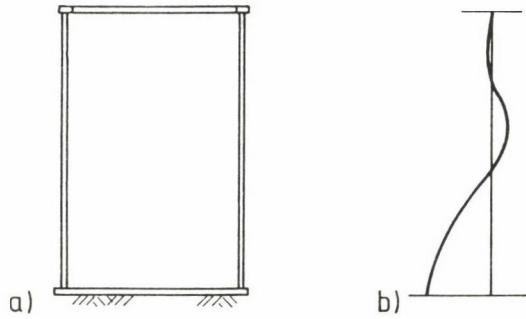


b)

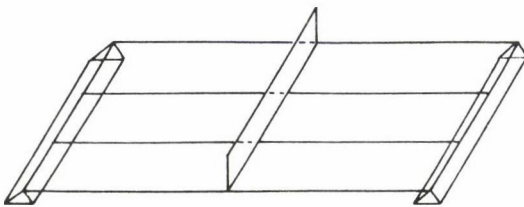
2/7. ábra. Lemez törésképei



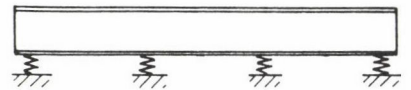
2/8. ábra. Hosszú hengerhéj csillapodó peremzavarral



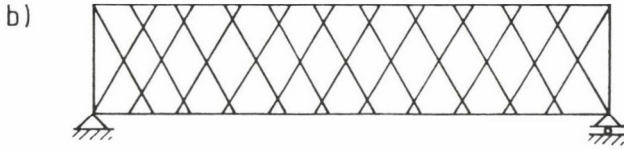
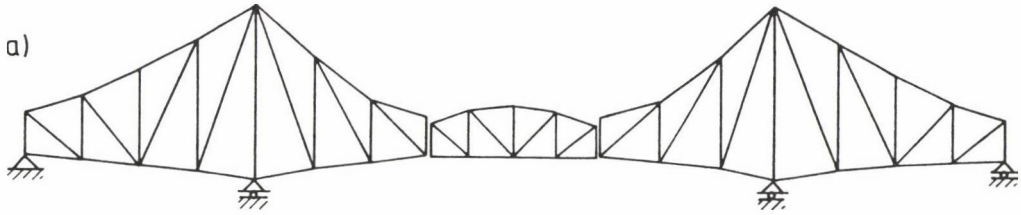
2/9. ábra. Körhengertartály csillapodó peremzavarral



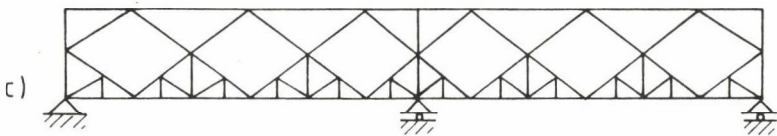
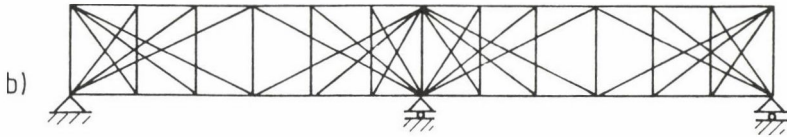
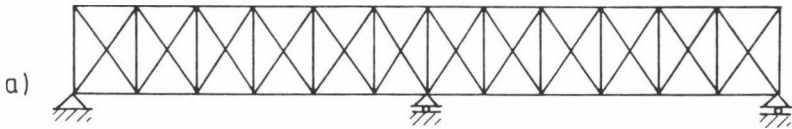
2/10. ábra. A csavarásmentes tartórács  
Leonhardt-féle modellje



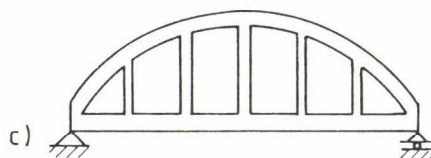
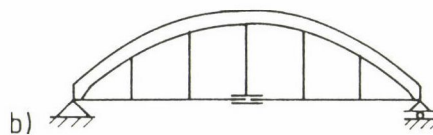
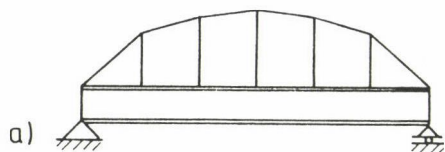
2/11. ábra. Engesser merev  
kereszttartó-modellje



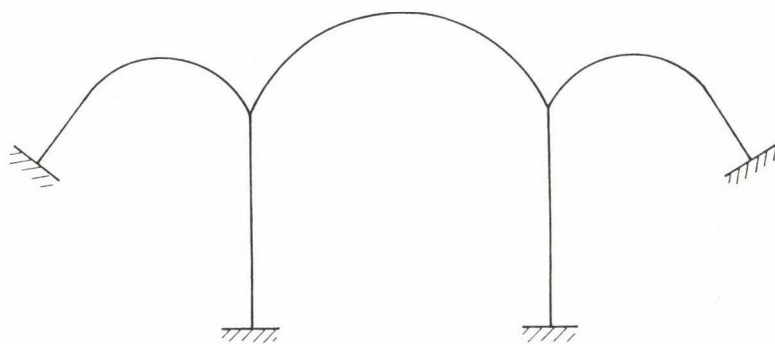
2/12. ábra. Rácsos Gerber-tartó és sokszorosan határozatlan rács-gerenda



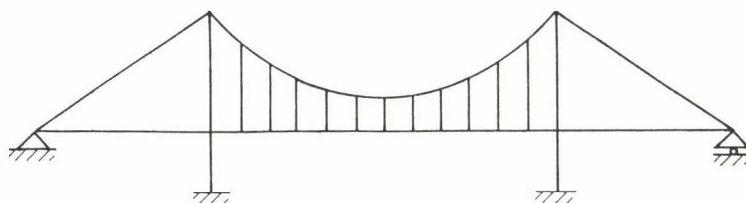
2/13. ábra. Bonyolult határozatlan rácsos tartók



2/14. ábra. A Langer-tartó különböző modelljei

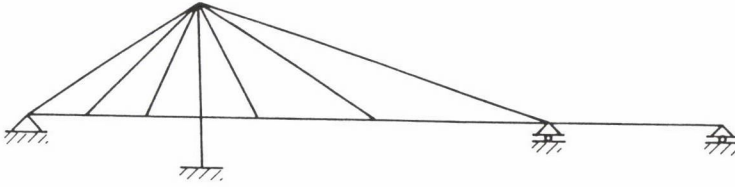


2/15. ábra. Kapcsolt ívrendszer statikai váza

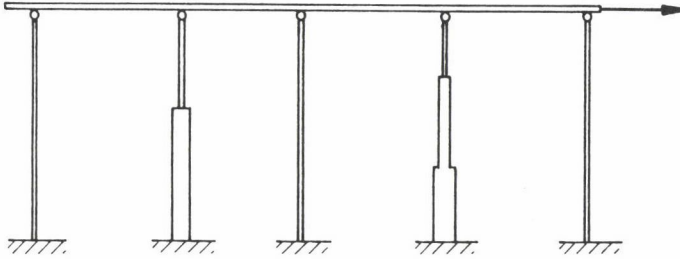


2/16. ábra. Kábelhíd statikai váza

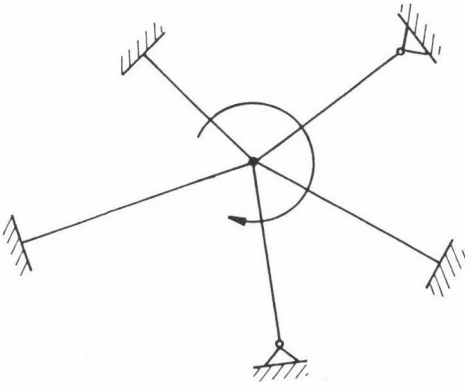




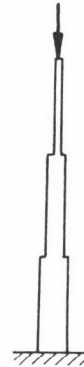
2/17. ábra. Hárfahíd statikai váza



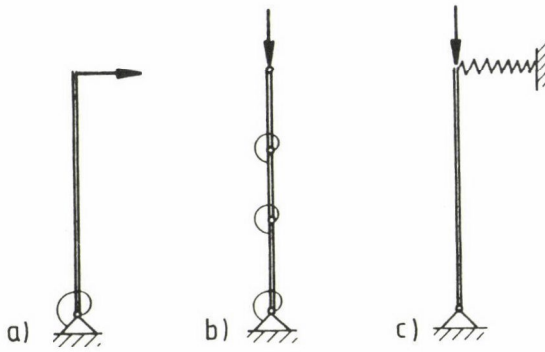
3/1. ábra. Párhuzamosan kapcsolt oszloprend



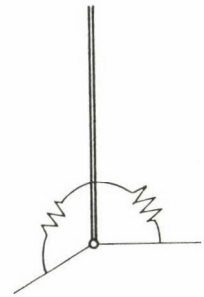
3/2. ábra. Rúdc sillag



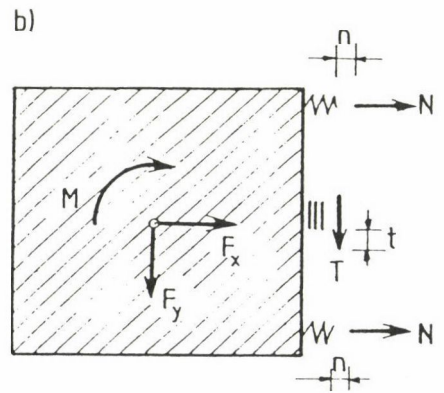
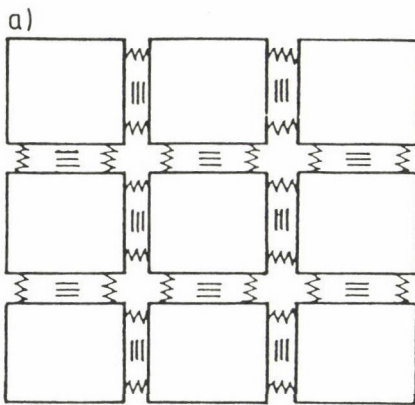
3/3. ábra. Változó merevségű oszlop  
mint sorbakapcsolt oszlopok együttese



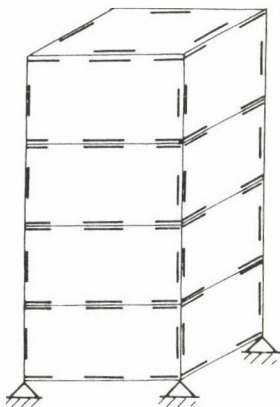
3/4. ábra. Hajlékony oszlopok diszkrét modelljei



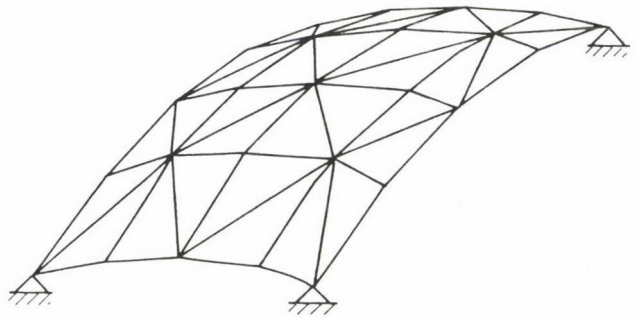
3/5. ábra. Augusti modellje



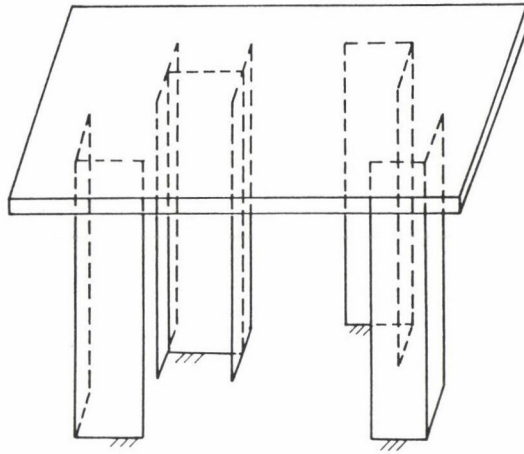
3/6. ábra. Kaliszky modellje rugalmasan kapcsolt merev panelekből



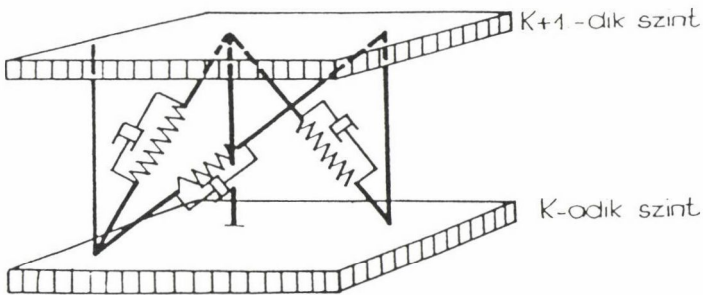
3/7. ábra. Panelvázás épület statikai váza



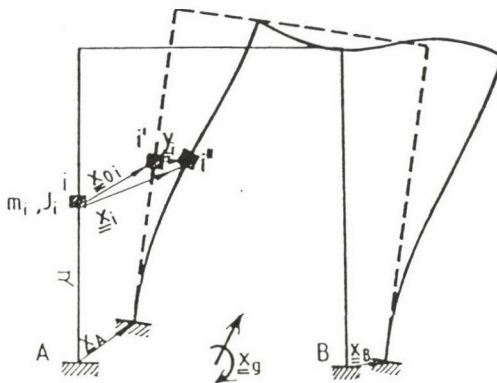
3/8. ábra. Héjszerkezet modellje rugalmasan kapcsolt merev tárcsákból



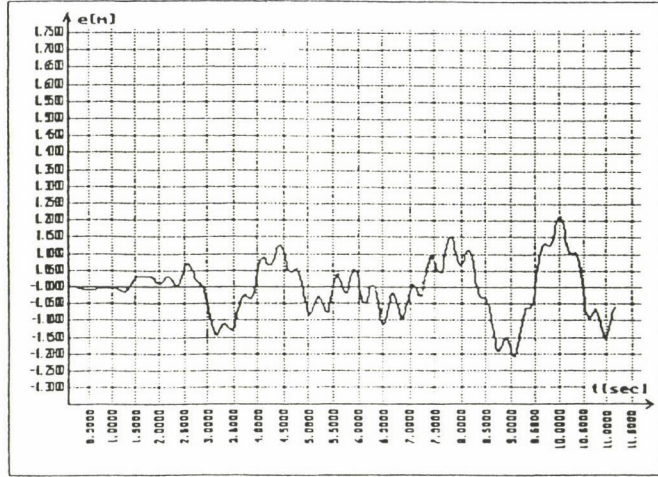
3/9. ábra. Merev födém rugalmasan hajlított és csavart oszlopokkal



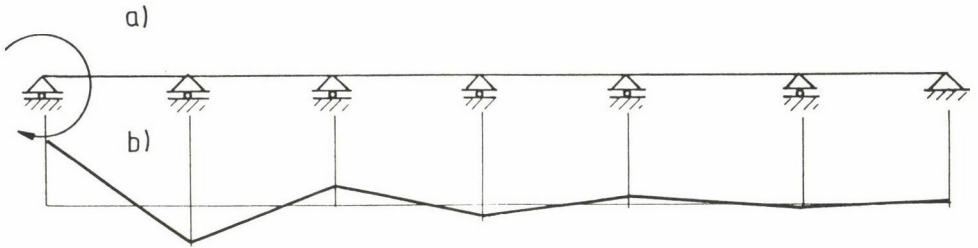
3/10. ábra. Vértess és Tornycs épületmodellje



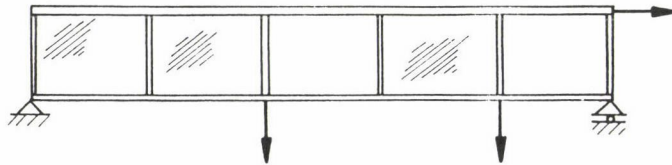
3/11. ábra. A támaszpont gerjesztő mozgása miatt deformálódott keret



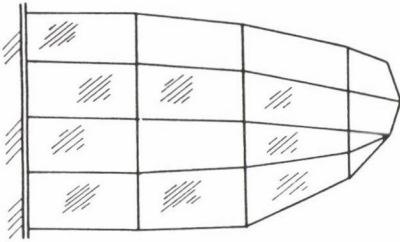
3/12. ábra. Modál analízissel meghatározott elmozdulási diagram



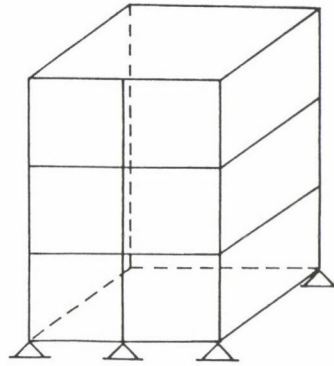
3/13. ábra. Töbttámaszú tartó lecsengő igénybevétellel



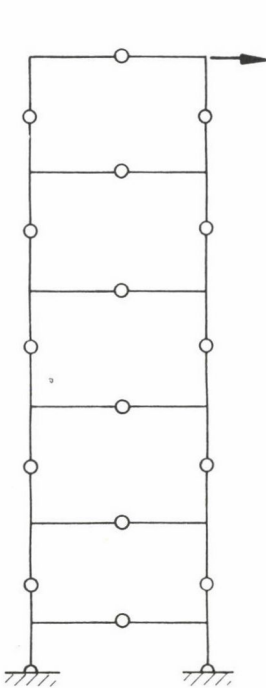
3/14. ábra. Nyírt mezős gerendamodell



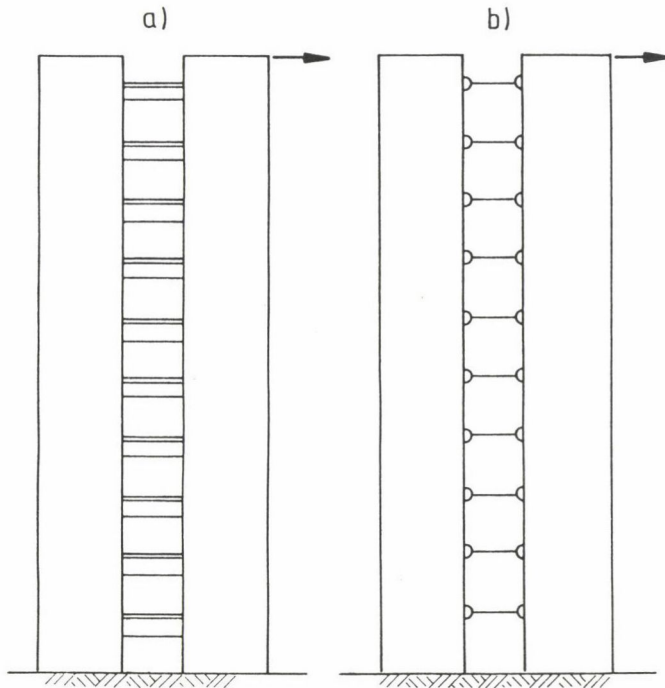
3/15. ábra. Repülőgépszárny nyírt mezős modellje



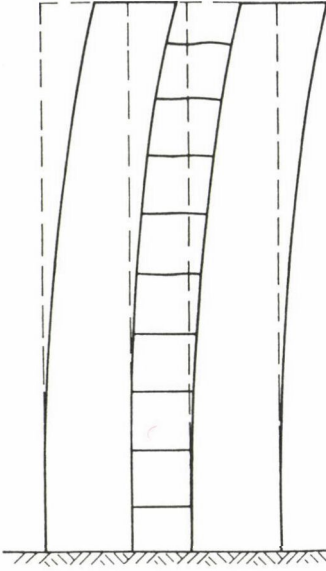
3/16. ábra. Térbeli keretváz



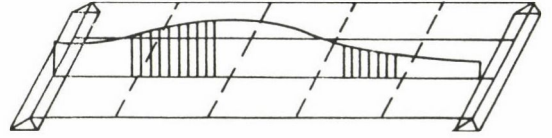
3/17. ábra. Toronykeret statikailag határozott modellje



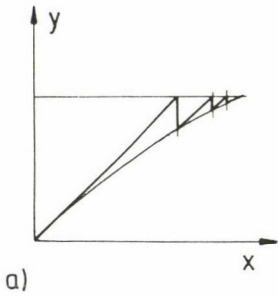
3/18. ábra. Rossman-féle merevítőfal-modellek



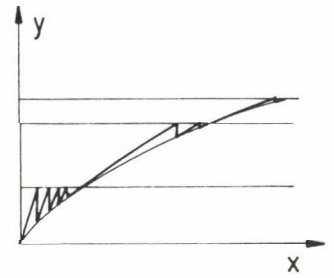
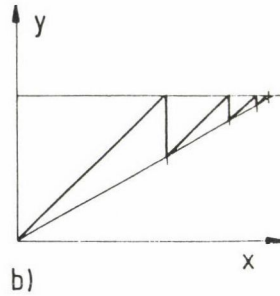
3/19. ábra. Merevítőfal alakváltozása



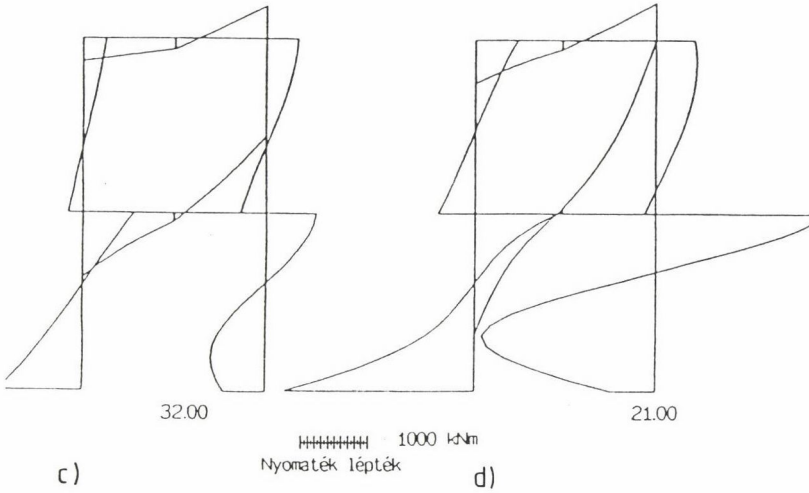
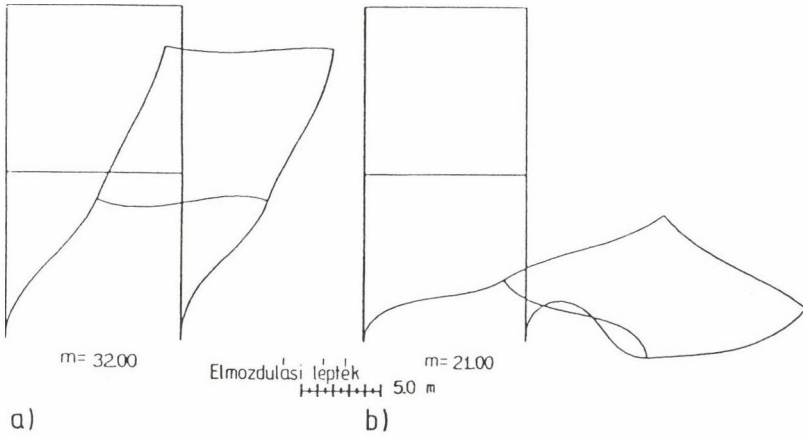
3/20. ábra. Hídépítési lemez véges sávos modellje



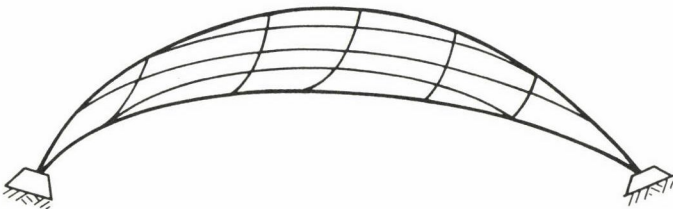
3/21. ábra. A Newton—Raphson-módszer nemlineáris és lineáris esetben



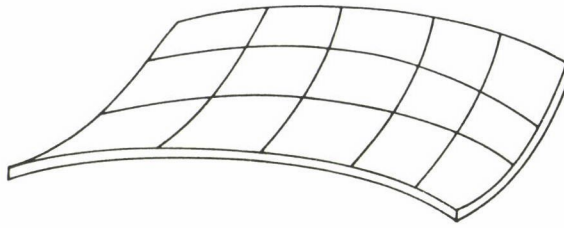
3/22. ábra. Szakaszokra bontott Newton—Raphson-eljárás



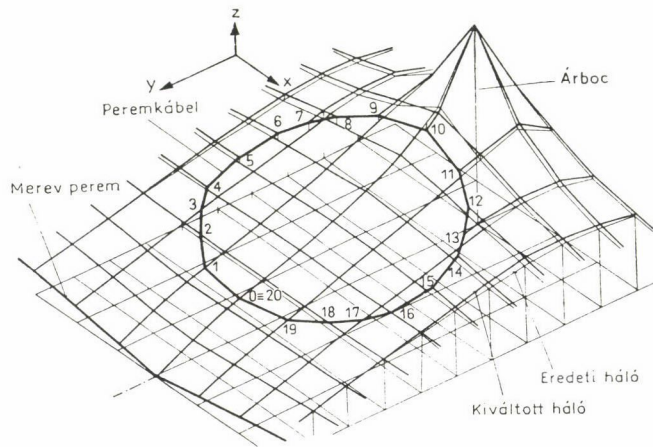
4/1. ábra. Rúdszerkezet nagy elmozdulása; alakváltozási és nyomatéki ábrák



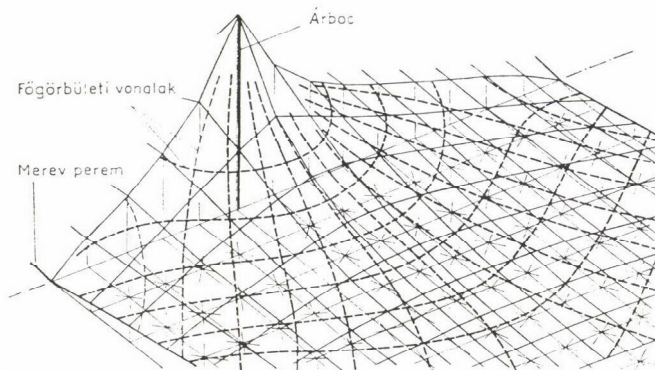
4/2. ábra. Függesztett tetőszerkezet (Rayleigh-aréna)



4/3. ábra. Független derékszögű négyzög alaprajzon

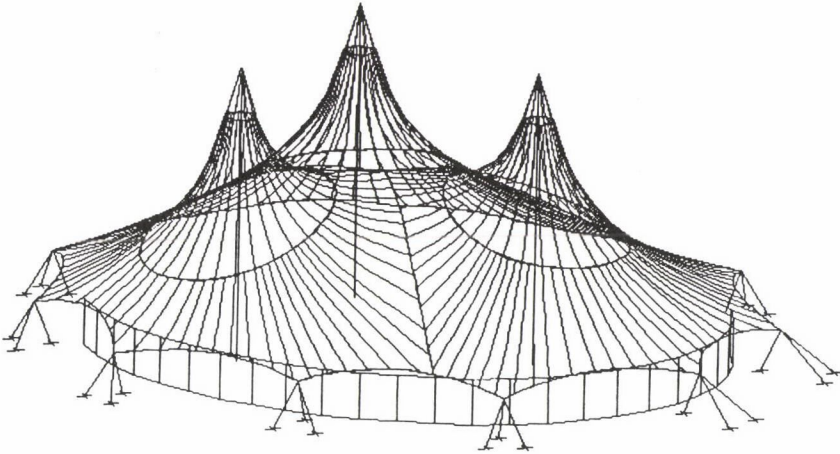


4/4. ábra. Szabad peremű és árbocra is feszített háló

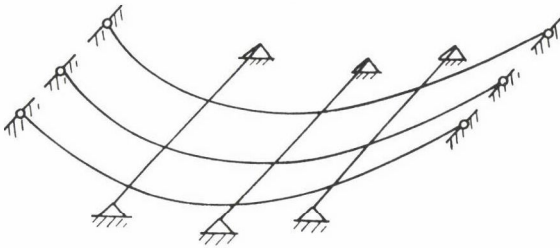


4/5. ábra. Főgörbületi háló

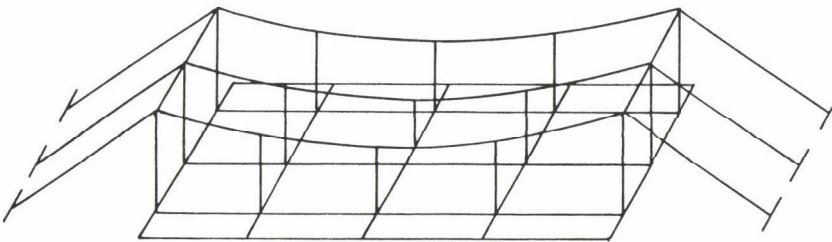




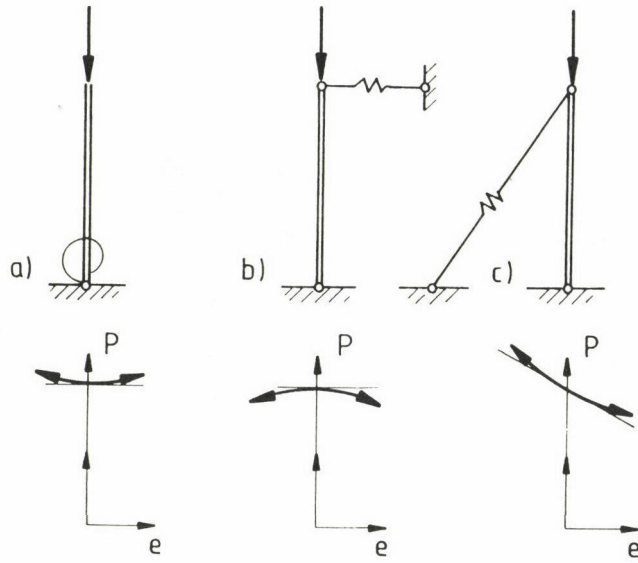
4/6. ábra. Ponyvaszerkezet számítógéppel rajzoltatott képe



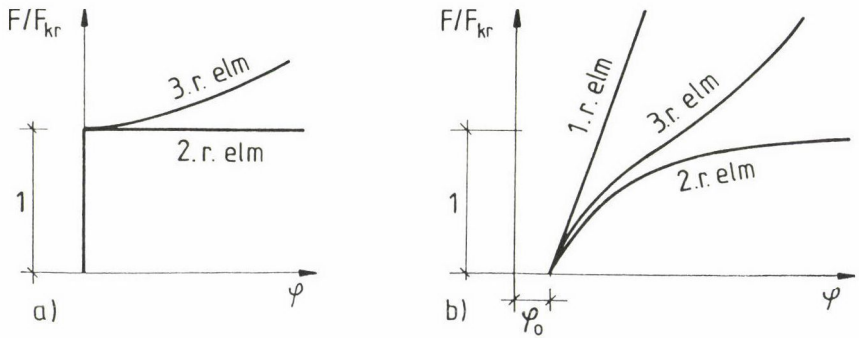
4/7. ábra. Gerendával merevített köteltető



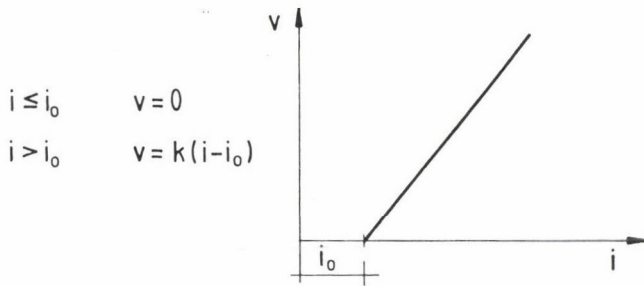
4/8. ábra. Tartórácssal merevített kábelrendszer



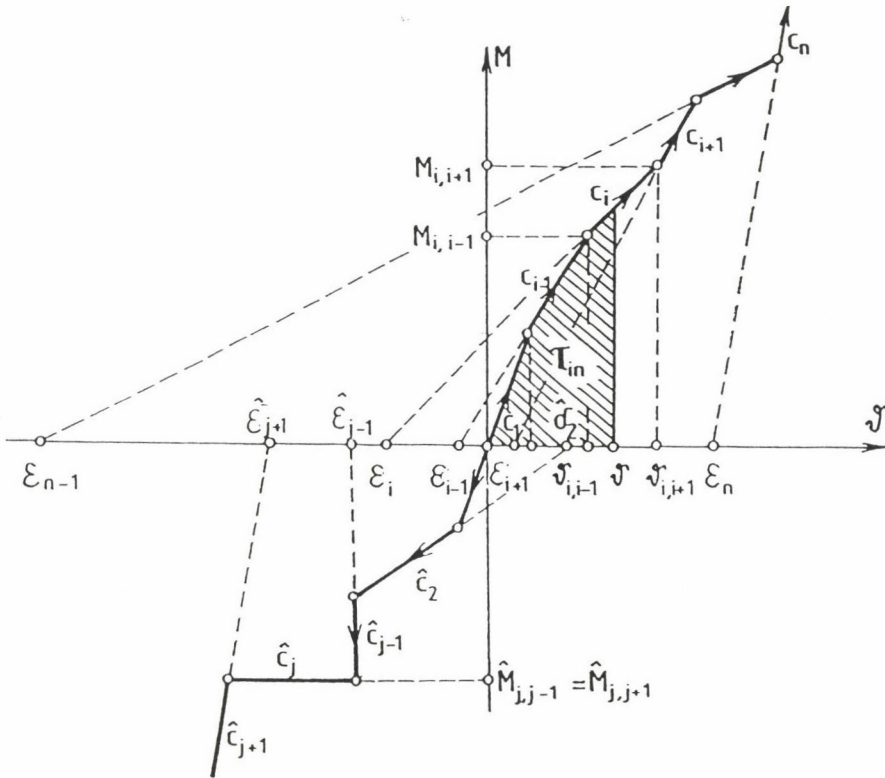
5/1. ábra. Különböző módon megtámasztott merev oszlopok és végpontjaik egyensúlyi útja



5/2. ábra. A Hencky-modell tetőpontjának egyensúlyi útja tökéletes és tökéletlen elrendezés esetén



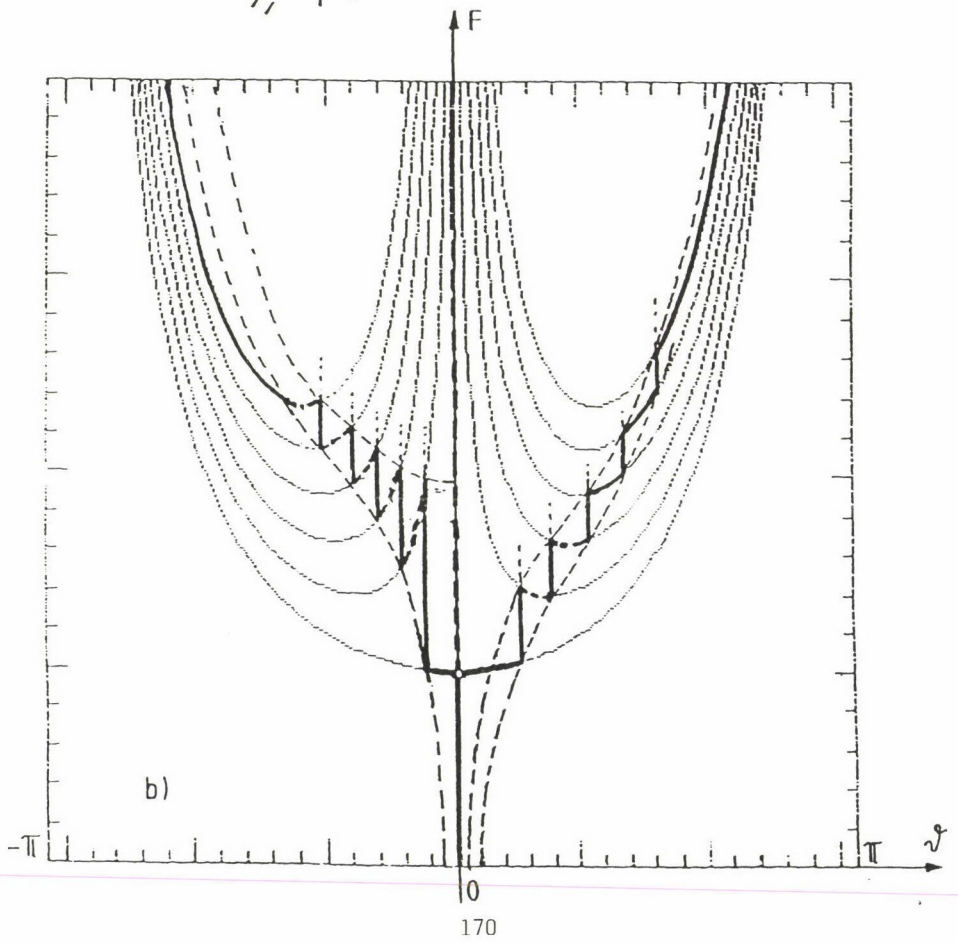
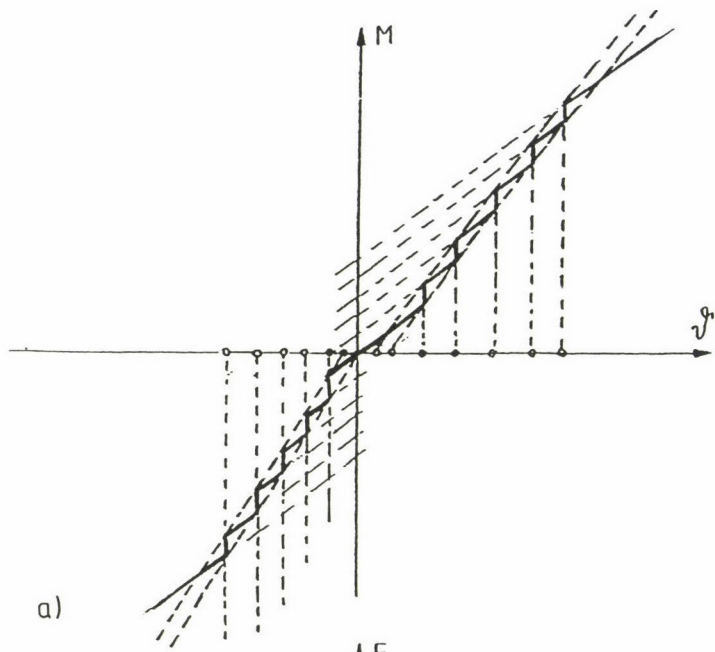
6/1. ábra. A küszögradienssel nehezített szivárgás módosított Darcy-törvénye



7/1. ábra. Tömörödő-lazuló anyag, illetve záruló-kotyogó szerkezet munkadiagramja

7/2. ábra. Az előbbi tulajdonságú Hencky-modell viselkedése.

- a) Összetett jellegű munkadiagram;
- b) Egyensúlyi út elágazásokkal



## SZÖVETORIENTÁCIÓS ANALÍZIS

### 1. BEVEZETÉS

A számítógépes képfeldolgozás egyre nagyobb teret követel magának a tudományos élet számos területén. A Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki Karának Mechanika Tanszékén néhány éve folyó, többirányú biomechanikai kutatások alkalmával magunknak is computer tomográf (CT) által készített digitális rétegfelvételekkel kellett dolgoznunk. Erre a topológiai információk kinyerése céljából volt szükségünk. Ennek során az egyik legfontosabb feladattá vált annak eldöntése, hogy a CT-képek tetszőleges tartományaiban izotróp vagy anizotróp anyagi viselkedés tételezhető-e fel, továbbá utóbbi esetben melyek az anizotrópia főirányai.

Helytállónak tűnik az a feltevés, miszerint az anizotróp (esetleg ortotróp) anyagi viselkedés összefügg a szövetszerkezet szálas elrendeződésének jellegével, mértékével és irányítottságával. A szálelrendeződések irányában nyilvánvalóan más anyagi tulajdonságok tételezhetők fel, mint az attól eltérő irányokban. (Gondoljunk pl. a fa szálas felépítéséből adódó tulajdonságaira.)

Az alábbiakban e cikkben kívánok beszámolni az e feltevésre alapozott, úgynevezett szöveterorientációs analízis kifejlesztéséről.

### 2. A MEGOLDÁS ALAPELGONDOLÁSÁNAK GEOMETRIAI INTERPRETÁCIÓJA

A CT-felvételeken a szálelrendeződés a mért sűrűségértékek vonalas rendezettségének formájában jelentkezik. Az orientációs analízis alapötletének megértéséhez a következő szemléletes gondolatmenetet javaslom. A CT-kép lényegében nem más, mint egy  $z = f(x, y)$  vektortól függő skalár függvény formában felvehető térbeli felület diszkrét pontjaiban mért  $z$  koordinátáinak („sűrűségi értékek”) mátrixa. Az  $xy$  sík a képernyő síkjának felel meg, ahol az origó a CT-kép bal felső sarkában található, az  $x$  koordináták balról

jobbra, míg az  $y$  koordináták fentről lefelé növekednek. Az  $x$  és  $y$  koordináta-párok egy-egy képpontot jelölnek ki, míg  $z$  az ahhoz tartozó sűrűségi értéket jelenti a balkezes koordináta-rendszernek megfelelően. E térbeli felületen a szálelrendeződés „gátszerű gyűrődések” formájában látható. A „gyűrődések” megléte és iránya a felület szintvonalainak ( $x$  tengelytől mért) hajlásszögeiből deríthető ki. A felület diszkrét pontjaiban (képpontokban) a szintvonalak rendezettsége a gyűrődések (szálelrendeződés) létezésére, míg a rendeződési irány a gyűrődések „átlagos” irányára utal. A rendezettség és a rendeződési irány fogalmának korrekt matematikai definiálása éppen az egyik fő feladata e munkának.

Ortotróp anyagi viselkedés tételezhető fel, ha csak egy olyan irányt találunk, amely köré e diszkrét pontokban (képpontokban) megkeresett szintvonalak csoportosulnak.

Ha két ilyen irány létezik és azok nem merőlegesek egymásra, akkor az anyag általánosan anizotrópnak fogható fel. (Két, egymásra merőleges irány visszaadja az előbbi ortotróp esetet.)

A későbbiekben bemutatandó egytengelyű vizsgálat az ortotróp viselkedési „hajlam” felderítésére, míg a kéttengelyű szövetorientációs analízis már az anizotróp jelleg mérésére is képes.

Nem szabad megfeledkezni arról, hogy azokon a részeken, ahol a felület érintősíkja közel párhuzamos az  $xy$  síkkal, a szintvonal hajlásszöge pontatlanul számítható, valamint jóval kevésbé jellemzi a gyűrődések irányát, mint a többi pont szintvonalának hajlásszöge. A számított irány annál karakterisztikusabban, határozottabban adja meg a gyűrődés irányát, minél meredekebb a vizsgált helyen felvehető felületi érintősík.

A szövetorientációs analízist mindezek alapján két lépésből építem föl:

a) A vizsgálatra kijelölt szövettartomány valamennyi képpontjában (azokat egységnyi távolságra képzelve egymástól) meghatározom a  $z = f(x, y)$  felület szintvonalainak hajlásszögeit és egy olyan súlyozó tényezőt, amely ezen hajlásszög gyűrődési irányt determináló mértéket jelzi.

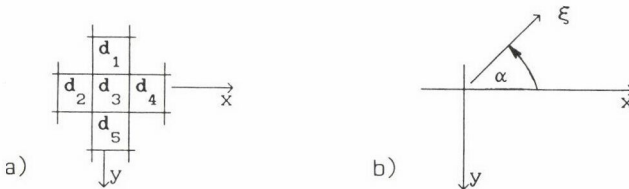
b) A szintvonal-hajlásszögek és a súlyozó tényezők birtokában egy vagy két irányt kell megkeresni, melyek köré e szintvonal-hajlásszögek összpontosulnak. Szükség van továbbá a rendezettség mértékét jelző (az ortotrópiai, illetve anizotrópiai „hajlamot” kifejező) mérőszám(ok) előállítására.

## 2.1. A szintvonal-hajlásszögek és súlyaik számítása

Egy képpont fölött a felület szintvonalának meghatározásához a felület érintősíkját a vizsgált pont és a szomszédos négy pont felhasználásával

$$z = g(x, y) = a_1 x + a_2 y + a_3 \quad (\text{A.1})$$

alakú (lokális koordináta-rendszerben felírt) függvénnyel közelítem, melyben az  $a_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) konstansok meghatározásához az A.1./a ábrán látható  $d_i$  ( $i = 1, \dots, 5$ ) denzitási (sűrűségi) értékek ismerete elegendő.



A.1. ábra. A vizsgált pont és környezete

A lokális rendszer  $x = 0$ ,  $y = 0$  helyéhez tartozó érintősík állását a parciális deriváltak egyértelműen megadják:

$$\left. \frac{\partial g}{\partial x} \right|_{\substack{x=0 \\ y=0}} = a_1, \quad (\text{A.2a})$$

$$\left. \frac{\partial g}{\partial y} \right|_{\substack{x=0 \\ y=0}} = a_2. \quad (\text{A.2b})$$

Az érintősíknak — az  $xy$  síkon — az  $x$  tengellyel  $\alpha$  szöget bezáró  $\xi$  irányba eső meredeksége (A.1./b ábra) (A.2) alapján

$$a_1 \cdot \cos \alpha - a_2 \cdot \sin \alpha \quad (\text{A.3})$$

irány menti derivált formában kapható meg. (A negatív előjel a balkezes koordináta-rendszernek és az óramutató járásával ellentétesen pozitívnak értelmezett  $\alpha$  szögnek tudható be.) A szintvonal hajlásszöge ( $\alpha$ ) tehát a következő egyenletből adódik:

$$a_1 \cdot \cos \alpha - a_2 \cdot \sin \alpha = 0. \quad (\text{A.4})$$

Ebből

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a_1}{a_2}, \quad (\text{A.5a})$$

illetve  $a_2 \approx 0$  esetén

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{a_2}{a_1} \quad (\text{A.5b})$$

adódik, mely  $\alpha$ -t egyértelműen meghatározza. Fontos, hogy  $\alpha$  a  $(-\pi/2, +\pi/2)$  jobbról zárt intervallumba essen.

A súlyozó tényező megállapításához vegyük a  $\beta = \alpha + \pi/2$  legnagyobb lejtéshez tartozó irányban az érintősík meredekségét:

$$\operatorname{tg} \vartheta = a_1 \cdot \cos \beta - a_2 \cdot \sin \beta. \quad (\text{A.6})$$

Itt  $\vartheta$  a legnagyobb lejtést (emelkedést) mérő szög  $(-\pi/2 < \vartheta < \pi/2)$ .  $\vartheta$  értéke erősen függ a sűrűségi értékek ábrázolásánál használt léptéktől. Mivel a következőkben bevezetendő súlyozó tényező feladatát csak nem túl nagy  $\vartheta$  értékek esetén képes hatékonyan betölteni, ezért az ábrázolás léptékét válasszuk meg például úgy, hogy a legkisebb és a legnagyobb sűrűség közti eltérés mértéke pl. kettő legyen. Ekkor könnyen bizonyítható, hogy  $|\vartheta|$  nem lépi túl az  $\arctg \sqrt{2} \approx 54,74^\circ$  értéket. Súlyozó tényezőnek megfelelő például az így számított  $\vartheta$  szög sinusának négyzetét választani:

$$s = \sin^2 \vartheta. \quad (\text{A.7})$$

Természetesen a lépték és a súlyozó tényező megválasztásakor számos más megoldás is alkalmazható; ez e munka további részeit lényegileg nem befolyásolja.

Még nem volt szó az  $a_1$  és az  $a_2$  konstansok számításáról. Abból a feltételből, hogy  $\mathbf{g}(\mathbf{x}, \mathbf{y})$   $\mathbf{x} = 0$ ,  $\mathbf{y} = 0$  helyhez tartozó,  $x$  és  $y$  irányú deriváltjai egyezzenek meg az ide tartozó differenciáhányadosokkal,  $a_1$  és  $a_2$  együtthatókra

$$\left. \frac{\partial \mathbf{g}}{\partial \mathbf{x}} \right|_{\substack{\mathbf{x}=0 \\ \mathbf{y}=0}} = a_1 = \frac{1}{2} (\mathbf{d}_4 - \mathbf{d}_2),$$
$$\left. \frac{\partial \mathbf{g}}{\partial \mathbf{y}} \right|_{\substack{\mathbf{x}=0 \\ \mathbf{y}=0}} = a_2 = \frac{1}{2} (\mathbf{d}_5 - \mathbf{d}_1) \quad (\text{A.8})$$



adódik. Ezzel (A.5) az alábbi formát veszi fel:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d_4 - d_2}{d_5 - d_1}, \quad (\text{A.9a})$$

illetve  $d_5 - d_1 \cong 0$  esetén:

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{d_5 - d_1}{d_4 - d_2}. \quad (\text{A.9b})$$

Ha (A.9)-ben a számláló és a nevező egyaránt zérus, akkor  $s$  súlyozó tényező nulla (vízszintes érintősík esete), így  $\alpha$  tetszőlegesen megválasztható.

Az eddigiek szerint kiszámítva a vizsgálatra kijelölt (nem szükségképpen téglalap alakú) szövettartományhoz tartozó valamennyi ( $n$  db) képpontban a szintvonal hajlásszögét és a súlyozó tényezőt, az  $\alpha_i$ ,  $i = 1, \dots, n$  és az  $s_i$ ,  $i = 1, \dots, n$  számsorok ismertté válnak. (Az  $n$  db képpontba azok tartoznak bele, melyek környezetében a számításhoz szükséges sűrűségértékek /képpontok/ rendelkezésre állnak.)

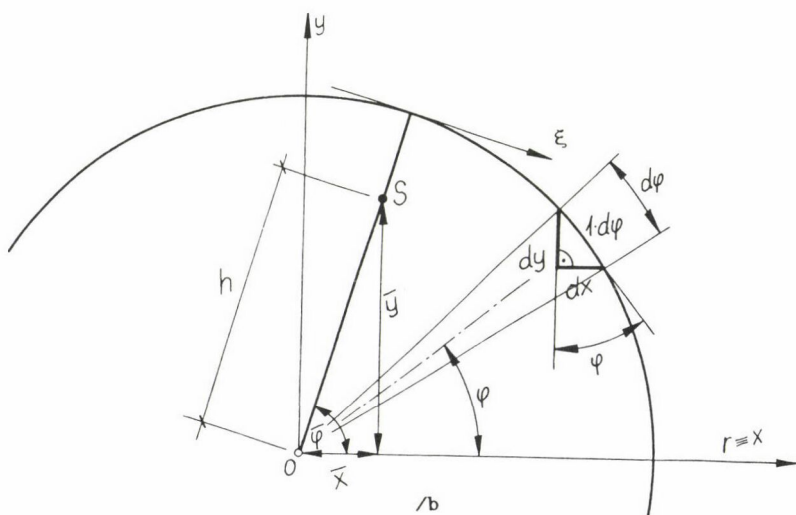
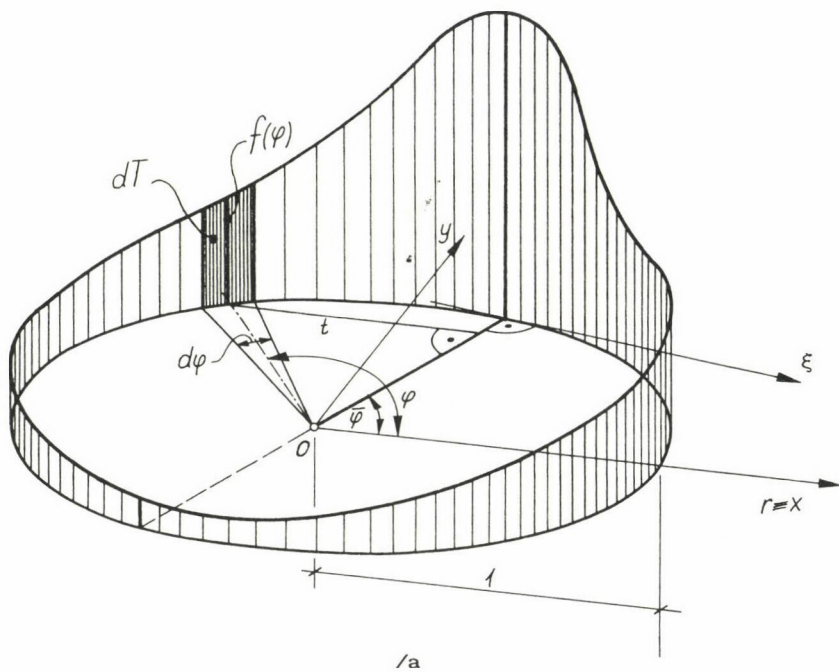
### 3. EGYTENGELYŰ VIZSGÁLAT

A szöveterorientációs analízis második lépéseként e vizsgálat keretében két számérték meghatározása szükséges. Az első egy olyan irány számítása, mely köré a szintvonal-hajlásszögek (az  $\alpha_i$  értékek) csoportosulnak. A második szám a rendezettség mértékét, az ortotropiái „hajlamot” fejezi ki.

#### 3.1. A várható érték

Képezzük az  $\alpha_i$ ,  $i = 1, \dots, n$  értékekből a  $\varphi_i = 2\alpha_i$  statisztikát. Természetes, hogy míg az  $\alpha$  valószínűségi változóra a  $-\pi/2 \leq \alpha \leq \pi/2$  feltétel, addig  $\varphi$ -re a  $-\pi \leq \varphi \leq \pi$  feltétel teljesül. Így a  $\varphi$  valószínűségi változó  $f(\varphi)$  sűrűségfüggvényét (A.2./a ábra) egy egységsugarú kör fölé rajzolt „pecsétgyűrű” szemlélteti. Ennek elemi  $dT = f(\varphi) \cdot d\varphi$  területe jelenti annak valószínűségét, hogy  $\varphi_i$  értéke  $\varphi - d\varphi/2$  és  $\varphi + d\varphi/2$  közé esik (ahol  $\varphi$ -t az  $r$  alap-tengelytől számítjuk). Első feladatunk  $\varphi$  várható értékének,  $\bar{\varphi}$ -nak előállítás.

$\bar{\varphi}$ -t egyértelműen meghatározza az  $\bar{x}$  és  $\bar{y}$  értékpár, melyek közül az előbbi a sűrűségfüggvény  $r \equiv x$  tengelyére vonatkozó, utóbbi pedig a rá merőleges  $y$  tengelyre vett vetületének várható értéke (l. az A.2./b ábrát, melyen az



A.2. ábra. A „pecsétgyűrű” alakú sűrűségfüggvény

egységsugarú kör felülnézetben látható). Az  $\bar{x}$ ,  $\bar{y}$  koordináták által megadott  $S$  pont nem más, mint a „pecsétgyűrű" alátámasztási pontja, vagyis az  $xy$  síkon vett súlypontja. Az  $S$  pont polár-koordinátái  $\bar{\varphi}$  és  $h$ . Az  $OS$  élhez tartozó  $\bar{\varphi}$  szög legyen a továbbiakban mint várható érték definiálva. (A feladat — geometriai reprezentálása következtében — lényegében kétdimenzióssá vált, így a tényleges várható érték az  $S$  pont mindkét koordinátájával jellemezhető. Mivel azonban az eredeti célkitűzésünk  $\bar{\varphi}$  meghatározása, melynek szempontjából  $h$  értéke közömbös, a továbbiakban  $\bar{\varphi}$ -ra a 'polár-koordinátákban fölírt várható érték első koordinátája' helyett egyszerűen a 'várható érték' megnevezést használom.)

$\bar{x}$  és  $\bar{y}$  számítása a várható érték definíciója alapján ( $/A6/$ ,  $/A11/$ ) a következő:

$$\oint (\mathbf{x} - \bar{\mathbf{x}}) f(\mathbf{x}) d\mathbf{x} = 0, \quad (A.10a)$$

$$\oint (\mathbf{y} - \bar{\mathbf{y}}) f(\mathbf{y}) d\mathbf{y} = 0, \quad (A.10b)$$

ahol  $\mathbf{f}(\mathbf{x})$  és  $\mathbf{f}(\mathbf{y})$  megegyezik  $\mathbf{f}(\varphi)$ -vel, összetartozó  $\varphi$ ,  $\mathbf{x}$  és  $\mathbf{y}$  esetén.

Megjegyzem, hogy a sűrűségfüggvény mindkét koordináta-tengelyre vett vetülete két részből áll (például az  $x$  tengely esetében a  $0 \leq \varphi \leq \pi$  és a  $\pi < \varphi < 2\pi$  részek vetítéséből).  $\bar{x}$  és  $\bar{y}$  ily módon történő számítása tulajdonképpen e két részfüggvény összegének várható értékét adja. Az A.2. ábra jeleléseit követve

$$\begin{aligned} \mathbf{x} &= \cos \varphi, & \mathbf{y} &= \sin \varphi, \\ \bar{\mathbf{x}} &= h \cdot \cos \bar{\varphi}, & \bar{\mathbf{y}} &= h \cdot \sin \bar{\varphi}, \\ dx &= d\varphi \cdot \sin \varphi, & dy &= d\varphi \cdot \cos \varphi. \end{aligned} \quad (A.11)$$

Ezek felhasználásával áttérhetünk (A.10) polár-koordinátákkal történő felírására:

$$\oint (\cos \varphi - h \cdot \cos \bar{\varphi}) \cdot \sin \varphi \cdot f(\varphi) d\varphi = 0, \quad (A.12a)$$

$$\oint (\sin \varphi - h \cdot \sin \bar{\varphi}) \cdot \cos \varphi \cdot f(\varphi) d\varphi = 0. \quad (A.12b)$$

(A.12b)-ből (A.12a)-t kivonva

$$\sin \bar{\varphi} \cdot \oint \cos \varphi \cdot f(\varphi) d\varphi = \cos \bar{\varphi} \cdot \oint \sin \varphi \cdot f(\varphi) d\varphi \quad (A.13)$$

adódik, melyből

$$\oint \sin(\varphi - \bar{\varphi}) \cdot \mathbf{f}(\varphi) d\varphi = 0 \quad (\text{A.14})$$

következik. Ez utóbbi tartalmilag nem más, mint a sűrűségfüggvény  $\bar{\varphi}$  által megadott, origón átmenő egyenesre vonatkozó statikai nyomatékának nullértékűségét kifejező összefüggés, hiszen az A.2./a ábrán látható  $\mathbf{t}$  karra  $\mathbf{t} = \sin(\varphi - \bar{\varphi})$  érvényes. Levezetésünket akár innen is indíthattuk volna:

$$\oint \mathbf{t} d\mathbf{T} = \oint \sin(\varphi - \bar{\varphi}) \cdot \mathbf{f}(\varphi) d\varphi = 0. \quad (\text{A.15})$$

Ebből a várható értékre

$$\text{tg } \bar{\varphi} = \frac{\oint \sin \varphi \cdot \mathbf{f}(\varphi) d\varphi}{\oint \cos \varphi \cdot \mathbf{f}(\varphi) d\varphi} \quad (\text{A.16})$$

végző formula vezethető le.

(A.12)-ből egyben  $\mathbf{h}$  is megkapható:

$$\mathbf{h} = \frac{\oint \sin \varphi \cdot \mathbf{f}(\varphi) d\varphi}{\sin \bar{\varphi}} = \frac{\oint \cos \varphi \cdot \mathbf{f}(\varphi) d\varphi}{\cos \bar{\varphi}}. \quad (\text{A.17})$$

### 3.2. A szórás

A szórásnégyzet a várható értéktől való eltérés négyzetének várható értéke (/A6/, /A11/). A szórásnégyzet számításához várható értéként most az  $\mathbf{S}$  súlypontot tekintem. A körkerület tetszőleges  $\varphi$  szögénél levő pontjának távolsága az  $\mathbf{S}$  ponttól:

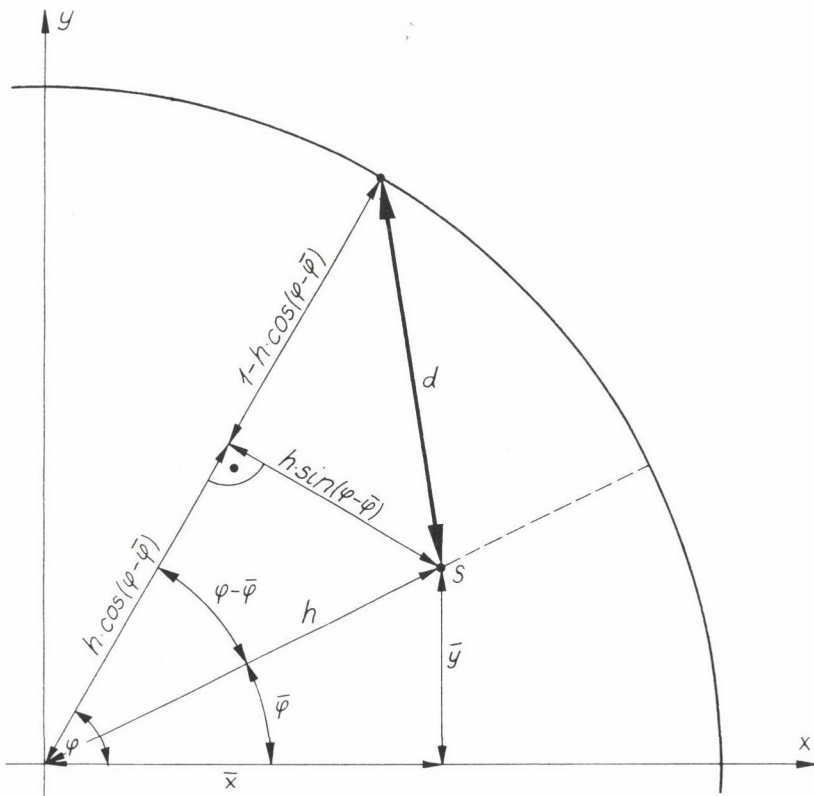
$$\begin{aligned} \mathbf{d} &= \sqrt{(\mathbf{h} \cdot \sin(\varphi - \bar{\varphi}))^2 + (1 - \mathbf{h} \cdot \cos(\varphi - \bar{\varphi}))^2} = \\ &= \sqrt{\mathbf{h}^2 + 1 - 2\mathbf{h} \cdot \cos(\varphi - \bar{\varphi})}, \end{aligned} \quad (\text{A.18})$$

ahogy ezt az A.3. ábra mutatja.

Ennek alapján a szórásnégyzet:

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= \oint \mathbf{d}^2 d\mathbf{T} = \oint (\mathbf{h}^2 + 1 - 2\mathbf{h} \cdot \cos(\varphi - \bar{\varphi})) \cdot \mathbf{f}(\varphi) d\varphi = \\ &= \mathbf{h}^2 + 1 - 2\mathbf{h} \cdot \oint \cos(\varphi - \bar{\varphi}) \cdot \mathbf{f}(\varphi) d\varphi, \end{aligned} \quad (\text{A.19})$$

amelyből (A.17) felhasználásával



A.3. ábra. A körkerület távolsága a súlyponttól

$$\begin{aligned} \int \cos(\varphi - \bar{\varphi}) \cdot \mathbf{f}(\varphi) d\varphi &= \sin \bar{\varphi} \int \sin \varphi \cdot \mathbf{f}(\varphi) d\varphi + \cos \bar{\varphi} \int \cos \varphi \cdot \mathbf{f}(\varphi) d\varphi = \\ &= \mathbf{h} \cdot \sin^2 \bar{\varphi} + \mathbf{h} \cdot \cos^2 \bar{\varphi} = \mathbf{h} \end{aligned} \quad (\text{A.20})$$

nyerhető.

A szórásnégyzet tehát

$$\sigma^2 = 1 - \mathbf{h}^2. \quad (\text{A.21})$$

Tekintve, hogy  $0 \leq \mathbf{h} \leq 1$ , a szórásnégyzetre szintén  $0 \leq \sigma^2 \leq 1$  korlátok érvényesek.

(A.19) alternatív lehetőséget ad az S pont  $\bar{\varphi}$  és  $\mathbf{h}$  koordinátáinak meghatározására. A várható érték ugyanis az a hely, amelyhez viszonyított szórásnégyzet minimális. Ennek alapján — (A.19)  $\bar{\varphi}$  és  $\mathbf{h}$  szerinti parciális deriválását követően — a két ismeretlenre két egyenlet adódik:

$$\frac{\partial \sigma^2}{\partial \bar{\varphi}} = \oint \sin(\varphi - \bar{\varphi}) \cdot \mathbf{f}(\varphi) d\varphi = 0, \quad (\text{A.22})$$

$$\frac{\partial \sigma^2}{\partial \mathbf{h}} = \oint (\mathbf{h} - \cos(\varphi - \bar{\varphi})) \cdot \mathbf{f}(\varphi) d\varphi = 0, \quad (\text{A.23a})$$

azaz

$$\mathbf{h} = \oint \cos(\varphi - \bar{\varphi}) \cdot \mathbf{f}(\varphi) d\varphi. \quad (\text{A.23b})$$

Mivel (A.22) megegyezik (A.15)-tel, a belőle számítható  $\bar{\varphi}$ -ra valóban (A.16) adódik. (A.23b) mindkét oldalát  $\text{tg } \bar{\varphi}$ -sal beszorozva — (A.16)-ot felhasználva —  $\mathbf{h}$ -ra (A.17)-tel egyező eredményt nyerünk. Ezzel beláttuk a várható érték és a szórásnégyzet meghatározási módja közti összhangot.

Vegyük észre, hogy (A.23b) a sűrűségfüggvény origón átmenő,  $\overline{05}$ -re merőleges tengelyére vonatkozó statikai nyomatóka.

### 3.3. Az empirikus várható érték és szórás

A  $\varphi$  valószínűségi változó  $F(\varphi)$  eloszlásfüggvénye egy egységsugarú hengeren futó monoton növekvő függvény ( $F(-\pi) = 0$ ,  $F(\pi) = 1$ ), melynek növekményére igaz a következő:

$$dF = dT = \mathbf{f}(\varphi) \cdot d\varphi. \quad (\text{A.24})$$

#### 3.3.1. Súlyozatlan mérések esete

Térjünk át az empirikus mérési eredmények vizsgálatára. Osszuk fel az egységsugarú kört  $m$  db körcikkre egyenletesen. Jelölje a  $j$ -edik osztályba eső szögmérések darabszámát  $l_j$ ,  $j = 1, \dots, m$  (ez egyben lehetőséget teremt az empirikus sűrűségfüggvény előállítására is). Az empirikus eloszlásfüggvény növekedésének mértéke a  $j$ -edik osztályban (súlyozatlan mérések esetén):

$$\Delta T_j = \Delta F_j = \frac{l_j}{n}, \quad (\text{A.25})$$

amely

$$\Delta \varphi = \frac{2\pi}{m} \quad (\text{A.26})$$

szögintervallumban következik be.

Ezek felhasználásával és az (A.16) alapján az empirikus várható érték ( $\bar{\varphi}^*$ ) számítási képletére a következő vezethető le:

$$\oint \sin \varphi \cdot f(\varphi) d\varphi \approx \sum_{j=1}^m \sin \varphi_j \cdot \frac{l_j}{n}, \quad (\text{A.27})$$

$$\oint \cos \varphi \cdot f(\varphi) d\varphi \approx \sum_{j=1}^m \cos \varphi_j \cdot \frac{l_j}{n}, \quad (\text{A.28})$$

így végül

$$\text{tg } \bar{\varphi}^* = \frac{\sum_{j=1}^m l_j \cdot \sin \varphi_j}{\sum_{j=1}^m l_j \cdot \cos \varphi_j}. \quad (\text{A.29})$$

Hasonlóképpen a  $\sigma^{*2}$  empirikus szórásnégyzetre

$$\sigma^{*2} = 1 - \frac{\left( \sum_{j=1}^m l_j \cdot \sin \varphi_j \right)^2}{n^2 \cdot \sin^2 \bar{\varphi}^*} = 1 - \frac{\left( \sum_{j=1}^m l_j \cdot \cos \varphi_j \right)^2}{n^2 \cdot \cos^2 \bar{\varphi}^*} \quad (\text{A.30})$$

kifejezést kapjuk, (A.21)-ből kiindulva, (A.17) ismeretében.

Képezzünk most határátmenetet, vagyis finomítsuk a felosztást minden határon túl.  $n \rightarrow \infty$ ,  $\Delta\varphi \rightarrow 0$  esetén nyilvánvaló, hogy

$$\sum_{j=1}^m l_j \cdot \sin \varphi_j \rightarrow \sum_{i=1}^n \sin \varphi_i \quad (\text{A.31a})$$

és

$$\sum_{j=1}^m l_j \cdot \cos \varphi_j \rightarrow \sum_{i=1}^n \cos \varphi_i, \quad (\text{A.31b})$$

hiszen  $l_j$  értéke 1 vagy 0, attól függően, hogy a végtelenül „rövid”  $j$ -edik osztály tartalmaz-e mérési eredményt vagy sem.

Mindezeknek megfelelően az empirikus várható értékre

$$\operatorname{tg} \bar{\varphi}^* = \frac{\sum_{i=1}^n \sin \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \cos \varphi_i}, \quad (\text{A.32})$$

míg az empirikus szórásnégyzetre

$$\sigma^{*2} = 1 - \frac{\left( \sum_{i=1}^n \sin \varphi_i \right)^2}{n^2 \cdot \sin^2 \bar{\varphi}^*} = 1 - \frac{\left( \sum_{i=1}^n \cos \varphi_i \right)^2}{n^2 \cdot \cos^2 \bar{\varphi}^*} \quad (\text{A.33})$$

számítási képletek származtathatók.

### 3.3.2. Súlyozott mérések esete

Számunkra nagy jelentőséggel bír a súlyozott mérések esete, hiszen mérési eredményeinket (A.7) szerint számított  $s_j$ ,  $j = 1, \dots, n$  súlyozó tényezőkkel szeretnénk figyelembe venni.

Ez esetben (A.25) helyett

$$\Delta T_j = \Delta F_j = \frac{\sum_{k=1}^{l_j} s_k}{\sum_{i=1}^{l_j} s_i}, \quad (\text{A.34})$$

ahol  $\sum_{k=1}^{l_j} s_k$  jelölje a  $j$ -edik osztályba eső  $l_j$  db mérés súlyainak összegét. Ezt felhasználva az empirikus várható érték (A.29) és a szórásnégyzet (A.30) képleteinek előbbieik szerinti levezetésében a várható értékre

$$\operatorname{tg} \bar{\varphi}^* = \frac{\sum_{j=1}^m \left( \sum_{k=1}^{l_j} s_k \right) \cdot \sin \varphi_j}{\sum_{j=1}^m \left( \sum_{k=1}^{l_j} s_k \right) \cdot \cos \varphi_j}, \quad (\text{A.35})$$

míg a szórásnégyzetre



$$\sigma^{*2} = 1 - \frac{\left( \sum_{j=1}^m \left( \sum_{l_j} s_k \right) \cdot \sin \varphi_j \right)^2}{\left( \sum_{i=1}^n s_i \right)^2 \cdot \sin^2 \varphi^*} = 1 - \frac{\left( \sum_{j=1}^m \left( \sum_{l_j} s_k \right) \cdot \cos \varphi_j \right)^2}{\left( \sum_{i=1}^n s_i \right)^2 \cdot \cos^2 \varphi^*} \quad (\text{A.36})$$

adódik.

Finomítsuk a felosztást minden határon túl, vagyis képezzük most is az  $n \rightarrow \infty$ ,  $\Delta\varphi \rightarrow 0$  határátmenetet. Ekkor

$$\sum_{j=1}^m \left( \sum_{l_j} s_k \right) \cdot \sin \varphi_j \rightarrow \sum_{i=1}^n s_i \cdot \sin \varphi_i \quad (\text{A.37a})$$

és

$$\sum_{j=1}^m \left( \sum_{l_j} s_k \right) \cdot \cos \varphi_j \rightarrow \sum_{i=1}^n s_i \cdot \cos \varphi_i, \quad (\text{A.37b})$$

mivel  $\sum_{l_j} s_k$  értéke  $s_i$  vagy 0, attól függően, hogy a végtelenül „rövid”  $j$ -edik osztály tartalmaz-e mérési eredményt vagy sem. Az  $i$  index az ide eső mérési eredmény sorszáma. Következésképpen az empirikus várható értékre

$$\text{tg } \bar{\varphi}^* = \frac{\sum_{i=1}^n s_i \cdot \sin \varphi_i}{\sum_{i=1}^n s_i \cdot \cos \varphi_i}, \quad (\text{A.38})$$

az empirikus szórásnégyzetre pedig

$$\sigma^{*2} = 1 - \frac{\left( \sum_{i=1}^n s_i \cdot \sin \varphi_i \right)^2}{\left( \sum_{i=1}^n s_i \right)^2 \cdot \sin^2 \varphi^*} = 1 - \frac{\left( \sum_{i=1}^n s_i \cdot \cos \varphi_i \right)^2}{\left( \sum_{i=1}^n s_i \right)^2 \cdot \cos^2 \varphi^*} \quad (\text{A.39})$$

adódik súlyozott mérések esetén. Természetesen ebben az esetben is igaz, hogy  $0 \leq \sigma^{*2} \leq 1$ .

### 3.4. Az egytengelyű vizsgálat összefoglalása

Az egytengelyű vizsgálat lépései tehát a következők:

1. Az  $\alpha_i$ ,  $i = 1, \dots, n$  szögmérésekből képezzük a  $\varphi_i = 2\alpha_i$  statisztikát.
2. Az  $s_i$ ,  $i = 1, \dots, n$  súlyozó tényezők felhasználásával számítsuk a  $\bar{\varphi}^*$  empirikus várható értéket (A.38) szerint, a  $\sigma^{*2}$  empirikus szórásnégyzetet (A.39) szerint. (A.38)-ban a számláló és a nevező előjelét külön-külön kell megvizsgálni annak érdekében, hogy  $\bar{\varphi}^*$  helyes síknegyedbe esése meghatározható legyen. Fontos a  $\sum_{i=1}^n s_i = 0$  eset kezelése, ugyanis ekkor az orientáció határozatlan, azaz semmiféle szálás rendezettség nem tapasztalható (minden pontban vízszintes az /A.1/ felület érintősíkja). Ugyancsak a rendezettség teljes hiányára figyelmeztet az, ha (A.38)-ban a számláló és a nevező egyaránt zérus.

3. Az egytengelyű szövetorientációs vizsgálat végeredményeképp két további számérték számítását tartom szükségesnek. Az egyik az  $\bar{\alpha}^* = \bar{\varphi}^*/2$  empirikus várható érték, a szövetorientációs irány, míg a másik a — mérnök számára többet mondó — orientációs együttható, melynek bevezetését a következő formában javaslom:

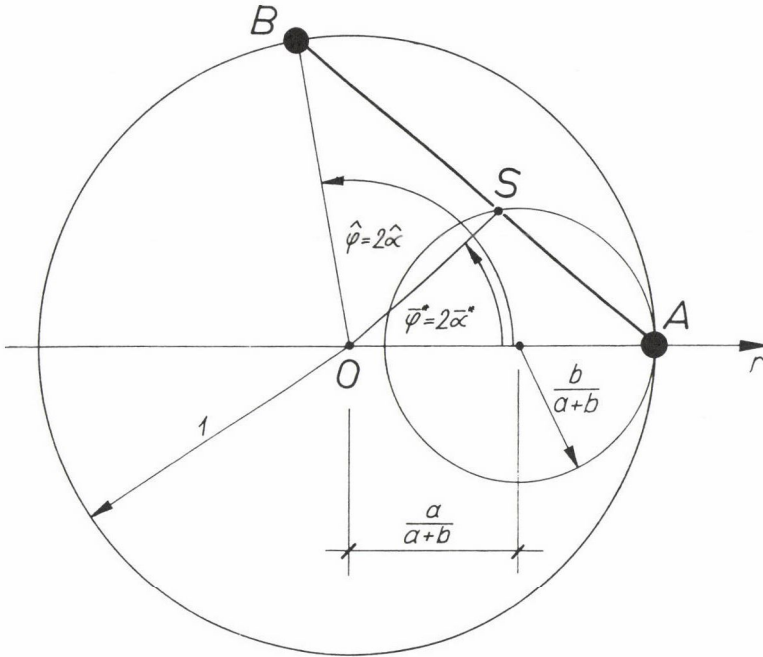
$$k_0 = 1 - \sigma^* = 1 - \sqrt{1 - h^2}. \quad (\text{A.40})$$

$k_0 = 0$  a tökéletesen izotróp anyagi viselkedési hajlamot, míg a  $k_0 = 1$  a tökéletes ortotrópiai hajlamot jelzi, mivel előbbi esetben  $\sigma^* = 1$  legnagyobb szórás a szálelrendeződés teljes hiányát, utóbbi esetben  $\sigma^* = 0$  legkisebb szórás viszont a leghatározottabb szálás elrendeződést mutatja.  $k_0 < 0,3$  esetén még jónak számít az izotróp anyag feltételezése,  $0,3 < k_0 < 0,6$  esetén a vizsgálat megkívánt pontossága szabja meg az izotróp vagy ortotróp modellezési jelleget, azonban  $k_0 > 0,6$  esetben bizonyára igen durva hibát követünk el, ha izotrópnek tekintjük az anyagot.

### 3.5. Mintapéllda

A levezetésre került képletek használhatóságának és helyességének bemutatására szükségesnek érzem a következő mintapéllda alapos tanulmányozását.

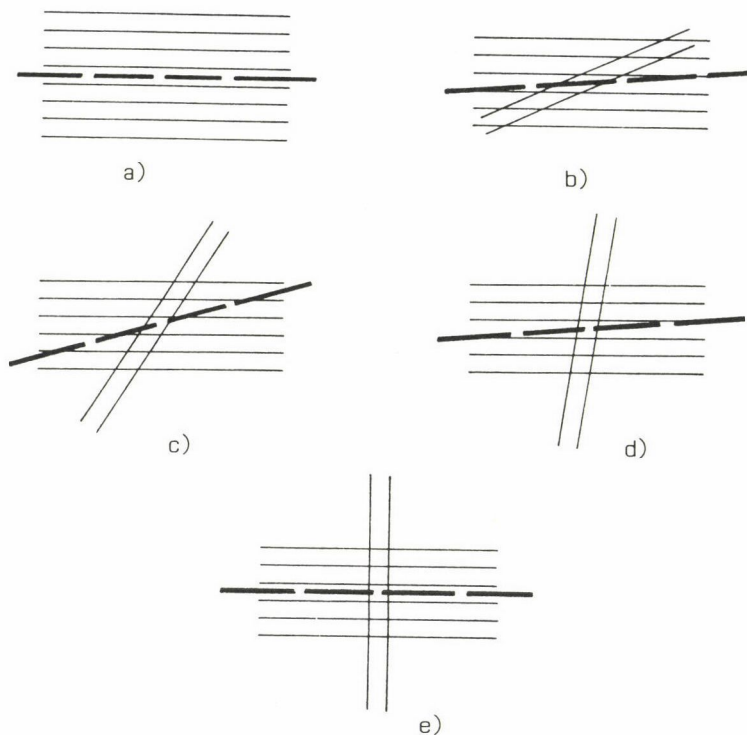
Tegyük föl azt a különleges esetet, hogy ( $\alpha$  valószínűségi változóra vonatkozóan) **a** db mérési eredményünk pontosan 0 radiánt mutat, míg **b** db esetben pontosan  $\pi/2$  radiánértéket mérünk. Első hallásra azt éreznénk logikus-



A.4. ábra. A mérések geometriai reprezentálása

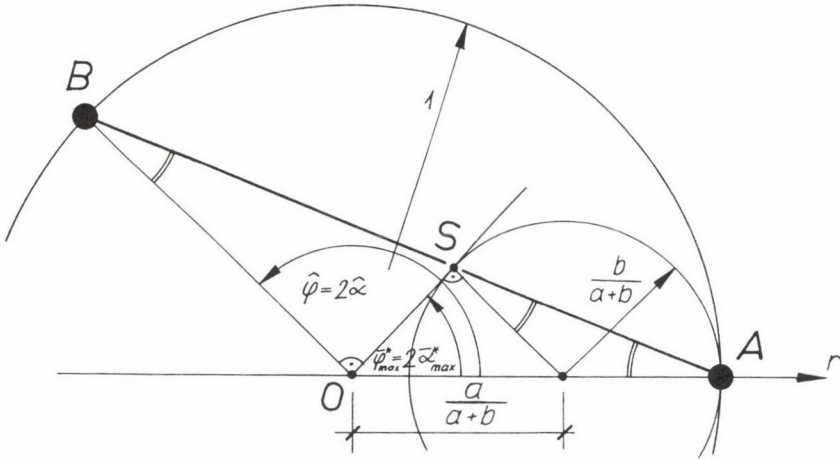
nak, hogy  $\mathbf{a} = \mathbf{b}$  esetén  $\pi/4$  a várható érték,  $\mathbf{a} > \mathbf{b}$  esetén ennél kisebb, míg  $\mathbf{b} > \mathbf{a}$  esetén ennél nagyobb (maximum  $\pi/2$ ). A várható értékre levezetett (A.38) képlet használata azonban minden  $\mathbf{a} > \mathbf{b}$ -re pontosan 0 radiánt, bármely  $\mathbf{b} > \mathbf{a}$ -ra pontosan  $\pi/2$  radiánt, míg  $\mathbf{a} = \mathbf{b}$  esetre határozatlan várható értéket szolgáltat. A következőkben megmutatom, hogy ez utóbbi — talán meglepő — eredmény a helyes, előzetes elképzeléseink pedig helytelenek.

Egy lépéssel tovább általánosítva az előbbi példát tegyük fel, hogy a már említett  $\mathbf{b}$  számú mérés mindegyike nem  $\pi/2$ , hanem valamely  $\hat{\alpha}$  radiánértéket eredményez. Ekkor a várható érték (A.38) segítségével történő meghatározása geometriailag a következőket jelenti (l. az A.4. ábrát!). Tegyük egy  $\mathbf{a}$  súlyú tömegpontot az egységsugarú kör kerületére a 0 radiános mérések reprezentálására (A jelű pont) és egy  $\mathbf{b}$  súlyút az  $\hat{\alpha}$  radiánhoz tartozó  $\mathbf{b}$  db mérés figyelembevételére,  $\hat{\varphi} = 2\hat{\alpha}$  központi szöghöz (B pont). A várható érték nem más, mint az A és B tömegpont S súlypontjához tartozó ( $\bar{\varphi}^*$ ) központi szög fele ( $\bar{\alpha}^*$ ). Az S pont az  $\overline{AB}$  szakaszt  $\mathbf{a}/(\mathbf{a} + \mathbf{b})$ ,  $\mathbf{b}/(\mathbf{a} + \mathbf{b})$  arányban osztja ketté. Amikor  $\hat{\alpha}$  végighalad teljes értelmezési tartományán ( $-\pi/2 < \hat{\alpha} \leq \pi/2$ ), a B pont körbemegy az egységsugarú kör teljes kerületén. Ekkor az S pontok



A.5. ábra. Szövetelrendeződési fázisok a **B** pont vándorlásakor

mértani helyére egy  $b/(a + b)$  sugarú kör adódik, melynek középpontja az  $r$  tengelyen, az origótól  $a/(a + b)$  távolságra van. Vizsgálódásunk további részében szorítkozunk arra az esetre, amikor  $a \geq b$ . (Ez a levonható következtetések helytállóságát nem fogja csorbítani.) Ha a **B** pont végigvezetését — az egység sugarú kör kerületén — az **A** ponttól indítjuk, azt tapasztaljuk, hogy eleinte az  $\bar{\alpha}^*$  várható érték nő, majd a folyamat visszafordul, és amire a **B** pont az **A**-val ellentétes oldalra ér, újból visszaáll a zérus várható érték. Nézzük, milyen szövetelrendeződési képeket mutatnak e folyamat egyes fázisai. (Mozogjon a **B** pont az óramutató járásával ellentétesen.) Az A.5./a ábrán még az **A** és **B** pont egybeesik, a várható érték (vastag szaggatott vonal) zérus. Az A.5./b ábrán a **B** pont megkezdte eltávolodását és „érezzük”, hogy amennyiben egy iránnyal kell jellemeznünk a szövetelrendeződést, úgy a **B** pont kissé eltávolodása miatt a várható érték is kissé korrigálásra szorul. Az A.5./c ábrán — a **B** pont fokozódó eltávolodása miatt — egyre nagyobb mértékben módosítjuk a várható értéket, és egyben egyre „bizonytala-



A.6. ábra. A várható érték maximális eltérésehez tartozó elrendeződés

nabbá" is válunk a tekintetben, hogy szabad-e a várható érték növelését tovább folytatnunk. Az A.5./d ábrát szemlélve ugyanis (a B pont már majdnem átér az A-val ellentétes oldalra), sokkal inkább jogosnak vélünk egy, a vízszinteshez közeli várható értéket, mintsem egy attól még az előző (c) eseténél is nagyobb mértékben eltérőt.

Gondolatmenetünk helyessége akkor válik nyilvánvalóvá, amikor az A.5./e ábrán vázolt elrendezésben a B pont az A-val közös átlón, pontosan annak másik végén helyezkedik el. A szálelrendeződést legjobban a nulla várható érték reprezentálja, és ez annál bizonyosabb, minél nagyobb a b-hez képest.  $a = b$  esetén egy darab iránnyal képtelenek vagyunk a szálelrendeződést jellemezni.

Könnyen belátható, hogy mindeme fejtegetéseim lényegét nem befolyásolja, ha az A pont az egységsugarú körkerület tetszőleges pontján található, sőt az sem, ha az  $a < b$  eset áll fenn. Valóban igaz tehát az az alpont elején még meglepőnek tűnő megállapítás, miszerint a db 0 radiános és b db  $\pi/2$  radiános mérés várható értéke 0,  $\pi/2$  vagy határozatlan, attól függően, hogy az  $a > b$ ,  $a < b$  vagy az  $a = b$  eset áll-e fenn. Természetesen az azonos várható értéket eredményező mérések között nagy eltérések lehetnek szórás tekintetében. Minél közelebb áll a és b egymáshoz, a szórás annál nagyobb.

Felmerülhet a kérdés, hogy ismert  $a/b$  arány esetén (ismét csak az  $a \geq b$  lehetőségre gondolva), milyen mértékben képes a b számú mérés eltéríteni a várható értéket attól a szögtől, melyre az a számú mérésünk vonatkozott. Szemügyre véve az A.6. ábrát látható, hogy maximális eltérítés abban a hely-

zetben keletkezik, amikor az S pont az a pont, ahol az origóból húzható fél-egyenes érinti az S pontok mértani helyeként adódó kört.

Mivel ekkor

$$\sin \bar{\varphi}_{\max}^* = \sin (2\bar{\alpha}_{\max}^*) = \frac{b}{a},$$

így

$$\bar{\alpha}_{\max}^* = \frac{\arcsin \left( \frac{b}{a} \right)}{2}.$$

A hozzátartozó  $\hat{\alpha}$  pedig, a

$$\hat{\varphi} = \bar{\varphi}_{\max}^* + \frac{\pi}{2}$$

összefüggésből

$$\hat{\alpha} = \bar{\alpha}_{\max}^* + \frac{\pi}{4}.$$

Vizsgáljuk meg a kapott összefüggéseket a  $b/a$  arány két határesetére. Amikor  $b$  elhanyagolhatóan csekély az  $a$  számú méréshez képest ( $b/a \rightarrow 0$ ), akkor  $\bar{\alpha}_{\max}^* \rightarrow 0$ , és ez a „csekély” eltérítés  $\hat{\alpha} \rightarrow \pi/4$ -nél érhető el. Amikor azonban  $a$  pontosan megegyezik  $b$ -vel,  $\bar{\alpha}_{\max}^* = \pi/4$  és ez  $\hat{\alpha} = \pi/2$  szögnél áll elő. E két határhelyzet között mind  $\bar{\alpha}_{\max}^*$ , mind a hozzá tartozó  $\hat{\alpha}$  monoton változik a  $b/a$  arány függvényében.

Látható, hogy a kapott eredmények logikusak és mindenben megfelelnek szemléletünknek.

Végezetül szeretném megjegyezni, hogy az A.5./b, c, d és e szövetelrendeződések jellemzésére jóval előnyösebb a következő pontban bemutatásra kerülő kéttengelyű szövetorientációs vizsgálat alkalmazása.

Cikkem első részében rávilágítottam az általam szövetorientációs analízisnek nevezett problémakör lényegére, és bemutattam a megoldására, kezelésére bevezetett elveket, elnevezéseket és meghatározásokat. A részletezett ún. egytengelyű analízis azonban csak annak eldöntésére volt képes, hogy a szövetszerkezet izotróp vagy inkább ortotróp anyagi viselkedéshez áll-e közelebb. Ahogy ez az előbbi mintapéldából is kitűnik, e vizsgálat nem elégséges olyan esetekben, amikor a számított egyetlen orientációs irány (a várható érték) körüli szórás viszonylag nagyra adódik. Ekkor ugyanis valószínű, hogy két olyan irány található, amelyekhez tartozó szórások megnyugtatóan kicsik ahhoz, hogy kijelenthessük: ezek az irányok az anizotropia főirányai.

Az olvasóban bizonyára felmerül a kérdés, mi a garancia arra, hogy két-tónél több elrendeződési irány nem jellemzi-e jobban a vizsgálatra kijelölt

szövegtartományt. Garancia nincs rá, és az alábbiakban tárgyalásra kerülő gondolatmenet általánosítható is kettőnél több orientációs irány felkutatására. Számos szakember véleménye azonban az, hogy a természet nem produkál kettőnél több szálelrendeződési irányt, feltéve, hogy síkmetszetről van szó.

#### 4. KÉTTENGELYŰ VIZSGÁLAT

##### 4.1. Egy ellipszisből származtatott eloszlás illesztése

Az előző pontban levezettem az empirikus várható érték és szórásnégyzet számítására vonatkozó összefüggéseket mind súlyozás nélküli, mind súlyozott szögmérések esetére. Eközben az  $f(\varphi)$  sűrűségfüggvényre semmiféle megkötést nem tettem, annak képletszintű ismeretét nem tételeztem fel. Ez azonban a továbbiakban, a kéttengelyű vizsgálatnál jelentős szerepet kap. Az  $f(\varphi)$  függvény a következő főbb tulajdonságokkal bír:

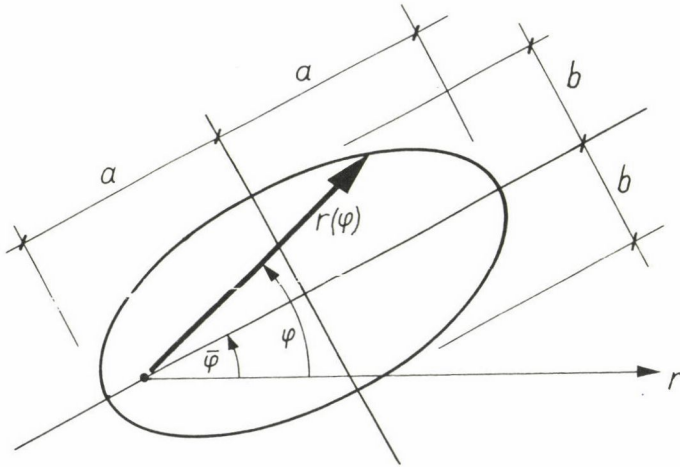
- $C^1$  folytonos a teljes körintervallumon;
- két paramétert tartalmaz, melyek közül az egyik a várható értékkel, a másik a szórással (szórásnégyzettel) hozható egyértelmű összefüggésbe;
- a várható értékre nézve szimmetrikus;
- a várható értéknél veszi fel maximumát, a vele átellenes oldalon ( $\bar{\varphi} \pm \pi$  helyen) pedig a minimumát, köztük monoton változik;
- a legnagyobb szóráshoz tartozó paraméterértékek esetén képe „pecsétgyűrűből” „karikagyűrűbe” megy át;
- a legkisebb szóráshoz tartozó paraméterértékek esetén képe határátmenetben átmegy a várható érték fölötti végtelen félegyenesbe (Dirac-deltába).

Egy, e feltételeket kielégítő függvényt például a következőképpen állíthatunk elő. Az A.7. ábrán látható ellipszis polár-koordinátás egyenlete /A.10/ képletgyűjteményéből levezetve:

$$\mathbf{r}(\varphi) = \frac{\mathbf{b}^2}{\mathbf{a} - \sqrt{\mathbf{a}^2 - \mathbf{b}^2} \cdot \cos(\varphi - \bar{\varphi})}. \quad (\text{A.41})$$

Ebben  $\mathbf{a}$  az ellipszis nagytengelye,  $\mathbf{b}$  a kistengelye,  $\bar{\varphi}$  a nagytengely állását kifejező szög az  $\mathbf{r}$  alaptengelyhez képest.

Az ellipszis egyik fókuszpontja az origóba esik. Ha tetszőleges  $\varphi$ -hez tartozó  $\mathbf{r}(\varphi)$  értéket felmérünk az A.2. ábrán látható egységsugarú kör fölé a  $\varphi$  helynél, akkor ez a geometriai megfeleltetés  $(\mathbf{f}(\varphi) = \mathbf{r}(\varphi))$  valóban „pecsétgyűrű” alakot szolgáltat.



A.7. ábra. Az ellipszis, melyből az ellipsziseloszlást származtatjuk

Vezessük be a  $\mathbf{p} = \mathbf{b}/\mathbf{a}$  paramétert, melyről be fogjuk látni, hogy a szórással (és csakis azzal) képletszerű kapcsolatba hozható. Így

$$\mathbf{f}(\varphi) = \mathbf{r}(\varphi) = \frac{\mathbf{b}\mathbf{p}}{1 - \sqrt{1 - \mathbf{p}^2} \cdot \cos(\varphi - \bar{\varphi})}. \quad (\text{A.42})$$

A megmaradt  $\mathbf{b}$  paramétert az

$$\int_{-\pi + \bar{\varphi}}^{\pi + \bar{\varphi}} d\mathbf{T} = \int_{-\pi + \bar{\varphi}}^{\pi + \bar{\varphi}} \mathbf{f}(\varphi) d\varphi = 1 \quad (\text{A.43})$$

feltételből számítjuk.

A határozott integrál értéke  $\mathbf{b} \cdot 2\pi$ , ezért

$$\mathbf{b} = \frac{1}{2\pi}. \quad (\text{A.44})$$

Az így kialakult

$$\mathbf{f}(\varphi) = \frac{\mathbf{p}}{2\pi} \cdot \frac{1}{1 - \sqrt{1 - \mathbf{p}^2} \cdot \cos(\varphi - \bar{\varphi})} \quad (\text{A.45})$$

sűrűségfüggvény már minden fent említett feltételnek eleget tesz. Várható értéke  $\bar{\varphi}$ , melyhez (A.15) alapján elegendő belátni, hogy



$$\int_{-\pi+\bar{\varphi}}^{\pi+\bar{\varphi}} \sin(\varphi - \bar{\varphi}) \cdot \mathbf{f}(\varphi) d\varphi = 0 \quad (\text{A.46})$$

valóban teljesül. Szórásnégyzete kapcsolatba hozható a  $\mathbf{p}$  paraméterrel. Ehhez határozzuk meg  $\mathbf{f}(\varphi)$  szórásnégyzetét. (A.21) alapján

$$\sigma^2 = 1 - \mathbf{h}^2, \quad (\text{A.47})$$

melyben (A.23b) szerint

$$\begin{aligned} \mathbf{h} &= \int_{-\pi+\bar{\varphi}}^{\pi+\bar{\varphi}} \cos(\varphi - \bar{\varphi}) \cdot \mathbf{f}(\varphi) d\varphi = \\ &= \frac{\mathbf{p}}{2\pi} \cdot \int_{-\pi+\bar{\varphi}}^{\pi+\bar{\varphi}} \frac{\cos(\varphi - \bar{\varphi})}{1 - \sqrt{1 - \mathbf{p}^2} \cdot \cos(\varphi - \bar{\varphi})} d\varphi = \frac{\sqrt{1 - \mathbf{p}}}{\sqrt{1 + \mathbf{p}}}. \end{aligned} \quad (\text{A.48})$$

Így a szórásnégyzet és a  $\mathbf{p}$  paraméter közti összefüggés

$$\sigma^2 = 1 - \frac{1 - \mathbf{p}}{1 + \mathbf{p}} = \frac{2\mathbf{p}}{1 + \mathbf{p}}. \quad (\text{A.49})$$

Az (A.45) sűrűségfüggvény által definiált eloszlást — származtatására tekintettel — a továbbiakban ellipsziseloszlásnak nevezem.

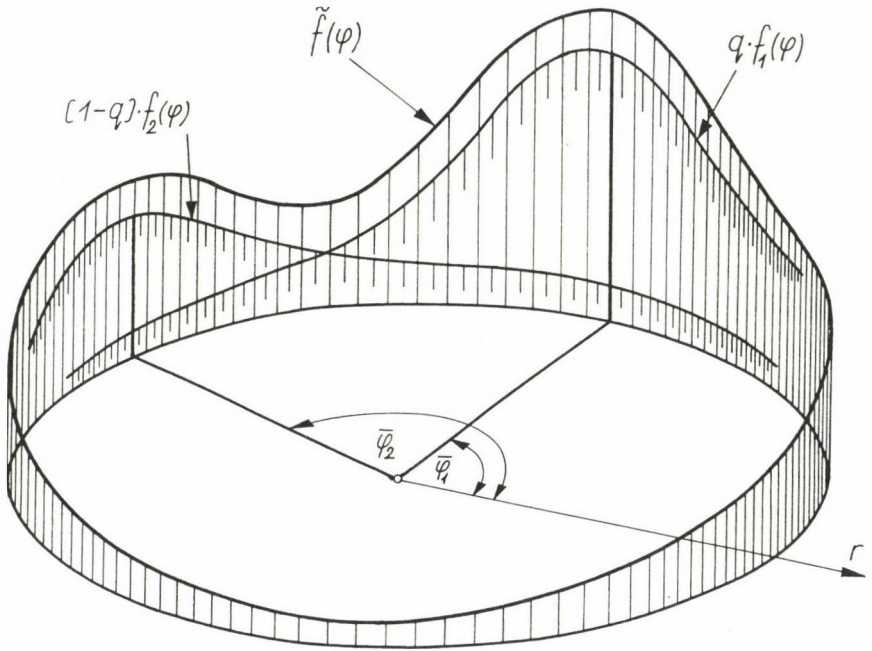
(A.49) lehetőséget teremt az empirikus mérési eredményekre illeszkedő ellipsziseloszlás ( $\bar{\varphi}$  és  $\mathbf{p}$ ) paramétereinek számítására, ahol az illeszkedési feltétel a  $\bar{\varphi} = \bar{\varphi}^*$  és a  $\sigma^2 = \sigma^{*2}$  egyenlőségek teljesülése. A második feltételhez a  $\mathbf{p}$  paramétert (A.49)-ből

$$\mathbf{p} = \frac{\sigma^{*2}}{2 - \sigma^{*2}} \quad (\text{A.50})$$

formában kapjuk.

#### 4.2. Két ellipsziszből származtatott eloszlás konvex lineáris kombinációjának illesztése

A kéttengelyű vizsgálat során feltesszük, hogy két olyan irány is van, melyek köré az  $\alpha_i$ ,  $i = 1, \dots, n$  mérési eredmények csoportosulnak. A sűrűség-



A.8. ábra. A „kétpúpú” sűrűségfüggvény

függvényt ábrázolva ez abban jelentkezik, hogy két lokális maximum kialakulását is megengedjük (l. az A.8. ábrát).

Ekkor legcélszerűbb a mérési eredményekre egy olyan  $\tilde{f}(\varphi)$  sűrűségfüggvényt illeszteni, melyet két ellipsziseszlás sűrűségfüggvényének konvex lineáris kombinációjaként állítunk elő:

$$\tilde{f}(\varphi) = q \cdot f_1(\varphi) + (1 - q) \cdot f_2(\varphi), \quad (0 \leq q \leq 1), \quad (\text{A.51})$$

melyben

$$f_1(\varphi) = \frac{p_1}{2\pi} \cdot \frac{1}{1 - \sqrt{1 - p_1^2} \cdot \cos(\varphi - \bar{\varphi}_1)} \quad (\text{A.52a})$$

és

$$f_2(\varphi) = \frac{p_2}{2\pi} \cdot \frac{1}{1 - \sqrt{1 - p_2^2} \cdot \cos(\varphi - \bar{\varphi}_2)}. \quad (\text{A.52b})$$

A  $q$  paraméter megmutatja, hogy a mérések hanyadrésze rendelhető az  $f_1(\varphi)$  sűrűségfüggvényhez (az összes mérés hanyadrésze csoportosul a  $\bar{\varphi}_1$  várha-

tó érték köré). Ennek megfelelően ez a paraméter  $n + 1$  darab értéket vehet föl:

$$\mathbf{q} = \frac{0}{n}, \frac{1}{n}, \frac{2}{n}, \dots, \frac{n-1}{n}, \frac{n}{n}. \quad (\text{A.53})$$

A  $\mathbf{p}_1$  és  $\mathbf{p}_2$  értékekből  $\sigma_1$  és  $\sigma_2$  szórások mindenkor egyszerűen számíthatók (A.49) összefüggés ismeretében.

Célom a mérési eredményekre lehetőleg jobban illeszkedő  $\check{\mathbf{f}}(\varphi)$  sűrűségfüggvényt öt  $(\mathbf{q}, \bar{\varphi}_1, \mathbf{p}_1, \bar{\varphi}_2, \mathbf{p}_2)$  paramétereinek megkeresése.

E cél eléréséhez a legkisebb négyzetek elvével kombinált momentum illesztési módszert használom.

#### 4.2.1. Az első két momentum illesztése

Első lépésként számítsuk ki a  $\bar{\varphi}^*$  empirikus várható értéket és a  $\sigma^{*2}$  empirikus szórásnégyzetet a mérési eredményekből /1. (A.38) és (A.39) képleteket/. Ezek után olyan  $\check{\mathbf{f}}(\varphi)$  függvényt határozunk meg, amelynek várható értéke és szórása az empirikus várható értékkel és szórással egyezik meg. Előbbi a

$$\text{tg } \bar{\varphi}^* = \frac{\oint \sin \varphi \cdot \check{\mathbf{f}}(\varphi) d\varphi}{\oint \cos \varphi \cdot \check{\mathbf{f}}(\varphi) d\varphi}, \quad (\text{A.54})$$

míg utóbbi a

$$\sigma^{*2} = 1 - \left( \oint \cos(\varphi - \bar{\varphi}) \cdot \check{\mathbf{f}}(\varphi) d\varphi \right)^2 \quad (\text{A.55})$$

egyenlőség fennállását kívánja meg /1. (A.16) és (A.21), (A.23b) képleteket/. (A.54)-ből (A.51), (A.17) és (A.48) felhasználásával a paraméterek között

$$\begin{aligned} & \mathbf{q} \cdot \sin \bar{\varphi}^* \cdot \oint \cos \varphi \cdot \mathbf{f}_1(\varphi) d\varphi + (1 - \mathbf{q}) \cdot \sin \bar{\varphi}^* \cdot \oint \cos \varphi \cdot \mathbf{f}_2(\varphi) d\varphi = \\ & = \mathbf{q} \cdot \cos \bar{\varphi}^* \cdot \oint \sin \varphi \cdot \mathbf{f}_1(\varphi) d\varphi + (1 - \mathbf{q}) \cdot \cos \bar{\varphi}^* \cdot \oint \sin \varphi \cdot \mathbf{f}_2(\varphi) d\varphi, \\ & \mathbf{q} \cdot \mathbf{h}_1 \cdot \sin \bar{\varphi}^* \cdot \cos \bar{\varphi}_1 + (1 - \mathbf{q}) \cdot \mathbf{h}_2 \cdot \sin \bar{\varphi}^* \cdot \cos \bar{\varphi}_2 = \\ & = \mathbf{q} \cdot \mathbf{h}_1 \cdot \cos \bar{\varphi}^* \cdot \sin \bar{\varphi}_1 + (1 - \mathbf{q}) \cdot \mathbf{h}_2 \cdot \cos \bar{\varphi}^* \cdot \sin \bar{\varphi}_2, \\ & 0 = \mathbf{q} \cdot \frac{\sqrt{1 - \mathbf{p}_1}}{\sqrt{1 + \mathbf{p}_1}} \cdot \sin(\bar{\varphi}^* - \bar{\varphi}_1) + (1 - \mathbf{q}) \cdot \frac{\sqrt{1 - \mathbf{p}_2}}{\sqrt{1 + \mathbf{p}_2}} \cdot \sin(\bar{\varphi}^* - \bar{\varphi}_2) \end{aligned} \quad (\text{A.56})$$

összefüggés vezethető le.

Hasonló átalakításokkal (A.55)-ből (kihasználva, hogy  $\bar{\varphi} = \bar{\varphi}^*$ )

$$\begin{aligned}
 \sqrt{1 - \sigma^{*2}} &= \oint \cos(\varphi - \bar{\varphi}) \cdot \tilde{\mathbf{f}}(\varphi) d\varphi = \\
 &= \cos \bar{\varphi} \cdot \oint \cos \varphi \cdot \tilde{\mathbf{f}}(\varphi) d\varphi + \sin \bar{\varphi} \cdot \oint \sin \varphi \cdot \tilde{\mathbf{f}}(\varphi) d\varphi = \\
 &= \mathbf{q} \cdot \cos \bar{\varphi} \cdot \oint \cos \varphi \cdot \mathbf{f}_1(\varphi) d\varphi + (1 - \mathbf{q}) \cdot \cos \bar{\varphi} \cdot \oint \cos \varphi \cdot \mathbf{f}_2(\varphi) d\varphi + \\
 &+ \mathbf{q} \cdot \sin \bar{\varphi} \cdot \oint \sin \varphi \cdot \mathbf{f}_1(\varphi) d\varphi + (1 - \mathbf{q}) \cdot \sin \bar{\varphi} \cdot \oint \sin \varphi \cdot \mathbf{f}_2(\varphi) d\varphi = \\
 &= \mathbf{q} \cdot \mathbf{h}_1 \cdot \cos \bar{\varphi} \cdot \cos \bar{\varphi}_1 + (1 - \mathbf{q}) \cdot \mathbf{h}_2 \cdot \cos \bar{\varphi} \cdot \cos \bar{\varphi}_2 + \\
 &+ \mathbf{q} \cdot \mathbf{h}_1 \cdot \sin \bar{\varphi} \cdot \sin \bar{\varphi}_1 + (1 - \mathbf{q}) \cdot \mathbf{h}_2 \cdot \sin \bar{\varphi} \cdot \sin \bar{\varphi}_2, \\
 \sqrt{1 - \sigma^{*2}} &= \mathbf{q} \cdot \frac{\sqrt{1 - \mathbf{p}_1}}{\sqrt{1 + \mathbf{p}_1}} \cdot \cos(\bar{\varphi}^* - \bar{\varphi}_1) + (1 - \mathbf{q}) \cdot \frac{\sqrt{1 - \mathbf{p}_2}}{\sqrt{1 + \mathbf{p}_2}} \cdot \cos(\bar{\varphi}^* - \bar{\varphi}_2) \quad (\text{A.57})
 \end{aligned}$$

paraméterek közti kapcsolat következik.  $\mathbf{q}$ ,  $\bar{\varphi}_1$  és  $\bar{\varphi}_2$  ismeretében (A.56) és (A.57) kétismeretlenes lineáris egyenletrendszer jelent a  $\sqrt{1 - \mathbf{p}_1}/\sqrt{1 + \mathbf{p}_1}$  és a  $\sqrt{1 - \mathbf{p}_2}/\sqrt{1 + \mathbf{p}_2}$  ismeretlenekre, melyek számítását követően  $\mathbf{p}_1$  és  $\mathbf{p}_2$  könnyen előállítható. Megjegyzem, hogy ez az egyenletrendszer éppen akkor válik nem megoldhatóvá, amikor elegendő az egytengelyű vizsgálat elvégzése, vagyis amikor  $\bar{\varphi}_2 - \bar{\varphi}_1 = 0$  vagy  $\bar{\varphi}_2 - \bar{\varphi}_1 = \pm\pi$ .

Ezzel sikerült az optimális  $\tilde{\mathbf{f}}(\varphi)$  keresési terét öt dimenzióról három dimenziósra csökkenteni.

#### 4.2.2. További illesztés a legkisebb négyzetek elve alapján

A továbbiakban a feladat megtalálni a megmaradt három paraméter ( $\mathbf{q}$ ,  $\bar{\varphi}_1$  és  $\bar{\varphi}_2$ ) által kifeszített térben a legjobban illeszkedő  $\tilde{\mathbf{f}}(\varphi)$  sűrűségfüggvényt. Ehhez minimalizálom az empirikus eloszlásfüggvény ( $F^*(\varphi_i)$ ,  $i = 1, \dots, n$ ) és az illesztendő  $\tilde{F}(\varphi)$  eloszlásfüggvény közti eltérést. Az eloszlásfüggvény illesztése a sűrűségfüggvény helyett azért praktikusabb, mert az empirikus sűrűségfüggvénnyel szemben az empirikus eloszlásfüggvényhez nincs szükség a kör intervallum felosztására és a szögmérések osztályba sorolására. A sűrűségfüggvény illesztése esetében az alkalmazott felosztás száma erősen befolyásolná az empirikus sűrűségfüggvény alakját és így az illesztendő  $\tilde{\mathbf{f}}(\varphi)$  paramétereit.

A célfüggvény előállításához alkalmazzuk a legkisebb négyzetek elvét. Az eloszlásfüggvények közti eltérést mérő négyzetes átlaghibát

$$H = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (\tilde{F}(\varphi_i) - F^*(\varphi_i))^2 \quad (\text{A.58})$$

összefüggés adja meg. Itt

$$\tilde{F}(\varphi) = \int_{-\pi}^{\varphi} \tilde{f}(\gamma) d\gamma = q \cdot \int_{-\pi}^{\varphi} f_1(\gamma) d\gamma + (1 - q) \cdot \int_{-\pi}^{\varphi} f_2(\gamma) d\gamma, \quad (\text{A.59})$$

melyben /A10/ képletgyűjteményének felhasználásával

$$\int_{-\pi}^{\varphi} f_1(\gamma) d\gamma = \frac{1}{\pi} \cdot \operatorname{arctg} \frac{(1 + \sqrt{1 - p_1^2}) \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi - \bar{\varphi}_1}{2}}{p_1} - \frac{1}{\pi} \cdot \operatorname{arctg} \frac{(1 + \sqrt{1 - p_1^2}) \cdot \operatorname{tg} \frac{-\pi - \bar{\varphi}_1}{2}}{p_1} \quad (\text{A.60})$$

$$\int_{-\pi}^{\varphi} f_2(\gamma) d\gamma \text{ pedig ennek mintájára felírható.}$$

Az empirikus eloszlásfüggvény  $\varphi_i$ -hez ( $i=1, \dots, n$ ) tartozó ordinátája (A.58)-ban

$$F^*(\varphi_i) = \frac{i}{n}, \quad (i=1, \dots, n) \quad (\text{A.61a})$$

vagy Gumbel /A1/ szerint javítva

$$F^*(\varphi_i) = \frac{i}{n+1}, \quad (i = 1, \dots, n) \quad (\text{A.61b})$$

súlyozatlan mérések esetén.

Mivel azonban esetünkben súlyozott mérésekről van szó, így

$$F^*(\varphi_i) = \frac{\sum_{j=1}^i s_j}{\sum_{j=1}^n s_j} \text{ vagy javítva } F^*(\varphi_i) = \frac{n}{n+1} \cdot \frac{\sum_{j=1}^i s_j}{\sum_{j=1}^n s_j}, \quad (i=1, \dots, n). \quad (\text{A.61c})$$

Rendkívül fontos, hogy (A.61)-ben a  $\varphi_i$ ,  $i = 1, \dots, n$  értékeknek,  $-\pi$ -től indítva, nagyság szerint növekvő sorrendbe rendezettnek kell lenniük.

Ezzel előállt egy háromváltozós nemlineáris optimálási feladat:

$$H \rightarrow \min., \quad (\text{A.62})$$

változóira pedig a következő korlátok igazak:

$$\begin{aligned} q &\geq 0, & q &\leq 1, \\ \bar{\varphi}_1 &\geq -\pi, & \bar{\varphi}_1 &\leq \pi, \\ \bar{\varphi}_2 &\geq -\pi, & \bar{\varphi}_2 &\leq \pi. \end{aligned} \quad (\text{A.63})$$

Mindhárom változó — nagyszámú mérést feltételezve — folytonosnak tekinthető. Ez az optimalizálási feladat az ismert numerikus megoldási módok valamelyikével kívánt pontossáig megoldható.

#### 4.3. A kéttengelyű vizsgálat összefoglalása

Foglaljuk össze a kéttengelyű vizsgálat során elvégzendő lépéseket.

1. A  $\varphi_i = 2\alpha_i$ ,  $i = 1, \dots, n$  méréseket rendezzük növekvő sorrendbe  $-\pi$ -től indítva.

2. Számítsuk ki a  $\bar{\varphi}^*$  empirikus várható értéket és a  $\sigma^{*2}$  empirikus szórásnégyzetet.

3. Kezdjük a leírt optimalizálási feladat iteratív megoldását célszerűen a  $q = 0,5$ ,  $\bar{\varphi}_1 = \bar{\varphi}^*$ ,  $p_1 = \sigma^{*2}/(2 - \sigma^{*2})$  /1. az (A.50) képletet/,  $\bar{\varphi}_2 = \bar{\varphi}_1$  és  $p_2 = p_1$  helyről.

4. A választott numerikus eljárás által javított  $q$ ,  $\bar{\varphi}_1$  és  $\bar{\varphi}_2$  paraméterekhez az (A.56) és (A.57) képletek alapján számítsuk ki az aktuális  $p_1$  és  $p_2$  értékeket. Ezek után (A.60), (A.59) és így (A.58) értékelhetővé válik. A numerikus eljárást folytassuk addig, amíg az eredmény a megkívánt pontosságig elő nem áll.

5. A kéttengelyű szövetorientációs vizsgálat végeredményeképp a következők meghatározása szükséges:

Az első a  $q$  paraméter, a második és a harmadik az  $\bar{\alpha}_1 = \bar{\varphi}_1/2$  és az  $\bar{\alpha}_2 = \bar{\varphi}_2/2$  várható értékek, orientációs irányok, továbbá az ezekhez tartozó orientációs együtthatók ( $k_1$  és  $k_2$ ), melyekre (A.40) és (A.49) alapján:

$$k_1 = 1 - \sigma_1 = 1 - \sqrt{\frac{2p_1}{1 + p_1}}, \quad (\text{A.64a})$$

$$k_2 = 1 - \sigma_2 = 1 - \sqrt{\frac{2p_2}{1 + p_2}} \quad (\text{A.64b})$$

képletek adódnak. Tartalmi mondanivalójuk megegyezik az előző pont végén bevezetett  $k_0$  orientációs együtthatóéval.

Végezetül fontosnak tartom megemlíteni, hogy /A11/ alapján mind az egy-, mind a kéttengelyű vizsgálat keretében úgynevezett torzított becslést hajtottunk végre.

## 5. UTÓSZÓ

Az e munkában bemutatott orientációs analízis mechanikai alkalmazása mellett (ortotrop és anizotrop viselkedési hajlam felderítése, szemcsés mikrostruktúrák fő teherviselési irányainak keresése stb.) többféle orvosi feladat vizsgálatára is felhasználható. Jól adaptálhatók ezen algoritmusok a szövet sejtjeinek egymás közti anyagcserefolyamatainak vizsgálatára, a szövettanészet növekedési hajlamának és orientációjának megállapítására, a szövetburjánzás helyének és haladási irányainak becslésére stb. Mindezek előrevetik a kidolgozott módszer gyógyászatban való közvetlen felhasználhatóságát is (1. például az /A2/, /A3/ és /A4/ alatti irodalmakat).

## 6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

E kutatás az 5-314 számú és az 5-003 számú OTKA támogatásával folyik, melyekért ezúton mondok köszönetet.

## IRODALOM

- /A1/ **Kanda, T.—Fujita, N.:** Probabilistic Method and Its Application. Gihodo Press, Tokyo 1982, 18—23.
- /A2/ **Alföldi I.—Németh I.:** Kvantitatív cytotoxicitási vizsgálatok szövettanészetekben. (Rektori pályázat.) Semmelweis Orvostudományi Egyetem Pszichiátriai Klinika, Budapest 1980—81.
- /A3/ **Kádár É.—Katona G.:** A szupraindividuális organizáció morphometriai szemlélete. (Rektori pályázat.) Semmelweis Orvostudományi Egyetem Pszichiátriai Klinika, Budapest 1981.
- /A4/ **Kádár É.—Németh I.:** Szövettanészetek textúrájának többváltozós morphometriája. (A számítógépes és humán percepciók morphometria dialógusa.) (Rektori pályázat.) Semmelweis Orvostudományi Egyetem Pszichiátriai Klinika, Budapest 1983.

- /A5/ **Kubo, M.—Nakahara, H.—Ishikawa, Hide—Ishikawa, Hiro:** A Curve-Fitting Method of Combined Distribution in Probabilistic Modeling of Random Variables. *Computational Stochastic Mechanics*, 47—68.
- /A6/ **Reimann J.—V. Nagy I.:** Hidrológiai statisztika. Tankönyvkiadó, Budapest 1984.
- /A7/ **Olsson, D. M.:** A Sequential Simplex Program for Solving Minimization Problems. *Journal of Quality Technology* (1974) 6., 1. 53—57.
- /A8/ **Olsson, D. M.:** Estimation for Mixtures of Distributions by Direct Maximization of the Likelihood Function. *Journal of Quality Technology* (1979) 11./3. 153—159.
- /A9/ **Satake, M.:** Fundamental Quantities in the Graph Approach of Granular Materials, in *Mechanics of Granular Materials: New Models and Constitutive Relations*. (Eds J. T. Jenkins—M. Satake.) Elsevier, 1983.
- /A10/ **Korn, G. A.—Korn, T. M.:** Matematikai kézikönyv műszakiaknak. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1975.
- /A11/ **Vincze I.:** Matematikai statisztika ipari alkalmazásokkal. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1968.



Dr. Dalmy Dénes<sup>1</sup>—dr. Fűzy Jenő, a műszaki tudomány doktora<sup>2</sup>—  
dr. Ódor Péter<sup>3</sup>—Teiter Zoltán<sup>4</sup>

PERIODIKUSAN ISMÉTLŐDŐ INHOMOGENITÁSÚ KÖZEGEK  
MECHANIKAI VISELKEDÉSÉNEK LEÍRÁSA  
HELYETTESÍTŐ COSSERAT-KONTINUUM SEGÍTSÉGÉVEL

1. BEVEZETÉS

A periodikusan ismétlődő inhomogenitással bíró közegek makro-viselkedése — külső erőre, illetve alakváltozási kényszerre, azaz mechanikai hatásra adott válasza -- egy helyettesítő Cosserat-kontinuummal követhető, ez a szakirodalomban ismert /4/. Ennek alkalmazásaként /1, 2/ a kötött szemcsés anyagok viselkedését helyettesítő Cosserat-kontinuummal írták le. Itt az inhomogenitás nem periodikus, hanem „kvázi-periodikus”, mivel a vizsgálat tárgyát képező beton szemeloszlása sztochasztikus, de ugyanakkor ez a szemeloszlás a sztochasztikus eloszlás mellett megismétlődik.

A helyettesítő Cosserat-kontinuum esetében az „L” anyagállandó /l/, a legkisebb elemi cella lineáris mérete. Szabályos, periodikusan ismétlődő inhomogenitás esetében, ha az inhomogenitásokat, zárványokat négyzetes hálózatban helyezük el, az „L” anyagállandó teoretikusan előre meghatározható. Az átmenet a homogén közegbe ezekben az esetekben az „L” anyagállandó fokozatos,  $L \rightarrow 0$  átmenetével biztosítható.

Az alábbiakban ismertetésre kerülő kísérletsorozat azt kívánta vizsgálni, hogy egy periodikusan ismétlődő, végtelen merev zárványokkal bíró közeg, amelynek makro-viselkedése Cosserat-kontinuummal leírható, valamint ennek komplementer rendszere, a periodikusan inhomogenitásokkal bíró közeget helyettesítő Cosserat-közeg matematikailag egymással kapcsolatba hozható-e és ha igen, hogyan.

---

<sup>1</sup>BME Vasbetonszerkezetek Tanszéke, adjunktus.

<sup>2</sup>C. egyetemi tanár, nyugdíjas.

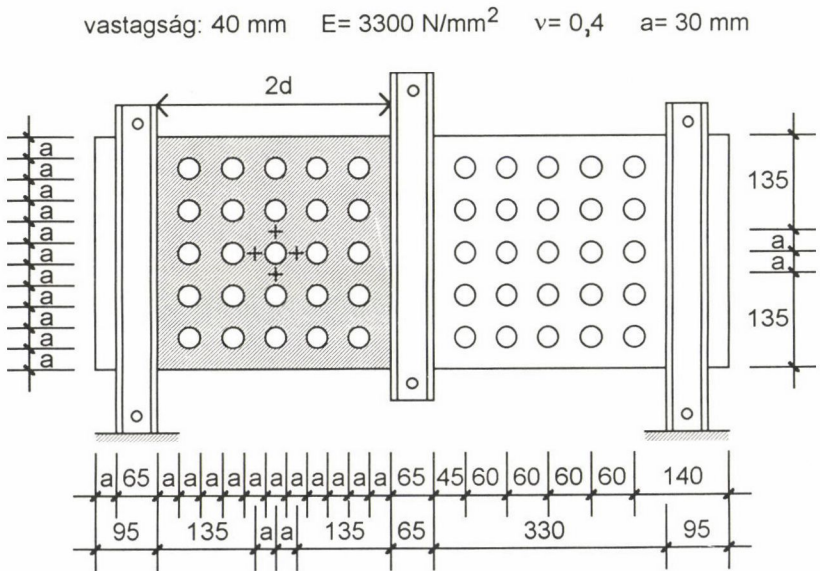
<sup>3</sup>BME Vasbetonszerkezetek Tanszéke, laborvezető.

<sup>4</sup>BME Vasbetonszerkezetek Tanszéke, doktorandusz.

## 2. A KÍSÉRLETEK LEÍRÁSA

A síkbeli tárcsaként működő pleximoddellen a kísérleteket három fázisban végeztük. Az első részben a modellt eredeti állapotában tömör tárcsaként vizsgáltuk, ez szolgált etalon kísérletként. A második fázisban a tárcsát  $2 \times 25$  db  $30$  mm átmérőjű furattal láttuk el, a fúrást a saját, termikus feszültségek elkerülése érdekében különleges gondnal, hűtve végeztük.

A vizsgálat harmadik szakaszában a lyukakba tömör acél hengereket ragasztottunk, ezzel valamilyen „inverz” inhomogenitást próbálva előállítani (1. az 1. ábrát).



1. ábra

A lyukak, illetve betétek kiosztását négyzethálóban terveztük, mert így a helyettesítő közeg „L” anyagállandója adott.

Az „L” Cosserat-anyagállandó fizikai értelmezése annak a legkisebb térfogategységnek, „mikrocellának” a lineáris mérete, amely még olyan mechanikai tulajdonságokkal rendelkezik, mint a makro-viselkedést leíró, kvázihomogén közeg. Ez a négyzetes kiosztás esetében a priori adott.  $L = 2a$ , de ugyanakkor ez a rendszer nem helyettesíthető izotróp közeggel, mivel a helyettesítő kontinuum fizikai állandói ( $E$ ,  $\nu$ ) irányfüggők. Ezzel szemben a háromszög-raszterben kiosztott lyukak (illetve betétek) esetében a helyettesítő

kontinuum izotróp lesz, de a helyettesítő Cosserat-kontinuum „L” anyagállandójának nagysága bizonytalan. Mivel vizsgálataink szempontjából a helyettesítő kontinuum „L” anyagállandójának ismerete meghatározó jelentőségű, mégis a négyzetraszteres kiosztást választottuk.

A homogén feszültségállapot megvalósítása érdekében a modell támaszainál és az erő bevezetésénél egy-egy U-65 acélszelvény-pár közé szorítottuk a plexitárcsát. Az egyenletesebb teher-, illetve reakcióerő-átvitel érdekében az acélszelvények és a plexi közé gumicsíkokat helyeztünk.

A terhelést 50 kN maximális erő kifejtésére alkalmas LUCAS hidraulikus sajtóval biztosítottuk. A terhelőerő mérését úgy valósítottuk meg, hogy a sajtó olajkörébe PGK 500 típusú nyomásadót helyeztünk. A nyomásadó megfelelő hitelesítése után a terhelőerőt HBM KWS mérőerősítő híd digitális kijelzőjén olvastuk le, ennek pontossága 0,01 kN volt. A fizikai méréseket megelőzően, illetve később azzal párhuzamosan, számítógépes végeelem-modellezést is végeztünk. Ennek alapján döntöttük el pl. a nyúlásmérő bélyegek felragasztásának helyét.

A számítógépes modellezéssel két célunk volt. Az egyik annak ellenőrzése volt, hogy a tárcsa igénybevétele hol és mennyire tekinthető homogénnek, és ebben a tartományban jelöltük ki a nyúlásméréssel végzendő mérések helyét. A másik eldöntendő kérdés a peremfeltételek valódi hatása volt. A két U vas közé beszorított plexitárcsa peremfeltételét a számítógépes modellezés esetében a két lehetséges szélső esetre számítottuk ki, és ezek alapján próbáltuk a valóságos -- fizikai -- körülményeket identifikálni.

A fizikai kísérletek során még egy másik, párhuzamos vizsgálatot is végeztünk. A nyúlásmérő bélyegeken kívül a tárcsa feszültségeloszlásának vizsgálatára annak másik felét feszültségoptikai módszerrel is vizsgáltuk. Ehhez a modellre fényvisszaverő réteget ragasztottunk, és azt a vizsgálat során változtatott irányú polarizált fénnel világítottuk meg. Ennek során a tárcsa főfeszültségi trajektóriáinak megfelelő színeképet kaptunk, és azokat a későbbi értékelés céljából videofelvételen rögzítettük.

A modellen végzett mérési eredmények feldolgozásához és értékeléséhez szükségünk volt a modell anyagának jellemzőire. E célból a tárcsából kivágtott hasábokon vizsgálatokat végeztünk. A terhelés nagyságát úgy határoztuk meg, hogy a próbahasábokon keletkező feszültségek haladják meg a modellvizsgálat során várható feszültségeket, de nem volt célunk a plexi törési -- szakadási -- jellemzőinek meghatározása.

Az előzetes vizsgálatok alapján a modell egyik felének közepén, egymástól 60 mm-re 4 darab 10 mm bázishosszúságú, ún. rozetta nyúlásmérő bélyeget

helyeztünk el. A vizsgálati tárcsa területén, jellemzően a közepén, a főfeszültségi irányok a számítógépes modellezés esetében éppúgy, mint a fizikai mérésekkel párhuzamosan végzett feszültségoptikai vizsgálat alapján  $42-45^\circ$  között változott. Ez — figyelembe véve a külső erő bevezetése által keletkező normálerő hatását — arra utal, hogy a mezőben eléggé homogén feszültségállapot uralkodik.

Ugyanezeket a vizsgálatokat, lényegében hasonló eredménnyel az etalonmodellén kívül a lyukas és az acélbetéttel erősített elemeken is elvégeztük.

A feszültségoptikai vizsgálat mutatta ki azt is, hogy az acélbetétek be ragasztása után — valószínűleg a ragasztóanyag és a plexi kölcsönhatása következtében — sajátfeszültségek keletkeztek. A terhelés során azonban ezek elmosódtak.

### 3. A MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

A számítási elemzéseket egységesen 5 kN külső teherre végeztük el. A végelem-módszerrel végzett modell és a fizikai modell vizsgálata alapján az „etalon”, vagyis a tömör tárcsa esetében a nyírási belső munka rétegintegrállokkal numerikusan meghatározható volt. A külső munka a terhelő erő és annak elmozdulása alapján mindhárom esetben adott volt, így a külső munkából a nyírási alakváltozási munkát kivonva, az etalonesetre az összes normálfeszültség-alakváltozási munka kiszámítható volt. Az inhomogenitással bíró kompozit anyag „összleti” rugalmassági modulusát részben számítással, részben kísérleti alapon határoztuk meg:

$$E(\text{lyukas}) = 0,8378 E(\text{etalon})$$

$$E(\text{betétes}) = 1,1898 E(\text{etalon})$$

A periodikus inhomogenitással bíró közeg helyettesítő kontinuumának anyagállandói irányfüggők, de mivel a vizsgálati testben szándékaink szerint homogén feszültségállapot uralkodik, így minden pontban azonos és az  $x \leftrightarrow y$  koordinátákhoz rendelt anyagállandók az érvényesek, ezért azokat index nélkül,  $E$ ,  $G$ , illetve  $\nu$  jelöléssel idézzük.

A kontrakciós tényezők lényegében nem változtak, így a fentiek ismeretében a normálfeszültségek által képviselt belső munka a betétes esetre is kiszámítható volt. Ezeket a hozzájuk tartozó külső munkából levonva megkapjuk a nyírófeszültségek által végzett belső munka értékét, és ebből kiszámított-

tuk a nyírási modulus változását. Ennek változása az E modulus a fent ismertett változásától eltér.

A számítások eredményeit az alábbi táblázatban foglaltuk össze:

1. táblázat

	$L_K$ /Ncm/	$L_{B\tau}$ /Ncm/	$L_{B\sigma}$ /Ncm/	$\frac{E}{E(\text{etalon})}$	$L_{B\sigma}$ /Ncm/	$L_{B\tau}$ /Ncm/	$\frac{G}{G(\text{etalon})}$
Etalon	52,00	29,595	22,405	1,0000			1,0000
Lyukas	97,50			0,8378	26,743	70,757	0,4200
Betétes	42,50			1,1898	18,831	23,669	1,2500

ahol  $L_K$  a külső munka,  $L_{B\tau}$ , illetve  $L_{B\sigma}$  a belső munka nyírási, illetve össznormálfeszültségi összetevője.

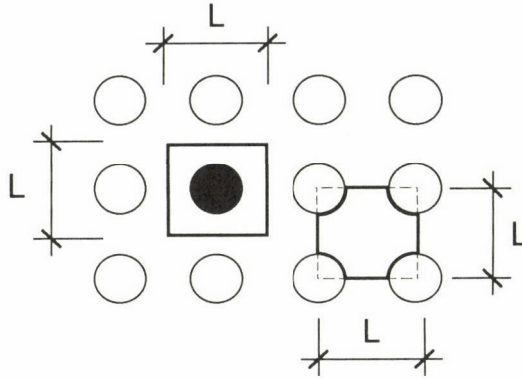
A kísérletek alapján számított értékek, valamint a számítógépes véges-elemmodell eredményei alapján a fenti táblázatban rögzített adatokból a következő következtetések vonhatók le.

A kétféle inhomogenitással bíró közeg -- a lyukas, illetve a betétes -- rugalmassági modulusa (E modulus, a normál feszültségek anyagállandója) lényegében tükörszimmetrikusan változott az inhomogenitások hatására. Ezzel szemben a nyírási rugalmassági G modulusok aránytalanul nagyobb mértékben és nem tükörszimmetrikusan változtak.

Bár az irányfüggő anyagállandók esetében a  $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$  összefüggés ez esetben nem használható, mégis jogos az a feltételezés, hogy a nyírási modulusok is szimmetrikusan változnak, és nagyságrendjük az „E” modulusok fele körüli értékű lehet.

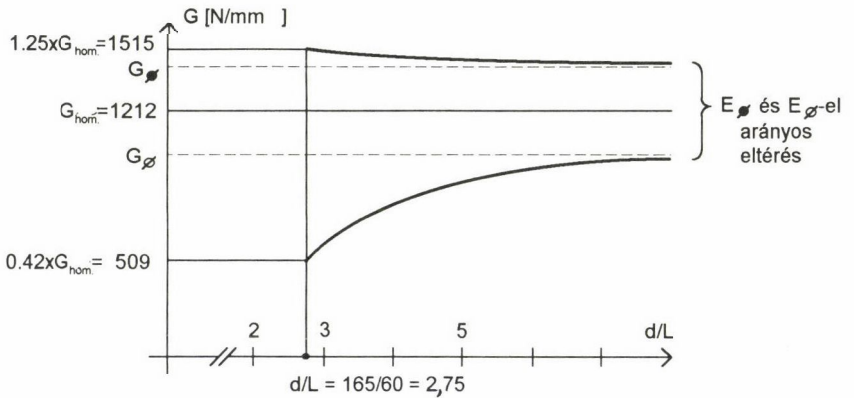
A merev betétek esetében a nyírási „felkeményedés” érthető, mivel a betétek egymáshoz képest történő, merevtestszerű elfordulása is munkát igényel, ez lényegében a Cosserat-kontinuum alapja. Nehezebben érthető ez meg -- és ez volt a vizsgálat egyik célja --, hogy miképpen működik ez a kontinuummodell a lyukak esetében. A lyukak relatív elfordulásával kapcsolatos munkahipotézis nem közérthető. Ha azonban szemügyre vesszük a 2. ábrát, akkor érthetővé válik, hogy a két eset között lényeges differencia van, ugyanis a két eset „elemi cellá”-ja nem egyezik (1. a 2. ábrát).

Ez így érthető, azonban ez a körülmény egy lényeges dologra hívja fel a figyelmet, nevezetesen arra, hogy nehezen képzelhető el a kétféle szélsőséges eset -- a merev betétes és a lyukas modell -- mint a periodikus inhomogenitás modellezése között a helyettesítő Cosserat-kontinuum felfogásában a folyamatos átmenet.



2. ábra

Éppen ezért az /1/-ben levezetett elméleti összefüggések alapján a nyírási modulus lefutásának elméleti leírását tettük további vizsgálat tárgyává. Ennek változása az elméleti vizsgálatok alapján a 3. ábrán látható sematikusán.



3. ábra

A változás függvényteni leírása -- a Cosserat-elmélet alapján -- a következő formában írható le az /1/-ben levezetettek alapján:

$$\frac{G_{\text{helyettesítő}}}{G \left[ \frac{d}{L} \rightarrow \infty \right]} = \frac{1}{1 - \frac{L}{d} \sqrt{\frac{n}{24(1+n)}} \cdot \text{th} \sqrt{\frac{24n}{1+n}}} \quad (1)$$

ahol  $2d$  a nyírt réteg vastagsága (l. az 1. ábrát),  $L$  a Cosserat-anyagállandó  $/3/$  és „ $n$ ” a másik Cosserat-állandó, amelynek értéke nem ismert, így a függvényt csak a rétegvastagságtól függő változás alakhelyes változásának jellemzésére használjuk csak. A „ $n$ ” állandó egy korábbi — a BME Vasbetonszerkezetek Tanszékén végzett kísérleti vizsgálat szerint — az adott betonszerkezet esetében  $2,27$  volt.

$G_{hom}$  — az etalon vizsgálat nyírási modulusa,

$G_{\emptyset}$ , illetve  $G_{\emptyset}$  — a „betétes”, illetve „lyukas” közeg  $d/L \rightarrow \infty$  nyírási modulusa,

$1,25 \cdot G_{hom}$ , illetve  $0,42 \cdot G_{hom}$  — a „betétes”, illetve „lyukas” közeg adott  $d$  méret esetén mért „helyettesítő” nyírási modulusa.

Ezt a függvényt a 3. ábra vízszintes tengelyén dimenziómentes koordináta-redukáltuk, így látható, hogy az eltérés nem szimmetrikus. Az  $L/d \rightarrow \infty$  tartozó határértékeket számítással határoztuk meg, az ehhez képest jelentkező eltérések sem százalékosan, sem abszolút nagyságban nem egyformák. Ennek tudományos magyarázatát nem találtuk, a kézenfekvő az lett volna, ha a betétes (merev zárványos) inhomogenitás és a lyukak által létrehozott inhomogenitás a helyettesítő Cosserat-kontinuum anyagállandóiban valamilyen tükörszimmetriát mutatott volna.

További elemzést végeztünk a zárványok (lyukak) közötti átkötő részek feszültséganalízise alapján. Ezekben a pontokban (l. részletesen az OTKA 687 ny. számú kutatási jelentés mellékleteiben) ugyanis a nyírófeszültségek mértéke utal a helyettesítő Cosserat-kontinuum nyomatéki feszültségeinek nagyságára (pl. analóg módon a Vierendeel-tartórács esetében a nyomatéki nullpontban lévő nyíróerő jellemző a csomóponti nyomatékra). Ezek jellemző értékeit a 2. táblázatban foglaltuk össze.

2. táblázat.  $\gamma_{xy}$  változása a homogénhoz képest

A pont jele	Lyukas	Betétes
653 (3)	0,096540	-0,022390
775 (4)	0,100125	-0,023945
907 (2)	0,097440	-0,022755
767 (1)	0,100720	-0,023935

Az eltérések iránya és nagyságrendje is megegyezik az előző megállapítások lényegével. Itt is felismerhető az eltérés az inhomogenitás hatására, valamint az is, hogy az eltérés előjelet vált, de az eltérés a kétféle irányban nem azonos.

#### 4. ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK

A fentiek alapján az alábbi összefoglaló — kvantitatív — megállapításokat tehetjük:

— a periodikusan ismétlődő inhomogenitások, zárványok abban az esetben, ha azok végtelen — vagy azt megközelítően — merevek, akkor e „kompozitok” makro-viselkedése Cosserat-kontinuummal modellezhető. Ezt az eddigi elméleti vizsgálatok is kézenfekvővé teszik: a szomszédos merev zárványok relatív elfordulása éppúgy munkát képvisel, mint az egymás közötti távolságának megváltozása.

— A nulla merevségű zárványok, lyukak esetében is modellezhető a periodikusan ismétlődő inhomogenitás: lyuk, helyettesítő Cosserat-kontinuummal.

— A két fent ismertetett szélső eset a helyettesítő kontinuum-elmélettel nem hozható kapcsolatba. A 2. ábrán bemutatott kétféle elemicella-értelmezés között folyamatos átmenet — különös tekintettel a cella értelmzésére — nem képzelhető el.

— Ugyanezt a következtetést lehet levonni az (1) alatti matematikai összefüggésből is. Az a feltevés, hogy az „L” anyagállandó a két szélső eset között előjelet vált, nem vezet eredményre. Ekkor ugyanis a  $\underline{t}_h$  függvény is a negatív argumentum következtében előjelet vált, és a hányados értéke változatlan.

A periodikusan ismétlődő végtelen merev vagy a másik végletként a nulla merevségű zárványok — lyukak — által okozott inhomogenitású közeg makroviselkedése megfelelően választott helyettesítő anyagállandójú homogén Cosserat-kontinuummal leírható, de sem közöttük, sem a homogén közeg között az átmenet, vagyis a különböző merevségű, illetve lágyságú zárványok esete, beleértve az alapanyaggal azonos merevségű zárvány (homogén közeg) esetét is, ezzel az elmélettel nem követhető.

#### IRODALOM

- /1/ **Fúzy J.** és szerzőtársak: Magasabb szabadságfokú kontinuumok elmélete és építőmérnöki alkalmazásai. Akadémiai Kiadó, Budapest 1992.
- /2/ **Fúzy, J.:** The stimulation of Heterogenous Concrete Characteristic and its Influence on the Stress Distribution. Nemzetközi IUTAM konf., Delft 1976.
- /3/ **Schaefer, H.:** Das Cosserat-Kontinuum. ZAMM (1967) 47. 485—498.
- /4/ **Bytner, S.—Gambin, B.:** Homogenization of Cosserat Continuum. Archives of Mechanics (1986) 38/3. 271—279.



Dr. Dulácska Endre, a műszaki tudományok doktora—Orosz László

A COULOMB-FÉLE SÚRLÓDÁSI TÖRVÉNY KORREKCIÓJA\*

BEVEZETÉS

Jelen dolgozatban egy régi tételnek a felülvizsgálatával foglalkozom, ez a Coulomb-féle súrlódási törvény. A súrlódást először Leonardo da Vinci írta le 1508-ban, és 0,25-nek tételizte fel a súrlódási tényezőt. Utána Amonton 1699-ben 0,30-nak vélte ezt az értéket egy sereg előző kutatás alapján. Coulomb volt az első, aki az „Egyszerű gépek elmélete” című, a Francia Tudományos Akadémiának benyújtott dolgozatában elemezte a súrlódási tényezőt. (Megjegyzem, hogy nem ismerem az eredeti dolgozatot, csak a hivatkozásokat.) A súrlódás tényezőjét egy anyagállandónak tételizte föl a hivatkozó irodalom szerint. Nem egészen biztos, hogy Coulomb így gondolta, mert hiszen kísérleteiben azt találta, hogy a mozdulatlan érintkezés időtartamával ez az anyagállandó nő. Ha például rögtön akarom elcsúsztatni a tölgyfán az acélelemet, amit ő vizsgált, akkor 0,2-es, ha 8 óra után akarom elcsúsztatni, akkor 0,4-es súrlódási tényezőt kapok. Tehát már itt vitatható, hogy vajon tényleg Coulomb találta-e ki ezt a tételt, vagy csak az egyszerűsítés kedvéért alkalmazták így. A súrlódási tényezővel a magyar mechanikai tankönyvek is foglalkoznak, mindegyik állandó értéket ad. Felsorolok néhányat, csak az időrend kedvéért:

Szily-mechanika	1920-ban
Anderlik—Feimer	1934-ben
Cholnoky	1960-ban
Kaliszky	1991-ben

állandónak tételizik fel a súrlódási tényezőket.

Van néhány olyan irodalom, amely kimutatja, hogy a súrlódási tényező nem állandó; ilyen a Kragelszki—Vinogradova-könyv magyar nyelvű fordítása és

---

\*Készült a T 007310 OTKA téma keretében.

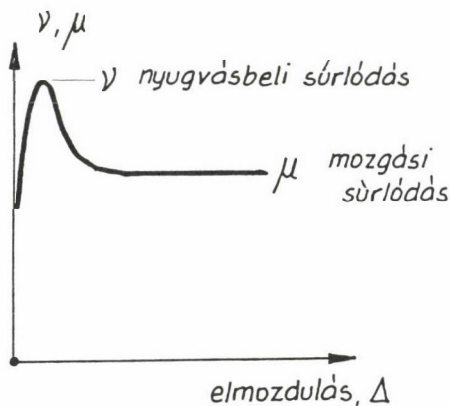
Koczás Endre doktori disszertációja. Mind a kettő lényegében a mozgási súrlódással foglalkozik, és csak érintőlegesen érinti a nyugvásbeli súrlódást. Kézdy Árpád Talajmechanika c. tankönyvében nagyon jól összefoglalja az egész súrlódási témakört és a kutatók eredményeit.

Dulácska Zsolt és Varga Zsolt még gimnazista korukban a Központi Fizikai Kutató Intézet pályázatával kapcsolatban foglalkoztak a súrlódással és ennek a valószínűségelméleti értékelésével. Egy sereg anyagpárra kis terhelés mellett mutatták ki a súrlódási tényezőt és ennek a szórási tartományait.

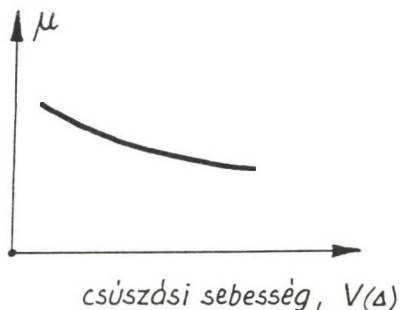
### A SÚRLÓDÁSI TÉNYEZŐ ELEMZÉSE

A következőkben vizsgáljuk meg, hogy mitől függ a súrlódási tényező. Az irodalom szerint az anyagi minőségtől, a súrlódó felület érdességétől, az adhéziótól, a kenés minőségétől, a mozdulatlan érintkezés idejétől, a megterhelés sebességétől, a súrlódási göccoknak (amik érintkeznek) a rugalmasságától, képlékenységi viselkedésétől, a felületi nyomás nagyságától, a csúszás sebességétől.

A nyugvásbeli súrlódás általában száraz súrlódás, a mozgásbeli súrlódás pedig rendszerint kenőanyaggal csökkentett súrlódás. A súrlódás és az elmozdulás összefüggése egy nagyon sematizált görbével ábrázolható (1. ábra). Amikor a nyomóerő közelíti a nyomószilárdságot, akkor leszalad a 0 ponthoz a súrlódási tényező. A mozgásbeli súrlódás a csúszási sebességgel csökken, ez érezhető az autó fékezésekor (2. ábra).



1. ábra



2. ábra

Itt említeném meg, hogy a súrlódásra vonatkozó vizsgálatok legnagyobb-részt a mozgási súrlódásra vonatkoznak, hiszen a gépészetben, közlekedésben a vasúti kerék megcsúszása, a fékezés, a kuplungtárcsa, a dróthúzás, a forgácsolás, a hengerlés stb. mind a mozgási tartományba esik. Ezeket vizsgálták a kísérletek során.

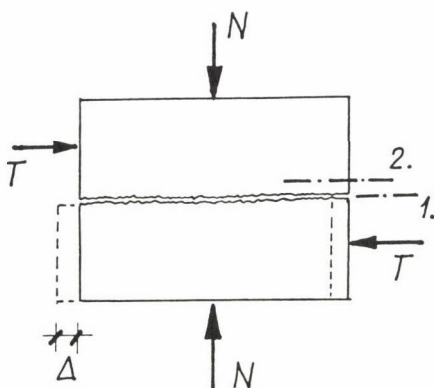
Mi jelenleg a nyugvásbeli súrlódással foglalkozunk, mert az építőmérnöknek az állékonysághoz főleg ez szükséges. A csúszási biztonság meghatározásához és az NF feszített csavaros kötések méretezéséhez a nyugvásbeli súrlódási tényező alsó szélső értéke, a csúszó mozgási csuklóknál pedig a megcsúszás lehetőségének biztosítására éppen a felső érték érdekes. Talajmechanikához mind az alsó, mind a felső érték szükséges.

### AZ ACÉL ÉS A BETON SÚRLÓDÁSA

A következőkben az acél, illetve a beton súrlódásával foglalkozunk mint az építőipari gyakorlatban fontos jelenséggel.

Vegyünk két próbatestet, amelyeket el akarunk egymáson csúsztatni. Két tönkremeneteli felület lehetséges (3. ábra). Az egyik az érintkező felület, a másik az érintkező felület mellett az anyagnak a felülete. A tönkremeneteli formák: az elcsúszás és az elnyíródás.

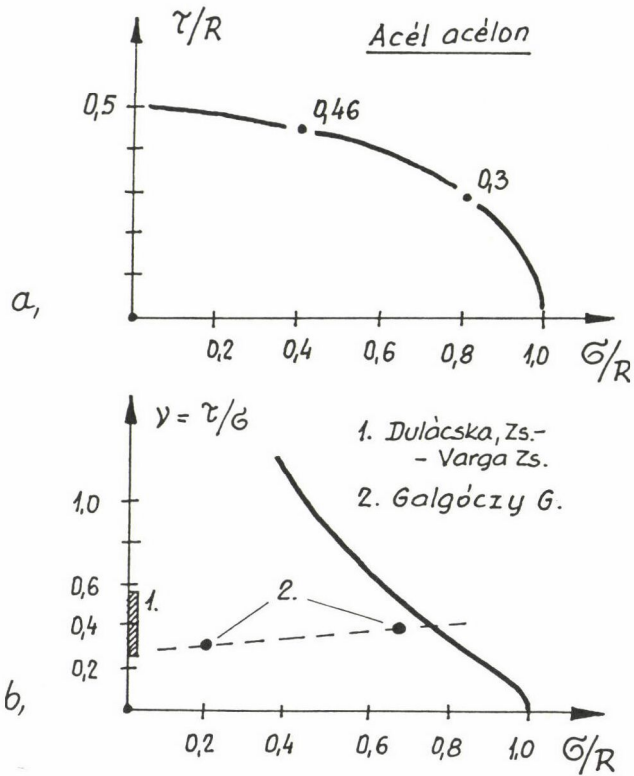
Ha az acélt nézzük, akkor az acél nyírési és nyomási szilárdsága a 4.a ábrán egy ellipszis jellegű görbével írható le. A Mohr-elmélet szerint



Tönkremeneteli felületek:

1. elcsúszás
2. elnyíródás

3. ábra. A súrlódási tönkremenetel két módja

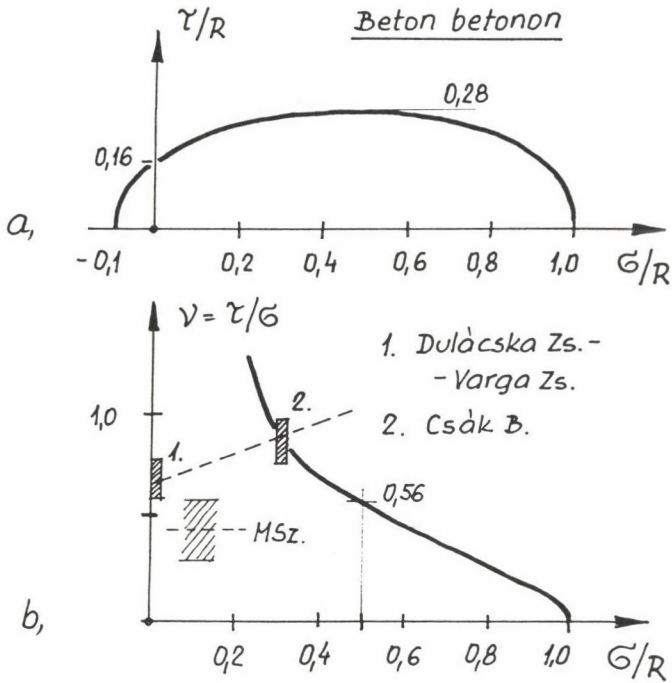


4. ábra

$\tau/R = 0,5$ , más elméletek szerint  $0,58$  az érték a terheletlen elemen. Itt  $\tau$ , illetve  $\sigma$  a vizsgált felülettel párhuzamos, illetve merőleges feszültség,  $R$  pedig az anyagszilárdság és  $\nu$  a nyugvásbeli súrlódási tényező. Ha ezeket a görbéket a  $\nu = \tau/\sigma$ , a súrlódási tényező szerint írjuk át, akkor a 4.a ábra olyan alakot vesz fel, mint a 4.b ábrán rajzolt görbe. Az 1. jelű értékek szórási tartománya a Dulácska--Varga-féle kísérleteknek, a 2. jelű vonal Galgóczinak az NF csavaros kapcsolatokra vonatkozó kísérleteinek a felületkezelés nélküli felületek esetében érvényes értéke.

Azt láthatjuk, hogy az összeszorító feszültség növekedésével egy kicsit emelkedik a súrlódási tényező, a végén pedig lecsökken, ahogy a töréshez közeledik az anyag.

A betont tekintve: a betonnak egy eltolt ellipszis a törésfeltétele (5.a ábra), mert a beton húzószilárdsága általában csak 10%-a a nyomószilárdságnak. Ehhez tartozik egy  $\nu = \tau/\sigma$  függvényében rajzolható vonal, amely a törésfeltételt jelenti az elcsúszás melletti betonrészekben (5.b ábra).



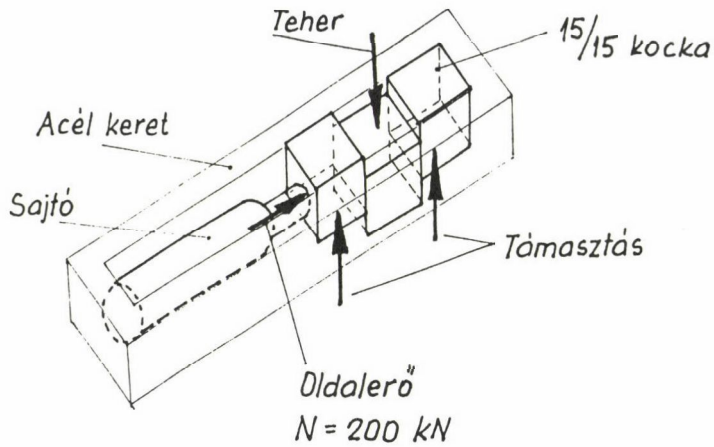
5. ábra

Az 5.b ábrán a két szórási tartomány: az 1. a Dulácska--Varga-féle dolgozatból származó érték, a 2. pedig a Szilárdságtani Tanszéken dr. Csák Béla által az 1992. év elején végzett kísérletsorozat eredménye. Az MSz szabvány az ábrán jelzett tartományt adja meg súrlódási tényezőnek. A súrlódási tényező értéke emelkedik egy kicsit a nyomás függvényében (ezt már a korábbi irodalmi eredmények is tartalmazták), majd a nyomási szilárdság harmadán túlhaladva zérusig csökken.

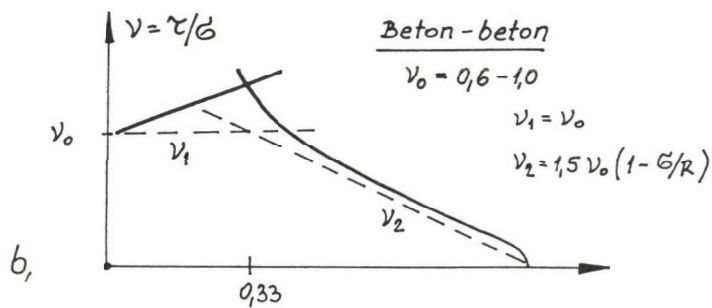
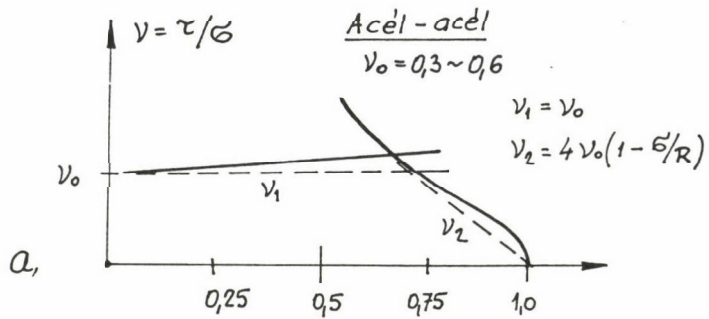
A tönkremenetel egyrészt az elcsúszási vonal mentén, másrészt az anyag-tönkremenetel mentén kell hogy lejátszódjon, tehát a  $\nu$  súrlódási tényező nem állandó, hanem a nyomási tönkremenetel felé tartóan csökkenő érték.

#### TOVÁBBI VIZSGÁLATOK

A Csák Béla-féle kísérleti berendezés a 6. ábrán látható. Egy acél keretbe oldalirányban be van téve egy Lucas-sajtó, amivel 3 kockát nyom össze, kettőt megtámaszt, egyet pedig kinyom közülük, és akkor két felületen je-



6. ábra. A kísérleti berendezés



7. ábra. Közelítő összefüggések

lentkezik a súrlódás. Ezzel be tudja állítani, hogy különböző nyomásértékhez mekkora súrlódási tényező adódik.

A praktikusság szempontjából valahogyan meg kell közelíteni ezeket az értékeket. Hogy milyen lehetőség van, azt a betonnál mutatnám be. Lehetséges egy olyan megközelítés, hogy hagyjuk a Coulomb-féle állandó súrlódási tényezőt, de korlátozzuk az érvényességi határát például a betonnál a nyomószilárdság egyharmadáig, és onnan csökkenő tendenciát vezessünk be. Ezt a 7.b ábrán láthatjuk. Az acélra javasolható összefüggés pedig a 7.a ábrán látható. Hogy tényleg ez a csökkenése a súrlódási tényezőnek és valóban ez következik be, még nem tudható, ezt kísérletezni kell. Ezt a kutatást a jövőben szeretnénk elvégezni, az OTKA-téma keretében.

E téma során szeretnénk kutatni:

-- a súrlódási tényező értékeit a nyomási paraméter függvényében,  
-- a nedvesség hatását (azaz hogy egy esetleges átnedvesedés vajon lecsökkenti-e a súrlódást),

-- a hőmérséklet hatása hogyan befolyásolja a súrlódási tényezőt. (Azoknál az épületeknél, ahol csak a súrlódásokra van bízva az állékonyosság, egy tűz hatása mennyire csökkenti le a súrlódási tényezőt, nem kell-e ezt vajon figyelembe venni?)

## ÖSSZEFOGLALÁS

A nyugvásbeli súrlódási tényező kérdésével foglalkoztunk. Megállapíthatjuk, hogy a Coulomb-tétellel ellentétben az nem anyagállandó, hanem az igénybevételi szinttől függ. A jelenséget acél és beton esetében mutatuk be.

## IRODALOM

1. **Szily K.:** Mechanika. Műszaki Könyvkiadó és Sokszorosító Intézet, Budapest 1920.
2. **Anderlik, E.—Feimer, L.:** Mechanika. Pallas Irodalmi és Nyomdai R.T., Budapest 1934.
3. **Cholnoky T.:** Mechanika. Tankönyvkiadó, Budapest 1991.
4. **Kragelszkij, I. V.—Vinogradova, I. E.:** A súrlódási tényező. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1961.
5. **Koczkás E.:** A súrlódási tényezők értékeinek vizsgálata. Disszertáció 1965. (BME Könyvtár.)

6. **Kézdí Á.:** Talajmechanika. Tankönyvkiadó, Budapest 1972.
7. **Dulácska Zs.—Varga Zs.:** A tapadósúrlódás és valószínűségelméleti értékelése. Ép.Kutatás, Fejlesztés 1981/1.
8. **Galgóczy G.:** A feszített csavaros kötések teherbírásának növelése. Építészeti Tájékoztatói Központ, Budapest 1973.



Dr. Szalai József, a műszaki tudomány kandidátusa\*

## A FAANYAG ÉS FAALAPÚ ANYAGOK ERŐTANI MÉRETEZÉSE ÖSSZETETT FESZÜLTSGÉGI ÁLLAPOT ESETÉN

A fából készült hagyományos és modern teherviselő szerkezetek erőtani méretezése különösen összetett feszültségi állapot esetén elsősorban a gyakorlati tapasztalatokon nyugszik, és csak igen kis mértékben használják fel a tudomány által kidolgozott ismereteket, elveket. Az anizotróp anyagokra ugyanakkor jól alkalmazható tönkremereteli elméletek állnak rendelkezésre, amelyek közül a természetes faanyagra és a faalapú anyagokra az Askenazi-féle szilárdsági kritérium tekinthető a legtöbb szempontból előnyösnek. A tönkremereteli feltétel polinóm egyenlete egyszerűen átalakítható úgy, hogy megfeleljen a jelenleg érvényben lévő szabványos méretezési eljárások alapelveinek. Ily módon lehetővé válik a faszerkezetek akár megengedett feszültségen alapuló, akár a félvalószínűséggel kiegészített határállapokra való erőtani méretezése összetett feszültségi állapotban is.

### 1. BEVEZETÉS

Napjainkban a faépítészet, a fával való építés új reneszánszát éljük. A jó minőségű (elsősorban vízálló) ragasztóanyagok kifejlesztése, a legkülönbözőbb igényeket kielégítő csomóponti kapcsolóelemek alkalmazása, a faanyagvédelem fejlődése és főleg a fának mint nyersanyagként a környezetet nem károsító újratermelhetősége nemcsak a hagyományos faszerkezetek fennmaradását, hanem — és elsősorban — modern szerkezetek kialakítását és építését tette lehetővé. A faszerkezetes építés mára a vasbeton és könnyű(fém-)szerkezetes építési mód egyenrangú társa. Faszerkezetek alkalmazása bizonyos feszítávolságokon túl, illetve agresszív gőzök és gázok hatásának kitett épületekben egyértelmű előnyökkel jár.

---

\*Erdészeti és Faipari Egyetem, Sopron, Műszaki Mechanika Tanszék.

Ma már a fából készült legmerészebb szerkezetek erőjátékának meghatározása sem okoz igazán gondot. Problémát jelent azonban a faszerkezeteknek, azok elemeinek erőtani méretezésénél az összetett feszültségi állapotú helyeken a tönkremenetel elméleti elbírálása. Jóllehet a tudományos szakirodalomban már fellelhetők az anizotróp anyagok tönkremenetelével foglalkozó elméletek, ezek azonban többnyire még nem kerültek át a méretezési gyakorlatba.

Az anizotróp töréseméletek legfontosabb gyakorlati jelentősége abban áll, hogy lehetővé teszik az anizotróp anyagú szerkezetek teherbírásának elméleti megítélését, akármilyen feszültségi állapotban is van a szerkezet kritikus pontja.

A méretezési gyakorlatban a faanyag anizotróp tulajdonságait az esetek többségében ma is csak egy nagyon kezdetleges szemléleten alapuló formában veszik figyelembe. A fából készült teherviselő szerkezetek erőtani méretezésénél például odafigyelnek arra, hogy a rostirányra merőleges síkokon ébredő nyírófeszültségek – a dualitás tétel értelmében – a rostiránnyal párhuzamos síkokon is fellépnek, olyan síkokon, amelyek nyírószilárdsága meglehetősen alacsony. Vagy nem feledkeznek meg arról sem, hogy az íves tengelyű, hajlításnak kitett tartókon a rostirányra merőlegesen is ébrednek normálfeszültségek, és ebben az irányban a faanyag húzószilárdsága kicsi. De még ezekben az esetekben sem veszik figyelembe az összetett feszültségi állapotnak a lineárishoz képest nagyobb veszélyességét. Az erőtani méretezés során általában megelégednek azzal, hogy az adott irányban vagy adott síkon működő feszültség maximumát lineáris feszültségi állapotként vagy a tiszta nyírás síkbeli feszültségi állapotaként kezelve összehasonlítják az adott irány megfelelő szilárdságával.

Annak a gyakorlatnak, hogy a méretezés során nem alkalmazzák a felhasznált anizotróp anyagnak megfelelő tönkremeneteli feltételt, az elméletek viszonylagos újdonsága mellett mindenekelőtt az az oka, hogy hiányoznak az adott anyagfajtára vonatkozó anyagjellemzők, az ún. technikai szilárdságok, amelyekkel számíthatók az adott fafaj tönkremeneteli kritériumában található szilárdsági tenzor komponensei, a polinóm egyenlet együtthatói. Ezek meghatározásával még adós a fával foglalkozó anyagtudomány is.

Az Erdészeti és Faipari Egyetem Műszaki Mechanika Tanszékének egyik fontos kutatási feladata, hogy a hazánkban építési anyagként felhasznált legfontosabb fafajok szilárdsági jellemzőit kísérletileg meghatározza annak érdekében, hogy a faszerkezetek erőtani méretezése elméletileg megalapozot-

tan és a gyakorlatot kielégítő megbízhatósági szinten elvégezhető legyen. E kutatásokat az OTKA T 4434 nyilvántartási számú szerződésben támogatja.

## 2. AZ ANIZOTRÓP FAANYAG ÉS FAALAPÚ ANYAGOK TÖNKREMETELI ELMÉLETE

Anizotróp anyagok tönkrementeli feltételének megfogalmazására már sok próbálkozás született. E téren a legeredményesebb munkát többek között Hill (1956), Norris (1962), Askenazi (1966, 1972), Tsai-Wu (1971) végezte, Szalai (1990) széles körű elméleti és kísérleti vizsgálatai azt mutatták, hogy természetes faanyagra a szóba jöhető szilárdsági kritériumok közül az Askenazi-féle a legalkalmasabb. A kritériumot megadó polinóm a következő alakú:

$$(a_{ijkl} \sigma^{ij} \sigma^{kl})^2 - \frac{1}{2} [(\sigma^{ij} a_{ij})^2 + \sigma^{ij} \sigma_{ij}] = 0, \quad (1)$$

$$i, j, k, l = L, R, T (1, 2, 3),$$

ahol  $a_{ij}$  — a Kronecker-delta.

$$a_{iiii} = \frac{1}{f_i}, \quad i = L (1), \text{ vagy } R (2), \text{ vagy } T (3), \quad (2a)$$

$$(a_{ijij} + a_{ijji} + a_{jii j} + a_{jiji}) = \frac{1}{t_{ij}}, \quad (2b)$$

$$(a_{iijj} + a_{jjii}) = \frac{4}{f_{ij(45)}} - \frac{1}{f_i} - \frac{1}{f_j} - \frac{1}{t_{ij}}, \quad (2c)$$

ill.

$$(a_{iijj} + a_{jjii}) = \frac{1}{f_i} + \frac{1}{f_j} - \frac{1}{t_{ij(45)}}, \quad (2d)$$

ill.

$$(a_{iijj} + a_{jjii}) = \frac{\sqrt{3}}{r_{ij}} - \frac{1}{f_i} - \frac{1}{f_j}, \quad (2e)$$

az utolsó négy kifejezésben  $i, j = L, R (1, 2)$ , vagy  $L, T (1, 3)$ , vagy  $R, T (2, 3)$  (a zárójelben lévő számok a faalapú anyagok szerkezeti fő tengelyeinek jelei), ahol az  $f$ ,  $t$ ,  $r$  jelű mennyiségek az ún. technikai szilárdságok, mégpedig

$f_i$  — normálszilárdság az  $i$  irányban,

$f_{ij(45)}$  — normálszilárdság az  $i, j$  sík szögfelezőjének irányában,

$t_{ij}$  — az  $i$  normálisú síkon ható,  $j$ -vel párhuzamos hatásvonalú nyírófeszültséghez tartozó nyírószilárdság, illetve a  $j$  normálisú síkon ható,

$i$ -vel párhuzamos hatásvonalú nyírófeszültséghez tartozó nyírószilárdság közül a kisebbik,

$t_{ij(45)}$  -- az  $i, j$  sík szögfelezőjével megegyező normálisú síkon ható, az  $i, j$  síkkal párhuzamos hatásvonalú nyírófeszültséghez tartozó nyírószilárdság,

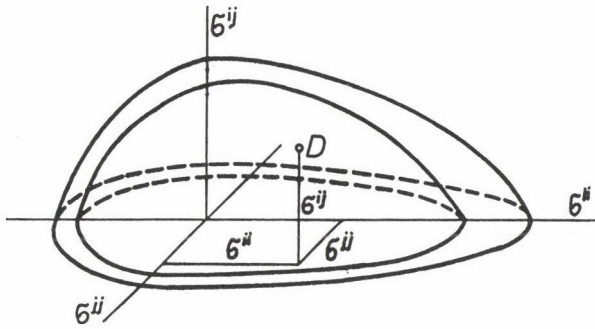
$r_{ij}$  -- az  $i$  és  $j$  tengellyel párhuzamos hatásvonalú, azonos nagyságú normál-feszültség értéke a tönkremenetel pillanatában.

Az (1) összefüggés a feszültségi állapot komponenseinek függvényében egy hiperfelületet ad meg. Ha a ténylegesen ható feszültségkomponensek kielégítik a felület egyenletét, a test vizsgált pontja éppen a tönkremenetel határállapotába kerül. Amennyiben a feszültségi állapotnak megfelelő (hiper)-pont a felületen „kívül” helyezkedik el, fellép a tönkremenetel. Az épen maradás feltétele tehát az, hogy a feszültségi állapot pontja a felületen „belül” legyen. Síkbeli feszültségi állapot esetén a hiperfelület háromdimenziós felületté fajul, s így már jól szemléltethető (lásd például az 1. ábrát).

Az Askenazi-féle szilárdsági kritérium segítségével tehát meghatározhatjuk azokat a feszültségi állapotokat, amelyek az anizotróp anyagot a tágabb értelemben vett tönkremenetel határállapotába hozzák. A szerkezeti anyagok méretezésénél azonban általában nemcsak az a feladat, hogy eldöntsük, a külső terhelésből származó feszültségi állapot okoz-e tönkremenetelt vagy sem, hanem a biztonság, az erőtani tartalék mértékét is szeretnénk ismerni.

### 3. A KÍSÉRLETEK ALAPJÁN MEGHATÁROZHATÓ ASKENAZI-FÉLE SZILÁRDSÁGI KRITÉRIUM

A szilárdsági kritérium konkrét egyenletét, illetve alakját az  $a_{ijkl}$  szilárdsági tenzor komponensei szabják meg. A komponenseket (2)-nek megfelelően a technikai szilárdságokkal számíthatjuk, ezeket pedig kísérletekkel kell meghatározni. Az elvileg azonos körülmények között végrehajtott kísérletek eredményei a faanyag inhomogenitása, az anatómiai vagy szerkezeti főirányok ideálistól való eltérése, a termőhelytől függő, egy törzsön belül is eltérő jellemzők, a technológiai fegyelmetlenség következtében fellépő eltérések, az anyagjellemzők meghatározására szolgáló kísérleti technika hiányosságai és egyéb számtalan ok következtében viszonylag nagy szóródást mutatnak. Megfelelő számú kísérleti adat statisztikai értékelésével meghatározhatjuk a technikai szilárdságok eloszlásának jellegét. Korábbi tapasztalatok alapján a szilárdsági jellemzők eloszlása nem követi a normális elosz-

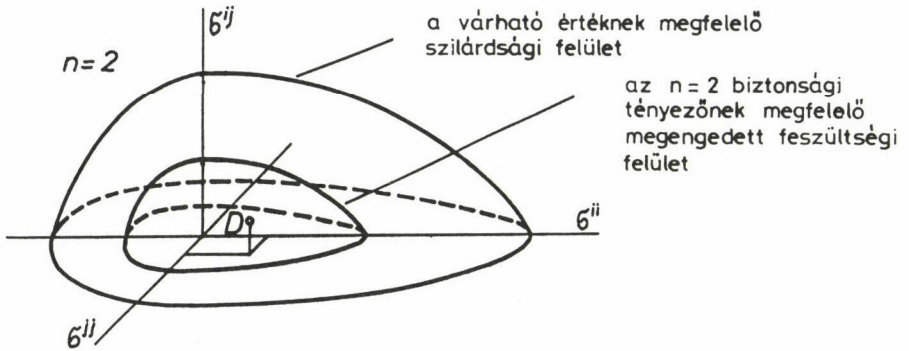


1. ábra. Egy az alsó és felső konfidenciahatároknak megfelelő, véges vastagságú, fiktív szilárdsági felület síkbeli feszültségi állapot esetén

lást. A természetes faanyag és a faalapú anyagok rideg jellegű törésére általában a Weibull- (II. alsó extrémális) eloszlás (Weibull, 1939), szívós, plasztikus jellegű tönkremenetelére a Pearson-III. eloszlás (Korda, 1972) a jellemző. A két alaptulajdonság vegyes fellépése esetén Mistéthy (1977) keverékeloszlások felvételét javasolta. Az eloszlás jellegének és jellemzőinek ismeretében meghatározhatjuk a vizsgált technikai szilárdságok és ezekből a szilárdsági tenzorkomponensek általunk kielégítőnek ítélt valószínűségi szinthez tartozó alsó és felső küszöbértékét. Ily módon a konfidenciaintervallum alsó és felső értékéhez is meghatározhatunk egy-egy tönkremeneteli hiperfelületet, amely közrefogja a várható értékeknek megfelelő hiperfelületet. Az 1. ábrán az alsó és felső konfidenciahatárnak megfelelő, fiktív szilárdsági felületeket látunk síkbeli feszültségi állapot esetén. Természetesen egyéb szilárdsági felületeket is definiálhatunk, attól függően, hogy a technikai szilárdságokat, illetve azokból a szilárdsági tenzorkomponenseket milyen valószínűségi szinthez tartozó értéken vesszük figyelembe. Így beszélhetünk -- a jelenlegi szabványos nomenklatúrának, illetve a méretezési módszereknek megfelelően -- normatív, határ- és megengedett értékhez tartozó tönkremeneteli felületről, kritériumról.

#### 4. MEGENGEDETT FESZÜLTSEGEN ALAPULÓ MÉRETEZÉS

Osszuk el a kísérlettel meghatározott technikai szilárdságok várható, illetve normatív (a normatív értéket a szabványok jelenleg mint az 5%-os valószínűségi szinthez tartozó alsó küszöbértéket definiálják) értékével számított szilárdsági tenzorkomponenseket egy tetszőleges, de egynél nagyobb



2. ábra. A várható értékek megfelelő és az  $n = 2$  biztonsági tényezővel számított megengedett feszültségi felület

számmal, a biztonsági tényezővel. E módosítással az Askenazi-féle (1) szilárdsági kritérium alakja a következőképpen módosul:

$$\frac{v_{ijkl}\sigma^{ij}\sigma^{kl}}{n} - \frac{1}{2} \left[ (\sigma^{ij}_{\theta_{ij}})^2 + \sigma^{ij}\sigma_{ij} \right] = 0, \\ i, j, k, l = L, R, T (1, 2, 3),$$

ahol  $v_{ijkl}$  a technikai szilárdságok várható, illetve normatív értékével számított tenzorkomponensek.

Egyszerű átalakítás után:

$$n = \frac{v_{ijkl}\sigma^{ij}\sigma^{kl}}{\frac{1}{2} \left[ (\sigma^{ij}_{\theta_{ij}})^2 + \sigma^{ij}\sigma_{ij} \right]}, \quad (3) \\ i, j, k, l = L, R, T (1, 2, 3).$$

Amennyiben a ható feszültségi állapot komponensei kielégítik (3)-at, akkor az azokat reprezentáló pont a várható értékhez képest  $n$ -ed részére zsugorított felületen helyezkedik el. Ezt a felületet megengedett feszültségi felületnek nevezhetjük, hiszen szerepe és értelmezése hasonló az izotróp anyagok törésmélettében alkalmazott megengedett feszültséghez. Nyilvánvaló, hogy ez a feszültségi állapot még nem okoz tönkremenetelt, hiszen — mint azt a 2. ábrán felvázolt fiktív felületeken is láthatjuk — a tényleges feszültségi állapotot jellemző pont még csak a megengedett feszültségi felületen van rajta. Ha  $n$  értékét helyesen választjuk meg, akkor megengedett fe-

szültségi felület nemcsak a várható értékeknek megfelelő felülettől, hanem az alsó konfidenciahatár felületétől is távol van.

(3)-at a következőképpen is értelmezhetjük. Adott feszültségi állapothoz kiszámítva (3) jobb oldalát, olyan értéket kapunk, amelyik megmutatja, hogy a feszültségi állapotot reprezentáló pont milyen  $n$  értékkel számított megengedett feszültségi felületen helyezkedik el. Becsülhetjük tehát a biztonsági tényező értékét. Ha a jobb oldal által adódó érték kisebb, mint az előzőleg általunk választott  $n$  biztonsági tényező, akkor a vizsgált pont nem felel meg az általunk megkövetelt biztonsági szinten az erőtani követelményeknek. Láthatjuk,  $n$  ugyanolyan szerepet tölt be, mint izotróp anyagok esetén a megengedett feszültségen alapuló méretezési eljárásnál.

## 5. FÉLVALÓSZÍNŰSÉGI ALAPON NYUGVÓ, HATÁRÁLLAPOTRA TÖRTÉNŐ MÉRETEZÉS

Ha a szilárdsági kritérium együtthatóit a technikai szilárdságok határfeszültségeinek (határfeszültség alatt a mai szabványok a 0,1%-os valószínűségi szinthez tartozó alsó küszöbértéket értik) megfelelő értékeivel számítjuk, akkor a felületet — a határállapoton alapuló méretezési módszer analógiájára — határfeszültségi felületnek nevezhetjük. A méretezés alapegyenletét (3)-ból vezethetjük le,  $n$ -t formálisan egységnyiinek véve:

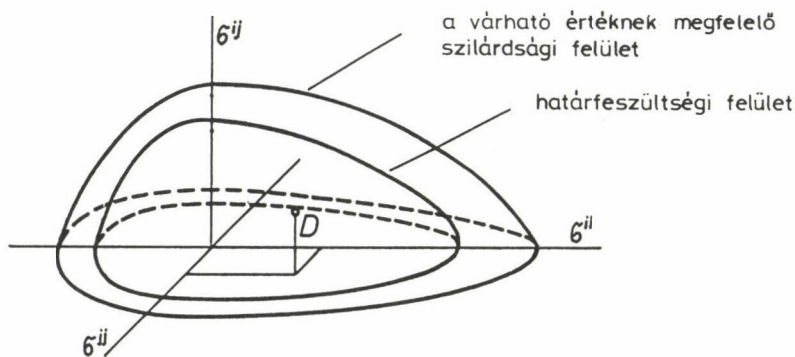
$$1 \leq \frac{h_{ijkl} \sigma_{ij}^{kl}}{\frac{1}{2} \left[ (\sigma_{ij}^{ij})^2 + \sigma_{ij}^{ij} \right]}, \quad (4)$$

$$i, j, k, l = L, R, T (1, 2, 3),$$

ahol  $h_{ijkl}$  a szilárdsági tenzorkomponensek olyan értékei, amelyeket a technikai szilárdságok határfeszültségei alapján számítunk.

Ha (4)-ben az egyenlőség teljesül, a feszültségi állapotot reprezentáló pont éppen a határfeszültségi felületen helyezkedik el (3. ábra). A  $\llcorner$  reláció teljesülése esetén a pont a határfeszültségi felület alá kerül, a méretezendő test vizsgált pontja erőtani szempontból megfelel.

Ne kerülje el a figyelmünket, hogy míg a megengedett feszültségi felület hasonló a várható (vagy normatív) értékekhez tartozó felülethez, hiszen abban minden szilárdsági jellemzőt azonos  $n$  értékkel csökkentettünk le, addig a határfeszültségi felület nem hasonló (legfeljebb véletlenül) a várható értékeknek megfelelő felülethez. Abban ugyanis a tenzorkomponenseket a szükséges technikai szilárdságok jellemző eloszlása, szórása és a kívánt megbízha-



3. ábra. A várható értékek megfelelő szilárdsági felület és a határfeszültségi felület

tósági szint által meghatározott mértékben csökkenteni kell, a csökkentés mértéke elvileg minden tenzorkomponensre más és más.

## 6. ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK

A szilárdsági kritérium alapján felírható összefüggések jellegéből következik, hogy az erőtani méretezést mind a megengedett feszültségen alapuló, mind a félvalószínűséggel kiegészített határállapoton alapuló módszer esetén csak a feszültségi állapotok összehasonlításával végezhetjük el. Gyakorlatilag tehát csak ellenőrzésre van lehetőség. A szerkezet geometriája, erőjátéka alapján meghatározzuk a méretezendő elem veszélyes pontjában a feszültségi állapotot és ezekre alkalmazzuk a (3) vagy (4) jelű összefüggést.

A természetes faanyag és a faalapú anyagok jó közelítéssel a legáltalánosabb esetben is ortogónálisan anizotrópnak, röviden ortotrópnak tekinthetők. Az ilyen anyagok tönkremeneteli kritériumában szereplő szilárdsági tenzornak 9 független komponense van. E tenzorkomponenseket azonban mindig olyan technikai szilárdságokkal kell számítani, amelyek értelme megegyezik a tényleges feszültségi állapot komponenseinek értelmével. Erre azért van szükség, mert a faanyag és a faalapú anyagok többségének a húzó- és nyomószilárdsága különböző. Egyedül a nyírófeszültség előjele nem jelent lényeges befolyást a nyírószilárdságra. Az elméletileg korrekt megoldáshoz ezért minden fafajra és faalapú anyagra 27 különféle technikai szilárdságot, illetve statisztikai eloszlást kellene ismerni. Ez ma még megvalósíthatatlan. Első lépésben meg kell elégednünk a technikai szilárdságok egy olyan rendszerével, amely már lehetővé teszi a szükséges tenzorkomponensek számítását, bár-



milyen is a ténylegesen ható feszültségek értelme, és belenyugszunk abba, hogy bizonyos tenzorkomponenseket nem azokkal a technikai szilárdságokkal határozzuk meg, amelyekkel azok a lehető legpontosabban nyerhetők. Az OTKA támogatással végzett kutatásban egy fafajra 300 elemes sorozatokon 12 különböző szilárdságot vizsgálunk. Ezek az anatómiai (szerkezeti) főirányokba és az anatómiai (szerkezeti) fősíkok szögfelezőinek irányába eső húzó- és nyomószilárdságok. E 12 normálszilárdság ismeretében — a közvetett nyírószilárdság-meghatározási módszer alapján — lehetőség nyílik a fősíkokhoz tartozó nyírószilárdságok számítással történő meghatározására. Végeredményként tehát 15 különböző szilárdság adatsora áll rendelkezésünkre a tönkremeneteli kritériumok együtthatóinak számításához.

#### IRODALOM

- /1/ **Askenazi, E. K.** (1966): Az anizotróp faanyag és szintetikus anyagok szilárdsága (orosz nyelven). Izd. Lesznaja Promislenoszt', Moszkva.
- /2/ **Askenazi, E. K.** (1978): A faanyag és faalapú anyagok anizotrópiája (orosz nyelven). Izd. Lesznaja Promislenoszt', Moszkva.
- /3/ **Edlund, B.** (1982): Ortotróp anyagok szilárdsági hipotézisei (német nyelven). Ingenieurholzbau in Forschung und Praxis. Bruder Verlag, Karlsruhe.
- /4/ **Hill, R.** (1956): A plaszticitás matematikai elmélete (angol nyelven). Oxford.
- /5/ **Korda J.** (1972): A rugalmas-képlékeny anyagok húzó-, ill. nyomószilárdságának minősítése valószínűségelméleti alapon. Mélyépítéstudományi Szemle 1972/4.
- /6/ **Mistéth E.** (1977): Többcélú létesítmények gazdaságos méretezésének alapelvei a valószínűségelmélet alkalmazásával. Doktori értekezés, Budapest.
- /7/ **Norris, C. B.** (1962): Ortotróp anyagok szilárdsága összetett igénybevétel esetén (angol nyelven). U.S. Forest Prod. Lab. Report No. 1816.
- /8/ **Szalai J.** (1990): Anizotróp szilárdsági kritériumok összehasonlítása a természetes faanyagra való alkalmazhatóságuk szempontjából. Építés-Építészettudomány, XXI/1—4. 23—57.
- /9/ **Szalai J.** (1993): A faanyag és faalapú anyagok anizotróp rugalmasság- és szilárdságtana. I. rész: A mechanikai tulajdonságok anizotrópiája. Kézirat. EFE, Sopron.
- /10/ **Tsai, S. W.—Wu, E. M.** (1971): Anizotróp anyagok szilárdságának általános elmélete (angol nyelven). J. Composite Materials, 1971/5. 58—80.
- /11/ **Weibull, W.** (1939): Az anyagok szilárdságának statisztikus elmélete (angol nyelven). Proc. Roy. Swedish Inst. Eng. Ros. Stockholm. N 2151.



Dr. Brenner János, a műszaki tudomány doktora\*

## KOMMUNÁLPOLITIKA ÉS VÁROSRENDEZÉSI TERVEZÉS

(Bevezetesként)

1. A város társadalmi jövőnk egyik letéteményese, melynek teendőitől és felelősségétől nem szabadulhat meg a társadalom semmiféle mesterkedéssel. Minden kornak szembe kell néznie a saját „város-kihívásával”. A város fenntartása, fejlesztése és rendezése tudatos, célrairányuló és tervszerű cselekvést tételez fel, mivel a város nem csupán épületek és területek szimpla addíciójából áll, hanem komplex és komplikált társadalmi, valamint művi rendszert képez, melynek elemei és viszonylatai visszahatnak egymásra, kölcsönösen feltételezik egymást, bonyolult kölcsönhatásban állnak.

A kommunálpolitika és a városrendezési tervezés összefüggésének vizsgálata és problémáinak elemzése rávilágíthat korszakunk zavaraira és ellentmondásaira, de kibontakozási lehetőségeire is a helyi szférákban. A kommunálpolitika közismert és további értelmezésre nem szoruló közkeletű fogalom: lényegében a kommunális vonatkozású feladatok kezelési módját jelenti a teendők, azok tartalmának és formájának meghatározásával. A kommunálpolitika az országos politika legtöbb elemét tartalmazza — természetesen kisebb léptékben — a kül-, a külgazdasági és a honvédelmi politikán kívül. A városrendezési tervezés tárgya és rendje azonban rövid (és sajnos száraz) ismertetésre szorul a továbbiakban.

A városrendezési terv (a községrendezési tervvel együtt: településrendezési terv) két tervfajta tartalmaz: az általános városrendezési tervet (a továbbiakban: ÁRT), melynek tervezési területe egy település vagy település-csoport, Budapesten egy kerület vagy városrész is, valamint a részletes városrendezési tervet (a továbbiakban: RRT), melynek tervezési területe egy

---

\*A szerző Ybl-díjas és Hild-érmes építészmérnök, egyetemi tanár, az NSZK Városépítési és Területi Tervezési Akadémiájának levelező tagja, a Budapesti Városépítési Tervező Vállalat nyugalmazott műszaki és tudományos igazgatóhelyettese.

vagy több településszerkezeti egység vagy annak az a része, amelyet az ÁRT jelöl ki. A jelenleg érvényes tervezési rend szerint a településrendezési tervezés és a regionális rendezési tervezés együttesen a területrendezési tervezést képezi.

Mind az ÁRT-t, mind az RRT-t három fő munkarész alkotja: a vizsgálat, a program és a szorosan vett terv. A vizsgálat, beleértve a tervi előzmények feltárását és értékelését is, mindkét tervfajtánál a terület, a művi és természetes állomány, a környezeti állapot és a helyi társadalmi struktúra helyzetének analízisét és az abból adódó következtetések levonását, vagyis objektív diagnózist jelent, amely kizárólag a valóság tárgyilagos és szak-szerű feltárására irányulhat. A vizsgálatot az illetékes önkormányzat elfogadja. A program (az ÁRT esetében rendezési, az RRT esetében tervezési program annak elfogadása után) a vizsgálat eredményei mellett (az RRT esetében az ÁRT előirányzatainak alapulvételével is) fejlesztési szándékot fejez ki, tehát jelentős kommunálpolitikai elemeket is tartalmaz szubjektív prognózist mivoltában. Mivel a települési jövő — kevés kivétellel — nyitott, a programnak is több változata lehet, melyek egyikét az illetékes önkormányzat a jóváhagyási eljárás során megállapítja. A program megállapítandó munkarészei az ÁRT esetében a tervezési terület területfelhasználási és településszerkezeti (külterületen területszerkezeti) koncepciója rajzi és szöveges előadásban, valamint az átmeneti szabályozási előírások. Az RRT programjának megállapítandó munkarészei a településrész vagy településszerkezeti egység részletes szabályozási terveinek, valamint szabályozási előírásainak a koncepciója. A szorosan vett rendezési terv a megállapított program áttételét jelenti egy területi-műszaki rendszerbe, amely minden további döntés műszaki, gazdasági, ökológiai és esztétikai megalapozását szolgálja. A rendezési tervet az illetékes önkormányzat jóváhagyja a területfelhasználás és a településszerkezet, illetve a szabályozási előírások tekintetében.

A tervezés vázolt logikai rendjében (vizsgálat — program — terv, illetve ÁRT és RRT) jelentőségben az ÁRT áll elől, mivel az RRT programja részben egyenesen következik az ÁRT-ből és természetesen mivel nagyobb egységre, a város egészére vonatkozik. Helyes feladatmegosztás esetében a vizsgálat a „ki és mi”, a program a „mit és mikor”, a terv pedig a „hol és hogyan” kérdéseire felel.

(Országos fejlesztési koncepciókról a városfejlesztés bázisaként)

2. 1989 politikai, társadalmi és gazdasági változása szinte minden téren mozgásba hozta az országot, és olyan pályára lendítette, melynek trasszát nem lehetett előre ismerni és melyről kiderült, hogy bonyolult akadálypálya, tele buktatókkal és veszélyes kanyarokkal. Ezzel az akadálypályával az új „tanuló”-vezetők és a gazdaság elavult, gyenge motorral, de annál több fékkel felszerelt járműve csak nagy nehézségekkel tudnak megbirkózni, ha ez egyáltalán sikerül baleset nélkül. Az összesűrűsödött krízisek és tennivalók között számos kérdés elintézetlen vagy bizonytalanul rendezett maradt. Ezekhez tartozik a területi fejlesztés ügye is.

Demokratikus társadalomban az országos politikai pártokon kívül nincsen alternatíva az egyenlő jogú állampolgárok eltérő eszmei-politikai céljainak és szociális-gazdasági érdekeinek képviseletében. (Ezzel a monopolhelyzettel sajnálatosan vissza is lehet élni...) A hazai pártok viszont alig rendelkeznek markáns, nagyobb távú, átfogó és más pártokétól megkülönböztethető elvekkel, programokkal és azokból levezethető fejlesztési koncepciókkal az ország településhálózatának alakításáról, az országos infrastruktúra kiépítéséről, regionális összefüggésekről, ipari és mezőgazdasági térségek struktúráiról stb., továbbá az ezekkel kapcsolatos teendők súlyozásáról és sorrendiségéről. Mivel az országos politikai szféra nélkülözi a felismerhető elveket, követhető programokat és a következetes fejlesztési koncepciókat, ezek helyett rendszer nélküli, egymást keresztező vagy összefüggéstelen, nemegyszer ellentmondásos és logikátlan gondolathalmazok jelennek meg fejlesztési elképzelések mezében vagy pótcselekvésként. (Utalni lehet például a mezőgazdaság átalakításával kapcsolatos törvényhozás, még inkább a végrehajtás baljós érzéketlenségére a területszerkezeti problémák iránt.)

Ez a politikai deficit annál kínosabb, mivel a jelentős hazai pártok — hasonlóan nyugat-európai példaképeikhez — nem ideológiai vagy osztálypártok, hanem pragmatikus programpártok kívánnak lenni, amelyek a társadalom teljes köréből kívánnak támogatást nyerni politikai programjuk számára. Programpárt program nélkül viszont valóban fából vaskarika.

Politikai elvek és program, valamint azokból levezetett fejlesztési koncepció nélkül, prioritások megjelölése hiányában a pártok nem tudják a demokrácia leglényegesebb ismervét, a választás lehetőségét érvényesíteni az ország területi berendezkedésének az országlakosok számára alapvető jelentőségű változatai között. (A tájékoztatásnélküliség és a tájékozatlanság odáig megy jelenleg, hogy ez a kérdés nemhogy jelentőségének megfelelően, de egy-

általán nem merül fel a politikai-közéleti porondon. Kinek kötelessége a közvélemény tájékoztatása és formálása, ha nem a sajtóé és a pártoké?) Politikai elvek és célok, programok és koncepciók hiányában vagy zavarában nem jöhet létre az a nyilvánosság sem, amely orientálhatná a választót a pártok által kínálandó fejlesztési modellek értékelésében, illetve feltárná a politika fehér foltjait, a fel sem fogott, félreértett vagy elhallgatott fejlesztési problémákat. Rögzített program és annak végrehajtásáról szóló korrekt információk nélkül aligha lehetséges a hatalom érdemi kontrollja a választott képviselők által az ország területi fejlesztése tekintetében, a választott képviselők pedig a választók és a médiumok által. De ugyanígy nem lehetséges a szakmai-igazgatási apparátus politikai kontrollja sem.

Ez okból nem jöhet létre színvonalas vita és közítélet az ország területi fejlesztésének kérdésében, nem tisztázódhat a politikai, az adminisztratív és a tudományos szféra elhatárolása, feladata és felelőssége, nem alakulhat ki korszerű politikai kultúra, magatartás, reagálási készség és felelősségtudat e három szinten, még kevésbé a választópolgárok körében. Demokratikus társadalomban mind a politikai hatalom, mind az azt — akár szavazatával, akár távolmaradásával — hatalomba helyező polgár felelős az országért, annak alakulásáért és jövőjéért. A választópolgárnak ezt az első hallásra talán meglepő felelősségét nem lehet eléggé hangsúlyozni: ez valahol a választási részvételben kezdődik, a közügyek követésével folytatódik és szükség esetén a személyes kiállásban tetőződik. A felelősség természetesen erkölcsi természetű. A felelősségvállalás közös ügyekért egyébként a szabadság egyik jelentős biztosítója.

Fejlesztési koncepciók hiányának természetes negatív következménye, hogy az országos politika fejlesztési akcióit nem koncepciókból, komplex antici-pált jövőképekből irányozza elő, hanem vélt többségi véleményekből, pártpolitikai érdekekből, kétes értékű információkból, esetleg lobbyk befolyására állítja össze ahelyett, hogy fejlesztési koncepciókat próbálna először meg-méretni a szakmai és nem szakmai közvélemény reagálásán. Ez elfordulásra készíteti azokat a potenciális társadalmi erőket, amelyek vállalói, megvalósítói és értő bírálói lehetnének egy fejlesztési koncepciónak.

A szakmai oldalról imígyen bírálható politikai oldal természetesen válaszolhat azzal, hogy a területrendezési tervezés még mindig a megbukott terv-utasítás sémáiban gondolkodik, amelyben felülről lefelé irányuló hierarchiában határozták meg a fejlesztési célokat, eszközöket és területi bontásukat. (Ezen azután már nem kellett és nem illett elmélkedni...) Ezt a módszert ma egyszerűen lehetetlen lenne követni az egész politikai-társadalmi rend gyö-

keres átalakulása miatt. Nem lehet azonban kitérni a tény elől, hogy amíg az állam kimagaslóan a legjelentősebb tulajdonos a gazdaságban is, addig éppen úgy rendelkeznie kell a tulajdonosi érdekeinek megfelelő pozitív vagy negatív koncepciókkal tulajdona fejlesztése tekintetében, akárcsak egy matkonzszernnek. Ha ez a tulajdonosi szerepkör idővel jórészt le is épül a gazdaságban, akkor is megmarad az állam — és vele a politikai vezetés — gazdaságpolitikai feladata, melynek eszköztára (mint például az adó-, hitel-, vámpolitika, a preferenciák honvédelmi, foglalkoztatási, külgazdasági stb. okokból) óhatatlanul kivált területi fejlesztési következményeket is. Ugyanígy változatlanul fennmarad az állam fejlesztési jelenléte — ha áttételesen is — tulajdonosi mivoltából adódóan a vasút, a hírközlés, a jövedékek stb. terén. Végül: mindvégig és megváltoztathatatlanul megmarad az állam gazdasági szerepe a területi fejlesztésben a hatalmas középület- és telekvagyonyon révén. Ezzel ugyanúgy gazdálkodnia kell, mint a magántulajdonnak, mert tartósan nem fogja a társadalom eltűrni, hogy alacsony hatékonysággal működő építmény- és telekgazdálkodás következtében előálló permanens veszteségeket egyszerűen áthárítsanak az adófizetőre.

Ezért aligha valószínű — az egyik véglet, a tervgazdálkodás mellett — a másik véglet bekövetkezte sem, miszerint az állam és vele a politika teljesen kivonulna a gazdasági szféra döntéseiből, fejlesztési elhatározásaiból és azokat maradéktalanul rábízná a piac önszabályozására. Ez természetesen nem zárja ki, hogy ez a változat ne szerepelhetne egy országos párt programjában a „be nem avatkozás” elvének kijelentésével, mint ahogy a másik változat, a tervgazdálkodásos fejlesztés elve sem zárható ki politikai programként. De akár a szélsőségekről, akár a közöttük elhelyezkedő változatokról van szó, ezt deklarálniuk kell a politikai irányzatoknak. Ilyen politikai fejlesztési jelszavakkal ugyanis semmit sem lehet kezdeni a területi fejlesztésben, mint például: az állam vonuljon ki a gazdaságból, amennyire lehet...

3. Az országos műszaki infrastruktúra fejlesztése (közúti, vasúti, vízi és légitörekedés; hírközlés; energia-alapellátás, vízgazdálkodás és árvízvédelem stb.) nem kis részben államháztartási eszközökből történik közvetlenül vagy áttételesen. Hogy ezek az eszközök milyen volumenben, melyik térségben vagy ágazatban, miféle elsőbbségek szerint kerülnek felhasználásra, az mindenkor és mindenütt elsőrendű politikai döntések kérdése, melyeket behatározható műszaki-gazdasági döntésmegalapozó munkának kell megelőznie. A döntések meghozatalában különféle elvek és kritériumok érvényesülhetnek. Lehet a fej-

lesztési politika céljává tenni, hogy az eszközök felhasználása a területi fejlettségi különbségek kiegyenlítése, legalábbis mérséklése irányában hasznanak, vagyis hogy az elmaradott térségek — melyek nem szükségszerűen azonosak a válságtérségekkel — kapják a viszonylag legszámottevőbb fejlesztési eszközöket. Ennél a változatnál számolni kell azzal, hogy az infrastrukturális befektetések csak később és előre nehezen kalkulálható hatékonysággal tudják majd eredményüket meghozni. Az országos infrastruktúra fejlesztésének helyi hatása ugyanis időigényes áttételeken és különböző mechanizmusokon át érvényesül. Számolni kell továbbá azzal is, hogy a gazdasági szféra érdekei, befektetési szándékai nem mindig találkoznak az infrastrukturális kínálattal. Bármennyire érzéketlennek is tűnhet a következő kijelentés, meg kell állapítani, hogy az országos infrastruktúra fejlesztése elsősorban gazdaság- és nem szociálpolitikai feladat; a szociális effektus viszont bizonyára bekövetkezik helyesként igazolódott fejlesztési politika esetében.

De lehet azt is célul tűzni, hogy az amúgy is szerény volumenű fejlesztési eszközök oda áramoljanak, ahol a viszonylag legmagasabb hatékonyságot érhetik el. Ez leginkább a fejlett térségekben következhet be, ahol már kialakult területi és gazdasági struktúrákra lehet támaszkodni, az emberi erőforrásokról nem is beszélve. Ennél a változatnál számolni kell a regionális fejlettségi szintek eltérésének további fokozódásával (például: Budapest és a vidék, Nyugat-Magyarország és a többi országrész között), ami magával hozza a politikai ellentétek kiéleződését is. (A sajtó már most is az ország szétszakadásának veszélyéről ír a fejlettebb északnyugati és a fejletlenebb északkeleti és déli országrészekre.)

Lehet úgy is dönteni, hogy a központi fejlesztési eszközök nagyjában egyenletes területi terítésben osztassanak fel a locsolókanna elve szerint; ez a változat a területrendezési tervezés szempontjából kedvezőtlen módszernek minősül, mivel szétforgácsolja az amúgy is gyenge infrastrukturális fejlesztési erőket, melyek így szinte nyomtalanul tűnhetnek el a hiány feneketlen hordójában. Politikailag ez a legkényelmesebb megoldás, mert mindenhová juttat valamit, nem kíván meg nehéz döntéseket vagy súlyos politikai küzdelmeket, sőt, méltányos elosztásnak állítható be. A politika az egzisztenciák művészete: a szükségszerűségek miatt elvi tisztaságú és kizárólagos érvényű döntések aligha jöhetnek létre, csupán jobb-rosszabb kompromisszumok.

Az országos politika hasonló döntési dilemmáját képezi a preferenciák meghatározása konkuráló célok között, mint például hogy melyik ágazat vagy az ágazaton belül melyik változat (mint például kalorikus vagy atomerőművek, közúti vagy vasúti közlekedés) részesüljön előnyben. Elégséges volumenű esz-



közünk az országos műszaki infrastruktúra fejlesztésére belátható időn belül nem lesz, ezért súlyos döntéseket igénylő prioritásokat kell még hosszú időn át megjelölni.

Veszélyes ezeknél a hatalmas érdekeket érintő döntéseknél, ha a nyilvánosság mögött működő érdekcsoportoknak sikerül megszerezni jelentősebb fejlesztési erőket. Teljesen elfogadhatatlan a korrupció mint döntési motívum. Ezt a kriminális elvet sajnos nem csupán a teljesség kedvéért kellett megemlíteni (vö. Olaszország, 1993). Az előforduló különböző fél- és egészen legális, de ízléstelen manipulációk közül megemlíthető a fejlesztés fogalmával játszódás: gyakori például, hogy egyes országos mérlegek fejlesztésnek tüntetnek fel el- és megkerülhetetlen fenntartási műveleteket az infrastruktúrában. A meglévő állomány megóvása ugyanis annak mennyiségi és minőségi szintjét őrzi csak (azaz „fenntartja”), és megakadályozza további romlását. Ezen a tényen az sem változtat, hogy a fenntartásban megjelenhet a korszerűsítés motívuma is.

4. A szociális infrastruktúra fejlesztésének feladatát az országos politika jószerével teljesen áthárította az önkormányzati szintre. Erősen vitatható, hogy az állami fejlesztési tevékenység látványos kivonulása például a lakáspolitikából elfogadható volt-e, tudva a lakásügy katasztrofális helyzetét szociálpolitikai vonatkozásban. Ma a szociális lakásépítés, egyáltalán, a lakásügy megoldására sem országos politikai program, sem annak alapján álló fejlesztési koncepció nem áll rendelkezésre — és sajnos nem is történik semmi ezen a téren. A helyzet romlásának érzékeltetésére álljanak itt a lakásépítés számai 1971-től 1992-ig:

1. táblázat

Időszak	Az épített lakások száma összesen	Az épített lakások számának évi átlaga, illetve összege
1971—1975	438138	87628
1976—1980	452715	90543
1981—1985	369684	73937
1986—1990	272452	54490
1990	43771	43771
1991	33164	33164
1992	25807	25807

A KSH adatai szerint, közli a Népszabadság 1993. nov. 27-i száma.

A visszaesés 1993-ban is folytatódott a lakásépítésben: ez év első felében összesen 6821 lakás épült az országban. Ez éves értékre áttéve 13642 lakást jelentene; a tényleges szám ennél ugyan bizonyára magasabb lesz, mivel a lakásátadások zöme a második félévre szokott esni, mégis kizárhatónak tűnik, hogy elérné a tavalyi szerény értéket. Ezzel a szociális infrastruktúra legjelentősebb összetevője, a lakásállomány és annak alakulása a háború óta nem ismert mélypontra fog visszaesni. A szociális infrastruktúra egyik további jelentős összetevője az állami középületvagyon: jelenleg nem követhető, hogy ennek sorsa milyen koncepció szerint fog alakulni. Hogy ezen a téren is milyen veszteségek érhetik a nemzeti vagyont az elmulasztott fenntartási és felújítási munkák révén, az analóg eseten lemérhető, mégpedig az állami (államosított) lakásállomány majd félszázados pusztulásán.

A tények és a lehetőségek mérlegelése az országos infrastruktúra fejlesztésében ahhoz a következtetéshez vezet, hogy az országos politika szinte teljesen nélkülözi az infrastruktúra fenntartásának és fejlesztésének távlatos elképzelését és megvalósítását. Ennek riasztó példája a vasút leromlása vagy a budapesti metró (mely szintén országos beruházás) építésének szüneteltetése évek óta. A hosszú élettartamú és magas költségű műszaki és szociális infrastruktúra nem tartható fenn és nem fejleszthető nagy távlatú, valamint elfogadott tervek és pénzügyileg biztosított folyamatos műszaki műveletek nélkül. (Jelenleg ennek ellenkezője folyik: az infrastruktúra „kibrablása” elmulasztott fenntartási műveletekkel, melyek halmozott kára vagy vesztesége általában a többszöröse az elmulasztott ráfordításnak.) Az infrastruktúrával kapcsolatos kormányzati elhatározásokat természetesen módosíthatja, sőt elvetheti a politikai hatalom változása (mint például Bős-Nagymaros esetében) vagy annak koncepcióváltása (mint például az ausztriai zwentendorfi atomerőmű nem-beindításának esetében). De még ebben az esetben is kedvezőbb pozícióban van a rendezési tervezés, mintha semmiféle fejlesztési koncepció nem készült volna, mert az előzmények alapján felmérhetővé válik, mit és milyen következményekkel módosít vagy számol fel az új politikai döntés.

Meg kell viszont azt is állapítani, hogy készülnek jelentős országos szakmai fejlesztési koncepciók egyes ágazatokban. Nem működik azonban kielégítően ezeknek az ágazati elképzeléseknek a területi koordinálása és, ami talán még fontosabb, a kormányzati elhatározás szintjére emelése. Ismert tény viszont, hogy a nemzetközi politikai és gazdasági viszonyok abrupt változásai halomra dönthetnek értelmes fejlesztési elhatározásokat és ez tartózkodóvá teheti a politikát döntési megkötöttségektől. Az elmondott kritika

tartozik annak kijelentésével is, hogy a politikai szféra igencsak beszűkült mozgási térrel rendelkezik csupán a fejlesztési irányok meghatározása területén is.

(A kommunálpolitika és a városrendezési tervezés összefüggésének alapjairól)

5. Korunk és környékünk társadalmi meglepő felismeréseket eredményeznek, többek között, hogy a teljességi kötődések (családhoz, hazához, nemzethez, etnikumhoz, valláshoz, szülőhelyhez) ismét erősebbnek bizonyulnak, mint a parciális azonosulások (mint például a társadalmi osztállyal, a munkahelylyel, a választott politikai párttal és a korszerű társadalom számtalan más vonatkozási lehetőségével, a labdarúgócsapatig bezárólag). Ha ezek a teljességi kötődések néha valóban maradnak vagy mesterségesen felgerjesztettnek is tűnhetnek, mégis fel kell figyelni arra, hogy a társadalom (és a társadalmak) többsége mélyebbről jövőbben és hevesebben reagál a közös haza, nyelv, kultúra, vallás, múlt, de elsősorban a családot és az otthon jelentő mikrokozmosz jelzéseire, mint a közös társadalmi osztály, a közös gazdasági és ökológiai érdek, a politika mindenkori útvesztésének és céltévesztésének dolgaira. Települési közösségekben a familiáris és helybeli összetartozás érzése valamiféle eszmei értéként is megjelenhet az egyén tudatában az érdek és a hasznosság anyagi értékei mellett. Ennek nyilvánvaló oka, hogy a legtöbb ember bizonyára jobban, biztosabban (erősebbnek is) érzi magát azonos származású, világú, beszédű, múltú, informáltságú, reakciója stb. emberek, mint idegenek között. Kis kitérőként legyen szabad megjegyezni, hogy politikai és gazdasági erők nemegyszer megkísérelték az identitások és az érdekek megfordítását, szembeállítását és manipulálását saját céljaik szerint. Ilyen nem is eredménytelen törekvés volt a korszerű és nagy múltú kapitalista társadalmakban a valóban létezett munkás-osztályöntudat leváltása konzumerdekekkel, a jobboldali totalitárius rendszerekben a nemzeti eszmék abszolutizálása az egzisztenciális érdekek rovására egészen azok fizikai megsemmisítéséig és lényegesen kisebb sikerrel a kommunista totalitárius rendszerben az osztályöntudat hipertrofizálása jó ideig a konzumerdekek, de mindvégig a nemzeti eszmék rovására, amelyek most ellenhatásként elemi erővel törnek fel az érintett országokban.

Mindez végeredményben oda konkludál, hogy talán a legkevésbé változó, változtatható vagy változtatni indokolt azonosulás és kötődés a családhoz, az otthonhoz, a lakóhelyhez fűződik a lakosság széles köreiből, ami valós érdekekkel párosítva szolid alapot nyújthat közösségi reflexiók kiváltására.

Ezt az eszmei-anyagi potenciált kommunálpolitikai erővé kifejleszteni minden sikeres helyi hatalomképzés feltétele. A városi társadalom ugyanis nemcsak országos folyamatokon, hanem legalább annyira a helyi életkörülmények alakulásán méri fel a politika eredményeit vagy balsikereit.

6. Az önkormányzat vezetésének és az érte folytatott küzdelemnek stratégiája, az önkormányzat független tevékenységének és feladatának meghatározása, a lakosság bevonása a közügyekbe és más célkitűzések megjelölése, ha töredékesen is, de kétségtelenül megjelenik a hazai kommunálpolitikában, a pártok helyi programszerűségeiben, többnyire országos politikájuk vetületeként. Éppen a leginkább egyedi, helyi politikai vonatkozásban, a város jövőbeni alakításában elirányító politikai program, majd fejlesztési koncepció azonban alig jelenik meg választási lehetőségként, majd a választás után fejlesztési elhatározásként. Ennek egyik oka kétségtelenül az, hogy az országos pártoknak nincsen országos területi fejlesztési koncepciójuk, mely alapul szolgálhatna helyi megfelelőik kialakítására. Az e téren mutatkozó hiány azonban elsősorban a helyi domináns politikai erők elkényelmesedését, mulasztását vagy alkalmatlanságát jelzi. Ugyanakkor önkormányzati szintű, autonóm és az országos pártoktól független helyi politikai tömörülések (mint pl. választói ligák vagy blokkok) szinte teljesen hiányoznak a kommunálpolitikai palettáról — példa erre maga a főváros —, ami a helyi társadalom önállóságának hiányára, akaratképzésének gyengeségére és a közérdeklődés kiszikkadására is utal. A városfejlesztési koncepció hiánya, megfogalmazatlansága vagy töredékes volta azért is figyelemre méltó, mert régi keletű felismerés szerint a lokális politika, egyáltalán, az önkormányzás egyik kulcskérdése, hogy az mennyiben képes túllépni az országos politika „kisöccsi” szerepén, vagyis hogy mennyiben tud sajátos, helyi arculatot ölteni. A városfejlesztés politikai vonalának kialakulatlansága azzal a következménnyel is jár, hogy kétségesek és kétségbevonhatók maradnak az eseti és esetleges városfejlesztési döntések, mivel program és fejlesztési koncepció helyett személyi kapcsolatok, érdekek, ellentétek és összefonódások lépnek előtérbe. Ez a jelenség tudva tudottan mindenkor és mindenhol fellép, hiszen a választott tisztségviselők vagy képviselők sem válnak angyallá vagy lángésszé mandátumuk megszerzésével; ettől azonban ez még nem válik elfogadhatóvá. Ez a gyakorlat korlátozza alapvető állampolgári jogok érvényesülését, a politikai akaratnyilvánítás lehetőségét, egyszerűen azért, hogy nincs mi között választani és nem létezik olyan program, aminek megvalósításáról el lehetne számoltani a mindenkori vezetést. A balsikerű elszámolás egyébként világ-

szerte a városi vezetés megbukásának leggyakoribb oka. A kommunálpolitika egyik veszélye, hogy ha a lakosság mind szélesebb köreinek közéleti bevonása, tehát a tágulás helyett a beszűkülés stádiumába kerül, minek következtében elszakadhat legitimációs bázisától és így magára maradván belső ügyei felé fordulhat, pályáját ráhagyva tehetetlenségi erőkre. A városiak ilyenkor, nem ismervén alkotmányos jogukat — hiszen ki ismertetné ezeket velük ilyen helyzetekben — beletörődéssel vagy nemtörődőséggel, közönyösen viselkedik általában amúgy sem rózsás sorsukat. Jele lehet ennek többek között a részvétel szélsőségesen alacsony aránya az időközi választásoknál.

A hazai rossz történelmi beidegződések következtében a mindenkori hatalom és adminisztrációja hajlik arra, hogy alattvalójának tekintse a polgárt. Ezt a szintén veszélyt képező attitűdöt a „felsőbbség” emberi természetéből kifolyóan tanúsítja — ha hagyják, egy demokratikus országban is —, mert hatalmat gyakorolni mindig is a szellemi kielégülés valamiféle (nemegyszer nagyon is torz) módját jelentette és képezi ma és a jövőben is. További veszély a helyi autoritások szerepzavarában jelentkezhethet, ha nem képesek megkülönböztetni, mikor kötelességük mandátumuk értelmében a város közösséget képviselni kifelé, elsősorban a saját „felsőbbségükkel” és annak szerveivel szemben, és mikor kötelesek államhatalmi feladatokat ellátni, szükség esetén a saját választópolgáraikkal szemben is. Zavar mutatkozhat az önkormányzatok közötti együttműködésben is, elsősorban a városfejlesztési és -rendezési összefüggésekben; példa erre a fővárosi és a kerületi önkormányzatok tisztázatlan feladatmegosztása például az építési övezetek átsorolásának kérdésében.

7. A kommunálpolitika városfejlesztési programja és koncepciója a városrendezési tervezés egyik meghatározó eleme. Ennek keretében lényegében a következő kérdésekben kell állást foglalni: a város előirányozható szerepköre az országos településhálózatban és szűkebb régiójában; a város fejleszthető gazdasági tevékenységei (anyagipar, szolgáltatás, idegenforgalom stb.); a népességszám alakulásának kívánatos trendje; a város területi fejlesztésének elve: a kommunális lakáspolitikai alapelvei (beleértve a szociális lakásépítés ügyét); a környezetvédelem teendőiben a prioritások (mert mindenre nem lesz anyagi erő); a helyi telekpolitika; az önkormányzati városrendezési szabályozás politikai elvei (például a politikailag még vállalható építési tilalmak és korlátozások ismérvei) és így tovább.

Érdekes és tanulságos egy németországi felmérés, különösen annak a volt NDK területére vonatkozó része hazai szempontból. Ennek keretében 25 város a

régi szövetségi tartományokból és 31 város az új szövetségi tartományokból nyilatkozott városfejlesztési problémáiról és azok rangsorolásáról, ami akár problémakatalógusnak is lenne tekinthető bizonyos kiegészítésekkel honi városainknál is:

2. táblázat. A városfejlesztés problémái 1993-ban kelet–nyugati összehasonlításban

Helyezés Nyugat		Helyezés Kelet
1	városi költségvetés konszolidálása	3
2	lakásellátás	1
3	közlekedés	4
4	szabaddá vált katonai területek és objektumok hasznosítása („konverzió”)	6
5	gazdasági struktúraváltás — munkanélküliség	2
6	(ipari) területek hiánya — újak feltárása	9
7	város és környék együttműködése	20
8	belső városrészek fejlesztése	16
9	rendezési tervezés (ÁRT, RRT, beépítési terv)	8
10	városfejlesztési koncepció	11
11	környezetvédelem	5
12	felhasználás nélkülivé vált iparterületek „visszaforgatása” más célokra, a visszamaradt szennyeződések felszámolása	15
13	szociálpolitika	x
14	kiskereskedelmi koncepció	21
15	városfelújítás — szanálás	10
16	szociális infrastruktúra (gyermekintézmények, fiatalok)	19
17	energiaellátási koncepció	23
x	tisztázatlan ingatlantulajdoni kérdések rendezése, kártalánítások	7
x	kommunális tulajdonok visszaszerzése az államtól	12
x	igazgatási szervezet korszerűsítése	13
x	területi reform	14
x	szociális infrastruktúra (időskorúak)	17
x	tájtervezés — természetvédelem	18

Forrás: Deutsches Institut für Urbanistik közleményei 1993, 16. o.

Az előbbi problémakatalógusban csupán 5 olyan tétel szerepel, amelyek nincs közvetlen kapcsolatban a városrendezési tervezéssel (költségvetés, struktúraváltás, szociálpolitika, tisztázatlan ingatlantulajdon, kommunális ingatlanok visszaadása az állam részéről); a többi 17 tétel szorosan össze-

függ a rendezési tervezés feladataival annak fejlesztési koncepciójaként. Ha a tételtek számában és tartalmában bizonyára mutatkozna is különbség egy keleti német és egy hazai város fejlesztési problémakatalógusában, lényegében mégis ugyanazokról a dolgokról van szó itt is és ott is.

A helyi városfejlesztés politikai programjának és koncepciójának kidolgozása természetesen szükségessé teszi az országos területi és ágazati fejlesztési koncepciók — amennyiben léteznek — ismeretét és — természetesen — szakemberek bevonását. A városfejlesztés programjának és koncepciójának társadalmi ismertetése és elfogadtatása a helyi közvéleménnyel a politikai munka egyik sarkalatos feladata egyébként, ami elől az önkormányzat választott vezetése aligha térhet ki, hancsak nem szándékozik politikai öngyilkosságot elkövetni.

Hogy az említett és más városfejlesztési politikai állásfoglalásoknak milyen jelentősége van a városrendezési tervezésben, majd a dolgok tényleges alakulásában, arra álljon néhány példa. Így a város szerepkörének, regionális jelentőségének, jövőbeni népességszámának túlbecslése szükségtelen területi bővítésekbe viheti bele a várost, melyeknek infrastrukturális következményei katasztrofálissá válhatnak. Ez a tévedés vagy akár a vállalkozások előmozdításának jó szándékú igyekezete telektúlkínálathoz vezethet, ami csökkenti a telekárakat és ezzel kiválthatja az építési területek pazarló felhasználását. Az indokolatlanul terjengős területi bővítés egyik legsúlyosabb következménye azonban, hogy elvonja a fejlesztési erőket a meglévő városrészek felújításától, korszerűsítésétől és átépítésétől. A tényleges fejlesztési igényekhez képest alulméretezett területi bővítés vagy a bővítés hiánya mesterséges telekhiányt idézhet elő, ami felhajtja a telekárakat, ezzel szükségtelenül megdrágítja a beruházásokat és a rendezési műveleteket, továbbá teret nyit a harácsoló ingatlanspekulációnak. Itt említhető a jelenlegi, általánossá vált telekpolitika koncepciótlansága és elhibázott gyakorlata: az önkormányzati tulajdonú telkek megfontolatlan elidegenítése és az így szerzett bevételek befektetés helyetti sima felélése. A hibás telekpolitika megfosztja városainkat minden későbbi manőverezési lehetőségtől, mert önkormányzati tulajdonú tartalékterület nélkül megoldhatatlanná válik a későbbi városfejlesztés, hiszen a területek megszerzése elviselhetetlen és indokolhatatlan terheket ró majd a városokra. (Ez áll a budapesti kerületi önkormányzatokra is.) A városfejlesztés tendenciája (intenzív vagy extenzív) elhibázott kezelésének egyik ma már gyakori példája az új, különösen a külföldi tulajdonú ipari, kereskedelmi és szolgáltatási telephelyek kivonulása a „zöld mezőre” a külterületen, hiszen az ottani építéshez elég az olcsó te-

lek megszerzése, nem kell tekintettel lenni meglevő adottságokra és nem kell belebonyolódni hosszadalmas (privatizációs) eljárásokba. Ezt a tendenciát az önkormányzatok általában támogatják, legalábbis tolerálják azzal az indoklással, hogy elébe kell menni a befektetőknek, mivel munkahelyeket teremtenek. Ez az érvelés nem veszi figyelembe, hogy a városok meglevő belterületi ipari zónáinak mind nagyobb része válik a gazdasági erők exodusa miatt „ipari parlagterületté”; ezek városias területeken éktelenkednek a felhasználásnak szinte már reménye nélkül. Hozzá kell tenni, hogy ezek a parlaggá vált ipari területek általában kielégítően ellátottak infrastruktúrával. A zöldmezős telepítéssel aránytalanul megnövekednek az infrastruktúra — beleértve a városi közlekedést — fejlesztési igényei, holott ilyen kapacitások részben rendelkezésre állnak a felhagyott iparterületeken. A zöldmezős telepítések ezenkívül nehezíteni fogják a későbbiekben városi zöld- és üdülőtérületi gyűrűk létesítését, nem utolsósorban új közlekedési pályák kijelölését. Ehhez legyen szabad még egy megjegyzést hozzáfűzni a városkép vonatkozásában, melynek még a fogalma is csendesen kimúlik az anyagi hasznosság kizárólagossága miatt a gondolkodásból: belső ipari parlagterületek, külső zöldmezős telepítések aligha mozdítják elő a külső vagy belső városképek esztétikai értékét.

A városfejlesztés politikai programjának feladata lenne a társadalom egyik legfájóbb kérdésének, a lakásügynek komplex megragadása, a kommunális, ha úgy tetszik, a szociális lakásépítés céljainak meghatározása és eszközeinek biztosítása. Az utóbbiakat a legfejlettebb nyugat-európai kapitalista társadalmak sem bízzák a magánérőre és a magánkezdeményezésre, mert ezek a probléma szociális terheit nem vállalják és vállalhatják (különben is: mitől szociális a piacgazdaságunk, ha még a lakásellátás szociális problémáját is kizárja feladatai köréből?). Lehangoló tények mutatkoznak ezen a téren (vö. 1. táblázat): a KSH adatai szerint 1993 első félévében Budapesten (írd és mondd!) 1 önkormányzati lakás, a vidéki városokban 52 épült. Így gyakorlatilag megszűnt az állami és a kommunális lakásépítés (= szociális lakásépítés), a magánlakásépítés pedig kevés kivétellel a saját lakásigény kielégítésére szolgál — hiszen bérlakások építése ma a luxuskategórián kívül elképzelhetetlen a hazai viszonyok között a magas telek- és építési költségek, valamint a hatalmas kamatterhek miatt, ami azt eredményezi, hogy még egy csupán szerény méretű és felszereltségű újonnan épített lakás bére is messze meghaladná az átlagkeresők időarányos bruttó jövedelmét.\* Ez a tendencia jól

---

\*A KSH adatai szerint 1993 első tíz hónapjában 26 919 Ft volt a havi bruttó és 18237 Ft a havi nettó átlagkereset.



érzékkelhető a KSH további 1993. első félévi lakásépítési adataiban: ebben az időszakban Budapesten 33 lakást építettek gazdasági szervezetek, 334 lakást pedig természetes személyek. Ugyanezek az adatok vidéki városokban 505 és 2330 lakást eredményeznek. Magyarországon 1993 első félévében tehát összesen 6821 lakás épült; ez az adat átszámítva 1,3 lakás/év/1000 fő értéket mutat ki, ami még a harmadik világban is alacsony teljesítménynek számít! Annak a gondolatától visszaborzad a személyes jóérzés, hogy a hazai lakáskérdés egyetlen középtávon valószínűsíthető enyhülését a továbbra is magas, a születések számát évi 30—40 ezer fővel meghaladó halálozás fogja kiváltani, ha a dolgok a jelenlegiben maradnak...\*

Politikai döntést kíván pl. a városközpont fejlesztésének elve is: egy gyalogoszóna kialakítása jelentősen érintheti az ottani kereskedelem és szolgáltatás forgalmát, mind pozitív, mind negatív értelemben. (Érdekes jelenség ugyanis, hogy mindkét alternatíva bekövetkezhet előre nehezen prognosztizálhatóan.) A kapitalizmusnak kökemény gazdasági törvénye, hogy a városfejlesztésnek is anyagi értékeket kell teremtenie mind a tulajdon, mind a város javára. Akármilyen megkapó és jól megoldott is lehet egy városközponti gyalogoszóna terve, nem szolgálna senkinek, ha csökkentené az üzletek és a szolgáltatóhelyek forgalmát, a vállalkozások profitját és ezzel a város adóbevételét. (Utalni kell arra, hogy ha a helyben keletkező adóbevételeket túlzott mértékben elvonják az államháztartás javára, végső soron érdektelenné teszik a városokat a fejlesztésben avagy kiszolgáltatják őket az országos hatalom jó- vagy rosszindulatának. Nehéz megítélni, melyik a rosszabb eset...)

A városfejlesztés politikai koncepciója, továbbá az országos fejlesztési koncepciók helyi vonatkozásai, valamint a vizsgálatok — beleértve az előzmények feltárását és értékelését is — képezik a tervezés szakmai ismeretei és tapasztalatai mellett az ÁRT programjának kiindulását. Míg a városfejlesztés társadalmi-politikai koncepciója az elveket és a teendőket tartalmazza, addig a rendezési program ezeket egy koherens területi-műszaki-gazdasági és környezetvédelmi feladattervbe teszi át. A két különböző prognózis nem azonos, nem cserélhető fel, nem helyettesítheti egymást és nem összevonható. A koncepció és a program ugyanis egymást minősíti: egybevetetőségüket

---

\*A nemzetközi szakma ismer egy „szegénységi mutatót”, amelyet az inflációs ráta és a munkanélküliség százalékszámának összegéből képez. Ez az érték az Egyesült Államokban 10 körül, Magyarországon 40 körül alakulhat 1993-ban. Ha ebből levonnánk az 1000 lakosra eső évi lakásépítés mutatószámát, az összeg az USA-ban 5 körül, Magyarországon 38 körül alakulna, a különbség tehát még kirívóbb lenne. (Természetesen a magasabb érték a kedvezőtlenebb.)

csak az elkülönítésük biztosíthatja. A fejlesztési koncepció természete és felelőssége politikai, a rendezési programé viszont szakmai jellegű.

A készülő új vagy átdolgozásra kerülő ÁRT-k rendezési programjai általában nem érik el a kívánatos ismereti szintet városfejlesztési koncepciók hiányában, sőt, fordított helyzet is előállhat, mégpedig hogy a kommunálpolitika az ÁRT rendezési programjából próbálja meg saját politikai-fejlesztési koncepcióját utólag levezetni. A tervezés gyakori gondja, hogy az ÁRT rendezési programjában felvetett döntési kérdések nyitva maradnak a megállapítási folyamat keretében. Ezzel a rendezési program érvényessége kétségessé válhat, sőt elveszhet, vagy pedig a rendezési terv kényszerül kompetenciájának túllépésére. Ahogy a demokráciában világosan el kell különíteni a legiszlatívát és az egzekutívát (a törvényhozó és a végrehajtó hatalmat), ugyanúgy a rendezési tervezésben is el kell választani a feladat meghatározásának és a feladat megoldásának teendőit. Egy ÁRT rendezési programját csak akkor állapíthatja meg a jóváhagyó önkormányzat, ha van viszonyítási alapja, vagyis le tudja mérni, mennyiben tesz eleget a rendezési program a fejlesztési koncepciónak. Ugyanez áll a rendezési program és a szorosan vett terv viszonyára is utóbbi jóváhagyásánál.

Meg kell említeni a fejlesztési koncepció és a rendezési terv összefüggésében megjelenő szubjektív problémákat is: ilyen lehet, hogy az adott önkormányzati testület, amelyik nem adott politikai-fejlesztési koncepciót a tervezésnek, a program megállapításánál attól kéri számon, miért nem foglalkozott azzal is. Ízléstelen helyzet alakulhat abból is ki, hogy inkompetens önkormányzati képviselők „beleterveznek” egyértelműen szakmai és tervezési jogosítványhoz kötött javaslatokba, valamint hogy a hatalom pozíciójából személyi fölényt próbálnak formálni a tervezővel szemben.

Felmerül többek között annak problémája is, hogy az ÁRT rendezési programok és az alapulvételükkel készült általános rendezési tervek kb. 15 éves távlatra készülnek, tehát nem egy választási periódusra vagy annak töredékére, mivel a jelentősebb fejlesztési-rendezési teendők — mint pl. a városfelújítás, a közlekedés, a közművesítés — nem redukálhatók végrehajtásukban néhány évre. Ugyanakkor viszont a demokrácia játékszabályai szerint egy megváltozott önkormányzati vezetés nem kötelezhető elődje koncepciójának folytatására. Ennek a dilemmának, sőt ellentmondásnak a feloldása részben a már létrejött rendezési tények folytatásának értelemszerűen elkötelező erejében, részben egy jól megfogalmazott ÁRT invariábilis elemeinek állandóságában, részben az önkormányzatok működésének kormányzati kontrolljában, továbbá a

szakigazgatás folytonosságában, nem utolsósorban pedig a politikai és a szakmai kultúrában lelhető meg (legutóbbiról: ha van...).

A részletes rendezési terveknél (RRT) az ÁRT-nél mutatkozó említett problémák jórészt nem jelentkeznek, mivel az RRT-k tervezési programja általában műszaki-gazdasági-rendezési és építészeti természetű és kevésbé kommunálpolitikai jellegű. Az RRT-knél különösen erős a kísértés, hogy az önkormányzati testületek tagjai „beletervezzenek” a műszaki-építészeti javaslatba. Ez emberi kifogásolhatósága mellett magának az önkormányzatnak is a lejáratását jelenti, hiszen minden jóváhagyásra kerülő anyagot az önkormányzat illetékes szakigazgatási szervei véleményeznek szakmai szempontból.

(A lakossági részvétel problémájáról a városrendezési tervezésben)

**8. A városrendezési program és terv demokratikus társadalmakban szükségessé és lehetővé teszi az érdekelték és érintettek** — mint helyi lakosok, ingatlantulajdonosok, munkaadók és munkavállalók, érdekképviseltek, köztisztviseltek stb. — bekapcsolódását a városrendezési tervezés folyamatába, a döntések előkészítésébe és a végrehajtás társadalmi kontrolljába. Ez az átfogóan lakossági részvétel megjelölésű közreműködés egyaránt jelenti a helyi életformák, szokások, hagyományok, ismeretek és tapasztalatok beáramoltatását információként a tervezés folyamatába, a helyi anyagi és eszmei értékek érvényesítését a tervekben, a közvélemény megjelenését a jóváhagyásban, valamint a lakosság tényleges részvételét a rendezés megvalósításában.

A lakossági részvétel különböző módon és keretben valósítható meg a városrendezési terv műfajától, tárgyától, léptékétől és közérdeklőségétől függően. Az ÁRT-k és más átfogó területrendezési tervek a város, esetenként egy nagyobb térség (agglomeráció, régió) lakosainak összességét érintik, ezért az érdekelték teljes körét nyilvánvalóan nem lehet közvetlenül megszólítani és megszólaltatni a tervek véleményezésénél. Mint minden, a lakosságot közvetlenül érintő rendezési ügynél, ez esetben is széleskörűen informálni kell azonban a lakosságot, ami a terv meghirdetésétől és kiállításától (valamint állampolgári jogon betekintetőségétől!) a médiumok szakszerű tájékoztatásán át a szakma szervezeteinek véleményezéséig terjed. Utóbbiak különleges jelentőséggel bírnak, mivel a tervezés szakmai szervezetei és az — egyébként kimúlt — szaksajtó állásfoglalásai egy nagyobb jelentőségű tervről (például a budapesti ÁRT-ről) többé-kevésbé kompetensnek tekinthetők. Ezek az információcsatornák át mód adódik a nem politikai és nem közhatalmi társadalmi tényezőknél és a térséglakosoknak a tervek megismerésére és a hozzá-

szólásra. Hogy ezek a vélemények milyen mértékben érvényesülnek az önkormányzat döntéseiben, önmagában is jelentős politikai problémát képez. A helyi társadalom elvárása és kívánsága más információs csatornákon át is feltárható: ilyenek a szociológiai felmérések és a közvélemény-kutatások. Az előbbiek inkább a programalakítást mozdíthatják elő a rendezési feladatok súlyozásánál, az utóbbiak a tervi változatok elbírálásához nyújthatnak tájékoztatást. Az RRT-k esetében a lakossági részvétel a városrendezési terv elbírálásánál az említett inkább passzív közreműködésen túlmenő, közvetlenebb és aktívabb formákban érvényesülhet. Ezek egyike az ún. lakossági fórum, melynek keretében az önkormányzat (a polgármesteri hivatal) ismerteti egy településszerkezeti egység többnyire konkrét beruházási szándékhoz kapcsolódó terveit és azokat társadalmi vitára bocsátja. A lakossági részvétel más megnyilvánulása lehet a polgári kezdeményezés egy konkrét rendezési feladat megvalósításának vagy elutasításának kiváltójaként, ami már független az önkormányzat szándékától. Ennek egyik szélső formája a lakossági tiltakozás bizonyos városrendezési elképzelésekkel szemben, ami igen demokratikusnak és „népszerűnek” (populárisnak és populistának egyaránt) tűnhet. A valóságban azonban jelentős elvi és gyakorlati problémák mutatkoznak a lakossági részvétellel kapcsolatban.

9. Az első probléma elvi jellegű és politikai természetű, amennyiben annak kérdésébe torkollik, hogy milyen alapon működik a városi önkormányzat demokráciája. Képviseleti demokráciákban elképzelhető, hogy a választópolgárok kizárólag választott képviselőiken keresztül gyakorolják azt a helyi hatalmat, ami csak tőlük eredhet. Ez esetben a képviselő elvben köteles lenne azt a városfejlesztési koncepciót képviselni — amelyik többnyire nem is létezik —, amelyikre mandátuma szólna. Ennek a változatnak e legtöbbször fennálló hiányossága mellett további gyengesége, hogy a képviseleti és többségi elv városrendezési kérdésekben csak korlátok között érvényesíthető, mivel az eldöntendő kérdések általában nem pártpolitikai platformokon, hanem társadalmi és területi keresztmetszetekben jelentkeznek és rendeződnek el. Az ún. nagypolitika a többségi elv szerint működik, és nem tartozik döntéseinél figyelembe venni a kisebbség (inkább: kevesebbség) álláspontját, szándékát, érveit stb. A kommunálpolitika városfejlesztési és -rendezési dimenziója viszont nem működtethető értelemszerűen a többség mechanikus elve alapján, mivel az kizárná a városon belüli kisebb egységek, lakossági csoportosulások érdekeinek és véleményének az artikulálását, és egybemosná a fejlesztésben érintettek és az abban érdektelenekek pozíciójának alapvető el-

térését. (Egy abortusztörvény megszavazásánál vagy népszavaztatásánál is vitatható, hogy olyan évjáratok votuma döntheti el, akik személyesen már nem lehetnek érdekeltek; ez esetben azonban legalább erkölcsi elvekről lehet beszélni a szavazásnál, míg erről aligha lehet szó városrendezési kérdések normális felmerülésénél.) Az önkormányzati hatalmat a városrendezés területén csak az érintett lakosság legtágabb köreinek érdekében, bevonásával és egyetértésével lehet gyakorolni, ami nem fejeződhet ki kizárólagosan a választási részvétel és a pártaritmetika mennyiségi értékeiben. Ez a felismerés indokolja egyébként a lakossági részvétel különböző, választáson kívüli formáit. A néphatalom képviseleti és közvetlen gyakorlásának összevont formáját nyújthatja a népszavazás egyes nagy horderejű fejlesztési és rendezési ügyek eldöntésénél, amikor a választott testület fogalmazza meg az eldöntendő kérdést, de a választópolgár többségi szava válaszolja azt meg. Ez a módszer kisebb településeknél vagy különleges, nem gyakori fejlesztési-rendezési döntéseknél alkalmazható a választópolgárok kifárasztása nélkül, mint például a világkiállítás megrendezésével kapcsolatos bécsi népszavazásnál.

A második probléma gyakorlati természetű a lakossági részvételben. A lakossági fórumokon inkább azok jelennek meg és nyilvánítanak véleményt rendezési elképzelésekről, akik sérelmeznek a terv valamelyik javaslatát. Ilyen ellenérdekeltség mindig előfordulhat, mivel minden terv szükségszerűn változást tartalmaz az adott helyzethez képest, ez pedig szinte minden esetben sérti valaki(k) valós vagy vélt érdekeit, bármilyen többségnek is legyen érdekében a változás. Ilyen okokból többnyire csak negatívumok merülnek fel a gravaminális ízű rendezvényeken (melyek dramatizálásához e haza polgárainak különös tehetsége adatott) és csupán ritkán jelentkeznek pozitív vélemények. A „hallgató többség” ugyanis — nincs jelen. A lakossági fórumokon illetően elhangzottak inkább jelzés-, mint közvélemény-értékűek, viszont hozzájárulhatnak addig fel sem merült problémák manifesztálódásához. A fórumoknak ez az egyoldalúsága, egyensúlyi megbillenése korrigálható hatékony tájékoztatósi munkával, a pozitíven érdekelteknek és a nem érintetteknek is a bevonásával, a vitavezetés jó színvonalával stb., de gyökeresen nem változtatható meg a politikai kultúra jelentős fejlesztése nélkül (és ez a pártok elsőrendű feladataihoz tartozna...). A közvetlen lakossági részvétel más formája, a polgári kezdeményezés, szélső esetben a polgári tiltakozás egyes nézetek szerint a bázisdemokrácia megnyilvánulását jelenti. Nem vitatható, hogy a polgári kezdeményezés bizonyos dolog érdekében és a tiltakozás bizonyos tervek ellen a csoportérdek és az önrendelkezés érvényesítésének új lehetőségeit tárhatja fel. Végeredményben azonban sem a polgári kezdeményezések, sem

a polgári tiltakozások nem hozhatnak kevés kivétellel társadalmi léptékű eredményt a városrendezésben, ha csupán negációt hirdetnek meg, vagyis nem igazítanak ki „hivatalos” elképzeléseket pozitív irányban, valamint ha csupán áthelyezni kívánják a problémát más helyre, közegbe vagy érdekerületre érdemi megoldás nélkül — és ez az általános eset.

10. A lakossági részvétel módjának kérdése a városfejlesztésben és a rendezési tervezésben önmagában is politikumot jelent. Az egyik irányzat az önkormányzat demokráciáját teljesen a képviseleti elv alapján kívánja működtetni, melyben a hatalom letéteményese, a választópolgárok összessége szabadon választott képviselete útján közvetve gyakorolja szuverenitását. Ebben a konstrukcióban alig lehet helye választott pártokon vagy érdekképviselteken kívüli társadalmi erőknél és kezdeményezéseknek a döntésekben, mivel az ilyen nézetek szerint a választás nélkül képződött politikai erők politikai felelősség nélkül működnének és szólnának bele döntésekbe. Mivel nem rendelkeznek kimutatható legitimitással, alkalmasak lehetnek elkendőzött érdekközösségek fedezésére, rosszabb esetben illegális, sőt kriminális társulások álcázására is. Eszerint a lakossági részvétel csupán hozzászólás jellegű lehetne, ami a döntéshozókat, a rendezési programok és tervek választott jóváhagyóit semmire sem kötelezné.

A másik irányzat az önkormányzat demokráciáját a lakosság közvetlen részvételével kívánja működtetni, természetesen a választott képviselettel együttesen, hiszen ez a közreműködés csak kiegészítheti, de nem helyettesítheti a választott pártokon át érvényesülő politikai erőket és mechanizmusokat. Ennek egyik kézenfekvő oka, hogy a lakossági részvétel valójában a lakosoknak csak a töredékét fogja át (többnyire annak egyes értelmiségi köreit). Meg kell jegyezni, hogy mind az önkormányzat testületei és szakigazgatási szervei, mind a rendezési tervezés csak keveset tud kezdeni a lakossági fórumokon elhangzó, általában ellentmondó vagy egymást kizáró nézettel.

A lakossági részvétel igazi és erkölcsi problémája abban áll, hogy az esetek nem kis részében privilegizáltak kívánják ezen keresztül előnyös pozícióikat megőrizni kerülőúton, anélkül hogy az előnytelen társadalmi státusúak annak révén valamit is nyernének helyzetük javítására. Tiltakozások ipartelepítések, közlekedési létesítmények, erőművek, szennyvíztisztítók, depóniák stb. ellen érthetőek, hiszen mindenki a saját érdekét tekinti elsődlegesnek, amikor az ilyen zavaró, kellemetlen ingatlanérték-csökkentő, esetleg káros, sőt veszélyes létesítményeket a saját szomszédságából a po-

kolba vagy legalábbis mások háza tájára kívánja. Ez eleve kérdéssé teszi az ilyen lakossági tiltakozások közérdekű jellegét, mert sikerük esetén a privilegizáltak maradnak, ahogy voltak; a forgalmat, zajt, bűzt, kipufogógázokat stb. megkapják az alulprivilegizáltak, és semmi nem változik azoknak a lakosoknak az életkörülményeiben, akik már addig is lármban, szennyezett levegőben stb. voltak kénytelenek élni. Minden működni kívánó társadalom meghatározó politikai erőinek szembe kell néznie azzal a ténnyel, hogy igen kellemetlen és népszerűtlen feladataik, sőt kötelességeik is vannak (pl. a hulladékok elhelyezése, erőművek helykijelölése), melyeknek tudniuk kell megfelelni, ha nem akarják politikai alkalmatlanságukat bizonyítani.

A lakossági részvétel demokratikus formái bizonyára előmozdíthatják a kommunálpolitika véleményképzését; jelentőségük ebben a vonatkozásban vitathatatlan. Viszont alkalmatlanok ezek az ad hoc- (és esetenként manipulált) megmozdulások eltérő érdekek feltárására és a közösségi érdek megfogalmazására. Eltérő érdekek kiegyenlítése és összehangolása csak politikai pártokon és azok küzdelmén át jöhet létre, ehhez pedig a pártoknak ismerniük kell az érdekek és nézetek valós elhelyezkedését a társadalom spektrumában.

11. A lakossági részvétel jelenlegi formái (lakossági fórumok, polgári kezdeményezések és tiltakozások, népszavazás) kritikája után joggal merül fel a kérdés, hogyan valósítható meg a lakosok nemcsak közvetett képvisellete, hanem közvetlen, személyes részvétele a fejlesztési és rendezési tervek, valamint döntések alakításában. Anélkül, hogy erre teljes értékű választ lehetne adni a mai, politikailag többnyire indifferens, eltompult, sőt elutasító helyi társadalmakban, legyen szabad mégis utalni a lehetőségre, hogy az önkormányzatok kezdeményezhetik időszakos vagy állandó grémiumok létrejöttét pártokon kívüli keretekben, amelyek a választott többség mennyiségi erejével együttműködve a minőség aspektusát képviselhetnék tagjaik közügyek iránti fogékonysága, ismeretei és tapasztalatai, nemkülönbön tekintélyük alapján. Ilyen grémiumok, ha tagjaik legalább fele független szakemberekből áll, alkalmasak lehetnek a tervek véleményezésére, a közvélemény interpretálására, de az alakítására is. Mindez természetesen nem csökkentheti a választott képviselők feladatát és felelősségét; ellenkezőleg, a független szakemberek és más jelentős személyiségek állásfoglalása biztosítékot és biztonságot is adhat az egyébként „laikus” testületeknek és bizottságoknak döntésük kialakításában, fórumot teremthet számukra a pártpolitikától tartózkodó vagy visszariadó közönség előtt is, fokozhatná a választott személyek és testületek, valamint az apparátus felelősségtudatát (már csak a „lapokba bepillant-

hatás" érthető pszichológiai hatása miatt is). Korunkban az információ köz- tudottan hatalom is: csak jól informált helyi közönség tudja hatékonyan el- lenőrizni „választottjainak” tevékenységét és az igazgatási apparátus műkö- dését a médiumokkal együtt, ami nélkülözhetetlen a demokrácia torzulásmentes érvényesüléséhez. Mindkettő, a választott képviselő(ek), valamint a köz- igazgatási apparátus mindenkor hajlik hatalmi pozíciójából (beleértve a jól- informáltságot is) arra, hogy az állampolgárok fölé kerekedjék, hogy felada- tukat a köz szolgálata helyett a köz uralmának, sőt birtoklásának tekintsék. Hazánkban, ahol az állampolgári önérték és jogtudat még csak kezdetlegesen jelentkezik, különösen jó esélyei vannak az ilyen törekvéseknek a beidegző- dött feudális reflexek miatt.

A lakossági részvételnek, a nyilvánosságnak a bevonása a városrendezés tervezési és döntési folyamataiba leghatékonyabb módon kétségtelenül a tö- megtájékoztatási eszközökben, kisebb mértékben a szaksajtóban jelenik meg. Az ún. médiumok (rádió, TV, országos vagy helyi napi- és hetisajtó) minden mást meghaladó nyilvánosságot képesek egy-egy rendezési problémának, javas- latnak, megoldásnak vagy mulasztásnak teremteni (mint például a vári kor- mányzati negyed közelmúltban felmerült elképzelése). Információs potenciál- juk, közvélemény-formáló hatásuk alapvető jelentőségű a közügyek tekinté- ben. A szaksajtó szerepe más jellegű: a publicitás itt elsősorban szakmai információk és ismeretek közvetítését szolgálja, és előmozdítja a tervező szakemberek és a szakmán kívüli érdeklődők tájékozódását, tájékoztatását és tájékozottságát, nem utolsósorban a tervezők ismertetését. Utóbbi a „szak- mai név”, a szakmai tekintély kialakulásának egyik lehetőségét nyújtja. A jó hírnévről, a szakmai tekintélyről évtizedeken át alig esett szó a vá- rostervezési szakmában, habár a diszciplína jelen művelői kétségtelenül ren- delkeznek az ehhez szükséges érdemekkel. (Talán ebből is származik a szakma alacsony társadalmi presztízse az önkormányzatokkal való együttműködésben.) Hogy mire jó a köznek az egyes tekintélye? Harrer Ferenc szerint arra, hogy nem kell mindig és mindent bizonyítani -- és ez megkönnyíti a dolgok me- netét.

(A rendezési tervezés helyzetéről és új eszméiről a kommunálpolitika tük- rében)

12. A gazdaság struktúraváltásának és privatizációjának koncepciónélkü- lisége, a köz- és magánérdek ellentmondásos kezelése, a városfejlesztési koncepciók hiánya, nem utolsósorban az önkormányzatok ingatlanpolitikája



együttes hatásukban deformálják a városok funkcionális és területi alakulását. A régebben készült és a mélyreható társadalmi-gazdasági változások miatt, az esetek egy részében vagy bizonyos vonatkozásokban valóban túlhaladott rendezési tervek átdolgozása és korszerűsítése helyett azok módosítása, az összrendszerből kiragadott foltozgatása, sőt egyszerű elvetése folyik országszerte. A tervek illetően kezelésével figyelmen kívül marad, hogy a tervek — főként az ÁRT-k — zárt összefüggésrendszert képeznek, amely egészében megmozdul, ha részeit megmozgatják. Az összefüggésekből kiragadott elemek önkényes kezelésének klasszikus példáját szolgáltatta a Főváros műszaki vezetése a közelmúltban a légymányosi híd Hamzsabégi úti folytatásának feladásával, a külső (Hungária) körút budai folytatására már sok évtizede végrehajtott szabályozás nagyszabású koncepciójának kicsinyes széttördelésével, a budapesti gyűrűs-sugarú városszerkezet több mint egy évszázadon át következetesen kiépített nagyszerű művének ésszerűtlen szétzilálásával és az egész városszerkezet még hiányzó történelmi zárókövének kiütésével. Egy „kötegelt” gyűrűs-sugaras városszerkezetet értelmetlen megváltoztatni a város egyik tetszőleges helyén és egy zavaros akció következtében sűrű, kismezős textúrává átalakítani. A politikai és a szakmai vezetés meghátrálása egy zajos lobby elől nem bizonyít erőt és koncepciót. Mindenesetre: Budapest egyik legnagyobb városépítési értéke (a dunai városképek mellett?, után?) a városszerkezete, a világosan megmutatkozó és tájékoztatást adó főútvonal-rendszere a radiális és gyűrűirányú elemeivel, ami e döntés szerint a dél-budai szektorban a semmibe foszlana szét. Egyébként az elemi formális logikával is ellenkezik, hogy egy új közúti hídnak — hiszen annyi van belőlük a magyarországi Dunán — nincsen irányttartó folytatása, vagy hogy működtetéséhez még egy másik hidat is kelljen építeni (az ún. Galvani hidat). Utóbbinak hozzá vezető útjai sehonnan sehova sem vezetnek és teljesen idegen elemet képeznek a városszerkezetben — és tegyük hozzá, jellegtelenségükben és semmitmondó megjelenésükben is utolérhetetlenek lennének a markáns fővárosi úthálózatban. (Az pedig, hogy egy gyűrűirányú főútvonal a városközpont felől tekintve hol konvex, hol konkáv térelemekből tevődjenek össze, nem válik nyomvonalának dicséretévé...)

Az RRT-k terén mutatkozó mozgás sem megnyugtató. Az érvényes tervek gyakori módosítása a tervek koncepciójának szétdarabolásához vezet. Még aggasztóbb, hogy az RRT-k kezdik elveszíteni alapvető funkciójukat, azt a feladatot, hogy a város — vagyis a közösség — által szabályozott jogszerű keretek között tartsák az egyébként zabolázhatatlan, a közérdeket fumigáló magánérdeket a beépítés terén. Ma az RRT-k jelentős része a magánépítetők

kezdemenyezésére készül — és ez önmagában így is helyes, mert az fedezi a tervezés költségét közvetve, az önkormányzaton keresztül, akinek szüksége van a tervre az OÉSz kikötéseinek értelmében. De gyengül vagy elvész a közösségi-szabályozó jelentőségük, ha egy már anticipált tervhez kell utólagosan rendezési tervet fabrikálni fejtetőre állított logikával és „fügefalevél”-feladattal. Ebben természetesen a tervezési szakmát is terheli felelősség, mert nemegyszer elvtelenül, jobb meggyőződése ellenére is kiszolgálja a gazdaság nyers erőt annak a cinikus nézetnek az alapján, hogy a terv a megrendelőnek és nem a tervezőnek tartozik tetszeni.

A szabad gazdasági erők, különösen a harácsoló tőke, de főként az ingatlanpekuláció általában ellenszenvet a rendezési tervezéssel, mert abban profitszerzésének kerékkötőjét véli látni. Az ilyen típusú vállalkozásoknak ismert attitűdje, hogy egyszerűen túlteszik magukat az országos és helyi szabályozásokon és teszik — sajnos nagyobb kockázat nélkül —, amit tenni óhajtanak, tekintet nélkül szomszédságra, előírásokra, közösségi érdekekre és tisztességre. Ehhez gyakran „ideológiát” is fabrikálnak, miszerint a városrendezési tervek, egyáltalán, a szabályozási megkötések a tervgazdálkodás retrográd maradványát képeznék, amelyek csak akadályozhatják a gazdasági erők szabad érvényesülését és ezzel a piacgazdaság (magyarán a kapitalizmus) kibontakozását. Ezek a szabadosságban tetszelgő nézetek egyszerűen negálják és negligálják a tényt, hogy a települések fejlesztése, mint minden célra irányuló és értelmes emberi tevékenység, szükségszerűen tartalmazza a „terv” és a „tervszerűség” motívumát, továbbá hogy a városrendezés alternatívája nem az erők szabad játéka — hanem a k á o s z. Hogy városrendezésre, a városépítés szabályozására, a köz- és a magánérdek összehangolására szükség van, azt alapvető tény bizonyítja: a korszerű városrendezési tervezést a korszerű kapitalizmus hozta létre.

13. Elvben minden programpart igyekezik a társadalom többségét átfogni választóinak potenciális köreként. Így a kommunálpolitikában is vállalniuk kell mindazokat a jövőbeni feladatokat, amelyeket elkerülhetetlenül kézbe kell venni, és amelyek a választók többségét érintik. Hangsúlyozottan: az adott helyzetben nem lehet pártállásfoglalás kérdése egy-egy általános társadalmi probléma (például a környezetvédelem) vállalása, csupán annak megoldási koncepciója. Bármely települési közösség jövőjének pozitív alakítása végeredményben feltételezi a nyílt, tartalmas, szabad és szolidáris politikai légkört. A pártoknak nyitottaknak kell lenniük új eszmék, kezdeményezések és útkeresések iránt a városrendezésben is, nem határolhatják el magukat

eleve azoktól (amennyiben nem ellentétesek a demokrácia kritériumaitól), és nem zárkozhatnak be politikai-eszmei-hatalmi szekérváraikba. Új, valóban előremutató eszmék a várostervezésben kezdetben általában csak néhány személy vagy a szűkebb szakma ügyét képezik, és a többség nemegyszer elutasítón reagál ezekre a kezdeményezésekre. A program- (tehát nem ideológiai alapállású) pártok feladata, hogy előítélet nélkül kezeljék a szellemi innováció törekvéseit, és főként hogy felismerjék a pozitív, jövőbe mutató és sikert ígérő kisebbségi eszméket a sok szellemi „dudva” között, és hogy azokat többségképpé alakítsák. Ehhez tartozik, hogy ezeket a sporadikusan jelentkező eszméket átfogóbb politikai összefüggésekbe legyenek képesek beágyazni és úgy közvetíteni, hogy a többség valóban vállalni tudja őket. Ez tehát kettős feladatot jelent, ami egyúttal a politikai érzék és mesterségbeli tudás fokmérője is: egyrészt előremutató eszmék felismerését, másrészt a többség megnyerését ezek számára.

(A kommunálpolitika és a rendezési tervezés közös dilemmáiról)

14. A szociális egyenlőtlenség hatásának mérséklésére irányuló kommunális politika egyik feladata és annak megfelelője a városépítésben, a szociális lakásépítés ma lényegében egy markáns kisebbség ügyét jelenti. Ma már nem létezik osztályszociális lakáshozjutási kérdés, mert a lakosságnak megközelítően négyötöde a saját vagy a család négy fala között lakik, a maradék egyötödnek pedig nem kis hányada szintén a tulajdont megközelítő jogokkal birtokolja bérlakását. A hazai lakosság döntő többsége tehát „birtokon belül” van a lakáshasználatban. Más kérdés természetesen, hogy a lakásállomány elhelyezkedése, a lakások mérete, felszereltsége, elrendezése, állapota stb. messze elmarad a kívánatostól a városokban, de ez ma már a „birtokon belüliek” személyes gondja-baja és feladata, amelynek megoldásában az önkormányzatok támogatást adhatnak, de arra nem kötelesek. A lakáshozjutás megoldatlansága, sőt kilátástalansága egy jellegzetes kisebbség kérdésévé vált — a kirekedtekévé. Ennek a kisebbségnek érdekében többséget szerezni egy nagy-szabású lakásépítési programhoz — akár állami, akár önkormányzati feladatként — ma szinte lehetetlen lenne; legfeljebb nyomorenyhító és szállásadó önkormányzati jóléti akciók jöhetnek számításba. A rendezési tervek elemzései hasztalanul mutatják ki a lakásállomány mennyiségi és minőségi deficitjeit a társadalmi lakásigényhez viszonyítva, ha azok megszüntetésére a vállalkozási szféra a dolog természeténél fogva nem alkalmas vagy nem hajlandó, az önkormányzatok eszközök hiányában nem képesek, az állam pedig nem illeté-

kes (legalábbis így véli). Az állami lakásépítés csendes kimúlása után ezáltal létrejött egy súlyos, ráadásul kezelhetetlen probléma a tartós, strukturális munkanélküliség analógiájaként: a tartós lakásnélküliség. (Ha a kettő egybeesik, az egyén szociális helyzete, további sorsa kilátástalanná válik...)

A történelmi munkásmozgalom a 19. század végén még állíthatta kisebbségben levő osztálya nevében, hogy a nagy többség anyagi-társadalmi érdekeit is képviseli törekvésével az osztályhatárok felszámolására és a „kisemberek” emancipációjára. A kisebbségi érdek és az általános társadalmi érdek egybeeséséről, legalábbis erőteljes átfedéséről esetünkben már nem lehet szó. A „klasszikus” szociális problémával szemben, ahol társadalmi osztályok érdekei, hatalmi küzdelmei csaptak össze, jelenünkben a szociális egyenlőtlenség olyan széttagolt kisebbségeket hozott létre, például a lakásbirtoklásból kiesettekét, melyek a peremére kerültek vagy teljesen kiszorultak a társadalomból, ellentétben a múlt századi szervezett ipari proletariátussal. A létminimum alá bukkottak, a munka- és lakáshiánnyal küszködők gyengék és szervezetlenek, nem fenyegethetik a hatalmat sztrájkokkal vagy politikai akciókkal, esetleg nyílt ellenszegüléssel, érdekeik egymás között sem esnek egybe, politikai súlyuk választóként jelentéktelen. Félő, hogy társadalmunk beleesett egy csapdába: a többség viszonylag rendezett, elfogadható körülmények között él, dolgozik, szórakozik, ha igen sokan komoly gondok között is. Ez a „többség” mást vár az államtól és az önkormányzatoktól, mint szociál- és lakáspolitikát segélyezésként (mert nincsen szüksége rá) és nem érdekelt olyan programokban, amelyek a „nép széles köreinek” óhajtanak bizonyos életformákat hozzáférhetővé tenni (mert ezt saját maga küzdi ki önmagának). A „többségnek” más érdekei vannak: stabilitás, szerzett jogainak (betegbiztosítás, nyugellátás) és megtakarításainak értékállóvá válása, legalábbis stabil életszínvonal, kíméletes adóztatás, az életminőség megóvása, a környezet hatékony védelme, a „hatóságok” mindenütti jelenlétének visszaszorítása stb.

15. Ebben jelenik meg a kommunálpolitika és a várostervezés közös veszélyhelyzete. Ha a kisebbségek érdekében alig történik valami vagy semmi -- és itt a városrendezési tervezés vonatkozásában elsősorban a lakásépítésről van szó --, azt a többségnek csak egy töredéke fogja komolyan kifogásolni vagy szavazata megvonásával megtorolni. (Társadalmunk többsége nem áll szentekből vagy álszentekből.) Viszont szociális érzéketlenségek következtében csak fokozódhatnak a szociális egyenlőtlenségek (mint például az Egyesült Államokban, Földünk leggazdagabb nagyhatalmában), s ennek következményeként veszélybe kerülhet maga a demokrácia, de a városok épsége, a közbiz-

tonság, egyáltalán a rend, ezzel a városrendezés is. Ha viszont a társadalom peremére vagy teljesen kiszorult különböző kisebbségek sorsának javítása felé fordul főirányként a kommunálpolitika, akkor kénytelen koncentrálni csekélyke eszközeit például egy lakásépítési akcióra, amelyekkel azonban várhatóan a lakáshiánynak csak egy töredékét képes pótolni, vagy fordítottn, elaprózni szerény eszközeit, individualizálni tevékenységét, hiszen a korszerű szociális gondoskodás kisebb csoportokat (például hajléktalanokat), apróbb közösségeket (például illegális lakásfoglalókat), vékony rétegeket (például idült alkoholistákat vagy kábítószereseket) vagy bajba jutott egyéneket (például ápolásra szorulókat) kell hogy elérjen. A koncentrált akció, elsősorban a szociális indíttatású lakásépítés komoly műszaki és szervezési háttérrel kíván meg, amivel a helyi autoritások (városi vagy kerületi önkormányzatok) nem rendelkeznek. Egy lakásépítési programot egy-két évre előirányozni értelmetlenség lenne; annak 10–15 éves koncepcióra és kifutási időre kell támaszkodnia — de melyik választott testület vállal ilyen feladatokat, amikor mandátuma csak 4 évre szól? Az a tény, hogy Magyarországon egyszerűen megszűnt a szociális lakásépítés, ijesztően emlékeztet dél-amerikai viszonyokra, és rámutat a szociális piacgazdaság fogalmának hazai ürességére. A decentralizált akció viszont képzett szociális és egészségügyi gondozószemélyzetet és intézményeket (otthonok, szállások, tömegétkeztetési helyek, kórházak stb.) kíván meg, ami fatális módon alig hoz felmutatható, látványos, a többség számára is attraktív eredményeket, amelyek szavazatokban is kifejeződhetnének. Ugyanez áll a várostervezésre is: a koncentrált akciók látványos feladatokat hozhatnak magukkal, mint lakótelepek, középületek, közlekedési létesítmények, bevásárlóközpontok stb. építése, míg a decentralizált akciók — beleértve például az épületek szimpla javítási munkáit vagy a közterületek tisztántartását és természetesen a szociális háló besűrítésének építési vonzatait — eredményei sokkal kevésbé mutatósak.

Ugyanez áll az ökológiai indíttatású városfelújításokra is. Egy teljesen elszennyezett talajú volt ipari terület renaturalizálása például igen költséges művelet. Ha sikerül és a területen ismét megjelenik a növényzet, lakhat az ember és játszhat a gyermek, akkor az voltaképpen nem más, mint az általános, a máshol fennálló „normális” helyzet visszaállítása, amelyen nem ismerhető fel az anyagi-műszaki ráfordítás jelentős volumene. Ha a kommunálpolitika a szociálpolitikai és az ökológiai teendőket helyezi előtérbe, szükségszerűen elaprózza önmagát (a lakásépítés kivételével), eredményei pedig nem lesznek látványosak. Ilyen politika nehezen szerezhethet tartós válasz-

tói többséget, különösen sikeres végrehajtás esetén, mert azzal önmagát teszi feleslegessé (erre ugyan aligha találni példát világszerte).

Jórészt a várospolitikán múlik, hogy a városlakó többség jól érzi-e magát lakóhelyén, és hogy hajlandó-e ezért valamit tenni vagy áldozni is, vagy pedig hogy a várost csupán a saját anyagi-társadalmi előbbrejutása eszközeként tekinti-e, ahol pénzt kereshet (hogy azt máshol költhesse el nem egy esetben).

A város társadalmi létünk jövője, amelynek nincs kedvezőbb alternatívája, csak kedvezőtlenebb: az „elfalusodás” vagy az „elslumösödés”. A városok viszont általános és állandó krízisben látszanak leledzeni; kérdés természetesen, hogy ebben nem a „normál-állapotnak” a túl pesszimista megítélése jelenik-e meg. De ha tényleg létezik ez a permanens krízis, akkor az voltaképpen a várospolitika és a várostervezés együttes válsága. A város ma már túl komplex és komplikált jelenség ahhoz, hogy csupán hagyományos eszközökkel és módszerekkel lehessen fejleszteni az új évezred küszöbén a feladatra jól felkészült szakemberek mérvadó közreműködése nélkül. Tudomásul kell venni, hogy egy város vezetése feladataiban legalább olyan jelentős és magas fokú szakértelmet igénylő teendők vannak, mint egy nagyvállalkozásban. A jó-hiszemű elfogadtatásra, az ártatlan véleményezésre, a kicsire és a gyengére, a derűsre és kedvesre irányított helyi politika ugyanúgy nem ismerheti fel a feladat és a válság lényegét, mint a választópolgárok hiányzó állásfoglalása; az utóbbi ki sem alakulhat a politikai munka és a tájékoztatás gyarlósága miatt. Közvélemény-kutatások eredményei — amelyek elsősorban a már ismert állapotokra vonatkozhatnak csupán a dolog természeténél fogva, és alig egy anticipált jövőképre — nem helyettesíthetik a várostervezés szakmai kompetenciáját, javaslatait és terveit.

Látszólag különös paradoxona a hazai városfejlődésnek is, különösen Budapesten, hogy az eklektikus nagyváros és annak világos szerkezete, melyben ma is kényelmesen és otthonosan érezzük magunkat, jó évszázaddal előttünk egy voltaképpen brutális spekulációs korszak városépítéséből jött létre, amelyik ennek ellenére vagy emellett képes volt egy máig működőképes milliós várost kiépíteni, és amelynek értékei ma már vitathatatlanok. Ennek azonban volt egy máig érvényes feltétele, mégpedig a nagyvonalú, szakmailag és személyileg „stílusos” és hozzáértő várostervezés, amelyik függetlensége révén nem vesztett bele a municipalitás napi kisszerűségeibe, érdekszövevényeibe és csábításaiba, másrészt a spekuláció hol álcázott, hol nyersen fellépő profitérdekeltsegeibe. Letéteményese a Közmunkatanács volt.

Minden politikailag érzékeny városi vezetés előbb-utóbb felismeri, hogy erői és eszközei elégtelenek a megoldandó feladatokhoz itt és most, keresse azokat akár a „kisebbség”, akár a „többség” érdekerületén, még inkább, ha mindkettőjükén. Ebből a dilemmából a hatalom mechanizmusának fogantyúit jól kezelni tudó városvezetés általában előre tör ki, támogatva a várostervezés által, aminek egyik lehetséges iránya a „fesztivalizálódás” Walter Siebel találó kifejezése szerint. (Die Zeit Nr. 50, 1992. okt. 15.) A fogalom alatt egy projectre történő kampányszerű mozgósítás értendő a hatalom önigazolása és -bizonyítása szándékából, amelyik kedvező a választók érdeklődésének felkeltésére és támogatásuk megszerzésére, akár van az akciónak értelme gazdaságilag, szociálisan, ökológiailag stb., akár nincsen (az egész hatása amúgy sem tart soká, akárcsak a kábítószeré). A „fesztivalizálódás” irányzatába sorolhatók a világkiállítások, az olimpiák, a világbajnokságok, az évfordulós rendezvények, a különböző nemzetközi vásárok, de a politika, a tudomány és a művészet nemzetközi találkozóinak vagy műsorainak stb. is. A nagyszabású rendezvények a politika az irányú kísérletének is felfoghatók -- melyeket többek között az építészeti és a városrendezési tervezés testületei támogatni szoktak jól felfogott érdekből --, hogy demonstrálja tettvégyát és cselekvési képességét. Ez önmagában egyáltalán nem lenne kivethető, ha a „fesztivalizálás” nem szorítaná még inkább háttérbe a kevésbé látványos teendőket és nem állna ellentétben a valós (és nem csinált) feladatok megoldásának érdekével, mint például a szociális lakásépítéssel. Ez az ünneplési stratégia voltaképpen a politikai és gazdasági elit „felülről” irányított demokraciáértelmezését tükrözi és nem az „alulról” jelentkező igények kielégítését.

(Összefoglalás helyett)

16. A demokraciához és a szociális piacgazdasághoz fűződő elvárások szerint olyan értékek, mint a politikai egyenlőség, a szabad véleménynyilvánítás, a szociális felelősség, az egyéni érvényesülés lehetősége, a tulajdonszerzés és a vállalkozás esélye, a közéleti tisztaság és türelmesség, az erőszakmentes érintkezés emberek és államok között, értelemszerűen összetartoznak és egymást erősítik. E feltételezés szerint a korszerű kapitalizmus elveinek érvényesülése fokozatosan visszaszoríthatná a társadalom negatív megnyilvánulásait, mint az elnyomást és a hatalmaskodást, a korrupciót, a szegénységet és a testi-lelki elnyomorodást, az előítéleteket, a kényszereket, az agresszív nacionalizmust, még inkább az embertelenség csúcsteljesítményét -- a háborút. Ez az elvárás mindenütt és mindenkor illúzióknak bi-

zonyult. A negatív jelenségek kiküszöbölése, továbbá az emberi méltóság tisztelete, a környezet védelme, a városok lakhatóságának megőrzése, az erőszak megfékezése és sok más globális gond, mint embermilliók éhezésének és korai pusztulásának megakadályozása vagy akár a strukturális munkanélküliség felszámolása, úgy tűnik, nem került be a gazdasági-társadalmi mechanizmusok kezelhető feladatainak körébe -- vagy talán nem is tartozhat oda, csak egy egész más szférába.

A hazai tapasztalatok illúzióból csalódásba csaptak át a közvéleményben, mivel mind országos, mind helyi vonatkozásban egyre több hozzá nem értés, tévedés, mulasztás, hiba, sőt nyílt önzés, megengedhetetlen előnyszerzés, hatalmi visszaélés, nem utolsósorban korrupció vált ismertté (hangsúlyozva: ismertté, hiszen ezek az eltévelygések mindig és mindenütt léteznek a közéletben, de közvéleményünk még csak most kezd hozzászokni, hogy részben nyilvánosságra is kerülnek, hála a szólás- és sajtószabadságnak).

Ez a negatív felismerés -- a demokrácia eszméinek tettekkel is vállalása és legalább részbeni megvalósításáért folytatott aktív közreműködés helyett -- szkepszist, kiábrándulást és érdektelenséget váltott ki széles körben, és ez a köz ügyeivel kapcsolatban a gondolkodás elsekélyesedéséhez és az erkölcsi érzék eltompulásához is vezetett. Az ismert bajok és gondok ellenére sincs más értelmes jövője társadalmunknak és benne a városrendezési tervezésnek, mint a demokrácia további kiépítése és a kapitalizmus szociális kötelességeinek érvényesítése, ha kell, kikényszerítése. Ez pedig a polgár részvételét is jelenti a közügyekben. Csak naiv vagy ostoba ember képzelheti, hogy saját sorsának intézését páholyból szemlélheti.



VITÁK A NEMZETI ÉPÍTÉSZETRŐL

II. rész, 1930—1939

I. NEMZETI ÉPÍTÉSZET A MODERN ELLENÉBEN

1. A modern „egységfront” és bomlása

Az 1929 és 1932 közötti néhány év a modern építészet gyors térhódításának az időszaka volt. A világgazdasági válság megbuktatta az erős kezű Bethlen-kormányt és felszínre hozta a lefojtott társadalmi problémákat. A radikalizálódás jobb- és baloldalon egyaránt mozgósította az erőket, és a kritikában, a kibontakozó programokban eleinte sok volt a hasonlóság. Ahogyan a politikában, úgy az építészet terén is sajátos egységfront látszott kibontakozni a húszas évek konzervatív egyeduralmával szemben. Az új építészetről folytatott vitákban Ligeti Pál, Bierbauer Virgil és a Cirpac fiataljai mellett találjuk Padányi Gulyás Jenőt, Virágh Pált és mindazokat, akiknek útja pár évvel később más irányba kanyarodott. A fiatal generációban az öregektől alapvetően eltérő képzet élt az építészszerpepét illetően. Számukra nem az esztétikum, a stílus volt az építészet lényege, hanem szociális funkciója: az építészet nemzedékek mindennapi életének keretét alkotja, és ezáltal sorsát, egészségét, boldogságát befolyásolja. A háború utáni helyzetben pedig különösen indokolt volt, hogy az építész legfontosabb feladatának a szociális kérdés, vagyis a lakáskérdés megoldását tekintse. Az építészet etikai felfogása a l'art pour l'art-művészettel szemben nemcsak a nemzetközi avantgárd mozgalommal kapcsolatban álló baloldali építészeket jellemezte, hanem a „harmincéves” generáció egészét. A kislakásépítés ügyét Padányi Gulyás Jenő éppolyan elkötelezettséggel szolgálta, mint a Cirpac vagy Bierbauer Virgil.<sup>1</sup> Együtt küzdöttek az elavult építési szabályzat és a közigaz-

---

<sup>1</sup>A Tér és Forma kislakáskérdéssel foglalkozó tematikus számában Bierbauer és Komor János tanulmánya mellett ott találjuk Padányi Gyulyás Jenőét, ráadásul az első helyen, mintegy vezércikk gyanánt. P. G. J., „Az építész szerepe a kislakásépítő mozgalomban”, *IF* (1928) I./2. 45—47.

gatás megreformálásáért, a mérnöki szakértelem szélesebb körű érvényesítéséért, közösen kezdeményezték az álláshalmozó, közmunkákat monopolizáló konzervatív „nagyrablók” elleni kampányt is.

Ahogy az ifjúság politikai mozgalmában is elmosódott a különbség jobb- és baloldal között, úgy az építészek későbbi urbánus és népi szárnya is csaknem ugyanazokban a szervezetekben, vitakörökben lépett fel a változtatás érdekében. A pártok, irányzatok határán átnyúló, ködszerűen gomolygó ifjúsági tömörülés jellegzetes metapolitikai mozgalom volt, polarizálódása csak a világgazdasági válság végén kezdődött meg.<sup>2</sup> A napi politikába nem kapcsolódtak be, a nemzeti sorskérdéseket boncolva nagyobb távlatban gondolkodtak.<sup>3</sup> Szervezeteikben nem csak társadalmopolitikai kérdések kerültek terítékre, megvitatták a művészet és irodalom aktuális problémáit is. Sőt, volt közöttük olyan, sokat ígérő szellemi műhely, mint a Bartha Miklós Társaság, ahol egy elementárisan új, paraszti kultúrából kiinduló avantgárd művészet csírái bontakoztak ki. Tagjai között építészek is akadtak.<sup>4</sup>

---

<sup>2</sup>A húszas évek zárt, autokratikus rendszerének egyik akut problémája a nemzedéki kérdés volt. A „harmincévesek” nemzedéke, mely diákként került a frontra és aktívan részt vett az ellenforradalomban, mélységesen csalódott a bethleni konszolidációban. Nehezményezték, hogy Bethlen nem hajtotta végre követeléseiket: a földreformot, a zsidó tőke elleni intézkedéseket, nem támogatta eléggé az ellenforradalom bázisát adó keresztény rétegeket és a „faj őszerejét” adó parasztságot, a revízió is csak üres jelszó maradt. Az egyetemi-főiskolai diákszervezetekből kinöve végképp nem találták helyüket. A háború miatt egymásra torlódott évfolyamokból kilépő ifjú értelmiségiek szembe találták magukat a munkanélküliséggel, az állásokat az idősebb korosztály foglalta el. Helyzetüket így generációs problémaként élték meg. A politikába, a meglévő társadalmi szervezetekbe nem tudtak, de nem is akartak bekapcsolódni: sem a kormányzó, sem az ellenzéki pártokban nem láttak szándékot az ő érdekeik és céljaik képviseletére. A fiatal nemzedék a húszas évek második felében hozta létre saját szervezeteit, melyek a szellemi elit legkülönbözőbb árnyalatait tömörítő vitaklubok voltak. Ezek a társaságok a bajtársi egyesületekkel szemben álló diákszervezetekkel (MEFHOSZ, SZEFEH stb.) és néhány folyóirat (Új Élet, Híd, Magyar Írás) szellemi műhelyével együtt alkották az ifjúsági mozgalom intézményi kereteit. Irodalma: Laczkó Miklós, „A nemzedéki tömörülésről és a szakadásról”. In: Válságok és választások, Bp. 1975; Szabó Miklós, A haladó egyetemi ifjúság mozgalma Magyarországon 1918–1945, Bp. 1978; Bernáth B. István, A népi ideológia előzményeihez, Bp. 1986.

<sup>3</sup>A mozgalom közös vezéreszméjét így állapította meg egyik igen aktív építésztagja, Padányi Gulyás Jenő: „Komolyan vett nemzeti demokrácia, mélységes és őszinte szociális gondolkodás és a nyomában fakadó gondoskodás és Magyarország méltó helyének biztosítása egy az összes érdekelt népek megnyugvására pacifikált Közép-Európában.” P. G. J., Seregszemle, Bp. 1930.

<sup>4</sup>Sebestyén Sándor, A Bartha Miklós Társaság 1925–1933, Bp. 1981; Fábíán Dániel, „A résztvevő szemével. Adatok a BTM történetéhez”, Párttudományi Közlemények (1979) 2. Sebestyén Molnár Farkas, Janáky István (147. j.) és ifj. Masirevich György (159. j.) nevét említi mint a társaság tagját. Fábíán szerint az építészek közül tag volt Molnár, Masirevich és Fischer József. Ezzel szemben a BTM első időszakában bizonyíthatóan csak Halmos Béla volt tag, a többi név csak előadásokkal kapcsolatban került fel, Fischernek pedig semmiféle kapcsolata nem volt a Társasággal. Az 1936-os újralakulást követően szaporodott meg az építésztagok száma, ekkor a következők szerepeltek a névsorban: Antal Dezső, Bíró Béla, Sámsondi Kiss Béla, Molnár Farkas, Rácz Ferenc, Rácz György, Vargha László. Forrás: Új magyarság és az új Európa, Bp. 1942. A Társaság teljes negyvenes évekbeli névsorát Somody Pál (USA) szívességének köszönhetem.

Az avantgárdtól távolabb álló építészek inkább a mérsékeltbb Wesselényi Reform Klubhoz, majd betiltása után a Nemzetpolitikai Társasághoz csatlakoztak.<sup>5</sup> Nagy részük volt az ifjúsági parlament előkészítésében, és ott voltak a földreformmal, telepítéssel, szövetkezeti kérdéssel és népegészségüggyel foglalkozó előadásokon és vitákon.<sup>6</sup> A szellemi határok átjárhatóságát bizonyította, hogy például a jellegzetesen harmadikutas, a népi ideológia kibontásában úttörő szerepű Bartha Miklós Társaság 1930-ban a modern építészet kérdéseiről rendezett előadássorozatot,<sup>7</sup> és röpiratában a Cirpac másoddelegátusának tanulmányát közölte.<sup>8</sup> Rendkívül érdekes, ahogyan a modern elveket valló szerző beleilleszkedik a BTM etnikai-faji szemléletébe, szóhasználatába, miközben egyértelműen az új mellett áll ki: „A faj ősi sajátosságai benne lesznek ezekben az új házakban és városokban is, de mint ahogy egy zeneileg műveletlen ember sohasem jön rá, hogy Bartók nagy zenekari műveinek alapja a magyar népzene, úgy nem fogja meglátni, csak az igazi művész az összefüggést a magyar népművészet és az új építészet között” (26.). Tudomásunk szerint ez az első felvetése annak a később igen elterjedté vált gondolatnak, hogy a puritán „új építés” mély szellemi rokonságban áll a népi építészettel.

Mindez azt a reményt keltette, hogy a modern magyar építészet egységesen fejlődik tovább és benne a „nemzeti” új értelmet nyer: a sajátos jelleg és hagyományok keresése helyett végre reális feladatokat és azok korszerű megoldását jelenti. Nem tagadhatjuk le azonban, hogy a közös érdek szülte egy-

---

<sup>5</sup>Acsay László, Antal Dezső, Padányi Gulyás Jenő, Virágh Pál. L.: Sebestyén, i. m. 202.; A Magyar Nemzetpolitikai Társaság első tíz esztendeje 1926–1936, Bp. 1937; Virágh Pál szóbeli közlése.

<sup>6</sup>Sebestyén, i. m. 202.; Asztalos Miklós, „A harmincévesek Magyarországa”, Magyar Szemle II. kötet, 1928. július, 238–248.; Acsay László, „Az álláshalmozás és az ifjúság”, Magyar Szemle XIV. kötet, 1932. április, 255.

<sup>7</sup>A korabeli gépiratos program szerint a „modern építészet kérdései” sorozatban az alábbi előadások hangzottak el: 1930. január 15. Dr. Kovrig Béla: Szociális lakáspolitikai; január 22. ifj. Masirevich György: Beszámoló a II. Nemzetközi építészeti kongresszusról; január 29. Molnár Farkas: Modern építészet; február 5. Janáky István: Modern stílustörekvések; február 12. dr. Kotsis Endre: Falusi építészet (OSZK Kézirattár, Fond 71/54–6). Sebestyén állításával szemben Molnár és Janáky előadása elmaradt, mert nem tudtak vetítőgépet szerezni. Helyettük dr. Zsoldos Ernő tartott előadást „Háborús lakáspolitikai” címmel. L.: Fábíán Dániel, „A BTM története 1925–1931-ig” (kézirat), 178. (OSZK Kézirattár, Fond 71/43.)

<sup>8</sup>Marossy Géza, „Az új építésről”, Új Magyar Föld 3. száma, Bp. 1930, 21–27. Az írói álnév ifj. Masirevich Györgyöt rejti. Feltevésemet a 26. oldal egyik bekezdése támasztja alá, amely szó szerint megegyezik Masirevichnek a „Kövekbe írt magyar dráma” vitához írt hozzászólásának egy passzusával. Masirevich egyrészt azt bizonygatja írásában, hogy a népművészetre a modern korban nem lehet építeni, másrészt állítja, hogy az új építészet, noha nemzetközi és a fejlett technikát használja, „teljesen megfelel a magyar faj reális és egyszerű világszemléletének”.

ség mögött kezdettől alapvető szemléletbeli különbségek rejlettek. Az „új építés” radikális hívei 1929-ben létrehozták munkacsoportjukat, mely a modern építészet nemzetközi szervezetének, a CIAM-nak lett hazai tagozata. Elméleti tevékenységüket attól kezdve a kongresszusok tematikája irányította s terelte a városi feladatok felé.<sup>9</sup> A közösen kialakított elvek, a problémák tudományos megközelítése, a korszerű építőtechnika és az „új építés” bármennyire tagadott, de mégis meglevő gép-esztétikája radikálisan új és kétségkívül nemzetközi jelleget adott munkáiknak. A modern táboron belül — sok egyéb árnyalat mellett — volt egy másik karakteres felfogás, amelyik a város gondjait nem lekicsinyelve az építészek által elhanyagolt vidék építési problémáira hívta fel a figyelmet. Ez az irány a korszerűséget nem kötötte merev formai-technikai kritériumokhoz, újítani a hazai adottságok és igények figyelembevételével akart.

A két felfogás közül kezdetben a Cirpac-csoporté került a figyelem középpontjába, de a radikálisan modern irány sikere és további sorsa szorosan összefüggött a nemzetközi és a belpolitikai viszonyok alakulásával. 1932 nyaráig a baloldal tűnt szervezettebbnek és a külpolitikai helyzet is a forradalmi illúziókat táplálta. Nem véletlen, hogy erre az időszakra esett a csoport legintenzívebb társadalomkritikai és szakmai agitációs munkája. A tüntetéseket és sztrájkokat az uralkodó körök nem sokáig tűrték, 1932 de- rekán a statárium adta lehetőséggel élve keményen leszámoltak a baloldallal. Ezután tört ki a Cirpac harmadik kiállítása körüli botrány, ami az amúgy is gyanakvással kezelt társaság hírének nem tett jót. A baloldali társadalom-átalakító utópiák helyét 1932 ősztől a jobboldali reformgondolat vette át. A korábbi autokratikus stílussal szakító Gömbös-kormány a közép- és alsóosztályokat képviselte, és a szociális gondoskodást, állami protekciónizmust hirdető Nemzeti Munkaterve sokakban a megújulás reményét ébresztette. A 95 pont reformdemagógiája még a harmadikutas népi írókat is megtévesztette, hogyne látott volna lehetőséget benne az ifjúsági mozgalomban aktív szerepet játszó műszaki értelmiség régóta hirdetett célkitűzéseinek megvalósítására! Minden lehetséges fórumon tárgyalták és keresték a közreműködés lehetőségét. A Nemzetpolitikai Társaság, melynek több építész is tagja volt, reformjavaslatok

---

<sup>9</sup>A frankfurti kongresszus kérdőívében szerepelt egy olyan kérdés, hogy „Egyetért-e azzal, hogy a minimállakás alapjául a városi ipari népesség életmódja szolgáljon?”, amire Fischer József azzal válaszolt, hogy „Magyarországon a földmunkások vannak számszerű többségben”. (Fischer-hagyaték, Művészettörténeti Kutatóintézet Adattára, MDK-C-I. 16/3.) Ennek ellenére a magyar Cirpac-csoport 1937-ig nem foglalkozott a vidék problémáival.

egész sorát nyújtotta be a kormánynak.<sup>10</sup> Konferenciát tartottak az országrendezés mérnöki vonatkozásairól, ankétot rendeztek a telepítés kérdéseiről.<sup>11</sup> A jobboldal előretörése és az újra a nacionalizmus felé tartó korszak kedvezett a „nemzeti” problematika felmelegítésének.

## 2. „A magyar építőművészet útja” -- ankét az Építőmunkában (1933--1934)

Az Építőmunka című folyóiratot 1933-ban Zeitler Sándor szerkesztő indította útjára, később Szokolay Béla iparművész is jegyezte, de a lap tényleges szerkesztését Csaba Rezső építő-iparművész végezte. A szerény kiállítású, de ambiciózus lapot teljesen a gömbösi reform szelleme hatotta át. Az építőtársadalmat a hivatásrendiség alapján kívánták átszervezni. Az „építőipari béke” jegyében megkísérelték összehangolni a vállalkozók, építőmesterek és tervező építészek érdekeit, holott e kategóriák érdeke természeténél fogva ellentétes. E célból az Építőmunka, a többi szaklaptól eltérően nemcsak építészettel, hanem nemzetgazdasági témákkal (telepítés, országrendezés), a kivitelezés problémáival és szerkezeti, technológiai, érdekvédelmi kérdésekkel is foglalkozott. A nemzeti építészet témája már a harmadik számban feltűnt: a szerkesztő (ezúttal Csanádi Rudolf álnéven) Wälder Gyula előadása kapcsán fejtette ki gondolatait.<sup>12</sup> A 8--9. számban nagyszabású ankétot hirdettek meg „A magyar építőművészet útja” címen azzal a céllal, hogy keresztmetszetet adjanak a korabeli magyar építészetről.<sup>13</sup> Két kérdést tettek fel az építészeknek: 1. Miben látja a mai magyar építészet jellemző vonásait? 2. Mi a feltétele egy sajátosan magyar építőművészet megteremtésének? Az ankétot a szerkesztő vitaindító tanulmánya vezette be, és a körkérdésre érkezett tíz válasz után ugyancsak ő foglalta össze a tanulságokat.

A bevezető tanulmány szignálatlan, de minden kétséget kizáróan Csaba Rezső a szerzője. Mindenekelőtt leszögezte, hogy az ankétot „nem acélkaros-

---

<sup>10</sup>Hogy lehetne megvalósítani a Nemzeti Munkatervet? A Magyar Nemzetpolitikai Társaság vitaanyaga a Nemzeti Munkaterről, Bp. 1932. A vitában javaslatot tevő építészek: Acsay László, Antal Dezső, Kaffka Péter.

<sup>11</sup>Az országrendezés mérnöki megvilágításban. A Nemzeti Munkaterv alapján, Bp. 1933; A telepítés műszaki vonatkozásairól a Magyar Mérnök-és Építész-Egylet tartott előadássorozatot 1933. január és március között.

<sup>12</sup>Csanádi Rudolf (Csaba Rezső), „Magyarkodás vagy nemzeti stílus”, Építőmunka (1933) 3. 48–51.

<sup>13</sup>„A magyar építőművészet útja, Az »Építőmunka« ankétja”: (jelöletlen bevezető), Jánszky Béla, dr. Kotsis Iván, dr. Lechner Jenő, Medgyaszay István, Thoroczkai-Wigand Ede hozzászólása, Építőmunka (1933) I./8–9. 125–133; Antal Dezső, Folly Róbert, Györgyi Dénes, Ligeti Pál és Padányi Gulyás Jenő hozzászólása, Építőmunka (1934) II./1. 14–23.

székben gubbasztva eszelte ki két főfájás között, hogy ezzel is valami élénkséget vigyen a lapjába", a háború után megakadt magyar építőművészet témája történelmi szükségszerűséggel vetődött fel (kiemelés F. A.). Úgy vélte, hogy a háború utáni évtized csak negatívumként értékelhető építészetünk szempontjából. A modern építészet nemzetközi hulláma már mozgást váltott ki, de ebben a forradalomban „a magyarságnak csak passzív szerepe van”: fogékony az új eredményekre, de nem tesz hozzá saját alkotó szelleméből. Ez azért probléma, mert „egy nemzet létének feltétele saját egyéniségének megtartása és kultúrává való alakítása”. Az idegen hatások azt a veszélyt rejtik magukban, hogy a magyarság beolvad a nemzetközi kultúrába, vagy „nagyobb és erősebb nemzetek kultúrájába”. Itt rejlik tehát a téma „történelmi szükségszerűsége”! Ne feledjük, 1933-ban Hitler már kancellár, és meghirdeti a békeszerződés revízióját. Az év őszén jelenik meg Illyés és Fülep megrázó baranyai tudósítása a dunántúli magyarság fogyásáról a sváb közösségek virágzása mellett. Kívülről pángermán terjeszkedés és kulturális imperializmus fenyegette a magyarságot, belülről pedig demográfiai katasztrófa. Nem minden ok nélkül sürgetett tehát Csaba Rezső „nagy nemzeti reakció” az építészetben, hiszen egy nemzet „csak akkor igazán erős, ha kulturális egységgé is összefonódik”.

A vita abban különbözött a korábbiaktól, hogy a régi nemzeti tábor már elfogadta a modern építészetet mint „tisztító vihart” (Wigand kivételével, aki az „absztrakt kilengést” a beteg kor patológikus tünetének tartotta), de reményét fejezte ki, hogy a „magyar fajta alkotókészsége” a nemzetközi eszmét és formát a saját képére fogja alakítani (Lechner Jenő, Jánoszky). Ehhez kedvező feltételt láttak az új nacionalista korszakban. A Gömbös--Hómanféle népi-faji alapú nacionalizmusból újra erőt merítettek a turáni eszme hívei. Az ezer év előtti hun--magyar rokonságot Hómanra hivatkozva emlegető Medgyaszay Nyugat-ellenességéhez felzárkózott a statikus Folly Róbert. Fejtegetéseiből az derül ki, hogy az ősi keleti kultúrájú magyarságnak közvetítő szerepet szánt: az erős lelkeséget tartalmazó keleti nagykulturákat keltené befogadhatóvá tennie a hanyatló, beteg Nyugat számára.

Kotsis Iván és Ligeti Pál véleménye komolyságával és realitásérzékével emelkedik ki a főként ideologikus vagy oktató stílusú megnyilatkozások közül. Mindketten a jelen körülményeire és feladataira figyelnek, nem a múltra. Furcsa módon éppen a nemrég még konzervatív Kotsis írja le, hogy „mai feladatok megoldásánál a magyar műemlékekből közvetlen tanulságok nem meríthetők”. Ligeti pedig hozzáteszi, hogy azért nem, mert „ami a múltból reánk maradt, az vagy népi -- és akkor nem építészet, vagy építészet -- és akkor nem

magyar". (Utóbbi esetben a német városi kultúrára, illetve a 19. század egytől egyig idegen eredetű magyar építészeire gondol.) A legfőbb gondnak mindkettőn azokat a visszahúzó tényezőket tartják (a nagyközönség alacsony szintű ízlése, a kontárok, tehetségtelen építészek túlsúlya, sőt elzárkózás a külföldtől!), melyek eredményeképpen „a teljesítmények minősége nem áll arányban a magyar vérbeli építőművészek tehetségének mértékével és számbeli erejükkel" (Kotsis, 129.). Ligeti éppen azért ajánlja, hogy a modern magyar építész ismerje meg a lehető legalaposabban a magyar tanyát, falut, kisvárost, fővárost, mert annak, amit hibának lát, sok oka lehet. Okozhatja elavult rendelet, az építők kontársága és a megrendelő ízléstelensége, „de lehet az is, hogy a magyar élet valamilyen meg nem értett, meg nem oldott kívánságával állunk szemben".

A válaszadók közül ketten próbálkoztak meg azzal, hogy konkrétan meghatározzák, miben látják építészetünk jellemző vonásait. Kotsis Iván szerint a mi tulajdonságaink „az erős ritmusérzékben, a festőiességre és dynamikára való törekvésben nyilvánulnak meg". Padányi Gulyás Jenő pedig a józan egyszerűségben, előkelő nyugalomban és barátságos derűben látta a magyar munkát a külfölditől megkülönböztető sajátosságokat. (A nemzetkarakterológia építészeti vonatkozásait részletesen a következő fejezetben elemezzük.)

Az ankét újdonsága, hogy két olyan építész is szót kapott, akinek neve a népi építészeti mozgalommal kapcsolatban fog hamarosan szerepelni. Természetes, hogy a sajátosan magyar építészet ügyét is a népi mozgalom szemszögéből nézték. Antal Dezső az építészet és társadalom szoros kapcsolatát megállapítva a nemzeti építészet előfeltételének egy olyan társadalmi átalakulást (kiemelés F. A.) tartott, amely „a nemzet széles, fajilag tiszta rétegeiből fel tudja szívni mindazokat az erőket, amik itt már évszázadok óta parlagon heverték" (15–16.). A parasztságra gondolt, a mindaddig „nemzetalatti" helyzetben tartott törzsökös rétegre, melynek a nemzettestbe való beemelése a népi mozgalom elsődleges célja volt. Padányi Gulyás Jenő viszont saját magukban látta a magyar építészet kifejlődésének garanciáját. „A fejlődés feltételei: minél bőségesebb munkaalkalom romlatlanul magyar érzésű és szellemű építészek számára, lehetőleg olyan munkaterületeken, amelyeken a magyar építőművészet csírái megmaradhattak, a vidéken" (23.).

Az ankéthoz közvetve Bierbauer Virgil is hozzászólt a saját folyóiratában.<sup>14</sup> Úgy vélte, az ankétban a magyaros építészet régi vitája elevenedett fel, újra „pártárról és tulipánról" van szó. Figyelmeztette a nyilatkozókat,

---

<sup>14</sup>Dr. Bierbauer Virgil, „A mai magyar építészet belső nehézségeiről" TF (1934) 2. 37–41.

hogy „a magyar építészet rákfenéje nem az, hogy nem akarunk magyaroskodók lenni”, hanem az, hogy „míg az odaadással alkotni tudók és akarók munkátlanul töltik el életük legtermékenyebb éveit”, addig a kontárok szabadon működhetnek a nemzet kárára. A hozzászólások közül egyedül Kotsis Ivánét tartotta említésre és dicséretre méltónak. Ez alkalommal is megismételte véleményét, hogy a „művészet nem válik nemzeti jellegűvé, ha ezt csökönnyösen akarjuk”, de a hazai viszonyok, adottságok és életszükségletek ismeretéből fakadó építészet kényszerűen más lesz, mint a külföldön művelt.

Csaba Rezső az ankétot lezáró „Nemzeti építészet” című tanulmányával válaszolt Bierbauernek.<sup>15</sup> Sietett megnyugtanni, hogy szó sincs felületes magyarkodásról, egyetértenek abban, hogy a művészet kívülről nem nacionalizálható, a nemzeti jellegnek a tudat alatti lelkivilágból kell kisarjadnia. Nézeteltérés csak a magyar Cirpac-csoport munkáinak megítélésében van közöttük, mert Bierbauer sajátos hazai ízt fedez fel bennük, Csaba Rezső viszont nem a magyar szellem, hanem az iskola (a Bauhaus) bélyegét látja rajtuk. Csaba szerint ugyanolyan káros nacionalizmusba zárkózva sosem volt eredetire törekedni, mint idegen kultúra hatása alatt másolni. Nem kell félni a korszerű és internacionális építészet nyelvétől, mert az igazi művészet mindig aktuális. A nemzeti építészet „csak az abszolút építészet magaslatán álló, de a magyar pszichén keresztül kibontakozó alkotásokban fog megszületni” (32.).

A nemzeti és egyetemes viszonyát fejtegetve Csaba Rezső Babits és Fülep álláspontjához jár közel, hiszen világosan látja, hogy az a mű, amelyben az egyetemes értéktényezők nem fedezhetők fel, említésre sem méltó. Ezért veti el (és meg) a külsőséges hazafiság minden formáját az építészetben. Ám mégsem képes teljesen immanens kritériumok alapján ítélni: nem azt mondja, hogy a funkcionalista épületek rosszak ezért vagy azért a szakmai-művészeti hibáért, hanem rosszak, mert „nem ébredt még magyar öntudatra bennük a korszerű építészet”. A „magyar psziché” mint a nemzeti építészet záloga legalább olyan veszélyes feltétel, mint a turanizmus sokkal szűkebb szűrője, hiszen ennek meglétét-hiányát csak szubjektíve vagy valamilyen előre kialakított konszenzus szerint, illetve faji alapon lehet megítélni. Az Építők munkája anekdotájában tehát gyökereiben ott van minden olyan probléma (szellemi honvédelem, nemzetkarakterológia, népi gondolat, faji kérdés, népi—urbánus-ellentét), amely a harmincas évek végén—negyvenes évek elején foglalkoztatja majd az értelmiséget.

---

<sup>15</sup>Csaba Rezső, „Nemzeti építészet”, Építőmunka (1934) II/2. 31–34.



### 3. Nemzetietlen-e a modern építészet? (Viták 1934-ben)

1933–34-re a nemzetközi politika átalakulása szinte egész Európában válságba sodorta a modern építészetet. A hitleri és a sztálini hatalomátvétel, az osztrák szociáldemokrácia leverése egyben a korszerű építészet jelentős központjait zúzta szét. A mindenütt erősödő nacionalizmus légkörében a támadások kereszttüzébe került a nemzetköziségét mindig büszkén vállaló avantgárd. A hazai támadások célpontja a korszerű építészet kis élcsapata, a Cirpac magyar csoportja lett. Csaba Rezső fent idézett ankétot záró tanulmánya fogalmazta meg az első, tulajdonképpen még objektív érveket ellenük. A támadássorozat 1934 februárjában Walter Gropius, a Bauhaus korábbi vezetőjének budapesti előadása nyomán folytatódott. Ezt az alkalmat ragadta meg a józan polgári írónak ismert Márai Sándor, hogy a modern építészettel szembeni ellenszenvének, durva kifogásainak hangot adjon.<sup>16</sup> Még alábbi támadás jelent meg az Építőmunkában Folly Róbert tollából,<sup>17</sup> tele igazságtalan vádakkal, zavaros fejtegetésekkel. E két kitörés olyan meglepő volt, hogy még a konzervatív Képzőművészet folyóirat művészeti kritikusat, Becz Jenőt is válaszra készítette Gropius védelmében.<sup>18</sup>

Csaba Rezső próbálta meg a vitát a személyeskedésről a lényegre visszaterelni: „...itt nem Gropiusról, nem Bierbauer dr.-ről vagy Déman Pálról van szó, hanem a magyarság s vele a magyar építőművészet sorsáról” -- majd egyetlen törekvés, köztük a Cirpac jószándékát sem vonva kétségbe leszögezte, hogy „egyik sem jelenti az új magyar történelmi öntudatra ébredt építészet-ideológiát, amire épen most és épen itt van szükség”.<sup>19</sup> A Cirpac építészetével szembeni valamennyi kifogása annak „nemzetköziségére” vezethető vissza. A funkcionális építészetet az eszperantóhoz hasonlította: „jól funkcionáló nyelvkonstrukció, de nem népegyéniségben gyökerező élő nyelv”. Kifogásolta, hogy az építészetet meghatározó társadalmi tényezők közül csak az új igényeket és a szociális szempontokat vizsgálják, az erkölcsöt, a lelkiiséget, a tradíciókat és a népközösségek egyéniségét nem, pedig ezek legalább olyan fontosak és ellene mondanak a nemzetköziségnek.<sup>20</sup> Érvelését egy másik vitában azzal folytatta, hogy a magyarság és korszerűség csak akkor állnak

---

<sup>16</sup>(m.s.), „Músonon kívül”, *Ujság* 1934. február 6., 5.

<sup>17</sup>Folly Róbert, „Szemben Gropiusszal”, *Építőmunka* (1934) II./2. 35.

<sup>18</sup>A Gropius-előadás körülményeiről és visszhangjáról l.: Mezei Ottó, „Gropius 1934-es budapesti látogatása”, *Ars Hungarica* (1975) 1. 133–144.

<sup>19</sup>Csaba Rezső, „Kelet és Nyugat, magyar és korszerű”, *Építőmunka* (1934) II./3. 75.

<sup>20</sup>Csaba Rezső, „Még mindig az alapelvek”, *Építőmunka* (1934) II./3. 75–76.

egymás útjában, „ha a korszerűségből tételes és szektárius mozgalmat csinálunk”.<sup>21</sup>

Ez a vita<sup>22</sup> a Magyarország napilap hasábjain folyt, melyet ekkor a népi írkkal rokonszenvező Zilahy Lajos szerkesztett. A „Magyar kövek” vitáját egy jelöletlen vezércikk indította el, amely a Berliner Tagblatt budapesti tudósítójának kritikáját idézte arról, hogy nem találja a magyar, a „turáni” jelleget a hatalmas magyar fővárosban, de talál németutánzatú Bauhaus-épületeket a kertvárosokban. A vita már a második hozzászólás után irányt váltott, és a Cirpac-csoportot vette célba, akiket a modern építészet kisajátításával, dogmatizmussal, szektás bezárkózással és pártérdekek kiszolgálásával vádolták — mégpedig nemcsak ellenfeleik, hanem a csoport volt tagja, Masirevich György is. Bár a személyes sértettség utóbbi esetében nem zárható ki, az érveknek volt reális alapjuk. Különösen mai szemmel érdekes olvasni a korabeli kritikákat egy olyan csoportról, melynek valóban értékes munkásságát a hatvanas-hetvenes években problémamentessé, mítosszá lakkozta az ideológia. Molnár Farkas a támadások okát az építészet és politika körüli fogalomzavarban látta.<sup>23</sup> A közönséget az zavarja meg, hogy a német nemzeti szocializmus a modern építészetet a bolsevizmussal hozza kapcsolatba. Mivel az új építészet képviselői a szociális tendencia miatt gazdasági-társadalmi kérdésekkel is kénytelenek foglalkozni, úgy tűnik, mintha politizálnának. A lakásnyomort feltáró tényeknek „csak a csoportosításán múlik, hogy a fennálló társadalmi rend elleni, vagy az építkezések megindítása érdekében folyó propagandáról legyen szó”. Így ellenségeiknek igazán nem áll sokból politikába fordítani azt, ami építészet. És akkor jöhetnek a minősítések: „bolsik, zsidók meg nemzetközies”. A nemzetietlenség vádjára Molnár részletesen válaszolt. „...a mi munkáink legalább annyira különböznek a külföldi csoportok munkáitól, mint azok egymástól. Hogyne különböznének, hiszen mások a feladataink... Építőiparunk is más, mint a nyugati országokban... De más a vérmér-

---

<sup>21</sup>Csaba Rezső, „Út a magyar kövek felé”, Magyarország 1934. július 17. 9.

<sup>22</sup>A vita „Magyar kövek” címen futott a Magyarország című napilapban: „Magyar kövek”, 1934. július 1. 1.; Déman Pál, „Csúnya házak rohama a gyönyörű Rózsadomb ellen”, július 5. 7.; „A magyar építészet új forradalma” (Molnár Farkas, Csaba Rezső és Masirevich György hozzászólása), július 17. 9.; „A CIRPAC levele”, július 18. 7.; „Tovább zajlik a vita a modern építészek között” (Masirevich György, Fischer József és Molnár Farkas a Cirpac nevében), július 20. 8.; „Szabad-e itt még valamit akarni? Egy fiatal építész leveléből”, július 22. 3.; „Békét a Magyar Kövek vitájában!” (Sári Ignác, Jóság és modernség; Kertész K. Róbert a békéért), augusztus 8. 8.

<sup>23</sup>Molnár Farkas, „Fogalomzavar az építészet és politika körül”, Nyugat 1934, II. kötet, 380–383.

sékletünk, arányérzékünk, színszeretetünk is, amely a földrajzi helyzettől /függ/ és a néplélekkel átítatva csak »reánk nézve jellemző« megnyilvánulásokra vezetett. Abban a véleményben még ellenfeleink közül is sokan meggyeznek velünk, hogy ezeket a »nemzeti sajátságokat« nem lehet erőszakosan kitermelni. Ezek a pszichikai és művészi szempontból jellegzetes, de építészetiileg csak árnyalatnyi különbségek vagy maguktól jönnek vagy sehogysém."

Az elfajult vitát Kertész K. Róbert zárta le, békét követelve az építészek táborában. Turáni múltján teljesen túllépve, a haladás mellett állt ki, azzal a meggyőződéssel, hogy a mai kor nemzetközi építészete is akarva, nem akarva, biztosan megkapja nemzeti színeződését, ahogyan történelmünk során ez mindig bekövetkezett. Egy másik cikkében arra a kérdésre, hogy „Nemzetietlen-e a progresszív irányzat és kommunisták-e annak művelői?” az újítókat emígy védte meg: „A valódi művészettől való eltávolodást semmi sem jellemzi annyira, mint a politikának belekeverése a művészeti kérdések objektív szemléletébe, ami tág kapukat tár az elvakult gyűlöletnek...”<sup>24</sup> A bolsevizmus vádja a modern építészettel kapcsolatban főként a tehetetlenül acsarkodó konzervatív táborból eredt,<sup>25</sup> akik nem a nemzeti szocialista Baubolschewismus terminust fordították le, hanem saját 1919–1920 körüli "hagyományukhoz" nyúltak vissza. A modern építészet visszafogottabb, de veszélyesebb kritikáját az ekkortájt már formálódó népi mozgalom fogalmazza hamarosan meg.

#### 4. Nemzeti építészetéről — higgadtan (1935)

A „nemzeti” és „nemzetközi” építészet politikai célzatú szembeállítására és a Cirpac-csoport elleni hajsza megszólalásra készítette az idősebb generáció azon tagjait, akik nem láttak feloldhatatlan ellentmondást a két fogalom között. Kertész K. Róbert mellett Orbán Ferenc (1874–?) és Dr. Kotsis Iván fejtették ki véleményüket a nemzeti építészetéről.

Orbán Ferenc nagyszabású mérnökegyleti előadásának<sup>26</sup> legfontosabb megállapítása az volt, hogy magyarságunknak „korunk építészetéből kell kicsendülnie”. Nem tehetünk másként: „A mi utunkat a sors már kijelölte. Európában

---

<sup>24</sup>„Kertész K. Róbert államtitkár nyilatkozik a művésznyomorrról, művészkataszterről és a kontárkérdésről”, PN 1934. március 13. 10.

<sup>25</sup>Nem sokkal korábban minősítette a pasaréti templomot „szovjet stílusúnak” Petrovác Gyula, de felépültét megakadályozni már nem állt hatalmában. L.: Csaba Rezső, „A pasaréti templom és a szovjetstílus”, Építőmunka 1933./6–7. 102–103. és 8–9.

<sup>26</sup>Orbán Ferenc, „Nemzeti építőművészet”, MMÉK Közl. (1936) LXX/51–52. 357–362. Az előadás a Magyar Mérnök- és Építész-Egylet mű- és középítési szakosztályainak 1935. december 2-i ülésén hangzott el.

élünk, az európai eszmények a mi eszményeink és egy a hitünk." Ezért teljesen meddő a turániak Kelet utáni vágyakozása, a történeti stílusok továbbfejlesztő kísérlete és a népi építészet ősi formakincsének felhasználása. A népi hagyományt egy kicsit engedékenyebben kezeli: belőle, ha formákat nem is, lelket, szellemet meríthetünk. Úgy találja, hogy a nép művészetében és a mi építészetünkben közös a „nemzeti alap” (a faj szót nem használja!), de a népi és a magasművészet külön utakon jár. A népibe gyakran a magas kultúrából szívárogtak le formák, ezek visszaemlése, továbbfejlesztése „az elvesztett naivság erőltetése”, vagyis regresszió lenne. A teremtő alap bennünk is ott van, ezért nem kell külsődleges elemekhez ragaszkodnunk. Ha van lélek egy alkotásban, akkor „az csak a maga nemzeti mivoltában szólalhat meg. Minden nemzet vérsége, lelki alkata, sajátosságai szerint színezi az illető korszak arányait, ritmusát, dinamikáját.”

Kotsis Iván cikkéhez<sup>27</sup> egy nemzetközi esemény adta az apropót. A franciák világra nyitott építészeti folyóirata, az *Architecture d'Aujourd'hui* a korszellemnek engedve a „nemzeti építészet” témáját választotta az 1935. évi tanácskozása tárgyául. A konferenciát a nemzetközi társaság egy közép-európai utazás keretében bonyolította le, a Prága—Brno—Pozsony—Budapest—Bécs útvonalon végighaladva, az egyes városokban tartották üléseiket. Számunkra két szempontból is érdekes az esemény. Az egyik: mit gondoltak a konferencia prominens résztvevői az építészet nemzeti jellegéről? A másik: hogyan látták a magyarok saját magukat a külföldi vélemények tükrében? A nemzetközi társaság egyöntetűen a tudatos nemzeti törekvések ellen foglalt állást.<sup>28</sup> Albert Laprade úgy látta, hogy az építészetet a politika fertőzi meg nemzeti gyűlölködéssel. A modern építészet neves német teoretikusa, Julius Posener szerint a nemzeti kontra „idegen” modern vitában a konzervatív—avantgárd-ellentét éledt fel. Rámutatott a fogalmakban (nemzeti, regionális, népi, faji) megnyilvánuló zűrzavarra, és egy dán kritikus mondását idézve kiállt a jelszavaktól mentes, elfogulatlan építészet mellett: „Minden jó építészet nemzeti -- minden nemzeti építészet rossz.” Vágó József, a folyóirat magyar származású munkatársa sajnálatosnak tartotta a nemzetek elszigetelődését<sup>29</sup>

---

<sup>27</sup>Dr. Kotsis Iván, „Reflexiók a »Ma Építészetének Társasága« budapesti látogatásához”, *VL LXI.* 1935. szeptember 25., 3.

<sup>28</sup>A konferencia fontosabb előadásainak és beszámolóinak szövegét közli az *Architecture d'Aujourd'hui* (1935) V/11. 8—63.

<sup>29</sup>Vágó, akit a Budapesti Mérnöki Kamara többszöri kérelme után sem vett föl tagjai sorába, előadásában többször is kitért arra, hogy miközben mindegyik ország vonzza idegenforgalmával a külföldieket, „az egy bizonyos mesterséget gyakorlók kasztja teljes erőből védekezik a

és a nemzetközi eszmékkel teli világban tudatosan kreált „nemzeti művészetek” létét.

Az utazó konferencia budapesti látogatásáról Kotsis Iván számolt be a Vállalkozók Lapjában. Ezt az alkalmat használta fel arra, hogy tudassa a hazai közönséggel, hogy a külföldi vendégek nemcsak történelmi épületeinkben, hanem legújabb, „nemzetközinek” tartott építészetünkben is felfedezték a magyar jelleget. Ez igazolja azt a meggyőződését, hogy minden korszerű alkotásba az építész önkéntelenül beleviszi fájának jellegét.<sup>30</sup> Végül a nemzeti építészetet követelőket figyelmeztette az elzárkózás és a kishitűség veszélyeire: „Nem kell tehát a mai építészetünknek korszerű irányban való örvendés beállítódása miatt annak elnemzetietlenedésétől tartanunk és ettől való félelmünkben visszariadni a fejlődés vágányán való továbbhaladástól, mert nagyon kevésre becsülné a magyar faj erejét az, aki nyugati kultúrközösséggel való beilleszkedésünket csak a nemzeti sajátosságaink feladása árán tudja elképzelni.”

## II. „MI A MAGYAR?” -- AZ ÉPÍTÉSZETBEN

### 1. Építészet és nemzetkarakterológia

1938--1939 fenyegető történelmi eseményei újabb kihívást jelentettek a magyarság számára. Az Anschluss révén a Harmadik Birodalom közvetlen szomszédai lettünk, s a Csehszlovákia felosztásával megindult országgyarapítás is szorosabbra fűzte a szövetséges viszonyt a németekkel. A totalista rendszerek gazdasági-politikai sikerei, a hazai szélsőjobboldal rohamos előretörése elbizonytalanította a konzervatív és népi erőket, a biológiai-politikai mítoszok pedig megzavarták a nemzettudatot. Ez készítette védekezésre a szellem embereit.<sup>31</sup> A népi mozgalomhoz tartozó Szabó Zoltán „Szellemi Honvédelem”-rovata a Magyar Nemzetben, Németh László és Szabó Dezső írásai nemze-

---

külföld konkurenciája ellen”, s míg nemzeti jogtudomány vagy orvostudomány nem létezik, a művészetek, például az építészet gyakorlását nemzeti diplomához kötik. „Rapport de M. Joseph Vago”, uo. 14--16.

<sup>30</sup>„A mai idők stílusának keretében, amelynek alapjellege mindenütt a feladatok világos megoldásában jelentkező tárgyilagosság, az őszinteség és ezek folyamánaképpen kiadódó természetes és tartalmas egyszerűség, minden egyes nemzetnél megtaláljuk annak faji jellegét, amelyet az építész, akár akar, akár nem, belevitt alkotásaiba. Sőt, csakis ebben az esetben nyilvánul meg az építményen a nemzeti sajátosság helyesen, ha tudniillik az építész azt tudat alatt és minden mesterkélttség, vagy erőltettség nélkül lehel rá.” Kotsis, i. m. (187. j.)

<sup>31</sup>L. Salamon Konrád, *A harmadik út kísérlete*, Bp. Eötvös Kiadó, 1989. IV. A háború árnyékában, 2. Magyarságtudomány és szellemi honvédelem fejezetét!

ti összefogást sürgettek a német terjeszkedéssel szemben. A nemzeti szocialista ideológia elleni orvosságot nem az internacionalizmusban, hanem a helyi gyökerű patriotizmusban és az erős kultúrában látták. Ugyancsak a nemzeti kohézió erősítésének szándéka vezette a Magyar Szemle konzervatív-liberális körét az alapfogalmakat tisztázó „Mi a magyar?” kérdésének fölvetésére.<sup>32</sup> Ahogyan Szekfű Gyulát és tudós-, író- és művésztársait már évek óta foglalkoztatta ez a kérdés, úgy az építészek körében is növekvő érdeklődést tapasztalhatunk a harmincas évek második felében a nemzeti jelleg, a sajátos magyar karakter problémája iránt.

Az építészek már korábban is kísérletet tettek arra, hogy az épületeinkben megnyilvánuló magyar nemzetkaraktert megfogalmazzák. Míg a húszas években elsősorban a történeti építészetben keresték a magyar jelleget, a harmincas években már szinte kizárólag népi építészetünkben. Láttuk, Medgyaszay István volt az első, aki a paraszti építés tanulmányozása alapján megkísérelte a „komoly, leszűródött magyar ízlés” jellemző vonásait összefoglalni.<sup>33</sup> Az általa hangsúlyozott vonások a következők: „az ellentétek szeretete”, a „kigondolásban megnyilatkozó józanság”, valamint a népi építészet „színpompája és formakincsének dús képzeletű gazdagsága, szóval keleti derűje”.<sup>34</sup> E kategóriákba később friss ismereteit is beépítette: például az ellentétek szeretetét – a szobrász Medgyessy Ferenc elmélete alapján – a pusztai látásmóddal magyarázta.<sup>35</sup> Szintén a népi építészetből vonta le következtetéseit a népi építészeti mozgalomhoz tartozó Antal Dezső és Tóth János. Antal így adta meg a népi építészet összefoglaló magyar jellemvonásait: szín- és formagazdagság, nyíltság és derű, barátságos, vonzó jelleg, az ellentétek kedvelése, szervesen nagyvonalú ornamentika.<sup>36</sup> Tóth néhány új vonással egészítette ki a már említetteket: „az épület egy részére... csoportosított dekorativitás, színben, formában és tömegképzésben; fokozott ritmus

---

<sup>32</sup>L. Laczkó Miklós, „Bujdosó vagy szabadságszerető realista? Írások és viták a nemzeti jellemről” című tanulmányának „Mi a magyar?” c. fejezetét. In: Laczkó M., Korszellem és tudomány, Gondolat, Bp. 1988, 186–194.

<sup>33</sup>Medgyaszay István, „Városaink építőművészete”, ÉI-ÉM 1930. február 1. 17–18.

<sup>34</sup>Medgyaszay I., „A Balaton kultusza és népművészete”, IF 1932/5–6. 171–172.

<sup>35</sup>„...a művészi ellentét... lelkieg az ezeréves pusztai élet ellentéteiből okolható meg: a sivatagi levegőjében nincsen pára, nincs hajnali derengés és nincs elmosódó alkonyati árnyék. Erősen ragyog a napsütötte táj, de éles rajta a sötét árnyék. Ez az ezeréves élmény népi művészetünk díszítő formáit is élesen határolja, mindig stilizálja.” Medgyaszay I., „A magyar népi építés ősi eredete”, Műszaki Világ II. 22–23, 1938. május 28. 4.

<sup>36</sup>Antal Dezső, „A magyar népi építészetéről. Göcsej”, MMÉ Közl. LXIX. 45–46. 1935. november 3. 309–324.

a nyílás képzésekben (pl. ámbitus) és a kiegyensúlyozott aszimmetria hangsúlyozása",<sup>37</sup> és a népi építészetben felismert sajátosságokat egy az egyben alkalmazhatónak vélte a monumentális építészetben is.<sup>38</sup>

Nemcsak a paraszti, hanem történeti építészetünk ismeretében nyilatkozott a magyar építészet tulajdonságairól a konzervatívból időközben mérsékelt modernné vált Kotsis Iván és a történeti hagyományainkat a népi mellett ugyancsak fontosnak tartó Padányi Gulyás Jenő. Padányi a józan egyszerűségben, előkelő nyugalomban és barátságos derűben látta a magyar munkát a más országbelítől megkülönböztető vonásokat. Kotsis Iván, mielőtt a saját építészetünket jellemezte volna, megállapította, hogy a korstíluson belül minden nemzet építészeténél megtaláljuk az illető nemzet jellegét. Ennek bizonyítására felsorolt egy tucat európai nemzetre jellemző sztereotípiát: „az északnémetnél az erő, a fegyelem, a rend; a délnémetnél... több közvetlenség és melegség; az osztrákoknál a finom választékosság; a hollandinál a puritánsággal kapcsolatos nagyfokú festőiség” stb. Ha a magyar építészetet vizsgáljuk, a külföldiek rólunk szóló megállapításaival összhangban azt mondhatjuk, hogy „a mi munkáinkat az erős ritmusérzék, eleven lendület, dinamika, valamint a színes és festői hatásokra törekvés jellemzik, s e tulajdonságok tökéletesen megfelelnek alaptermészetünknek...”<sup>39</sup>

Természetesen az építészeti önkarakter-képek nem mérhetők az irodalmi-szellemtörténeti nemzetkarakterológia önálló műveihez. De ha szűkebb szakmai érvénnyel, szerényebb és bizonytalanabb argumentációval is -- ugyanazt a célt szolgálják. Az sem baj, hogy a karakterképek túlságosan általánosak, olykor egymásnak ellentmondó vonásokat tartalmaznak. Gyakorlati útmutatás-ként aligha szolgálhatnak, de szerepük nem is ez. Fő feladatuk, hogy a vesztélyesnek érzett tendenciákkal szemben saját pozitív vagy annak vélt tulajdonságaink erősítsék.

Ugyanezt a célt szolgálta a Szekfű Gyula által szerkesztett és 1939-ben megjelent „Mi a magyar?” kötet, melyben egyedül a művészettörténész Gerevich

---

<sup>37</sup>Tóth János, „A korszerű magyar építőművészet útja”, Városkultúra 1934, 174–176.

<sup>38</sup>„A monumentális magyar építészet építőművésze is így érleli épületét. A magyar vérmérsékletének megfelelően kihangsúlyozza az ellentéteket: a nagy síma falfelületen a gazdagon alakított nyíláscsoportokat; tudatosan alkalmazza az egyensúlyozott aszimmetriát s a falfelületek nyílásainak felfokozott ritmus lehetőségeit kihasználja; a nagy falfelületen kevés színt alkalmaz: a falfelületek egységes színét és a nyíláscsoportok hangsúlyozott színezését. S mindezek mellett a magyar építőművésznél nincs szüksége semmi másra, mint magyar sugallatra és tehetségre, hogy európai értékű magyar épületet alkosson.” Tóth János, „Az új magyar építészet útja”, Vasi Szemle 1939/3. 150–161.

<sup>39</sup>Kotsis Iván, „A mai magyar építészet”, Magyar Szemle XXXVII. 1939. szeptember, 34–41.

Tibor tanulmánya tért ki az építészetre.<sup>40</sup> Abból indul ki, hogy „mai építészetünk magyarságát csak a korszerű építkezésben lehet elképzelni”, sem történeti reminiscenciákkal, sem magyaros vagy néprajzi kellékekkel nem lehet magyar építészeti stílust teremteni. Hiteles művészteljesítmények kellene, akiknek magyarsága szükségszerűen megnyilatkozik épületeiken. Kotsis Iván, Árkay Bertalan, Rimanóczy Gyula és Körmeny Nándor munkáit említi, mint olyan példákat, melyeken felismerhetjük azokat a lényegi vonásokat, amik régi építészetünket is megkülönböztetik a külföldétől: „a fegyelmezett tömegelosztást, nyugodt s mégsem nehézkes, inkább könnyed ritmusérzék, nemes tartózkodást és formai kiegyensúlyozottságot”. Talán nem véletlen, hogy Árkay Bertalan épületeinek „szuggesztív magyar formaérzékét”, „magyar nyájaságát és derűjét” éppen a komor erőt, rideg tárgyilagosságot és rendet sugározó korabeli német középületekkel veti össze. Gerevichről, a „római iskola” szellemi atyjáról köztudott, hogy művészetünket olasz mintára akarta korszerűsíteni. Konceptiójában a klasszikus európai kultúra, a kereszténység egyetemes hagyománya dominál, ezért idegenkedik az agresszív, pogány-faji mítoszokat fölelevenítő nemzeti szocializmustól, de ugyancsak ezért veti el általában a népi indítékot: a népi reflektált művészet a magaskultúrából „leszállt” értékekből táplálkozik, sokszor nem több mint „a városi építészet redukciója, történeti stílusok naiv maradványa”. Ezek után nem meglepő, hogy a magyar építészet sajátosságait keresőknek a történeti stílusokat ajánlja figyelmébe: „belőlük szűrhetők le azok az időtlen vonások, amelyek a magyar gondolkodásmódnak és érzésvilágnak, a magyar életviszonyoknak és adottságoknak kifejezői”. Természetesen óva int bármelyik régi stílus feltámasztásától, csupán a bennük megnyilvánuló szellem, „nyugodt és tiszta szemlélet” átérzésére biztat.

Nem kerülhetjük el, hogy Gerevich kapcsán ki ne térjünk az építészetben egyébként csak fenntartásokkal értelmezhető „római iskola” nemzeti jellegének kérdésére. Több írásban olvashatjuk, hogy a „római iskola” nemzeti ambíciókkal lépett fel.<sup>41</sup> Gábor Eszter a „római iskola” építészetét jellemző tanulmányában egy szót sem ejt nemzeti törekvésről: modern épületekről beszél, melyek a középület-építésben elsőként törték meg a tradicionális közízlést.<sup>42</sup> P. Szűcs Julianna pedig egyenesen azt tartja az „intézményesült irányzat” lényegének, hogy egy új, nemzetek feletti tudatot, egy „Új-Európa-tudatot”

---

<sup>40</sup>Gerevich Tibor, „A magyar művészet szelleme”, in: Mi a magyar? Bp. 1939, 419–488.

<sup>41</sup>Moravánszky Ákos, Szalai András, i. m.

<sup>42</sup>Gábor Eszter, „A római iskola építésze”, Művészet 1977/12. 11–15.



deklarált, amelynek szelleme a katolicizmushoz kötődött.<sup>43</sup> Ezt a klasszicizáló nemzetközi iskolát több szál fűzte a modernekhez, de még a konzervatívokhoz is, mint a tudatosan magyar stílusra törekvők bármelyik irányzatához. Jellemző, hogy a „római iskola” építészete, Árkay Bertalan, kora (és egyben a maga) építészeti elveiről írva, véletlenül sem érinti a nemzeti karakter kérdését.<sup>44</sup> Összegezve: a „római iskola” önreflexiója szerint nem sorolható a nemzeti törekvések közé, bár kétségtelen, hogy képviselői munkásságukat szükségszerűen magyarnak érezték, bizonyára magyarabbnak, mint a Cirpac-tagok internacionális modernségét. Alapvetően konzervatív és európai horizontú ideálját Gerevich főként a fenyegető szélsőségek miatt fogalmazta meg nemzeti eszmeként.

## 2. Miért nem magyar építészetünk? — Társadalompolitikai magyarázatok (1938–1940)

A „Mi a magyar” kérdéskörnek volt egy másik aspektusa is az építészetben. Míg történeti építészetünkben és a népi építésben sokan felismerték a nemzeti génusz jegyeit, az elmúlt száz évet illetően szinte általános volt a vélemény, hogy az építészet — minden próbálkozása ellenére — nem tudta megvalósítani nemzetinek és egyetemesnek azt az egységét, amit a magyar irodalom és a zene produkált. A kudarc okainak felderítésére lázas önvizsgálat indult 1938 körül, mert nagy szükség volt a hibák felderítésére és a belőlük levonható tanulságokra akkor, amikor „a magyar nép megint új és katasztrofálisan szükséges összefogás előtt áll”.<sup>45</sup> Ebben az időben több olyan tanulmány készült, amely a korábbiaktól eltérően főként társadalompolitikai és szakma-szociológiai tényezőkben kereste a jelenség magyarázatát.

Tíz évvel a magyar formatörekvésekről szóló előadásorozata után Jánszky Béla újabb számvetést készített.<sup>46</sup> „A magyar formára való törekvések kritikai megvilágításban” című tanulmányának központi gondolata az, hogy a magyar építéstílus kibontakozását a magyar társadalomfejlődés, a polgárosodás ano-

---

<sup>43</sup>P. Szücs Julianna, *A római iskola*, Corvina, Bp. 1987, 16.

<sup>44</sup>Árkay Bertalan, „A ma építésze”, *Válasz* 1934, 142–143. Árkayról írják: „Vannak... építészek, akik elsősorban a nyugati modern építészet hívei, de hirdetik azt, hogy minden alkalommal igazodni kell a magyar építészet történeti jellegéhez is, noha nem jelölik meg követhető hagyományként egyik nagy korszak stílusát sem.” Nagy Zoltán, „A mai magyar építőművészet II.”, *Kelet Népe* 1938. február, 107–114.

<sup>45</sup>Jánszky Béla, „A magyar formára való törekvések kritikai megvilágításban”, *MMÉ Közl.* 37–38, 1939. szeptember. Klny., Bp. 1939, 1.

<sup>46</sup>Uo.

máliái akadályozták. Megállapítja, hogy végzetes szakadék van egyrészt az úri világ és a nép, másrészt a nép és a polgárság között. „Mintha két külön, egymás számára idegen fajta élt volna itt mindig” -- írta a magyar arisztokráciáról. -- „Az egyik urává vált a nép millióinak és csak nagy veszedelmek idején fordult hozzájuk segítségért, gyökerei már alig kapaszkodtak a magyarság ősi szellemi talajába... a Nyugat szellemiségéből táplálkoztak.” Dinasztiánk német volt, úri osztályunk, ha magyar is, idegen mintákat követett. Ennél nagyobb baj volt, hogy a történelmi osztály nem engedte a parasztságot polgárosodni, és emiatt a városi polgárság betelepedett idegen néprétegekből alakult ki. A faluban régóta meglévő magyar stílust az arisztokrácia és a polgárság egyaránt lenézte, így nem tudott fejlődni, és nem jutott be a városba.

A magyar formanyelv kivirágzását akadályozta a mesterség művelőinek idegen származása is. „Színmagyar ember régebben nemhogy vállalkozónak, de a szalónképesebbnek, úribbnek látszó tervezői pályára sem ment el” -- jegyezte meg, és a nevek elemzésével kimutatta, hogy a szakma előbb csaknem kivétel nélkül német származásúakból állt, majd nagy számban német-zsidó, illetve magyarosított zsidó nevekkal találkozunk, s még a század elején is csak elvétve bukkanunk tót-magyar, lengyel-magyar, pláne valódi magyar névre. Az ellen a „freudista” magyarázat ellen viszont -- mint érintett -- tiltakozott, hogy a magyar formatörekvéseket felvállaló, kivétel nélkül asszimilált építészek csak magyarságuk bizonyítására emelték volna ki a magyar jellemvonásokat.

Noha a felvázolt kép történetileg kissé elnagyolt, és a romantika eltúlzott bipoláris típusalkotása is tetten érhető a magyar vidék és az „idegen” város szembeállításában, végkövetkeztetése a népi mozgalom demokratikus céljaival cseng össze: „A jövő magyar építészeti képe... attól függ, hogy milyen mértékben és számban foglalhat helyet egyszer végre-valahára maga a szintiszta igaz magyar nép is saját sorsának intézésében.”

Szinte szóról szóra egyezik Jánszky következtetésével a cikke írásakor még a népi mozgalomhoz közelebb álló Rihmer (Granasztói) Pál konklúziója.<sup>47</sup> A magyar építészeti elmaradását a szellemi élet többi ágától azzal magyarázza, hogy míg az irodalom, a zene emberének mozgása független a társadalom mozgásától, sőt azzal ellentétes is lehet, az építészetet kötik a társadalom szükségletei és lehetőségei. A múlt század második felében az építészeti a

---

<sup>47</sup>Rihmer (Granasztói) Pál, „A mai magyar építészeti”, Jelenkor 1940/11. 10.

„növekvő anyagi lehetőségek és csökkenő szellemi kötelezettségek” arányában megbecsült polgári pályává vált, amit főként nem magyar származású polgári rétegek foglaltak el. A német származású építészek előbb európaivá tették építészetünket, majd az asszimilánsok a rájuk oly jellemző „türelmetlen és mohó nacionalizmussal” magyarosságra törekedtek. A háború után hasonló kétségfigyelhető meg: mivel az új építészetnek itthon nem voltak meg a kedvező feltételei, a fiatal építésznemzedék kellő felkészültség nélkül vett át külföldről eredményeket. Ez a polgári középosztályból származó gárda a modern korszellem iránt fogékony volt, de a „történelmi magyar génusztól” eltávolodott. Ellenükben bontakozott ki az a törekvés, amely népi építészeti elemek alkalmazásával kívánja építészetünket magyarabbá tenni. Mind a két irányzatban az a hiba, hogy „valahol ellankadt benne a szellemi magatartás, valahol elsikkadt az Arany Jánosok, Adyk, Bartókok minőségével mérhető tehermentő erejű magyar génusz!” — hangzik Rihmer Pál kritikája kortársairól. A magyarabb és szellemibb építészet irányában kibontakozást „attól az annyira sürgetett társadalmi folyamattól kell várunk, ami anyagi és szellemi lehetőségekhez, felemelkedéshez juttatja a mélyebb és magyarabb rétegeket, és egyúttal ráneveli a magyarságot azokra a korszerű feladatokra, amelyeket mindaddig szívesen engedett át a nem magyar származású rétegeknek”. Rihmer másutt kifejtett gondolatai és későbbi pályafutása ismeretében<sup>48</sup> nyilvánvaló, hogy a „mélyebb és magyarabb” rétegek polgári pályára terelését nem az ott lévők kiszorításával akarta megoldani. Javaslatát nem a fajvédelem motíválta, hanem a demokratikus átalakulás vágya.

Hogy a történeti-társadalompolitikai megközelítés mennyire kedvelt volt ebben az időben, még egy példával támasztjuk alá. Rimanóczy Gyula (1903–1958), a kor egyik legtehetségesebb, a falukutatókkal is kapcsolatot tartó építésze, akinek az írás egyáltalán nem volt kenyeré, hosszú tanulmányt szentelt a magyar építészet kérdésének.<sup>49</sup> Őt szintén a magyarság iránt érzett aggodalom indította írásra: „Vajon lesz-e ereje a magyarságnak ebben az óriási áradásban a maga kis kultúrszigetét megmenteni, lesz-e ereje a macsirázó sajátos művészetét kifejleszteni?” — kezdte a bevezetésben. Törté-

---

<sup>48</sup>Rihmer Pál sokáig a népi építészeti mozgalomhoz állt közelebb, s a Kisrablói társaságnak is tagja volt. 1943-ban minden kapcsolatot megszakított ezekkel a jobbra tartó körökkel és a Fischer József vezette Tér és Formához csatlakozott. Egyik szerzője volt az 1944-es deklarációnak.

<sup>49</sup>Rimanóczy Gyula, „Goldolatok a magyar építészetéről”. Kézirat (gépirat javításokkal és 2 kézírású oldallal) 21. o. é. n. /1938 k./ Ltsz. nélkül. Rimanóczy-hagyaték, OMVH Magyar Építészeti Múzeum. Az írás töredékes, feltehetően egy előadás vagy cikk végleges formában soha el nem készült szövege.

neti áttekintésében arra keresett választ, hogy milyen tényezők akadályozták a magyar szellem érvényesülését az építészetben. Három ilyen tényezőt talált: „1. a szociális elmaradottság, évszázados önvédelmi harcainkkal párosulva, 2. a fajtól, a magyarságtól idegen lelkiségű építészek teremtette művészi kultúra, 3. a vezető és irányító társadalmi rétegek ízlésének pallérozatlansága és a magyar művészi öntudat hiánya”. A kiutat az új magyar építészeti kultúra tudatos megteremtésében látta, a korszerű és népi építészet szintéziséből. Javaslati közül azonban számunkra érdekesebb a következő, ami Jánuszky és Rihmer gondolataihoz kapcsolja: „A magyarság legtisztább faji rétegéből, a parasztságból kell kitermelődnie az új építészeti értelmiségi rétegnek /kiemelés F. A./ is, amelyhez elsősorban a parasztságnak az építészet iránti érdeklődését kell tudatosan... felkelteni.” Rimanóczy e gondolata a népfőiskolák, a népi kollégiumok eszméjét előlegezte, hiszen az első népi kollégiumok csak 1939 után alakultak.<sup>50</sup>

Mindhárom fenti írás a magyar társadalomfejlődés anomáliáiból vezeti le a magyar építészet gondjait és óhatatlanul érinti a faji kérdést. Juhász Gyula mutat rá a háborús évek „uralkodó eszméit” tárgyaló kitűnő könyvében<sup>51</sup> arra, hogy a középosztály témáját nagymértékben a faji probléma hatotta át. A középosztály megújításának követelése, amely addig a paraszti származású értelmiség kinevelését jelentette, 1938–1939-ben „új elemmel bővült: a magyar származású magyarok előnyben részesítése az asszimiláltakkal szemben”.<sup>52</sup> Ebben a légkörben, az első két zsidótörvény között írta Molnár Farkas (1897–1945) „Modern építészet és magyar szellem” című tanulmányát az Országépítés című „világnézet tudományi szemlébe”.<sup>53</sup> A kiváló építész, akit belső válsága ekkortájt a jobboldalhoz közelített, a címben szereplő két fo-

---

<sup>50</sup>Nyilván nem véletlen egybeesés, hogy Zilahy Lajos, amikor lebombázott Áfonya utcai világlája telkét felajánlotta a Kitűnők Iskolája számára, a fölveendő parasztfiatalokból mérnököket akart nevelni. L. Műszaki Világ 1942. december 19. 5. A népi kollégium terveit Molnár Farkas készítette el 1943-ban, de az építkezés már nem kezdődhetett meg.

<sup>51</sup>Juhász Gyula, Uralkodó eszmék Magyarországon 1939–1944, Kossuth, Bp. 1983.

<sup>52</sup>Uo. 10.

<sup>53</sup>Molnár Farkas „Modern építészet és magyar szellem”, Országépítés 2. szám, é. n. /1939/, 221–234. Molnár 1938-ban részben világnézeti, részben egzisztenciális okokból orientálódott a szélsőjobb felé. A Magyar Fajvédők Országos Szövetsége felkérésére tervezte Rongyosújfalu települést, melynek terveit a Sorakozó című lapban is közzétette. Párhuzamosan építette a hűvösvölgyi Szentföld-templomot. Molnár belső válságáról és templomtervéről l.: Mezei Ottó, „Molnár Farkas és a magyar Szentföld-templom” c. cikkét, Építés-Építészet-tudomány (1977) IX/4. 409–437. Építészetünk magyar jellegéről Molnár később jóval tárgyilagosabb tanulmányt is írt: „Az új építészet magyarsága”, in: Új magyarság és az új Európa, Bartha Miklós Társaság kiadása, Bp. 1942, 60–64.

galom összeegyeztethetőségét próbálta bizonyítani. Azzal érvelt, hogy a modern építészetet a látszat alapján ítélték el, pedig lényege „össze van forrva a szociális szellemmel és így a nemzet érdekeivel”. Nincs más teendők hát, mint megtisztítani mindattól, ami nem felel meg a magyar szellemnek. Két ilyen tényezőt említ: a nemzetközi indíttatást és „idegen fajta” visszaéléseit. A nyugati példák itthoni erőszakolásában magát is hibásnak vallja. Az építészettünket magyartalanná színező „idegen befolyásnak” pedig két fajtáját mutatja be: a zsidót és a németet. A zsidó építészeket két csoportra bontja, a kizárólag üzleti szempontokat ismerő spekulánsokra, akik a modern építészetből csak divatos formákat vesznek át, és a valóban kiváló építészek csoportjára. A valódi modern építészetet felületes modernkedésükkel diszkreditáló spekulánsokra nem sok szót veszteget. Utóbbiakkal azonban nehéz a dolga, hiszen közülük kerültek ki a modern építészet hazai úttörői is. Molnár azt állítja, hogy a zsidó építész azért nem képes teljes értékűt alkotni, mert „intelligenciája korlátok közé szorítja. A gondolat és az érzés mereven elhatárolt terület nála, amelyeket vérében lévő állandó elemzéssel további részekre bont, analizál... Az építészetet is vagy rideg számító mérnöki munkának fogja fel, vagy a másik végletbe esve, tisztán érzéki hatást keltő üres formalizmusnak. ...szinte átugorja az érzések igaz, nagy területét és a gondolkodást az érzékek szolgálatával váltja fel.” Példa gyanánt -- név nélkül -- Kozma Lajos végleteire és kiszámítottságára utal. A német hatást elemezve egyrészt az építészettünk múltját előzőnlő német eredetű építészeket említi, másrészt a kortárs német építészettnek magyartól idegen és vészesen propagált vonásait (monumentalitás és érzelgősség; eltúlzott érzéskeltés). Cikke végén precíz statisztikával mutatja ki, hogy a főváros építkezésein mennyire háttérbe szorulnak a magyar tervezők a zsidó és egyéb idegen nevek mögött. A következtetést egy korábbi mondata vonja le: „A modern építészet, ha a maga útján halad, de magyar kéz vezetésével, akkor nemzeti jellegben fog kivirágozni...” (kiemelés F. A.).

### 3. „Korszerű magyar építéstílus” -- vita 1939-ben

Az építészet ügye újra válságos időpontban került a nagyközönség elé. A Magyarország napilapban 1939 nyarán zajló vitát Féja Géza „Korszerű magyar építéstílust” követelő cikke indította el.<sup>54</sup> Az író szociológiai érdeklődé-

---

<sup>54</sup>A Magyarország napilap 1939 nyarán zajló vitájában az alábbi írások jelentek meg: Féja Géza, „Korszerű magyar építéstílust. Szomorú ízlészavar a külvárosok házaiban”, június 20. 9.;

se vezette a külváros megfigyelésére, amely se nem város, se nem falu, ahol megdöbönt az elhanyagoltság, és „saját ízléstelenségét... mindenki rákényszerítheti a közösségre". A zűrzavar mögött társadalmi probléma rejlik: ezeket az épületeket „belsőleg széttöredezett emberek” csinálják. Féja számára a külváros építészeti képe szimptóma, soraiból a jövő magyar élete iránti aggodalom csendül ki: „Megújodásról beszélünk, faji gondolatról, nemzeti fölemelkedésről”, és közben „ez a kor ideiglenes tanyákat épített jövőbe nyúló s a jövőnek mesélő épületek helyett”. A „szomorú ízlészavar” leküzdésére tervpályázatokat javasolt, és a legjobb építészek közreműködését kérte a munkáskerületek egyszerű, komoly családi házainak megtervezésére, stílus és rend teremtésére.

Szomorú, hogy Féja felelősségteljes írása az építészzakma régi reflexeit hozta működésbe, és a hozzászólók jó része újra a tudatos magyar stílus kontra ösztönösen kialakuló helyi színezet harcállásaiba ásta be magát. E mellékszál előtérbe kerülésében maga Féja is hibás volt, mert a Lechnernek tulajdonított pesterzsébeti városháza bírálóival provokálta a magyar formanyelv öregedő híveit (Vámos Ferenc, Jánoszky Béla). Jánoszkyknak azért a fő témához is volt megjegyzése: az építőstílus ügye nemcsak művészeti, hanem szociológiai, nevelésügyi és kulturális probléma, külvárosaink „gyarmatias, ideiglenes” jellegét ezért nem lehet néhány tervpályázattal megszüntetni. Hasonlóan vélekedett Bierbauer Virgil is: a pályázattal beszerezhető szabványterveket úgysem használná senki. Inkább a hatósági munkát kellene meg-

---

Jánoszky Béla, „Korszerű magyar építőstílust? Válasz Féja Géza cikkére”, június 21. 9.; Dr. Bierbauer Virgil, „Korszerű magyar építőstílust”, június 23. 9.; „Két vélemény a korszerű magyar építőstílusról (Csaba Rezső, A korszerű magyar építészet magyar sorskérdés, Fischer József, Mit árul el az építészet fejlődése a barlangtól — a barlangig)”, június 24. 9.; Vámos Ferenc, „Korszerű magyar építőstílust”, június 28. 6.; ifj. Csemegi József, „A magyar nemzeti építőstílus kialakulásának feltételei”, július 2. 4.; Dr. Bierbauer Virgil, „Tegyük fel néhány határozott kérdést... Levél Féja Gézához a korszerű magyar építészet ügyében”, július 4. 9.; „Egy kőművesmester hozzászólása építészeti ankétunkhoz” (Hengl Andor), július 6. 7.; „Milyen építőstílust teremt a magyar eszjárás? A pszichológus véleménye a korszerű magyar építőstílusról indult vitában. Dr. Karácsony Sándor nyilatkozata”, július 7. 11.; Bajcsy-Zsilinszky Endre, „Hol lehet megtalálni a magyar építőstílust?”, július 9. 5.; Bajcsy-Zsilinszky Endre, „A magyar népnek van építőstílusa”, július 15. 5.; Bajcsy-Zsilinszky Endre, „Tanuljunk építeni a néptől”, július 20. 5.; Kékessy Tibor, „Fehér fal és színes virágok. Hogyan fejlődhet ki a magyar építőstílus a fehér falusi házacskákból”, július 23. 11.; Nagy István, „A legszegényebb magyar népnek is van építőstílusa” és „Hisszük, hogy annyi talmi-nemzeti ügy között kellő érdeklődést és nagyszámú híveket szerez e valóban magyar ügy”, július 25. 9.; Preisich Gábor, „Magarság és modernség az építészetben”, július 27. 9.; Vámos Ferenc, „Milyen történelmi titkokat árul el a magyar parasztházak ősi stílusa?”, augusztus 1. 4.; Bajcsy-Zsilinszky Endre, „Meg kell őrizni a magyar falu ősi építőművészetét”, augusztus 2. 5.; Dr. ing. Bierbauer Virgil, „Honnan ered a magyar falu építő tudása?”, augusztus 5. 4.

erősíteni, városrendezési terveket készíttetni és a közönség ízlését javítani neveléssel és az építészeti kritika általánossá tételével. Csemegi József ugyancsak az építetők nevelését tartotta döntő fontosságúnak, mert építészeti kultúrája még az ún. művelt közönségnek sincs. Egy kőművesmester kevesellte a szakemberek számát az építési hatóságoknál, hiányolta a szigorú ellenőrzést és a műszaki tanácsadást. Fischer József a maga szociáldemokrata meggyőződésével azt emelte ki, hogy mivel a kultúra csak keveseké és a társadalom civilizációs szintjében óriási különbségek vannak, először „az elemi szükségleteket nagy általánosságban” kell kielégíteni, azután vitakozhatunk stíluskérdésekről.

A félrecsúszott vitát Bierbauer próbálta „néhány határozott kérdéssel” visszaterelni az esztétikáról a lényegre, az építészetet meghatározó társadalmi, szabályozási, ízlésbeli tényezőkre. Kérdéseinek a kisebb része firtatta az építészet népi és nemzeti jellegének mibenlétét, a vita további menetét mégis ezek döntötték el, és az ankét második felében a népi építészetre terelődött a szó. Megszólalt Karácsony Sándor, a társaslélektan szakembere és négy alkalommal Bajcsy-Zsilinszky Endre. Karácsony nyilatkozata címében sokat ígért (Milyen építéstílust teremt a magyar észjárás?), de keveset adott. Gondolatai inkább töredékek, és az általánosságokon alig lépnek túl. Beszélt a magyar ember nyílt, öntudatos természetéről, arról, hogy másnak sem hajlandó rosszabbat építeni, mint magának. Kijelentette, hogy a tömeglakásban élőkben „alsóbbrendűségi érzés” fejlődik ki, és széles térségben főleg magas épületeket építeni. Végül kijelölte a helyes sorrendet: „először Magyarországot kell felépíteni, akkor kell városokat építeni, azután uccákat és csak legvégül következzenek az egyes ház”. Először tehát idea, utópia kell, s az építészet csak annak lenyomata lehet. (Németh László csaknem ugyanígy gondolkodott az építészeztől 1944-ben.)

Bajcsy-Zsilinszky Endre cikkei már címükkel kijelölték az általa javasolt utat: Hol lehet megtalálni a magyar építéstílust? — A magyar népnek van építéstílusa — Tanuljunk építeni a néptől. A politikus Bartók és Kodály, a finnek és a japánok példájával támasztja alá azt az állítását, hogy az egyedül helyes úton falukutató építész barátai járnak. A japánok példája bizonyítja, hogy át lehet venni a nyugat gazdasági és technikai civilizációját úgy is, hogy közben megőrizzük ősi kultúránkat. Bajcsy-Zsilinszky, bár konkrétan a népi építészeztől beszél, egyben erkölcsi-etikai példát, ideálokat állít kortársai elé. Hiszen milyen vonásokat emel ki a falusi építésmódból? A „magyar közösségi szellem és a zárt és éles vonalú magyar egyéniség... milyen gyönyörű, felsőbbrendű művészi harmóniában olvad össze

— egy szegény magyar falu uccáján". Vagy másutt: a belső igények és az épületkülső, a szükségletek és a szépség összehangolásában a szerves élet „egyensúlya”, „arányossága” mutatkozik meg. Ezek mind példázatok, nem fordíthatók le a szakma gyakorlati nyelvére. Ezért nevetséges, amikor egy naiv vitázó azon töpreng, hogy a népi szellem inkább formaelemek megszokszorozásával vagy felnagyításával vihető-e át a „magasépítésbe” (Kékessy Tibor).

„A magyar szellem és művelődés egy nagyszabású szabadságharc nyugtalan, várakozással teli előestéjét éli ezekben a viharfelhős években” -- vallotta Bajcsy-Zsilinszky első cikkében. Az egyre kilátástalanabb nemzetközi helyzetben, Cseh- és Morvaország náci beolvasztása után, a szellemi elit legfőbb gondja az volt, miként őrizheti meg magát ez a kis nép. A népi tábor úgy vélte, magyarságunk erősítése, tudatossá tétele teremtheti meg a szükséges nemzeti összefogást. Ennek érdekében hirdette meg Szabó Zoltán a „lelki mozgósítást” a Magyar Nemzetben. Szimbolikus gesztusként fogható fel, hogy a „Szellemi Honvédelem” (Szabó rovata) külön üdvözölte a Magyarországon folyó építészeti vitát mint „valóban magyar ügyet... annyi talmi-nemzeti ügy között”. Szabó Zoltán a tájban megfoghatóbbnak érezte a hazát, mint az államban,<sup>55</sup> ezért tartotta fontos kérdésnek az építészet stílusát is: „Az építőstílus, mely valóban magyar s nem csak magyarkodó, kerete lehet egy magyarabb életformának s a földrajzi értelemben magyar tájat civilizált értelemben is magyar tájjá emelheti.” Ebben a szellemben tevékenykedtek a népi építészeti mozgalom tagjai, de ugyanezt a célt szolgálták Bierbauer és Rihmer Pál kutatásai is, melyek a hagyományos magyar települési formákat vizsgálták.

---

<sup>55</sup>L.: Salamon Konrád, A harmadik út kísérlete, Eötvös Kiadó, Bp. 1989, 127.



AZ ÖKOLOGIKUS GONDOLKODÁS KULTURÁLIS HÁTTERE

Természet

Lassan közhellyé válik az ember gazdasági tevékenységének környezetkárosító hatása, a növekedésorientált, energiaigényes iparosodás és a népességszaporulás okozta globális környezeti veszélyeztetettség ténye, pedig az első riasztó adatokat alig több mint húsz éve publikálták. A természeti környezet látványos pusztulása jóval régebben kezdődött, tudtak róla, sőt olykor tettek is ellene. A környezetvédelem alapelveit először a 17. és a 18. században fogalmazták meg a nyugati világban.<sup>1</sup> Az akkor újonnan gyarmatosított trópusi területek Európa szemében a harmonikus, idilli táj képében jelentek meg, míg a természetbúvároknak a háborítatlan természet tanulmányozását kínálták. Az épületfával, az ásványi kincsekkel és a vadállománnyal folytatott rablógazdálkodás azonban hamar kezdett nyomot hagyni az addig érintetlen tájakon. Az első, tudósok sürgette környezetvédelmi lépéseket az indiai-óceáni Mauritius szigetén tették meg: 1769-ben rendelettel korlátozták a fakitermelést. Az indok elsősorban gazdasági volt, a természeti erőforrások újratermelődéséhez szükséges feltételek biztosítása, de szerepet játszott benne a természet szépségének és egységének védelme is -- a sziget kormányzója Rousseau gondolatain nevelkedett francia tudós volt.

Mauritiuson a radikális környezetpusztítás hamar érezhetővé vált a talajerosztásban, a vizek szennyeződésében, a helyi éghajlat megváltozásában. Mauritius sziget. Annak felismeréséhez, hogy az emberiség szempontjából a Föld is csak egy sziget -- nagyobb bár, de mégis véges -- kétszáz évnek kellett eltelnie. Amikor 1968-ban a Római Klub megalakult, a világ nyugati fele, a tudósok és jövőkutatók többsége optimistán tekintett a 2000. év elé.

---

\*A szerző a BME Építészettörténeti és Elméleti Intézetének tudományos munkatársa.

<sup>1</sup>Richard H. Grove: A környezetvédelem első lépései a nyugati világban. Tudomány 1992. szeptember.

„A gazdaság növekedett, és úgy látszott, hogy a gyors növekedési ütem évtizedekre biztosítva van. ... Étvágyunkat a növekvő anyagi jólétre úgy reméltük kielégíteni, hogy közben a rászorulókon is segíteni tudunk. A technológiai bőségkosár kimeríthetetlennek látszott, amelyben csodálatos megoldás található az emberi problémák mindegyikére.”<sup>2</sup>

A Római Klub első jelentése, „A növekedés határai” 1972-ben jelent meg, de a benne foglalt tényekkel és következtetésekkel csak egy évvel később, az olajválság idején kezdtek el komolyan foglalkozni. A környezeti probléma tudatosulását a gazdasági kényszer idézte elő. A tanulmányt készítő kutatócsoport az emberiség növekedésre alapozott jövőjét a Föld erőforrásainak végeességével ütközteti. Következtetésük drámai: „Ha a jelenlegi növekedési tendencia folytatódik a népségnövekedésben, az iparosodásban, a környezet-szennyezésben, az élelmiszertermelésben és a forrásapasztásban, a növekedés határait a következő száz éven belül elérjük a Földön. A következmény hirtelen és kiszámíthatatlan visszaesés lesz, mind a népesség számában, mind az ipari termelésben.”<sup>3</sup> A jelen tendenciáira épülő világmodell meghatározó viselkedési módja a tőke és a népesség exponenciális növekedése, majd az összeomlás. A százéves haladék bár ijesztően kevés -- a technika megelőző száz évben tett haladását nézve --, mégis elégnek tűnik ahhoz, hogy a már addig is csodákra képes technika híveiben egy korlátlan erőforrás megteremthetőségnek a reményét ébressze. A korlátlan erőforrást feltételező világmodellek azonban kiábrándítják a szuperteknika híveit: ha nem a Föld erőforrásainak a végeessége, akkor a Föld térbeli végeessége, a talajerózió, a megművelhető terület hiánya vagy a környezetszennyezés vet véget a növekedésnek, s vezet katasztrófához. A jelentés által felkínált jövőkép a globális kiegyensúlyozottság állapota, ahol a stabil népesség a visszaforgatott erőforrásokra épülő gazdaságban állandó életszínvonalon él.

A hetvenes években a figyelem a környezeti problémák felé fordul. A civil természetvédőkből környezetvédők lesznek és megsokasodnak; a pusztuló természetet közvetlen közelében észlelő, a szennyezett környezetet érzékeivel tapasztaló, s az egyre drágábbá váló energiát pénztárcáján lemérő polgár számára értékke válik az, amiből egyre kevesebb van: a tiszta, egészséges

---

<sup>2</sup>Aurelio Peccei: Kezünkben a jövő. A Római Klub elnöke világproblémákról. Gondolat, Budapest 1984, 64.

<sup>3</sup>D. H. Meadows, D. L. Meadows, J. Randers, W. W. Behrens: The Limits to Growth. A Report for The Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind. Universe Books, New York 1972, 23.

környezet, a háborítatlan, öfenntartó természet gazdagsága. A természet pusztítása-pusztulása, s annak felismerése, hogy az ember, bár már azt hitte, hogy nem, mégis függ tőle, új lendületet ad a természet önmagát egyensúlyban tartani és megújítani képes rendszerként való értelmezésének és vizsgálatának.

„A növekedés határai”-t a Római Klub további jelentései követték és újabb tanulmányok az emberiség és a Föld jövőjéről, amelyeket már nem tudományos alapítványok, hanem a gazdaság és a politika finanszírozott.<sup>4</sup> Az energiatakarékosági és energiahatékonysági, környezetvédelmi kutatások felgyorsulnak, megszorodnak a környezettel foglalkozó állami intézmények, helyi és nemzetközi szabályozások és egyezmények születnek, a környezeti-gazdasági tényezők állapotáról (élővilág, vizek, levegő, földterület, energia, ásványi kincsek, hulladékok, népesség) rendszeres beszámolók készülnek. Mégis túlzott optimizmusnak tűnik 1992-ben a Környezeti Forradalom kezdetéről beszélni.<sup>5</sup> Miközben a felszín a környezetbarát és energiatakarékos termékek és technológiák dömpingjét mutatja, a talaj minősége folyamatosan romlik, vizeink savasodnak, a légkör felmelegszik, a meg nem újítható energiahordozók kitermelése továbbra is nő ... és így tovább. A gazdasági növekedés és az energiaigény növekedése közti összefüggés továbbra is fennáll;<sup>6</sup> a növekedésre mint központi értékre és az energiára mint eszközre alapozott hagyományos gazdaság érde- és szervezeti rendszere alig változik.

Az ENSZ Környezet és Fejlesztés Világbizottság (Brundtland Bizottság) jelentésének központi fogalma a „sustainable development”. Bár a jelentés magyar kiadása a „harmonikus fejlődés” fordítást használja, a kifejezés tar-

---

<sup>4</sup>A két legfontosabb: Az amerikai elnök, J. Carter megbízásából készült 1977-től: The Global 2000. Report to the President. Entering the Twenty-first Century. A Report prepared by the Council on Environmental Quality and the Department of State. Gerald O. Barney, Study Director. Allen Lane, 1982. Magyarul részben: A Föld 2000-ben. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest 1985. Az ENSZ megbízásából készült 1983-tól: Our Common Future. World Commission on Environment and Development, Oxford University Press, Oxford–New York 1987. Magyarul: Közös jövőnk. A Környezet és Fejlesztés Világbizottság jelentése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest 1988.

<sup>5</sup>Lester R. Brown: A Környezeti Forradalom kezdete. In: A világ helyzete 1992. A washingtoni Worldwatch Institute jelentése a fenntartható társadalomhoz vezető folyamatról. Föld Napja Alapítvány, Budapest 1992.

<sup>6</sup>A fejlődés és az energiaigény közötti összefüggés korántsem lineáris, egységnyi növekedéshez a fejlettség magasabb szintjén egyre több és több energia szükséges. Egy példa: „A hagyományos mezőgazdaságban energiaráfordítás csak az egyszerű szerszámok és eszközök előállításánál jelentkezik. Viszont amikor az energiaráfordítás kicsi, a hozamok is alacsonyak. A modern kukoricatermelés fajlagos energiafelhasználása a hagyományos termeléshez képest közel 100-szoros. A természetlag ugyanakkor csak 5-6-szoros a hagyományos mezőgazdaságban elért hozamokhoz viszonyítva.” A Föld 2000-ben, 135.

talmát jobban tükrözi a végül meghonosodott „fenntartható fejlődés”. A Római Klub jelentése, „A növekedés határai” által felvázolt globális kiegyensúlyozottság állapota a nulla növekedésre alapozva szakít a növekedésszéménnyel. A „The Global 2000” bár elismeri, hogy az addigi trendek nem tarthatók fenn változatlanul, a fejlődést korlátozó alapvető problémát a népességnövekedésben látja. A Brundtland Bizottság jelentése olyan jövőt rajzol, amely nem kívánja a fejlett nyugati világ emberétől fejlődésszéményének teljes feladását, csak némi önkorlátozást a Föld, az igazságosság és az egyenlőség nevében — talán ezért is hivatkoznak rá olyan gyakran és egyetértően. A jelentés elismeri, hogy a világ környezeti vagyonát pazarolva élünk, ezért a fenntartható fejlődés egyik alapfogalma „a korlátozások eszméje, amelyet a technológiai fejlettség és a társadalom szervezete hív életre, hogy a környezet képes legyen mind a jelen, mind a jövő igényeinek a kielégítésére”.<sup>7</sup> Ugyanakkor elismeri a fejlődés, a lét, a jólét igényeit is, s az ezt biztosító növekedést, de a világ ipari és fejlődő térségei közötti eddigi növekedési eltérést a visszájára kívánja fordítani: a fejlődő országokban meg kell újítani a növekedést, a fejlett országokban pedig anyag- és energiatakarékosság, illetve anyag- és energiahatékonyság mellett 3–4%-on tartani. A fenntartható fejlődés másik alapfogalma „a szükségletek (a világ szegényeinek alapvető szükségleteiről van szó elsősorban), amelyeknek feltétlen elsődlegességet kell biztosítani”.<sup>8</sup> Mindez valóban harmonikusnak és plauzibilisnek tűnik, a gond megint csak az energia hiánya, s ezt végül a jelentés is elismeri: „A jövőendő fejlődést döntően befolyásolja a megbízható, biztonságos, környezetvédelmi szempontból megfelelő forrásokból származó energia hosszú távon elérhető, növekvő mennyisége. Jelenleg nincs olyan energiafajta, amely ezt a jövőendő szükségletet képes kielégíteni.”<sup>9</sup> Vagyis nem tudjuk a megoldást, ezért átsiklunk a problémán — majd csak lesz valahogy.

A hagyományos gazdaság nem tud választ adni a folytonos növekedés kényszere és a Föld végeessége közötti ellentmondásra, s a hagyományos közgazdaságtannak újabban keletkezett ágazata, a környezetgazdaságtan<sup>10</sup> is inkább csak elleplezi, mint orvosolja a bajokat. A gazdaságba ágyazott társadalom

---

<sup>7</sup>Közös jövőnk, 68.

<sup>8</sup>Közös jövőnk, 68.

<sup>9</sup>Közös jövőnk, 203.

<sup>10</sup>A környezetgazdaságtan lényege, hogy a környezeti problematikára többnyire piaci jellegű megoldásokban keresi a választ, például környezetvédelmi adók, a szennyezési jogok piaca stb. Bővebben magyarul: Dr. Szilávik János (szerk.): Környezetgazdálkodás. BME, Budapest 1991.

paradigmájából<sup>11</sup> nehéz kitörni, s ez a változás-változtatás messze nem csak gazdasági, közgazdasági kérdés. Mivel a gazdasági problémák felől közelítetünk, a változás szükséges szintjét nevezhetnénk metaökonómiának. A metaökonómia problémáját E. F. Schumacher vetette fel,<sup>12</sup> értve ezen azokat a mögöttes előfeltevéseket és értékvalasztásokat, amelyek a közgazdaságtan látszólag objektív tudományát tulajdonképpen irányítják. A modern piacgazdaság döntéseit elsődlegesen a gazdaságosság kritériuma befolyásolja, amely nem tesz különbséget megújítható és meg nem újítható erőforrások között. Az ember anyagi szükségleteinek gyakorlatilag végtelen voltából és az egyetemes jólét ígéretének együtteséből a gazdasági növekedés elsődleges értékévé válna a következik. A gazdasági növekedés elve semmilyen önkorlátozást nem tartalmaz, pedig a környezet, amelyben megnyilvánul, szigorú korlátokkal rendelkezik. De nemcsak a természeti környezet, hanem az ember is megsínyli a modern piacgazdaságot: a léptékváltás és a technika alapvetően megváltoztatja a munka—ember—viszonyt. A nagy szervezetek és az automatizáció következtében az ember már nem tudja áttekinteni, megérteni a dolgok összefüggéseit, miközben a gépek ahelyett, hogy alkotó munkájában segítenék, megfosztják a gondolkodás, a teremtés lehetőségétől. Schumacher a nyugati közgazdaságtan metaökonómiai elveivel a „buddhista közgazdaságtan”<sup>13</sup> értékeit állítja szembe: a javaknál fontosabb az ember, a fogyasztásnál fontosabb az alkotótevékenység. Míg „a modern szemlélet a fogyasztás maximalizálására törekszik a termelő erőfeszítés optimális rendje mellett”, addig „a buddhista szemléletmód az emberi igények kielégülését próbálja maximalizálni a fogyasztás optimális rendje mellett”.<sup>14</sup> Önkorlátozó, az embert szolgáló, „emberarcú techni-

---

<sup>11</sup>A „gazdaságba ágyazott társadalom paradigmája” kifejezést Polányi Károlyra támaszkodva Siklaky István alkalmazza. A gazdaságba ágyazott társadalom az elmúlt 150 évben kibontakozott piaci gazdaságon alapul, amelyben az önműködő gazdasági szféra élesen elkülönül a többi társadalmi intézménytől, ugyanakkor a termelőapparátus az emberi lények mindennapi tevékenységeinek és a természet erőforrásainak ellenőrzőjévé válik. (Siklaky István: Ajánlás a túléléshez. JUSS alapítvány, é. n. 28—30.)

<sup>12</sup>Ernst F. Schumacher: A kicsi szép. Tanulmányok egy emberközpontú közgazdaságtanról. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest 1991. — A könyv első megjelenésének éve 1974.

<sup>13</sup>„A 'tisztességes megélhetés' a Buddha által hirdetett Nemes Nyolcstréű Ősvény egyik követelménye. Következésképpen világos, hogy léteznie kell egyfajta buddhista közgazdaságtannak.” A kicsi szép, 53. — rövid, de végül is logikus indoklás a Schumacher által bevezetett „buddhista közgazdaságtan” fogalmának jogosultságára. A mögöttes levő tartalom és a továbbfejlesztett gondolatok mégis „alternatív közgazdaságtan” néven éltek és élnek tovább. A tárgyában a gazdálkodás teljes rendszerét (szervezetek, környezeti egységek, emberek) felölelő, környezetet és az embert alapvető értéknek tekintő, metodológiájában konstruktivitásra törekvő alternatív gazdaságtanról bővebben: Zsolnai László: Másként gazdálkodás. Címzavak az alternatív gazdaságtanhoz. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest 1989.

<sup>14</sup>A kicsi szép, 59.

ka"; tömegtermelés helyett a tömegek általi termelés -- a környezeti problémától a közgazdaságon át a társadalmi krízisig vezet az út.

A természet, a biológiai környezet pusztulása és a Föld végességének felismerése a természet, a természeti egység felértékelődéséhez vezet. Felkelti a laikusok érintettségükben-érdeklődését, és a kutatók (nemcsak a természettudósok) figyelmét is a természet mint biológiai egység, mint környezeti rendszer vizsgálata felé fordítja. A természet felé, amely teljességének része az ember is. A természet önértékének és számunkra való értékének újrafelfedezése és ebből következően az ember--természet viszony újraértelmezése az ökológus gondolkodás fontos kulturális háttérfolyamata.

### Társadalom

Természeti környezetünk veszélyeztetettségére a hetvenes években ébredt rá a közvélemény -- a fejlett ipari, jóléti társadalommal mint „társadalmi környezet”-tel szembeni elégedetlenség a hatvanas évek észak-amerikai kulturális forradalmában kapott először hangot. Az ellenkultúra mozgalmát Amerikának az a háború után született, népes generációja alakította ki, amely gondtalan ifjúkorban és engedékeny nevelésben felnöve a hatvanas években az egyetemeket megtöltötte.<sup>15</sup> Lázasuk nyilvánvalóan generációs indíttatású volt -- lázadás a szülők értékei ellen --, de egyben lázadás a technokratikus társadalom diktálta értékek ellen is. Az ellenkultúra kritikájának tárgya: a technika, a technokrata politika, a fogyasztói társadalom által uniformizált egyén és az erőszak.<sup>16</sup>

A tagadás mellett az ellenkultúra teremt is: saját művészetet, életformát és értékeket. A sokféle forrásból táplálkozó eredmény karakteres és feltűnő: „Kétségtelen, hogy ez az alternatíva rikító, tarkabarka öltözékben jelenik meg, sokféle s nemegyszer egzotikus forrásból kölcsönzi jelmezét -- a mélypszichológiából, a baloldali ideológia lehiggadt maradványaiból, a keleti vallásokból, a romantikus világfájdalomból, az anarchista társadalomelméletből, a dadaizmusból meg az amerikai indián folklórból, és úgy hiszem, az örök bölcsességéből.”<sup>17</sup> Az ellenkultúra legfőbb értéke a technokrata tár-

---

<sup>15</sup>Theodore Roszak: The Making of a Counter Culture. Reflections on the Technocratic Society and Its Youthful Opposition. Doubleday, Garden City, New York 1969. Magyarul részben: Ellenkultúra születik. Gondolatok a technokratikus társadalomról és ifjú ellenzékéről. Népművelési Intézet, Budapest 1980, I--II.

<sup>16</sup>Az ellenkultúra értékrendszerébe amúgy is szervesen illeszkedő erőszakellenességnek külön helyt adott a vietnami háború (1964--1973).

<sup>17</sup>Making of a Counter Culture, xiii.

sadalom elszemélytelenítő, elidegenítő hatásával szemben az egyéni szabadság, a személyiség, az identitástudat kibontakoztatása, a különbözős jogának a hangsúlyozása. Az ellenkultúra követői a szülőknek az anyagi gyarapodásra és a társadalmi ranglétrán való előrejutásra, a jövőre koncentrááló szemléletével a szegénység és a jelen, az élet „itt és most”-élvezetének az értékét állítják szembe; az atomizálódó család és a szétbomló közösségek helyett új családmodelleket és közösségi formákat hoznak létre; a társadalom racionalizmusától a keleti misztika felé fordulnak; az erőszakkal szemben a békét és a politikamentességet hirdetik.

A felszín: rongyos hippik, kezükben virággal és gitárral, kommunák, szabad szerelem és kábítószer: ifjúsági szubkultúra. A háttérben azonban, épp e kulturális mozgalommal kölcsönhatásban, megjelenik a tudományos társadalomkritika. A legtöbb bírálata a fölének magasodó technikát és technokráciát, és az ezt megtámogató tudományt éri. A magas szervezetségű ipari társadalom polgára félelmetes méretarányokkal és bonyolultsággal kerül szembe, s az élet mind több területén veszti el kompetenciáját, válik kiszolgáltatottá. A technokrácia olyan társadalom, „amelyben azok, akik kormányoznak, önmaguk igazolására technikai szakértőkhöz fordulnak, akik viszont a megismerés tudományos formáira hivatkozva igazolják magukat. A tudomány tekintélyével szemben pedig nincs hová fellebbezni” — írja Theodore Roszak.<sup>18</sup> A tudomány tekintélyét az adja, hogy megismerési módszere az objektivitás értékmentességét ígéri. Az értelem elsődlegessége a világ megismerésében és szemléletében a realitást két részre osztja — az „itt bent” a megfigyelő, az „ott kint” a megfigyelt —, s előbbi az utóbbi fölé helyezve, kizárja közöttük az érzelmi kapcsolatot. Az objektivitás igénye a technokrata társadalom minden szféráját áthatja, az objektív tudat mítosszá válik. A racionalitás elsődlegessége meghatározza a kultúrát, elszigeteli és elidegeníti az embert környezetétől és embertársaitól. „Amikor a kultúra alapjaként szolgáló objektív tudat megkérdőjelezhetetlenségét támadjuk, ezt az emberi életre is értjük. Alapvető állításunk, hogy az a kultúra, amely a képzelet tapasztalatait tagadja, másodlagosnak tartja, vagy lefokozza, létünk korlátozásának a bűnét követi el.”<sup>19</sup>

A fölének magasodó technika és a fogyasztói társadalom kritikáját írja Ivan Illich is. A technika az ember életének megkönnyítését, ésszerűbbé tételét ígéri, a látszólagos racionalitás mégis sokszor irracionalitásba ful-

---

<sup>18</sup>Making of a Counter Culture, 8.

<sup>19</sup>Making of a Counter Culture, 234.

lad. Illich 1974-es könyvében a közlekedés példáján mutatja be, hogy hogyan válik az ember a technikai fejlődés következtében a szállítás rabjává. A közlekedési eszközök fejlődése a sebesség és így a lehetőségek megnövekedését ígéri, de miközben a vele élőt kényszerpályára helyezi, és az igazodást, az élettempó-váltást mindenkitől megköveteli, az előrelépés igencsak viszonylagos. Ha a gépkocsira fordított valamennyi időt hozzáadjuk a ténylegesen utazással töltött órákhoz, alig érvük el a kerékpáros sebességét.<sup>20</sup>

A gépkocsi nyilván csak egy, bár látványos példa arra, hogyan válik a technika az ember urává. A technika ráerőlteti vívmányait az emberre, meghatározza szükségleteit, kényszerfogyasztást diktál. A tulajdon szabványosított szükségleteitől függő „homo economicus” ellentétéként Illich a „homo artifex”, a leleményes, boldogulni képes ember képét teszi társadalmi eszménnyé, aki nem a birtoklásban, hanem a tevékenységben keresi a belső békét.<sup>21</sup> A homo artifex alkotta konviviális társadalom<sup>22</sup> az ember és ember, illetve az ember és a természet közötti autonóm és kreatív viszonyra épül. Bár a növekedésközpontúságot illetően az ipari társadalom ellentettjeként jelenik meg, nem kíván a stabil, tradicionális földművelő társadalmakhoz való visszatérés lenni. A vernakuláris (ház körüli, nem fizetett) vagy laikus munka jelentősége a tevékenység, a hozzáértés öröme, az általa nyert függetlenség és az alkotás lehetősége. A konviviális társadalom szegény, de boldog, mert nem a szakemberek laikus fölött uralkodó profizmusára, hanem a laikusok kis közösségben végzett, önellátó tevékenységére épül.

---

<sup>20</sup>„A mintaszerű amerikai férfi évente több mint 1600 órát szentel a gépkocsijának. Benne ül, amikor halad és amikor nem. Leállítja a parkolóhelyen, és nem találja. Megkeresi azt a pénzt, amin megvásárolhatja, és amiből fizetheti a havi részleteket. Dolgozik, hogy kifizethesse a benzint, az autópályadíjat, a biztosítást, az adókat és a parkolási jegyet. A nap tizenhat órából négyet vagy az utakon tölt, vagy azzal, hogy összeszedje a hozzávalókat. És ebben nincs benne az az idő, amit szintén a közlekedés parancsolta tevékenységek emésztenek fel: az, amit kórházban, közlekedési bíróságon, autószerelőnél vagy autóreklámokat nézve tölt, vagy arra fordít, hogy vásárlási tanácsadón vegyen részt, és ezáltal legközelebb még jobban járjon. Ennyi idejébe kerül, hogy megtegyen évi 7500 mérföldet: vagyis a sebessége kevesebb óránként öt mérföldnél.” Ivan D. Illich: *Energy and Equity*. Calder & Boyars, London 1974, 30. Magyarul részben: Ivan Illich: *A szállítás rabjai*. In: Darányi Sándor (szerk.): *Megérett az idő. Ökológiai olvasókönyv. „Egészség” Alkoholfmentes Rehabilitációs Egyesület, Budapest 1990, 57–69.*

<sup>21</sup>Ivan Illich: *Shadow Work*. Marion Boyars, London 1981.

<sup>22</sup>„A 'konvivialitás' fogalmát az ipari termelékenység ellentétének a jelölésére használom. Szándékaim szerinti jelentése az emberek közötti, és az emberek és környezetük közötti autonóm és kreatív kölcsönkapcsolat; ellentétéként az emberek és az ember alkotta környezet követelményei és az embereknek e követelményekre adott kondicionált válaszai közötti viszonyoknak. A konvivialitást olyan egyéni szabadságnak tekintem, amely kölcsönös személyi függőségekben valósul meg, s mint ilyen, eredendő etikai érték.” Ivan D. Illich: *Tools for Conviviality*. Calder & Boyars, London 1973, 11.



A laikusok forradalma az emberek és a (munka)eszközök, az emberek és a munka változó viszonyára épül. Az Illich által használt konviviális eszközök kifejezés egybehangzik Schumacher köztes technika fogalmával.<sup>23</sup> Egyik sem tagadja a technikát önmagában, de annak egy szelíd, emberléptékű formáját keresi. Az emberi lépték hiányzik a technikából és a munkából, de hiányzik a fejlett ipari társadalom sok más szférájából is: a városból, az iskolából, a családból. A hatalmas méretek miatt elvész a dolgok, a helyek a kapcsolatok személyessége, s végül elvész maga a személy, a személyiség is. Az elidegenedett, önző, állandó versenykényszerben élő individuumok helyett az önmaga és környezete felfedezésére képes személyiség megteremtése kell legyen a cél; a dolgok és a szervezetek nagyságával egy új „nagyság”-ot, a belső nagyságot kell szembe állítani -- írja Theodore Roszak már részben Schumacher hatására.<sup>24</sup>

A hatvanas években kezdődő ellenkultúra-mozgalom folyamatosan nő át a hetvenes–nyolcvanas évek nyugati alternatív mozgalmába,<sup>25</sup> amelyeknek immár önálló ágát képezik az időközben nyilvánvalóvá váló környezeti problémák nyomán fölerősödő környezetvédő mozgalmak. Fölerősödő, hiszen a természeti környezet szeretete már az ellenkultúrában is helyet kapott (virág-szimbólum), s a természettől való elidegenedés problematikáját, az ember természet fölötti uralomvágyát a fogyasztói társadalom első kritikái is érintették.

A természeti környezet közvetlen veszélyeztetettségének érzése új elemmel bővíti a társadalomkritikát. A társadalomtudósok felfedezik, hogy az egyén és a társadalom a természet nagyobb egységében, annak részeként él, s ez nemcsak fizikai, hanem szellemi létét is meghatározza. Az ember egyéni szükségletei immár egy nagyobb egység, a Föld szükségletein belül kapnak értelmet: „bolygónk szükségletei ugyanazok, mint az egyén szükségletei. Ebből következően ugyanazok a jogok illetik meg az egyént, mint a boly-

---

<sup>23</sup>„A konviviális eszközök az őket használó személyeknek a legtágabb lehetőséget nyújtják ahhoz, hogy környezetüket képzeletük gyümölcseivel gazdagítsák.” *Tools for Conviviality*, 21. — A köztes technika viszonylag kevésbé tökeigényes, munkaerő-intenzív és kisléptékű. A kicsi szép, 175–194.

<sup>24</sup>Theodore Roszak: *Person/Planet. The Creative Disintegration of Industrial Society*. Anchor Press/Doubleday, Garden City, New York 1979.

<sup>25</sup>Az „alternatív mozgalmak” gyűjtőfogalom részei: az ökológiai mozgalom (atomenergiaellenes mozgalom, környezetvédelmi polgári kezdeményezések, alternatív életforma-mozgalom), az új békemozgalom, az új feminizmus, a harmadik világ problémáival foglalkozó állampolgári kezdeményezések és az ún. autonómok. Szabó Máté: *Politikai ökológia. Az alternatív mozgalmak ambivalens „társadalomelméletéhez”*. In: Szabó Máté (szerk.): *Politikai ökológia. Szemelvények a nyugati alternatív mozgalmak elméletéről és politikájáról*. Bölcsész Index Centrál Könyvek, Budapest 1989, 7.

gót."<sup>26</sup> A természeti környezet megszemélyesítése mind gyakoribbá válik, az írások az Anyatermészetről, a Földanyáról, s főleg Gaiáról beszélnek. Gaia a Föld istenasszonya, az élő egész jelképe. „A biológiai és ökológiai tudományok (kimondatlanul) egy szellemi dimenziót is föltártak előttünk. Képesse kell válnunk rá, hogy szentnek lássuk az ásványi anyagok, a víz, a levegő, a tápanyagok körforgását, bele kell foglalnunk ezt a felismerést saját személyes, szellemi kutatásunkba és összhangba kell hoznunk a bölcsességnek azokkal a tanaival, amelyeket a közelebbi múltból örököltünk.”<sup>27</sup> Ezek után megkérdőjeleződik az antropocentrikus világkép létjogosultsága is. Az ember nem lehet mindennek a mércéje, hiszen az életnek csak egyik formája a sok más formával együtt, amely nem egyszerűen környezete, hanem társvilága. „Az ember pusztán az emberi társadalomban nem lehet igazán önmaga, csak természetes közösségben az állatokkal és növényekkel, a levegővel és a vízzel, az éggel és a földdel.”<sup>28</sup>

Az ellenkultúrában, majd az alternatív mozgalmakban és a hatvanas–hetvenes évek társadalomkritikájában tükröződő értékrendszerek az ökológikus gondolkodás egyik forrásává válnak. Az ipari-technikai fejlődésre és a fogyasztásra alapozott jóléti társadalom kritikusai az embertelen technikát, a mítosszá váló tudományos objektivitást, a világ racionális megközelítésének egyoldalúságát, s az ebből következő léptéktelenséget, az emberi szabadság és személyiség elnyomódását támadják. Amit szembeállítanak vele, az a szelíd technika, az emberi lépték, a személyiség kibontakoztatása, a különbözőzés és a kisebbségek jogainak elismerése (nők, négerék stb.), a közösségi lét és a közös cselekvés értékei. A hetvenes évektől, a környezeti tudat ébredésével ezek az értékek kiegészülnek a természethez kapcsolódásunk, a természetből-vétettségünk tudatából következő értékekkel: a természet, az élet mint önérték és mint az esztétikum forrása; tágabb környezetünk, a bolygó és szűkebb környezetünk, a hely fontossága; létünk misztikuma. A társadalomtudósok egy részének írásaiba az egyén és a társadalom problémáit vizsgálva a magyarázatok meghatározó elemeként épül be az ember–természet viszony.<sup>29</sup>

---

<sup>26</sup>Person/Planet, xxx.

<sup>27</sup>Gary Snyder: A hely dicsérete. In: Megérett az idő, 169. (Forrás nélkül.)

<sup>28</sup>Klaus M. Meyer-Abich: A természettel kötendő béke feltételei. In: Megérett az idő, 78. (Forrás nélkül.)

<sup>29</sup>Fontos hangsúlyozni a jelenség részlegességét. Az ipari-indusztriális társadalom és jelenségeinek elemzésében a hetvenes évektől a posztmodern megközelítés a meghatározó. Az ökológikus gondolkodás és a posztmodern gondolkodás — építészetre vonatkozó — összevetésére az V. fejezet vállalkozik.

Az ökológus gondolkodásra ható társadalom- és világképek megalkotói sokszor természettudósok.<sup>30</sup> Ennek nemcsak az a magyarázata, hogy a természetről, a természeti környezetről több és közvetlenebb információval rendelkeznek, hanem elsősorban az, hogy a természettudomány legfrissebb elméleti eredményei — társadalomtudós társaikkal szemben — számukra érthetőek és értelmezhetőek. A természettudományban pedig olyan lényegi változások történtek, amelyeknek már ismeretelméleti következményei vannak.

Még nincs száz éve, hogy útjára indult a kvantummechanika, de következtetései új fizikát teremtettek. A kvantumelmélet meghatározó tanulsága, hogy a klasszikus fizika előírta szabály, a megfigyelő és a megfigyelt rendszer szétválasztása — az objektivitás — nem tartható fenn tovább: a megfigyelés tényével és módszereivel beavatkozunk és módosítjuk azt, amit megfigyelünk. A valóságot a róla feltett kérdések határozzák meg. Werner Heisenberg határozatlansági elve azt ismeri el, hogy tudásunk a természetről eredendően korlátozott, vizsgálatainkban határozott eredmények helyett csak valószínűségeket kapunk. Valószínűségeket, amelyek egyáltalán nem véletlenszerűek, s amelyek a jelenségek mélyén rejlő belső összefüggésekre, kölcsönhatásokra utalnak. A megfigyelt fotonok, neutronok, elektronok hol hullámként, hol részecskéként viselkednek, de voltaképpen nincs is határozott alakjuk, amíg mérést nem végeznek rajtuk.<sup>31</sup> Vagyis egyszerre hullámok és részecskék, illetve sem nem hullámok, sem nem részecskék, kicsúsztatva így a pozitívista tudósok kezei közül.

A hullám--részecske kettősségben feloldódó elemi részecskék tapasztalata a kutatók egy részének a figyelmét az anyag végső építőköveinek a kereséséről és reménytelennek tűnő meghatározási kísérletéről az építőkövek belső és egymás közötti viszonyainak a vizsgálatára irányította. Az egyes elemek helyett ezek összefüggései, a tények helyett az események lesznek a fontosak. A klasszikus fizika általános magyarázó elvből a kvantumelmélet határesetévé szűkül. Az összefüggések, az események vizsgálata más megközelítést rejt magában: a részekre bontó, elemző analízis helyett az egészre tekintő,

---

<sup>30</sup>Néhány név: Gregory Bateson (biológus-antropológus), Fritjof Capra (fizikus), Barry Commoner (biológus), J. E. Lovelock (biofizikus), Amory Lovins (fizikus), Rupert Sheldrake (biológus), C. F. von Weizsäcker (fizikus).

<sup>31</sup>Az újabb kutatások azt mutatják, hogy a hullám--részecske kettősség nemcsak a fotonokra, elektronokra és neutronokra, hanem egész atomokra is igaz, s az elvből az következik (bár a gyakorlatban egyelőre igazolhatatlan), hogy érvényes a molekulákra, a szervezetekre is. John Horgan: Kvantumfilozófia. In: Tudomány, 1992. szeptember.

holisztikus szemléletet. „A modern fizika alapján kialakuló világgépet az organikus, a holisztikus és az ökológikus kifejezésekkel jellemezhetjük. Nevezhetjük rendszerszemléletűnek is, az általános rendszerelmélet felfogásában. Az univerzumot többé nem úgy látjuk, mint egy gépet, amelyet tárgyak sokasága alkot, hanem úgy kell elképzelnünk, mint oszthatatlan, dinamikus egészet, amelynek egymással lényegi kölcsönkapcsolatban álló részei csak egy kozmikus folyamat megnyilvánulási formájaként értelmezhetőek.”<sup>32</sup> A holisztikus közelítésmód az egészeztől akar ismereteket szerezni, de nem az egész részekre bontása, hanem az egészhez mint komplex rendszerhez való közelítés útján. Ezt az evolutívnek tételezett rendszert folyamatában, változásában vizsgálja, miközben a komplex rendszer részeként kezeli az embert is. Azt, hogy a kvantummechanika törvényei a holt anyagra és az élő szervezetekre egyaránt érvényesek, már Niels Bohr is felvetette.<sup>33</sup> Az élő és az élettelen igazgató közös törvényeket azóta számos természettudós kutatta, az interdiszciplinaritást nemcsak a természettudományok, hanem a társadalomtudományok területére is kiterjesztve.<sup>34</sup> Élő és élettelen, anyag és tudat közös

---

<sup>32</sup>Fritjof Capra: *The Turning Point. Science, society and the rising culture.* Wildwood House, London 1982, 66.

<sup>33</sup>Werner Heisenberg: *A rész és az egész. Beszélgetések az atomfizikáról.* Gondolat, Budapest 1983. Első beszélgetések a természettudomány és a vallás viszonyáról (1927) és Beszélgetések a biológia, a fizika és a kémia kapcsolatairól (1930–1932) című fejezetek.

<sup>34</sup>Néhány, több helyen is hivatkozott modell — egy-két mondatba tömörítve:

J. E. Lovelock Gaia-modelljében a Föld a bioszférát, a légkört, az óceánokat és a talajt magában foglaló egységként, kibernetikai rendszerként jelenik meg, amely optimális fizikai és kémiai környezetet keres a bolygó élővilága számára. Vagyis nem az élet alkalmazkodott az adott környezethez, hanem az élet maga tartja fenn az élet számára alkalmas feltételeket. J. E. Lovelock: *Gaia. A földi élet egy új nézőpontból.* Göncöl Kiadó, Budapest 1990. — A könyv első megjelenésének éve 1979.

Gregory Batesonnál a szellem ugyanolyan reális létező, mint az anyag, ugyanannak az univerzális folyamatnak a különböző aspektusai. A szellem az élő rendszer lényege, amely egy bizonyos fokú komplexitás szükségszerű és kikerülhetetlen következménye, és jóval korábban megjelenik, mint az agy vagy az idegrendszer. A biológiai evolúció maga gondolkodási folyamat. Gregory Bateson. *Mind and Nature. A Necessary Unity.* Wildwood House, London 1979.

David Bohm szerint a világ dinamikus kapcsolatháló, amely állandó mozgásban van (holomovement), s amely mozgást egy belső rend, belső tudatosság (implicate order) szabályoz. A külső, általunk látható és értelmezhető rend, anyag, tér és idő ebből a belső rendből bontakozik ki, mint annak speciális formája, egy lehetséges megmutatkozása. Az értelem és az anyag így ugyanannak az univerzális folyamatnak az absztrakcióiként értelmezhetőek. David Bohm: *Wholeness and the Implicate Order.* Routledge and Keagan Paul, London 1980.

Rupert Sheldrake tétele a természetben létező emlékezet, amely nem kötődik az agyhoz vagy a testhez, hanem az ún. morfikus mezőben kiterjedve kapcsolja össze a környezet elemeit egymással és környezetükkel a téren és időn áthatoló morfikus rezonancia által. A morfikus mezők maguk is részei az általános evolúciónak, differenciálódnak, specializálódnak és szelektálódnak. Rupert Sheldrake: *The Presence of the Past. Morphic Resonance and the Habits of Nature,* Times Books, New York 1988.

alapjának keresése radikális szakítás a karteziánus *res extensa* és *res cogitans* kettősségének posztulátumával, s meghatározó része a belső, lényegi rend alapján, önfejlődően létező univerzum képének.

Igaz, ahogy a kvantumelmélet a tudományos racionalitás új értelmezését kívánja meg, úgy a holisztikusan szemlélt, organikus univerzum is határt szab a megismerésnek. A belső, lényegi rend számtalan dimenziója nem fejthető fel tökéletesen, egészében soha, csak villanásaiban mutatkozik meg. Mivel az okság törvénye a lényegi rendet illetően nem áll fenn, a (természet)tudós legfeljebb a miéltre kérdezhetne rá, átlépve a metafizika területére, ezt azonban a ma létező modellek többnyire elkerülik.<sup>35</sup> Az objektív megismerés határait belátó tudomány, ha veszteséget szenvedett is egy területen, a másikon nyereséget könyvelhet el. A természet egységes rendszerként való értelmezése a világ megértéséhez tud közelebb vinni, élő és élettelen, anyag és tudat egységes szemlélete ha nem is az egyszer volt arisztotelészi egység ma már anakronisztikus helyreállításához, de legalábbis a természettudományok és a szellentudományok közeledéséhez vezethet.

\*

Az ökológikus gondolkodás kialakulásában szerepet játszó kulturális változásokhoz három irányból közelítettünk. A természet vizsgálata a természeti környezet vezélyeztetettségének a felismerésére vezetett; a társadalom vizsgálata az industrializációnak az egyénre és a társadalomra gyakorolt kedvezőtlen hatásait mutatta; a tudomány vizsgálata a világ egészben való értelmezhetőségét, egy új tudományelméleti lépés megtételének a lehetőségét vetette fel. A fenti folyamatoknak, értékeknek és meglátásoknak a bemutatásánál olyan forrásokra támaszkodtunk, amelyek bár szakmailag autentikusak, az úgynevezett népszerű, bestseller írásokhoz tartoznak. Számunkra éppen ezért váltak fontossá, hiszen éppen bestseller voltuk tette lehetővé, hogy széles körben ismertté, és így valóban gondolkodás- és szemléletformálónak váljanak a szűkebb szakmán kívül is -- például az építészek között.

---

<sup>35</sup>A „miért”-re kérdez Stephen Hawking, amikor a kvantummechanikára alapozva a világegyetem összes jelenségére érvényes, teljes, egyesített elméletet keresi, megismerve így Isten gondolatait. Igaz, másutt szerényebben ír: „A teljes, ellentmondásmentes egyesített elmélet kidolgozása csak az első lépés: célunk a körülöttünk zajló események és saját létezésünk tökéletes megértése.” Stephen W. Hawking: *Az idő rövid története*. Maecenas Könyvkiadó, Budapest 1993, 171.

## Változatok az ökológusra

Az előző három fejezetben legfeljebb idézetekben fordultak elő az „ökológia” és az „ökológikus” kifejezések. Kerülésük tudatos volt: az „ökológus” nem szerencsés az ökológussal magyarázni, különösen ha a fogalmat az elmúlt évtizedekben annyiszor és annyira különböző értelemben és célokra használták, mint esetünkben. Az ökológus gondolkodást előhívó és megalapozó kulturális változások és folyamatok bemutatása, a megjelenő új értékek és szemlélet lényegében meghatározza azt a kört, amelyben fogalmunkat értelmezni kell — egy pontosabb, ha nem is definitív meghatározás mégsem kerülhető el.

Az ökológushoz vezető utat célszerű az ökológiánál kezdeni. Az Akadémiai Kislexikon meghatározása szerint az „ÖKOLÓGIA (gör.), környezetten: az élőlények és környezetük közötti kölcsönhatásrendszer elemző tud.ág.”<sup>36</sup> Székely Pál definíciója alig bővebb: az ökológia „az élőlény és környezete közötti kölcsönhatás-rendszer, a fizikai, kémiai és biológiai ismereteket hasznosítva, rendszerelméleti alapon elemző tudomány”.<sup>37</sup> Az ökológia tárgyának meghatározására számos kísérlet történt,<sup>38</sup> többségük azonban nem jutott túl az 1866-ban Ernst Haeckel német biológus által leírt első változaton,<sup>39</sup> amellyel a két magyar példa is szinte szó szerint egyezik. Az „élőlény és környezete” témakörbe viszont bármi belefér, s ez az egyik ok, ami az ökológia fogalma elterjedésének szédületes karrierjét elősegítette.

Az ökológia ugyanakkor létező biológiai diszciplína, amelynek pontos tárgyát, az ökológus tényleges kutatási területét meg lehet határozni. A legbiztosabb forrás egy ma élő ökológus szavaival: „Az ökológus a természet egészét a populációk koegzisztenciális viselkedése szempontjából veszi szemügyre. Azokra a kényszerfeltételekre kíváncsi, amelyek a koegzisztenciális mintázatok kialakulásáért felelősek.”<sup>40</sup> Vagy ugyanez kicsit pontosabban és közérthetőbben: „Az ökológia az élet szupraindividuális, egyedfőlötti szerveződésével foglalkozó tudomány, a különféle élőlény-kollektívumok (például egy erdő, egy tó) létezési szabályosságait kutatja.”<sup>41</sup> Az együtt élő

---

<sup>36</sup>Akadémiai Kislexikon. Akadémiai Kiadó, Budapest 1990, 366.

<sup>37</sup>Székely Pál: Ökológiai kislexikon. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest 1983, 113.

<sup>38</sup>Az ökológia eddigi definíciói közül jó néhány megtalálható: Juhász-Nagy Pál: Beszélgetések az ökológiáról. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest 1984.

<sup>39</sup>Ernst Haeckel ökológia meghatározását sokan és előszeretettel idézik — a pontos forrás (mű, oldalszám) megnevezése nélkül.

<sup>40</sup>Beszélgetések az ökológiáról, 29.

<sup>41</sup>Zsolnai László: Másként gazdálkodás. Címszavak az alternatív gazdaságtanhoz. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest 1989, 104.

szerkezetek létének és változásának az értelmezése — az „élőlény és környezete” tágasságában ez is benne van. A környezet szó nincs viszont benne egyik meghatározásban sem. Nem véletlen, de már késő. Az ökológia mint biológiai diszciplína nevét kölcsönvette a mindennapi szóhasználat, s a saját igényei szerint értelmezi.

Az ökológia a környezettan szinonimája lett. Környezet alatt kezdetben egyértelműen a természeti környezetet értették, hiszen az ökológia szó a hetvenes évek környezeti/ökológiai válsága idején vonult be a köztudatba. A környezet fogalom széles körű alkalmazhatósága (társadalmi környezet, emberi környezet, városi környezet, épített környezet, szellemi környezet) aztán hamar értelmezhetővé tette az ökológiát szinte minden területen. Az ökológia a környezetben, az egészben való gondolkodást kezdte jelenteni. Az ökológia mint biológiai diszciplína igyekszik megszabadulni a nevéhez tapadó általános környezet-fogalomtól, rendszerszemléletét, holizmusát viszont egyértelműen vállalja. Éppen ez a teljességigény, a dolgok összefüggésekben való vizsgálatának az igénye az, ami mintegy kétszáz éve megteremtette az ökológia elődjeként tisztelt természetbúvárlatot, természetrajzot. Az ökológia köztudatban elterjedt „természeti környezetben való gondolkodás = ökológia”, vagy „környezeti = ökológiai” használata mellett, bár szűkebb körben, de fellelhető az „ökológikus = holisztikus” értelmezés is.

Az ökológia — akár az „élőlény és környezete”, akár a „populációk koegzisztenciális viselkedése” felől közelítünk hozzá — definíciójában nem zárja ki az emberrel való foglalkozást. A természetrajzból kifejlődő ökológia tudománya azonban eredendően nem terjedt ki az emberre. Amikor ennek a kiterjesztésnek a lehetősége a század húszas éveiben felmerült, az ötlet szerzői (nem az ökológusok voltak) szükségesnek látták ezt egy új névvel hangsúlyozni. Az ökológiai analógiák szociológiai alkalmazásából így lett humánökológia vagy szociológiai ökológia. Ugyancsak ez idő tájt találtak gondolatfrissítő alapot az ökológiában a geográfusok is, s föl is merült a „geográfia mint humánökológia” gondolat. Végül az antropológia merített az ökológia módszertanából és szemléletéből, megalkotva a „kulturális ökológia” fogalmát. A kapcsolat gyümölcsöző voltát mutatja, hogy idővel mindhárom irányzat továbbfejlődve saját tudományán belül önálló nevet vívott ki magának, s elhagyta az ökológia-humánökológia mankóját: a szociológiai ökológiából kibontakozott a város-, majd a településszociológia, a geográfiai ökológiából a településföldrajz, és a kulturális ökológiából a kultúranropológia. A „humánökológia” kifejezés, úgy tűnt, megmarad történeti adaléknak a chicagói szociológiai iskola idejéből. Az ökológia népszerűsége azonban a hu-

mánökológia reneszánszát is meghozta. Az új humánökológia egyik megközelítésben „a társadalmi tevékenységek ökológiai hatásait és következményeit vizsgálja”,<sup>42</sup> ami viszonylag szerény igény ahhoz a meghatározáshoz képest, hogy „a humánökológia a természet--ember--kultúra totális interakcióját állítja vizsgálódása középpontjába”.<sup>43</sup> Természet--ember--kultúra hármásába már tényleg akármi belefér. Ebben a megközelítésben bármi besorolható a humánökológia körébe, s valóban, fölmerül a műszaki tudomány, az építészet, a tájépítészet, a természetvédelem, sőt a közegészségügy mint alkalmazott humánökológia lehetősége is. A totalitás parttalanná válik, a humánökológia nem mond semmit.

Amikor a szociológiai, a geográfiai vagy a kulturális ökológia (humánökológia) fogalma megjelent, ezzel azt akarták kifejezni, hogy a tudományterületre az ökológia mint biológiai diszciplína módszereit, fogalmait és összefüggéseit alkalmazzák. A valóságban persze nem a konkrét fogalmak és összefüggések átvételének, hanem inkább az ökológia közvetítette szemléletmódnak volt termékenyítő hatása. A szóösszetételt azonban a szándék felől nézve az helyes volt: az ökológia mint utótag az ökológia tudományának elsődlegességét jelenti. Ebből a közelítésből a humánökológia az embernek, a társadalomnak az ökológiából vett szabályok szerinti értelmezése (ezt hívják ökológiai redukcionalizmusnak) vagy az újabb keletű politikai ökológia a politikának az ökológiai szabályok szerinti értelmezése. Mindkettő nyilvánvaló zsákutca, s feltehetőleg sem a humánökológia, sem a politikai ökológia híveinek a szándékaival nem egyezik.<sup>44</sup>

Az ökológia utótagként való használatánál pontosabbnak és kifejezőbbnek tűnik az ökológikus mint melléknév, mint jelző alkalmazása. Az ökológia nem szigorúan szakmai körökben történő emlegetésénél mindig egy szemléletmódról, a dolgok egy bizonyos megközelítéséről és egy értékrendszerről van szó. Az ökológikus mint jelző szinte korlátlanul összekapcsolható más tudományokkal, s az eredmény körülbelül azt fogja jelenteni, hogy az adott irányzat felvállalja a környezetben, az egészben való gondolkodást. Példaként: az ember mint társadalmi lény hogyan talál rá házára -- amely a világ --, és

---

<sup>42</sup>Másként gazdálkodás, 105.

<sup>43</sup>Nánási Irén: A humánökológia mint transzdiszciplína. ELTE Természettudományi Kar, Budapest 1992, 7.

<sup>44</sup>Szabó Máté szerint a politikai ökológia röviden az ökológiai mozgalmak elmélete, melyet az ökológia tudományából levont társadalmi-politikai elvek, törvények, célok, következtetések alkotnak. Szabó Máté: Politikai ökológia. Az alternatív mozgalmak ambivalens „társadalomelmélete”-hez”. In: Szabó Máté (szerk.): Politikai ökológia, 14.



hogyan kell azt elrendeznie a maga számára, hogy közösségben éljen vele".<sup>45</sup> Létezik ökológikus pszichológia, ökológikus gazdaságtan, sőt a kifejezés rövidíthető, és nemcsak a tudomány szűk területein értelmezhető: ökofilozófia, ökopszichológia, ökogazdaságtan, ökohistória, ökoetika és ökoevangélium, ökoépítészet, öcodesign, ökotáj...

Hogy az így kibontakozó számtalan lehetőség tulajdonképpen mit rejt, hogy az öko-fogalom használója az ökológikus gondolkodás elveit és értékeit hogyan alkalmazza az adott területre, az részben a terület sajátosságaitól, részben az alkalmazó szándékától függ. Az ökológikus jelző önmagában csak a téma közelítésére alkalmas.

Megjegyzés: A tanulmány "Az ökológikus gondolkodás és a századvég építészettelmélete" című kandidátusi értekezés első fejezete.

---

<sup>45</sup>Hans Sachsse: Ökologische Philosophie. Natur, Technik, Gesellschaft. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 1984, IX.



## SZEMLE

KOPPÁNY TIBOR „ÉPÍTÉSI GYAKORLAT AZ ÚJKORI MAGYARORSZÁGON.  
AZ ÉPÍTÉSI IRODÁK TÖRTÉNETE A 16—19. SZÁZADBAN"

című kandidátusi értekezésének 1994. március 11-i vitája<sup>\*</sup>

### AZ ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

#### I. Az értekezés célkitűzései és tudományos előzményei

A tanulmány a magyarországi építészet gyakorlatában a 16. század középső évtizedeitől a 19. század közepéig, mintegy három évszázadon keresztül megtalálható, a tervezéstől a megvalósítás munkájáig jelentős szerepet betöltő, építési irodának vagy építési hivatalnak nevezett munkaszervezet történetét mutatja be. Maga az elnevezés, miként a szervezet formája, felépítése és gyakorlata, Európa nyugati részéből német nyelvterületen keresztül származott az egykori Magyarországra, még a középkor folyamán, és a múlt századig élt, működött az évszázadokon át szinte kivétel nélkül német nyelvű forrásokban olvasható „Bauamt” néven.

Az elnevezés, a szó természetesen nem változatlan szervezetet jelentett háromszáz éven keresztül. Származási helyén, Németország nyugati felében, Franciaországban és Angliában, eredetileg a nagy székesegyházak építésére a 13. századra kialakult munkaszervezet, az építőpáholy gazdasági és adminisztratív részlegét nevezték így, amely a pénzügyeket kezelte és azok elszámolását, könyvelését végezte a gyakorlati megvalósítást végző műhely, a „Hütte” mellett. A kettő együttesen alkotta a „Bauhütte”, „Dombauhütte” elnevezésű — a magyar szakirodalomban már régóta építőpáholynak nevezett — szervezetet, amelyet a francia nyelvterületen „loge de maçonnerie”, az angolon „freemasons lodge” névvel illettek.

---

<sup>\*</sup>A szerkesztő megjegyzése: Koppány Tibor értekezése az építészeti kultúra belső fejlődését sajátos nézőpontokból világítja meg. Emellett különös érdekességű párhuzam gondolható végig a királyi katonai építési hivatal központi szerepe, a központosított uradalmi intézmények 19. század eleji vállalkozói feloldódása, illetve az elmúlt negyven év és a centralizált tervező- és más szervezetek napjainkban történő átalakulása között is. Az értekezés bírálatait gazdag forrásértékük miatt is közöljük.

Legkorábbi magyarországi előfordulását a pozsonyi királyi vár 1434-ben végzett építéséről fennmaradt számadástöredék őrizte meg. Az erről szóló forrás felfedezője, a történész Szücs Jenő adta közre a Budapest Régiségei 1958-ban megjelent XVIII. kötetében, „A középkori építészet munkaszervezetének kérdéséhez” címmel.

A pozsonyi középkori Bauamt létezésének bizonyítható nyomán a hazai művészettörténet-írás feltételezi, hogy Zsigmond királynak a pozsonyinál jóval nagyobb és jelentősebb budai építkezésén is létezhetett hasonló munkaszervezet, később pedig Mátyás királyén is. A kutatás azt sem tartja lehetetlennek, hogy a királyi udvarhoz közel álló főnemesség nagy várépítkezésein is ilyenek közreműködésével folyt a munka, az azokhoz szükséges szervezetség ugyanis az építési gyakorlatnak csak ezzel a formájával volt megvalósítható.

Az utóbbi évtizedek barokk kutatása nyomán vált ismertté, hogy a 18. század török utáni nagy újjáépítési hulláma idején ismét létezett Magyarországon építési iroda mint a szervezett tömeges építkezés lebonyolításának gyakorlati munkaszervezete. A művészettörténeti kutatás arra is felhívta a figyelmet, hogy a nagybirtok sajátos építési igényeinek kielégítésére saját keretein belül hozott létre a forrásokban Bauamtnak nevezett építési szervezeteket, sőt a katolikus egyház egyházigazgatási központjaiban az egyes püspökségek és érsekségek is megszervezték a maguk ugyanilyen építési munkaszervezeteit. A világi és az egyházi nagybirtokon a 18. század folyamán működött építési irodáknak ma már -- ha nem is mindenre kiterjedő -- önálló irodalma van.

A tanulmány fő célkitűzése annak felderítése, hogy a magyarországi építési gyakorlatban a középkori előzmények után valóban csak a 18. században jelent meg ez a munkaszervezeti forma, és hogy csak azokon a területeken működött, amelyeket a hazai kutatás eddig felderített. Ennek érdekében először a középkort kellett szemügyre venni, s mivel további adatok előkerülése nem várható, az eddigi kutatási eredmények összegyűjtését és bizonyos fokú felülvizsgálatát kellett elvégezni. Az ezután következő időszak, a 16--17. század késő reneszánsz és korai barokk építészetének vizsgálata vezetett annak a ténynek a felismeréséhez, hogy a magyarországi építési gyakorlat ebben a korban is ismerte az építési irodának, a 16--17. században a későbbiekhez hasonlóan szintén német nyelvű források Bauamtjának munkaszervezetét, és a szervezett, tömeges nagy építkezések megvalósításában fel is használta azt. A reneszánsz kori munkavégzés szervezeti formáival a kutatás már foglalkozott, az eredmények azonban csak arra szorítkoztak, hogy a korábbi felfogással szemben sem a Mátyás-korban, sem a 16. században nem léteztek vándorló műhelyek.

Kisebb részben korábban közzétett, nyomtatásban megjelent, főképpen azonban újabb levéltári források felderítésével — a tanulmány célkitűzésének megfelelően — sikerült felvázolni azokat a 16—17. századi építési irodákat és azok működését, amelyeket a bécsi Habsburg-hatalom hozott létre a török hódítás megállítására érdekében emelt végvárok építésén.

A török kiűzése utáni időszak vizsgálata azt bizonyította, hogy a szervezetében és működésében korábbi publikációkból ismert, Budán megszervezett Kamarai Építési Hivatal a korábbi katonai jellegű építési szervezet egyenes folytatása. Az építési gyakorlatnak ebből az utóbbi formájából fejlődött ki az állami építkezéseket végző, országos hatáskörű hatóság, a Magyar Kamara és a Helytartótanács építési szervezete, illetve a 18. század utolsó negyedében a kettőből létrehozott Országos Építészeti Igazgatóság. Az utóbbiak története és művészettörténeti, építészettörténeti szempontú feldolgozása megtörtént, ezért az nem tartozik a tanulmány témái közé.

A tanulmány célkitűzései közé tartozott viszont az eddig ismert 18. századi építési irodák körének bővítése, amelyet újabb levéltári adatok alapján sikerült elérni. Az Esterházy- és a Batthyány-levéltárak ide vonatkozó anyagának feltárásával újabb Bauamtokkal bővült a hazai ismert építési szervezetek köre, és a korábban publikáltak működésére vonatkozóan is sikerült újabb adatokkal bővíteni az eddigi ismereteket. A célkitűzéseknek megfelelően igyekeztünk elvégezni a 18. századi Magyarország nagybirtokain — beleértve az egyháziakat is — egykor létezett építési irodák munkájának összegezését.

Végül kísérletet tettünk a nagybirtok uradalmi építési munkaszervezeteinek felbomlására, megszűnésére vonatkozó adatokkal a 19. század középső évtizedeinek bemutatására, arra az időszakra, amikor a Bauamtok helyét átvette a szabad vállalkozás.

## II. A feldolgozás módszere

Az értekezés felépítése hagyományos módszert követ. Első fejezetében bevezetésként magát a tárgyalni kívánt témát mutatja be. Ezt követően a másodikban annak kutatástörténetét és a feldolgozás nyomtatásban megjelent és új levéltári forrásait ismerteti. A harmadik fejezetben mutatja be magát a témát, a magyarországi építési hivatalokat, azok megjelenési formáit és történetét, időrendi sorrendben, négy alfejezetben.

Az elsőben a középkori előzményeket, a már említett pozsonyi várépítő, Zsigmond király szolgálatában állót tárgyalja, és ehhez csatlakozva ismerteti a magyarországi kutatás jelenlegi álláspontját. A másodikban a 16—17.

században a végvárat építő, ekkor is a királyi hatalom alá tartozó építési munkaszervezetek története következik, azoké a katonai jellegű építési hivataloké, amelyek a bécsi központi kormányservek felügyelete és irányítása alá tartozva másfél évszázadon át nemcsak felépítői és fenntartói voltak a török hódítás ellen emelt váraknak, hanem tevékenyen részt vettek a királyi Magyarország egyéb építkezéseiben is. A harmadik alfejezet témái közé csak rövid áttekintéssel tartozik a katonai építési hivatalok mintájára és azok személyzetéből szervezett kamarai építőszervezet története, azt ugyanis az abból kinövő állami építési szervezetekkel együtt az elmúlt évtizedektől kezdve nagy tanulmányokban feldolgozták és közreadták. Az alfejezet tulajdonképpeni témája a 18. századi, de a következő századba is átnyúló, a világi és az egyházi nagybirtok hasonló építési munkaszervezete, az uradalmi építési hivatal vagy iroda. Végül a negyedik alfejezet tárgyalja az uradalmi építési szervezetek 19. században bekövetkezett lassú felbomlásának és megszűnésének korszakát.

A tanulmány utolsó, negyedik fejezetében az újkori Magyarország építési gyakorlatának kutatásában elért eredményeket mutatjuk be, ismertetve annak a hazai építészet 16–19. századi történetében elfoglalt jelentőségét.

A tanulmány irodalmának és jegyzeteinek felsorakoztatása után viszont a hagyományos módszertől eltérő módon mutatjuk be a magyarországi építési hivatalok fennmaradt rajzi anyagából azokat a jellemző tervrajzokat, amelyek alkalmasak a tanulmányban levont következtetések illusztrálására. Az ábrák önálló fejezetet képeznek, mert nemcsak a tanulmány illusztrálása a céljuk. A lehetőséghez képest ugyanis magyarázó szöveg tartozik hozzájuk. A szöveg azon túlmenően, hogy utal az értekezés vonatkozó részére, további felvilágosítással szolgál a munkaszervezetre, esetleg az építészre vagy a mesterre, az építés körülményeire, tehát magára az építészettörténetre. Ezek az adatok azért foglalnak itt, külön fejezetben helyet, mert olyan részletek, amelyek a tanulmány szövegébe beépítve megbonthatták volna annak folytonosságát és egységét.

### III. Az értekezés tudományos eredményei

Az értekezés témájába ugyan szorosan véve nem tartoznak bele a középkori Magyarországon fellelhető, ismert vagy gyanítható építési munkaszervezetek, a középkori előzményekkel kapcsolatban a tanulmány mégis olyan következtetést igyekezett levonni, amely szerint a magyarországi építőgyakorlat a kö-

zépkor végére, ha késéssel is, de bejárta azt az utat és többé-kevésbé elérte azt a fejlettségi szintet, amely Európát általánosan jellemezte.

A török kori katonai építési hivatalok történetének kutatásában a legfőbb eredmény egykori létezésük felismerése, a hazai szakirodalom ugyanis mindeddig nem ismerte őket.

A rendelkezésre álló adatok alapján összeállítható volt történetük a bécsi központból szervezett korai formától a magyarországi katonai körzetek központjaiban felállított szervezetekig. A már többnyire eddig is ismert, főleg itáliai építészeket, a végvárok építőit és tervezőit el lehetett helyezni az egyes katonai építési hivatalok szervezetében és történetében, és ilyen módon meg lehetett állapítani azok vezetőinek és beosztottainak személyét, szerepét, sőt a katonai építési szervezetek teljes felépítését és formáját is. Ezzel kapcsolatban megállapítható volt, hogy azok a középkori munkaszervezeteket követték.

A 16–17. századi katonai építési hivatalok történetének kutatása nyomán derül fény arra, hogy a végvárok létesítése olyan méretű szervezettséget, olyan nagyfokú anyagi áldozatot és olyan magasan képzett szakembereket kívánt, amelynek megvalósítására a három részre szakadt ország egyharmadát alkotó Magyar Királyság önmagában képtelen lett volna. A végvárok építését ezért kellett átvennie a királyi hatalomnak, amely a magyarországi királyi jövedelmek mellett kénytelen volt azt más tartományaival fizettetni, mivel a kis létszámú hazai céhes építőipar sem szervezettségében, sem tanultságában nem volt alkalmas az ilyen nagyszabású, az egész ország területére kiterjedő feladat elvégzésére. A bécsi udvar a végvárok építésére az akkor legkorszerűbb katonai építészettel rendelkező Itáliából hívott be építészeket és mestereket. A nagy szervezettséget követelő munka elvégzése érdekében az olasz várépítőket azután a középkortól örökölt munkaszervezeti formában egyesítette, illetve azt fejlesztette tovább.

A végvárok építésével a királyi hatalom vállalta a legnagyobb terhet, és vele 1541 után is a királyi hatalom lett az ország legnagyobb súlyú építetője. Az 1526 és 1541 közötti belháború okozta kényszerű szünet után a magyarországi építészet legfőbb befolyásolója, habár áttételes módon, a királyi hatalom maradt.

Az általa fizetett és alkalmazott olasz művészek és mesterek ugyanis tevékenyen vettek részt az egyéb, az országban folyó magánépítkezéseken is. Alig van olyan 16–17. századi késői reneszánsz építészeti emlék az egykori Magyarországon, amelyet ne a katonai építési hivatalok alkalmazottai építettek volna, vagy legalább részben nem vettek volna benne részt. Így lettek

ők a legtöbbet foglalkoztatott építők, koruk építőművészetének elsődleges terjesztői. Munkásságuk nyomán ismerkedtek meg a hazai építetők, arisztokraták, nemesek, polgárok és a hazai céhes mesterek a minden időben korszerű, legújabb építészeti stílusáramlatokkal, azok szabályaival, gyakorlatával és nem utolsósorban az akkor már nyomtatásban is közkezen forgó mintakönyvekkel.

Végső soron az itáliai művészek és mesterek munkássága nyomán született meg az a magyarországi késői reneszánsz és korai barokk építőművészet, amely éppen az olasz építőknek köszönhetően lett egységes a Habsburg Monarchia egész területén, a helyi változatoktól függetlenül.

A tanulmány anyagának ez irányú új eredményei a magyarországi késői reneszánsz és kora barokk építészet eddig ismert történetéhez további, mérlegelendő szempontokkal járulnak hozzá, és azok tárgyalásában új gondolatokat vetnek fel.

A Magyar Kamara és később a Helytartótanács keretében a 17. század végén és a 18. század első felében megszervezett építési hivatalok ismét a régi, de még ekkor is hasznosítható középkori hagyomány alapján születtek meg. Nyomukban jöttek létre a 18. század második negyedétől a világi nagybirtok s valamivel később az egyházi központok önálló építési munkaszervezetei, Bauamtjai. A létezésüket feltáró korábbi kutatási eredményekhez az értekezés azzal járult hozzá, hogy mind a világi, mind az egyházi építési irodákra vonatkozó adatokat sikerült bővítenie, és további új, eddig nem ismert uradalmi Bauamtok létét sikerült bizonyítania. Ennek során új művészek és új mesterek vonulhattak be az uradalmi építőszervezetek ismert sorába. A rájuk vonatkozó, eddig ismeretlen adatok tovább bővítették az uradalmi építési szervezetekről ismerteket, tovább tisztázódott azok szervezeti felépítése, munkássága és munkavégzésének folyamata.

Az uradalmi és az egyházi építési irodák tevékenyen vettek részt a késői barokk művészet elterjedésében. A főúri és főpapi székhelyeken általában bécsi művészekről származó tervek alapján dolgoztak; saját terveiket valósították meg viszont abban a tömeges építkezésben, amelyben az akkor uralkodó mezőgazdasági művelés és mezőgazdasági ipar által igényelt új épületeket hozták létre, a század első felének nagy újjáépítéséről nem is szólva. Munkásságuk nyomán az európai barokk mintakönyvek hétköznapi, leegyszerűsített stílusformái terjedtek el. Bennük a barokk és később a klasszicista ismérvek főleg a felhasznált szerkezetekben, a tömegalakításban és a stiláris szempontból visszafogott homlokzati elemeken jelentkeznek. Ennek a kétségtelenül



konzervatív felfogású építészetnek köszönhető, hogy a vidék gyakorlatában a késői barokk a 19. század első évtizedeiben is élt még.

Az uradalmi és az egyházi építési irodák a 18. század folyamán a még mindig korszerű munkaszervezeti formát képviselték, s csak a 19. század első felében megjelenő szabad vállalkozás idején kezdett korszerűtlenné válni. Felbomlásukig a nagy művészetnek a központokban megismert világát juttatták el az ország legnagyobb részét kitöltő falvakig. Ott a tevékenységük alapján kialakult építészeti közízlés teremtette meg az építészetnek azt a válfaját, amelyet a köztudat népi építészetként tart nyilván.

#### IV. Az értekezéssel kapcsolatos publikációk

Francisco Pozz és köre. Műemlékvédelem XXVIII. 1984. 1. 1–6.

Batthyány I. Ádám építkezései, 1629–1659. Történelmi Szemle (1984) XXVII/4. 539–555.

Adatok a magyarországi barokk kastélyépítés kezdeteihez: a köpcsényi kastély. Építés-Építészettudomány (1985) XVII/1–2. 137–147.

Körmend városának építéstörténete. Körmend 1986.

Építési gyakorlat a 17. századi Magyarországon a tervezéstől a megvalósításig. Építés-Építészettudomány (1987–1988) XIX/3–4. 449–488.

Adalékok Donato Felice de Allio (1677–1761) császári és királyi építész magyarországi működéséhez. Művészettörténeti Értesítő (1989) XXXVIII/1–4. 16–20.

17. századi megállapodások a Batthyány-levéltárból. Lymbus, Művelődéstörténeti Tár. II. Szeged 1990. 143–159.

Ozora és uradalmának építésze a 18. században (Adatok Tolna megye barokk kori építészetének történetéhez). In: Wosinsky Mór megyei Múzeum Évkönyve XVII. Szekszárd 1992. 229–275.

17. századi tervrajzok a Zichy család levéltárából. Ars Hungarica (1992) XX/1. 53–57.

„Fundálók”, „Kamarai építés”, „Uradalmi építés” címszavak, in: A magyar építőmesterség történetének kisenciklopédiája. Főszerk.: Császár László. Bp. 1992, 111–113, 125–127, 214–217.

A magyar királyi hatalom és az építészet. Megjelenés alatt „A magyarországi művészet története 1470 és 1630 között” címmel készülő művészettörténeti kézikönyv harmadik kötetében, a VI. Művészeti élet 1541–1630 között c. fejezetben. Kézirat.

Művészek és mesterek a magyarországi társadalomban. Külföldiek és hazaiak, céhes és uradalmi mesterek. Megjelenés alatt ugyanott. Kézirat.

A királyi udvar és a királyi hatalom építkezései. Megjelenés alatt „A magyarországi művészet története 1630 és 1780 között” címmel készülő művészettörténeti kézikönyv negyedik kötetében, a III. Művészeti élet, 1630–1690 c. fejezetben. Kézirat.

Vendégművészek Magyarországon. Mesterek és megrendelők találkozása, kapcsolata. Megjelenés alatt ugyanott. Kézirat.

Építészek és építőmesterek. Megjelenés alatt ugyanott, a IV. Művészeti ágak, stílusok, emlékek, 1630—1690 c. fejezetben. Kézirat.

Az uradalmi központok építési szervezete, működése, szerepe és jelentősége. Megjelenés alatt ugyanott, a IX. Művészeti élet, 1740—1780 c. fejezetben. Kézirat.

Az egyházi vállalkozások. Megjelenés alatt ugyanott. Kézirat.

**Kubinyi András**, a történettudomány doktora opponensi véleménye

Koppány Tibor nemcsak kiváló építész, hanem a várak és kastélyok országos hírű kutatója, aki hatalmas levéltári anyagot dolgozott már fel eddigi műveiben is. Ezért igen nagy érdeklődéssel vettem kezembe az értekezést. Nem is csalatkoztam elvárásomban, hiszen most is gazdag forrásanyagra támaszkodó jelentős új anyagot bemutató munkát írt. Annyiban ugyan tévedtem, hogy azt hittem, most is az erődítmények a kutatási tárgyai. Igaz, főként a 16—17. századdal foglalkozó részekben ez maradt a munka súlypontja, de nem teljesen. Végiggondolva a jelölt életpályáját, ez az újkori kutatási téma logikusan következik a korábbi munkáiból. Már a kastélyokkal foglalkozó tanulmányaiban is foglalkozott újkori kérdésekkel, az pedig természetes, hogy ha valaki építéstörténetet kutat, érdekli az építési gyakorlat, az a szervezeti keret, amelyben Koppány Tibor építész elődjai működtek, alkottak.

Ilyenformán a szerző elég komplex témát dolgozott fel. Nyilvánvaló, hogy foglalkoznia kellett magukkal az építészekkel, meg kellett határoznia, hogy mikor, melyik épületben ki volt az építész, aki ott működött, azaz tipikusan építészettörténeti, sőt részben művészettörténeti munkát végzett. Akkor azonban, amikor azt a szervezeti keretet vizsgálja, amelyben az építészeti alkotás létrejött, lényegében hivataltörténetet írt. Nagyon hasznos az is, hogy Koppány nem csupán a végvárakkal, azok építésével, javításával foglalkozó királyi szervezetet, hanem az egyházi és a világi nagybirtok építkezéseit, azok szervezetét is vizsgálja, itt pedig nem áll meg a török kiűzésével, hanem a békésebb idő bekövetkeztével immár túlnyomó többségben békés célú építkezéseket is kutatja, egészen a 19. századig, a nagybirtokosok építési szervezetének megszűnéséig és a vállalkozók megjelenéséig.

Mivel a disszertáció — teljesen jogosan — a középkori előzményekből indul ki és ezeknek nagy szerepet tulajdonít, az értekezés közel fél évezredet tekint át úgy, hogy ennek ellenére a nem is túl bő terjedelem mégis lehetővé tette számára, hogy az egyes építtetőket gazdag — és zömben eddig ismeretlen — levéltári anyaggal dokumentálja. Azt hiszem, ennek alapján is

nyilvánvaló, hogy mind Koppány témaválasztását, mind pedig eredményeit magasan kell értékelnünk.

Az opponensnek azonban az a feladata, hogy az advocatus diaboli szerepét töltsse be, és itt most kissé zavarban vagyok. Nem lévén sem az újkor, sem pedig az építészettörténet és a szervezet szakértője, nehezen szólhatok a témához hozzá, hiszen legalábbis nem egészen illő olyan kérdést vitatni, amelyben a szerzőhöz viszonyítva lényegében — jobb értelemben vett — laikus vagyok. Ezért véleményemben azzal a terjedelmében és a többi szöveghez viszonyítva érdemben is jelentéktelen előzményekkel kell foglalkoznom, azaz a középkorral, amelyhez joggal szólhatok hozzá. Azt azonban már itt is megjegyzem, hogy az értekezés zömét kitevő újkori fejezetekkel teljes mértékben egyetértek, illetve helyesebben: az itt leírtak minden esetben meggyőztek. Különösen jó, hogy nem egy kérdésben a jelölt ki tudta igazítani a korábbi szakirodalom néhány tévedését.

Visszatérve a középkori előzményekre: sajnálatos, hogy Koppány már nem tudta felhasználni Günther Binding, Baubetrieb im Mittelalter (Darmstadt 1993) című munkáját, amely alapvető a középkori építési gyakorlat ismeretéhez. Kár, hogy Binding munkája akkor jelent meg, amikor Koppány már benyújtotta értekezését. Így természetesen egyáltalán nem hibáztatható a munka fel nem használásáért, hogy ennek ellenére szóvá teszem, annak az az oka, hogy az értekezés remélhetően nem távoli időben történő kiadása esetén jó lenne Binding művét beledolgozni.

A 19. oldalon arról olvasunk, hogy nem volt az építő mesterségek céhbe szerveződése nagyon elterjedve a középkori Magyarországon. Ezzel teljes mértékben egyet is tudok érteni, még akkor is, hogyha a Koppány által felsoroltaknál azért több céh működött. Így például Budán már a 15. század első felében kimutatható a kőműves céh, sőt a késő középkorban ennek bizonyos jogi szerepe is volt: épületek felbecslését a városi tanács a kőművesek és az ácsok céhmestereire bízta, nyilván ők tudták a legpontosabban eldönteni egy építmény értékét.

Meg kell még valamit jegyezni. Az, hogy nincs adat egy városi céhre, nem egy esetben semmit sem bizonyít. Gyakran előfordul, hogy egyetlen véletlenül fennmaradt oklevél bizonyítja egy kézműves céh meglétét. Függetlenül ettől: a kőművesek valóban csak ritkán szerveződtek céhbe. (Itt szeretnék arra utalni, hogy a lapicida kifejezés nem szűkíthető le a kőfaragóra, a hazai német okleveles gyakorlatban például előfordul, hogy ugyanazt a személyt hol Steinmetznek, hol Maurernek nevezik. A továbbiakban ezért a lapicidát általában kőművesnek nevezem.) A középkor végén különben Kolozsvárott és Késmár-

kon is működött kőműves céh. Az utóbbi nem volt szabad királyi város, így feltehetően az ismerteknél több városban létezhetett.

Függetlenül attól, hogy valóban ritka volt azoknak a céheknek a száma, amelyben kőművesek is dolgoztak, a kőműves mesteremberek egyáltalán nem voltak ritkák. Gyakorlatilag minden városban találkozunk velük, valamint — és ez érdekes — egy tucatnyi mezővárosban mutathatók ki kőművesek és kőfaragók. (Bácskai Vera, Magyar mezővárosok 49.) Azért említettem az „érdekes” szót, mert középkori falvainkban a legritkább esetben mutatható ki jobbágyok lakta kőház, és a mezővárosokban is csak elvétve. Azt is tudjuk, hogy a kőház a városokban sem volt mindenütt elterjedt. Az erdélyi szász városokban is inkább a középkor végére tehető a kőépítkezés elterjedése, máshol csak a városközpontban álltak kőépületek, mint például Vácott.

Ez viszont arra utal, hogy a kőművesek — ha eltekintünk a nagy építkezésektől — még egy átlagos városban sem lehettek annyian, hogy céhekre lett volna szükségük. Az átlagos megrendelő, azaz a házat építtetni vagy javíttatni akaró polgárok száma nem indokolt nagyobb számú mestert. Ez utóbbiak láthatták el a vidéki nemesi kúriák, plébániák építési feladatait is. Várak, nagyobb templomok, monostorok építéséhez már bonyolult, összetett munkára volt szükség, amelyet egy magányos mester nem végezhetett el.

Teljesen egyetérttek Koppány Tiborral (20. o.), hogy a céh nem volt építőüzem. Az talán leegyszerűsítés, hogy érdekvédelmi szövetség lett volna. Természetes, hogy az is volt, azonban — akár a többi céh — más szerepet is betöltött. (Például a már idézett hivatalos épületbecslő tevékenységet.) Az azonban bizonytalan, hogy a nagyobb építkezésekben részt vevő, azokat irányító mesterek tartoztak-e vagy nem valamelyik céhhez. Koppány itt a „feltételezhetően” szóval — tehát hipotetikus formában — zárja ki a céhhez való tartozásukat. Úgy vélem, hogy az esetek többségében nyilván igaza is van. Egy olyan városnak a kőműves polgára, ahol nem működik céh, nem is lehetett céhtag. Más a helyzet budai, pesti, pozsonyi, kolozsvári stb. mesterek esetében, főképp akkor, ha a nagy építkezés a városban volt. Ezek biztosan tagjai voltak az ottani céheknek. Binding maga is utal arra, hogy a 15. században a templomi építőpáholyokban dolgozó mestereknek a helyi céh tagjának kellett lennie, és erre gyakorlati okokból is szükségük volt. Utal arra is, hogy általában harmonikus és kooperatív volt a céhek és a páholyok kapcsolata (Binding, i. m. 104.).

A páholyok szövetségi tömörülésével kapcsolatban, amelyről a disszertáció 22. oldalán olvasunk, Binding arra utal, hogy ezt olyan kőfaragók létesítették, akik nem voltak abban a városban letelepedve, ahol valamely temp-

lom építésén működtek, és így ki voltak annak téve, hogy a munka befejezése vagy a személyzet csökkenése esetére munka nélkül legyenek. Szemben a céhekkel, ennek az interregionális szervezetnek nemcsak a mesterek, hanem a legények is tagjai lehettek. (A céheknel a legényeknek külön egyleteik voltak, amelyek függetlenek voltak a céhtől.)

Mindez tehát azt mutatja, hogy a rendszeres munkát jelentő építőipari tevékenységen kívül, amelyet a néhány céh, valamint a céhhez nem rendelkező városokban és mezővárosokban élő mesterek elláthattak, számolni kell a nagyobb, királyi, egyházi és fontosabb világi építkezésekkel, ahová nagyszámú szakemberre volt szükség, akik azonban a munka befejezése után már nehezen kaphattak munkát, hacsak nem sikerült egy új építkezésre elszegődniük.

Utalni kell azonban arra is, hogy a kőfaragó mesterség nem csupán az építőiparral volt kapcsolatos. Ugyancsak inkább idénymunkát jelentett nagyobb háborús események idején az ágyúgolyók faragása. Az 1494--1495-ös királyi számadáskönyvben megtalálhatók az Ujlaki Lőrinc herceg elleni háború során a budai ágyúöntő és -készítő műhely kiadásai. (Johann Christian von Engel, Geschichte des ungarischen Reiches und seiner Nebenländer, I. k. Halle 1797, 7--107.) Itt rendszeresen foglalkoztattak kőfaragókat ágyúgolyók készítésére, volt úgy, hogy 14 személy is dolgozott. Különbön viszonylag jó napszámért kaptak.

Mindez arra utal, hogy a kőműves szakma művelői gyakran kerülhettek munkánélküli-helyzetbe. Ez nyilván nem vonatkozik a vezető mesterekre, akik gyakran fővárosi polgárok voltak, és a jól fizető nagy munka után a szokásos helyi építkezési feladatokból élhettek meg. A kisebb mesterek és legények azonban nem biztos, hogy el tudtak szegődni. Ezért nem véletlen, hogy abban a viszonylag csekély számú forrásban, amely a késő középkori katonaság személyi összetételére vonatkozik, nem ritka a zsoldosnak elszegődött kőműves. Egy példa. Az Eperjes által 1521-ben mozgósított 33 fős zsoldoscsapatban Gallus lapicida található. Nem kőművesi, hanem katonai minőségben tagja a csapatnak. Ettől természetesen független az, ha a király valamely várostól háborúban kőműveseket és ácsokat kér, mint például Mátyás Bécsújhely ostroma alkalmából Bécs várostól.

Bár azzal teljesen egyetértek, „hogy az építési gyakorlatnak a nagy építkezések megoldására a középkorban megalkotott formája továbbra is alkalmas volt olyan monumentális feladatok elvégzésére, mint a Horvátországtól Erdélyig húzódó végvár vonal kiépítése" (104. o.), a középkori építkezésekről — gondolok a végvárakra az értekezésben — csak kevés, inkább hipotetikus jellegű adatot kapunk (26. o.). Felteszi ugyanis, hogy Mátyás végvárépítke-

zéseinél az ismert pozsonyhoz hasonló vagy valamivel egyszerűbb műhelyeket szerveztek. Pozsonyban az építkezés direktora a pozsonyi ispán volt. Nos, a Mátyás uralkodása végén végrehajtott felleltározása a horvátországi végváraknak mindenütt utal az elmúlt évek építkezéseire. Ezeket a három egymást követő utolsó horvát bánhoz kapcsolta a leltározó, úgyhogy Koppány sejtését igazolni lehet: a végvidéken nyilvánvalóan a főkapitány szerepét betöltő bánok voltak az építkezés direktorai.

Azt azonban nem tudjuk, hogy egy királyi szervezet vagy esetleg egy kőműves vállalkozó bonyolította le a tényleges munkát. Nézetem szerint mindkettő létezett. Itt kell megjegyeznem, hogy a középkor végén Magyarországon mindenütt igénybe vették a segédmunkákra a jobbágyok várépítési robotját, és pedig nemcsak várak, hanem városfalak esetében is. Erre a robotra idegen földesurak jobbágyai is kötelezve voltak. Alapja nyilván a Németországban is ismert Burgbann volt, amelyet az ottani városfalak építésénél is alkalmaztak (Eberhard Isenmann, *Die deutsche Stadt in Spätmittelalter*, Stuttgart 1988, 48. o.).

Ezt a robotot nyilván felhasználhatta a királyi építkezéseknél a saját rezsiben történő munka esetén az illetékes „direktor”, de az általa esetleg vállalkozóként megbízott kőműves is. Ilyen vállalkozókról tudunk az aldunai Pécs vára vagy várai restaurálásánál. Azért lehet, hogy két várról van szó, mert tényleg kettő létezett egymás közelében azonos névvel, és két „murator”-ról van szó, akik különböző összeget kaptak. Az egyik Laurentius italus de Florentia mester volt, akinek a Frangepán Gergely kalocsai érsek hagyatékából a végvárakra hagyott pénzből 713 aranyforintot és 26 dénárt fizettek ki, míg ugyanaznap, 1522. január 24-én Felhévízi Tóth Lőrinc mesternek 511,5 aranyforintot és 32 dénárt adtak (Dl. 106083). (Megjegyzem, hogy a két Lőrinc nem azonos!) Nyilvánvalóan vállalkozó volt a két „murator”, és talán az sem érdektelen, hogy nem egész öt évvel Mohács előtt már egy firenzei olasz építkezik a végváraknál.

Bár Koppány Tibor újkori témát dolgozott fel értekezésében, magam a néhány oldalas középkori részről nyilvánítottam véleményt. Sajnálom, hogy a szerző, aki kiválóan ismeri a középkort, nem mélyedt bele jobban a középkori előzményekbe. Késő középkori számadáskönyveinkben, főként a városi és egyházi számadásokban ugyanis szép számú építkezésre maradt adat, nagyon örültem volna ezek feldolgozásának is. Külön hiányolom a „fabrica ecclesiae” rendszerének feldolgozását, amely még a kis falusi templomok esetében is fontos, és amelyre ugyancsak lehet szép számú, bár az eddigi kutatás által csak alig-alig felhasznált adatokat találni.

Nem szeretném azonban, ha valaki félreértene. Én csak a középkoros kutató „vágyálmát” írtam le, hiszen nincs jogom olyasmit számon kérni a jelelőtől, ami nem fér be az értekezés címül alkalmazott tárgyába. Azt azonban sajnálom, hogy Koppány, aki forrásismerete, építész mivolta alapján első-sorban hivatott lenne a középkori rendszer részletes kidolgozására, nem azt, hanem újkori témát választott, sőt tovább ment a 19. századig.

Mindez azonban nem változtat az értekezés és szerzője iránti elismerésen. Meg kell még jegyezni, hogy nagyon jónak tartom a kötet végén a tanulmányt illusztráló képanyag bemutatását, főként a képek melletti magyarázó szövegeket, amelyek szinte önálló kis tanulmány szerepét töltik be.

Végeredményben arra kérem a tisztelt Bíráló Bizottságot, hogy javasolja a Tudományos Minősítő Bizottságnak, hogy ítélje meg Koppány Tibor számára a kandidátusi fokozatot.

**Komárik Dénes**, a művészettörténet tudomány doktora opponensi véleménye

Koppány Tibor, újkori építészettörténetünknek, elsősorban a 16. és 17. század építészetének kitűnő kutatója disszertációjában közel négy évszázad hazai építőtevékenységének egy igen fontos vonulatáról tár elénk eddigi eredményeiből forrászó és a választott cél szempontjából kiteljesített nagyívű összegzést.

Miként a disszertáció bevezetése is elmondja, a magyarországi építészet történetének kutatásában a közelmúlt évtizedekben kapott szerepet az építkezések lebonyolításának és megvalósításának, az építési gyakorlatnak és az azt végző szervezeteknek kérdése. Ennek köszönhetően nagy léptekkel haladt előre az e téren meglevő fehér foltok eltüntetése, amiből a munka szerzője is köztudottan kivette részét. Elöttünk fekvő írásában most a korábbi eredmények összefoglalásával és további -- saját, elsősorban levéltári kutatásaira támaszkodó -- alapvető, egyben rendkívüli részletgazdagságot is majdan lehetővé tevő anyag birtokában átfogó képet ad az építés újkori gyakorlatáról hazánkban. Pontosabban nem az építőgyakorlat és munkaszervezet egészéről, hanem -- kellő megokolással -- csak az építési irodáknak nevezhető országos vagy regionális szervezetek közül az „architectura militaris”-ről, valamint az „architectura civilis” köréből az uradalmi és egyházi hivatalokról.

Nem kritikának, hanem éppen elismerésnek szánom azt a Janus-arcú megjegyzést, hogy e hézagpótló összefoglalást olvasva az egyik szemem sír, a

másik nevet. Örülök ugyanis, és örülhetünk, hogy ez a négy évszázadon átívelő folyamat a középkori kontinuitást is elmélyítve megmutatkozó módon most elénk tárul. De ezt látva még jobban érezzük e folyamat tüzetesebben, részletekbe menően kidolgozott, mindenre kiterjedő képének hiányát. Ezt az érzést azonban éppen annak köszönhetjük, hogy a dolgozat túlmutat önmagán, és egyben immár elérhetőnek mutatja ezt a célt, az csíráként mintegy benne rejlik. Erről egyébként a disszertáns több, e teljességet megvalósító részlet-tanulmányában már eddig is tanúságot tett. Tudjuk azonban, hogy ez egy kandidátusi értekezés tartalmi követelményén túlmegy, kötelező terjedelmi korlátozása pedig nem teszi lehetővé. De tudom azt is -- s ez részben az írásból is kiolvasható --, hogy a szerző tarsolyában ennek anyaga már jórészt megvan, s megvalósításának szándéka sem hiányzik. Ezt azért tartottam szükségesnek elmondani, mert e tartalmi bővülés a disszertációban mintegy virtuálisan benne van, ahhoz lényegesen már most is hozzátartozik.

Ennél többet, részletekbe menőt -- a 16--17. századot illető speciális kutatói inkompetenciám okán -- nem lenne helyénvaló mondanom. Csupán néhány olyan megjegyzést teszek, ami vagy kapcsolódik a 19. századhoz, vagy érinti azt, illetve általános érvényű elvi vagy módszertani jellegű.

Szeretnék elsősorban néhány jó szót szólni a céhek érdekében. Nem hiszem, hogy csupán érdekvédelmi testületnek tekintve -- ami egyébként létrejöttük alapvető indoka és működésük markáns eleme volt -- építő- és munkaszervezetként érdektelennek nyilváníthatjuk ezeket. Ezt ugyan az értekezés nem állítja, de mintha a céhekre vonatkozóan szétszórta szereplő megállapításokból ennek ellenkezője nem domborodna ki eléggé, a valóságos kép nem kellő artikuláltsággal jelenne meg. Noha az érdekvédelmen túl több, nagyon is lényeges egyéb dologra is irányuló céhek térben és időben mutattak eltéréseket, kötődtek például alkalmilag többé vagy kevésbé a földesúri hatalomhoz -- az azért mindenkor igaz volt, hogy a munkaszervezésnek és munkaszervezetnek valamilyen mértékét és formáját képviselték. Ha nem is olyan jellegűt, mértékűt, mint az előttünk levő műben szereplő formációk, melyekkel e szempontból össze sem hasonlíthatók. Minden munkavégzésnek szüksége van valamiféle szervezettségre -- s ez az építőiparokra (kőműves, kőfaragó, ács) bizonyos értelemben még jobban vonatkozik, mint másokra --, tehát az építőcéhek ezt soha nem nélkülözték. Ehhez megvolt a maguk szokásrendje, másrészt megvoltak az erre vonatkozó artikulusaik. Továbbá nem egyetlen céhes mesterről van szó, aki esetenként vállalkozik, hanem a céhek léte volt jellemző, vagyis egy bizonyos struktúra -- ez pedig már bizonyos lazább építőszervezetet jelentett.



Gondoljunk arra is, hogy például a szabad királyi városokat általában a céhes mesterek építették fel, igaz, hosszú idő alatt. S egy város már van olyan volumen, mint egy uradalom. A céhek működését e tekintetben természetesen kiegészültnek kell látnunk valami laza városvezetési, „várostervezési” tevékenységgel. Ez a 19. században a nagyobb városokban intézményes, adminisztratív formát ölt, példaképpen elegendő a pesti Szépző Bizottmányra, a szépítési tervre, József nádor szerepére gondolnunk.

Vagy gondoljunk -- más szempontból -- a nagy 19. századi klasszicista építőmesterekre, például Hild Józsefre, akinek ezres nagyságrendű építkezéseihez bizonyára állt legalább valamilyen szerény iroda a rendelkezésére, ha -- sajnos -- a mai napig sem tudjuk, hogy milyen.

Alapvetően természetesen igaza van a szerzőnek, amikor bemutatja azt a nagy különbséget, ami a királyi és uradalmi építészeti irodák léte és jelentősége, valamint a céhes ipar szerepe és milyensége közt van -- és egyáltalán az ország építőgyakorlatának e nagy kettősségét érzékelhetővé teszi. Anál is inkább, mert ez minden, csak nem köztudott, nem beszélve arról, hogy sem átfogó képe, sem a kutatás számára oly fontos részletei eddig nem álltak rendelkezésünkre -- még oly szép számú korábbi résztanulmány ellenére sem. Így érthető, ha a kép megrajzolásakor talán nagyobb hangsúlyt kapott az, ami kimunkálásra szorult, mint az, amit már eddig is ismertünk. Végül is ez az írás nem a kiegyensúlyozott összkép megrajzolását vállalta, hanem a nagy építési szervezetek (Baubüroók) bemutatását. A céhek csak annyiban szerepelnek, amennyiben a tőlük való elhatárolás és különbözés érzékeltetése, valamint a sajátos összekapcsolódások feltárása ezt megkívánja. A dolgozat a céhek arculatának sokféleségére, magyarországi megjelenésekre és alakulására utaló számos megállapításával egyébként tanúskodik arról, hogy szerzője az imént részletezett sajátosságokkal tisztában van. A céhek szerepének bizonyos mértékű relativizálása szemléletünkben végül is üdvös, de a kényszerű rövidség miatt ez esetleg félreértelmezhető, nem beszélve a kiegyensúlyozott összkép megrajzolásának kívánatosságáról, ami azonban kétségtelenül nem e disszertáció feladata.

Tanulságos és meggyőző -- bár a szerző alapvető kutatásainak területétől messzebb esve nem annyira kimunkált -- a 19. század első felében lezajló átalakulás bemutatása. Egyrészt hitelesen elénk tárul a fő vonulatnak általános képe azoknak az uradalmaknak gyakorlatából, melyeket a disszertáns a 16. századtól kezdve követ nyomon -- másrészt szép számmal kapunk tájékoztatást az ettől eltérő új változatok gazdag sokaságából is.

A 19. század első felének így megmutatózó képével kapcsolatban két — esetlegesen kiragadott — mozzanatra utalok. Az egyik példa arra, hogy a majdani teljes körű kutatás még mi mindent hozhat felszínre. Gróf Keglevich János két kastélyépítkezésénél, a kistapolcsányinál (1818—1825) és a nagyugrócinál (1844—1850) azt látjuk, hogy Bauamt stb. létesítése nélkül a teljes irányítás a műkedvelő hajlandóságú építető kezében fut össze, ami Sisa József ebben a vonatkozásban is alapos Pichl-monográfiájában szépen nyomon követhető. Természetesen az alacsonyabb szintű adminisztrációt — például napszám kifizetése, egyebek — nyilván a megfelelő egyszerűbb alkalmazott vagy alkalmazottak végezték. Tanulságosan kiegészíti ezt Keglevichnek a fő forrásul szolgáló levelező naplók alapján megismerhető birtokigazgatási módszere, ami utal arra, hogy egy uradalom birtokigazgatása és építésszervezése szorosan összefügg, jellegük természetszerűen rokon vonásokat mutat. Mind-ebből nyilvánvaló, minél több uradalom tényleges gyakorlatát megismerjük majd, annál világosabb lesz a képünk az építésszervezési módszerek fajtáinak tényleges milyenségéről és megoszlásáról.

Másik megjegyzésem a disszertációban szereplő — nagyjából eddig is ismert — azon tény megállapításához kapcsolódik, hogy a 16—17. században mily nagy mértékben játszottak szerepet a nem hazai építészek, tervezők. Századunk első felében hajlott arra építészettörténeti kutatásunk, hogy a 19. század első évtizedeinek történéseiben ennek a tendenciának a radikális megváltozását lássa — az ettől eltérő ismert eseteket természetesen nem tévesztve szem elől. Bár ez a változás valóban létezett, az elmúlt évtizedek kutatásai azt mutatták, hogy a korábbi (egyéni és közösségi) építetők beidegződések e téren szívósan éltek tovább. Elsősorban az arisztokrácia körében s talán leginkább a kastélyépítészet terén, melynek jórészt még feltáratlan anyagában ennek megerősítésére számíthatunk. Az ismert idegen mester-oeuvrek újabb művekkel szaporodtak, s feltűntek eddig nem szereplő külföldi építészek — különösen akkor, amikor új, nálunk még szokatlan stílusváltozatok vagy tendenciák merültek fel (például a gótizáló romantika vagy a nyers-tégla építkezés kezdetei). Így például a már említett, nálunk meglepően sokat építő, szinte az ismeretlenségből kiemelt **Alois Pichl**, **Franz Beer**, a később nemességet nyerő **Johann Julius Romano von Ringe**, **Carl Roesner**, a szabadságharc után pedig — hogy e tendencia kétségtelenül csökkenő intenzitású továbbélését is jelezzük — **Josef Kranner**, **Hans Petschnig**, **Ludwig Förster**, **Ignatz Schumann**, **Friedrich Stüler**.

A történeti összkép szempontjából fontos elemet reprezentáló munkaszervezet tulajdonképpen nélkülözhetetlen ismerete nem sajátosan művészettörté-

neti jelentőségű, de annak területén is több dolgot ez magyaráz meg, illetve több dolog feltárásához ez vezet el, ez segít hozzá.

Így a munkaszervezet szabatos és működése konkrét ismeretének egyik nem megvetendő — bár segédtudományinak is nevezhető — haszna: segítségével számos építészettörténeti esemény, adat attribválás megközelíthető, megszereshető, ami sokáig vagy egyáltalán rejtve maradna. Így biztosítható, hogy további, immár sokszorosán vett művészettörténeti megállapítás ne homokra épüljön. Olyan viszonylagosan tömörített összefoglalásból, mint a jelen disszertáció, ez nem közvetlenül tapasztalható meg, de a sorok közül lépten-nyomon kiérezhető, s főként elvben tudható. Ez is egyik lényeges eredménye ennek a munkának.

Jelentős további, ugyanilyen gyökerű eredménye a disszertációnak, hogy kimutatja: a Baubürok működése magyarázza meg új stílusok, stílusváltozatok terjedésének jellegét, mértékét, ütemét stb. — vagy legalábbis jelentős, olykor döntő szerepet vállalnak ebből. Figyelemre méltóak azok a megfigyelések, melyek így magyarázzák a késő barokk hosszú életét s a klasszicizmusnak — nagyobb feladatokon kívül eső — viszonylagos rövidegét, a népi építészet stiláris sajátosságát. Fontos megállapításként szűri le például, hogy „munkásságuk nyomán az európai barokk mintakönyvek hétköznapi, leegyszerűsített stílusformái terjedtek el. Bennük a barokk és később a klasszicista ismérvek főleg a felhasznált szerkezetekben, a tömegalakításban és a stiláris szempontból visszafogott homlokzati elemeken jelentkeznek. Ennek a kétségtelenül konzervatív felfogású építészetnek köszönhető, hogy a vidék gyakorlatában a késői barokk a 19. század első évtizedeiben is élt még.” Hozzáteszem, hogy így volt ez még Pesten és Budán is kb. 1820-ig, különösen a szerényebb épületeknél, melyek formálásában nyilván az országosan kialakult ízlésvilág érvényesült. Ugyanezen folyamat másik aspektusaként helyesen hangsúlyozza Koppány Tibor kutatásának gyümölcsöző eredményeként, hogy az uradalmi és egyházi építési irodák „felbomlásukig a nagy művészetnek a központokban megismert világát juttatták el az ország legnagyobb részét kitöltő falvakig. Ott a tevékenységük alapján kialakult építészeti közízlés teremtette meg az építészetnek azt a válfaját, amelyet a köztudat népi építészetként tart nyilván.”

Utoljára, de nem utolsósorban említem kutatásainak azon eredményeit, melyek tanúsítják, illetve megerősítik, hogy a végvárok építésével a Habsburg királyi hatalom vállalta annak idején a legnagyobb terhet. S ami ennek — a disszertációban mintaszerűen bemutatott és részletezett — folyamatnak eredményeképpen építészettörténetileg a legfontosabb: „Alig van olyan

16—17. századi késői reneszánsz építészeti emlék az egykori Magyarországon, amelyet ne a katonai építési hivatalok alkalmazottai építettek volna, vagy legalább részben nem vettek volna benne részt." Végző soron ilyenformán „az itáliai művészek és mesterek munkássága nyomán született meg az a magyarországi késői reneszánsz és korai barokk építőművészet, amely éppen az olasz építőknél köszönhetően lett egységes a Habsburg Monarchia egész területén, a helyi változatoktól függetlenül". A szerző alapos vizsgálatainak eredménye tehát egyfelől a Habsburg királyi hatalom szerepének tárgyilagosabb, pozitívabb megítélése, másfelől annak bemutatása, hogy e szerep eredményezte a német építőművészeti hatás dominanciáját Magyarországon. Ennek nagyon távoli, jelentőségében is kisebb párhuzamát láthatjuk az angolos gótika 19. századi romantikus térhódításában jórészt német mintakönyvek és építészek közreműködésével. Az előbbinél olasz hatás német organizáció nyomán — utóbbinál szerény angol hatás német szellemi közvetítéssel.

Befejezésül összegezve, a mondottakból egyértelműen kiviláglanak a munka érdemei, témaválasztásának helyessége és messzemenő jelentősége, az, hogy a disszertáció jelentős tudományos eredményeket tartalmaz mind részletei kimunkálásában, mind átfogó következtetéseiben, folyamatok feltárásában. Mintaszerű tudományos módszere és módszeressége, és csak a formai előírás teljesítése, ha megállapítjuk annak a disszertációnak tudományos kutatásra való alkalmasságát, aki erről több évtizedes, kiforrott munkásságával már régen tanúságot tett. A mielőbbi, könyv alakban való megjelentetésre érett disszertáció szerzője méltó a tudományok kandidátusa fokozatra, ezért a kandidátusi fokozat megadását javaslom.

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>Dr. Béla Roller:</b> Model und Wahrheit; Jahrzehnte in der Mechanik .....	115
<b>István Kirchner:</b> Gewebeorientierte Analysis .....	171
<b>Dr. Dénes Dalmy—Dr. Jenő Fúzy—Dr. Péter Ódor—Zoltán Teiter:</b> Beschreibung des mechanischen Verhaltens von Mitteln von sich periodisch wiederholenden Inhomogenität mit Hilfe des ersatzmässigen Cosserat-Kontinuums .....	199
<b>Dr. Endre Dulácska—László Orosz:</b> Korrektion des Coulombschen Reibungsgesetzes .....	207
<b>Dr. József Szalai:</b> Dynamische Bemessung von Holz und von Stoffen auf Holzbasis für zusammengesetzten Spannungszustand .....	215
<b>Dr. János Brenner:</b> Kommunalpolitik und urbanistische Planung .....	225
<b>András Ferkai:</b> Diskussionen über Nationalarchitektur. Teil II. 1930—1939 .....	255
<b>Dr. Marianne Simon:</b> Kultureller Hintergrund der ökologischen Denkart	279

### REVUE

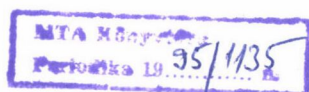
Tibor Koppány: "Baupraxis im neuzeitlichen Ungarn. Geschichte der Baubureaus in den XVI.--XIX. Jahrhunderten". Diskussion der Kandidatsthesis am 11. März 1994. (Thesen von <b>Tibor Koppány</b> , Kritik von <b>Dr. Dénes Komárik</b> und <b>Dr. András Kubinyi</b> ) .....	297
--	-----

## CONTENTS

Dr. Béla Roller: Model and Truth; Decades of Mechanics .....	115
István Kirchner: Tissue-Oriented Analysis .....	171
Dr. Dénes Dalmy—Dr. Jenő Fúzy—Dr. Péter Ódor—Zoltán Teiter: Description of the Mechanical Behaviour of Media with Periodical Inhomogeneities by Means of Substitutive Cosserat's Continuum .....	199
Dr. Endre Dulácska—László Orosz: Correction of Coulomb's Law of Friction .....	207
Dr. József Szalai: Dynamic Design of Timber and of Timber-Based Materials for Composite Stress State .....	215
Dr. János Brenner: Communal Policy and Urbanistic Design .....	225
András Ferkai: Discussions about National Architecture. Part II, 1930—1939 .....	255
Dr. Marianne Simon: Cultural Background of Ecology-Mindedness .....	279

### REVIEW

Tibor Koppány: "Building Practice in Modern-Times Hungary. History of Building Offices in the 16th to 19th Centuries". Discussion of Candidate's Thesis, March 11, 1994. (Arguments by Tibor Koppány, criticisms by Dr. Dénes Komárik and Dr. András Kubinyi) .....	297
---	-----



## TABLE DES MATIÈRES

<b>Dr. Béla Roller:</b> Le modèle et la réalité; des décennies dans la mécanique .....	115
<b>István Kirchner:</b> L'analyse de l'orientation des tissus .....	171
<b>Dr. Dénes Dalmy—Dr. Jenő Fúzy—Dr. Péter Ódor—Zoltán Teiter:</b> La description du comportement mécanique des médiums d'inhomogénéité cyclique au moyen d'un continu de remplacement de Cosserat .....	199
<b>Dr. Endre Dulácska—László Orosz:</b> Correction de la lois de friction de Coulomb .....	207
<b>Dr. József Szalai:</b> Calcul dynamique du bois et des boiseries pour des états de contrainte combinés .....	215
<b>Dr. János Brenner:</b> Politique communale et étude urbanistique .....	225
<b>András Ferkai:</b> Des débats sur l'architecture nationale. Part II, 1930—1939 .....	255
<b>Dr. Marianne Simon:</b> Fond culturel de la mentalité écologique .....	279

### REVUE

Tibor Koppány: "Pratique de la construction en Hongrie moderne. L'histoire des bureaux d'étude dans les 16 <sup>e</sup> —19 <sup>e</sup> siècles". Discussion de la thèse de candidature, le 11 mars 1994. (Thèses de Tibor Koppány, critiques par <b>Dr. Dénes Komárik</b> et <b>Dr. András Kubinyi</b> ) .....	297
--	-----





A kiadásért felelős az Akadémiai Kiadó és Nyomda igazgatója  
A nyomdai munkálatokat az Akadémiai Kiadó és Nyomda végezte  
Felelős vezető: Zöld Ferenc  
Budapest, 1995. - Nyomdai táskaszám: 23231  
Felelős szerkesztő: Szabó János  
Műszaki szerkesztő: Sándor István  
Megjelent: 18,2 (A/5) ív terjedelemben  
HU ISSN 0013--9661





*Ára: 495, – Ft áfával*