

# Különböző összetételű vályogok fizikai és mechanikai vizsgálatai

Büki Péter

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

Témavezetők: Csányi Erika, Józsa Zsuzsanna

## 1. Bevezetés

Az épített környezet nagymértékben tükrözi az ott élő emberek életmódját, világlátását, értékrendjét. Ha magunk elé képzelünk egy XX. század eleji magyar falut, girbe-gurba utcáival és házaival, valamint egy lakótelep szürke tömbjeit, akkor érezzük, hogy az előbbi szervesen kapcsolódik a környezetéhez, de ez az utóbbiról nem mondható el. Mint egy madárfészek, ahogy a fa ágaira ráépül, úgy nőttek ki falvaink réges-régen a földből. Az ember továbbépítette a természetet azokból az anyagokból, amiket a helyszínen talált. Mai világunkban ritka az a szemlélet, hogy az épített környezetet figyelve, a helyi anyagokból, a helyi adottságokat kihasználva, a helyi hagyományokat tiszteletben tartva építsünk. Nagyon fontosnak tartom, hogy ezek a szempontok is fontossá váljanak a jövő embere számára.

Hazánkban szinte mindenhol helyi anyagnak számít a vályog. Ez a természet nyújtotta egyszerű, kézenfekvő építőanyag a modern korban igen háttérbe szorult, általában a negatív tulajdonságait szokták kiemelni, a kis szilárdságot és a jelentős vízerzékenységet. Ha meggondoljuk, ezek a „negatív” tulajdonságok inkább jó tulajdonságok. Amennyiben megvédjük a nedvességtől a vályogot (vakolat, messze kinyúló eres, jó szigetelés stb.) és csak egy-egy kétszintes házat építünk, akkor mindezeket a rossz tulajdonságokat kiküszöböltük; ám a vályog környezetbarát volta éppen a vízerzékenységében rejlik, hiszen a víz hatására újra visszatér a természetbe. A természet tökéletesen felépített körforgása játszódik le egy vályogház megszületése és elmúlása során. A vályog bármikor visszaforgatható a természetbe hulladék keletkezése nélkül.

Diplomamunkám témájaként a vályoggal való kísérletezést választottam. Kétfajta agyagból készült vályogot vizsgáltam, elsősorban a különböző adalékanyagok és a kézi, illetve gépi préselés hatását a vályog fizikai tulajdonságaira. Ezeket a vizsgálatokat keresztül elsősorban azt próbáltam meg tudni, mely adalékanyagokkal érdemes a vályog tulajdonságait javítani, döntő-e a különbség a kétfajta agyag, a préselt és nem préselt, a természetes és mesterséges szállal adagolt vályog fizikai és mechanikai tulajdonságai között. Vizsgáltam továbbá a cementtel való stabilizálást is.

## 2. A vályog fizikai tulajdonságai

### Testsűrűség

Az agyagba szálás adalékanyagokat keverve egyre kisebb testsűrűségű vályogot kapunk (1. táblázat). A testsűrűség alapvetően befolyásolja a vályog fizikai tulajdonságait, ezért a felhasználás módját is. Például könnyűvályogot nem ajánlatos teherhordó falszerkezetként beépíteni, mert túl kicsi a szilárdsága.

1. táblázat

A különböző vályogok testsűrűség szerinti besorolása [1]

Könnnyűvályog:	300-1200 kg/m <sup>3</sup>
Szalmavályog:	1200-1700 kg/m <sup>3</sup>
Tömör vályog:	1700-2000 kg/m <sup>3</sup>
Nehézvályog:	2000-2200 kg/m <sup>3</sup>

### Szilárdság

A vályog szilárdságát számos tényező befolyásolja: az agyagfajta, az adalékanyag fajtája (szalma, fenyőtű, törek stb.), mennyisége és a bedolgozás módja (döngölt, préselt stb.). A vályog nyomószilárdsága ezért tág határok között változik: 0,15 N/mm<sup>2</sup>-ről megfelelő javítóanyagokkal akár 5,0 N/mm<sup>2</sup>-re is felvihető. Szakirodalmi adatok szerint a vályog nyomószilárdsága a testsűrűség függvényében az 2. táblázat szerint változik.

2. táblázat

A vályog testsűrűségének és nyomószilárdságának kapcsolata [2]

Testsűrűség, kg/m <sup>3</sup>	Nyomószilárdság, N/mm <sup>2</sup>
1600	2
1900	3
2200	4

A növényi rostok a nyomószilárdságot és a testsűrűséget egyaránt befolyásolják (3. táblázat).

3. táblázat

Növényi rostokkal kevert vályog fő jellemzői [2]

Testsűrűség, kg/m <sup>3</sup>	Nyomószilárdság, N/mm <sup>2</sup>
850	1,75
1600	2,5

A vályog hajlító-húzó szilárdsága átlagosan hatoda a nyomószilárdságnak, földnedves vályog esetén 0,004-0,08 N/mm<sup>2</sup>. A húzószilárdság növényi rostok vagy akár mesterséges szálak bekeverésével növelhető.

### Kötőerő

Azt az ellenállást, amit a képlékeny vályog a szakítópróbánál teljesít, kötőerőnek hívjuk. 50 g/cm<sup>2</sup> alatti kötőerőnél a vályog nem alkalmas építésre. A 4. táblázat a vályogok kötőerejét tartalmazza.

4. táblázat

Vályogok kötőereje [3]

Vályog	Kötőerő, g/cm <sup>2</sup>
Nagyon sovány	50–80
Sovány	80–110
Kicsit zsíros	110–200
Zsíros	200–280
Nagyon zsíros	280–360
Agyag	360 <

### Nedvességtartalom

Tömegszázalékban kifejezve a tiszta vályog nedvességtartalma 0,5-5,0% között változik, de növényi rostokat belekeverve ez a 15%-ot is elérheti [2].

### Zsugorodás

A száradási zsugorodás a nagy agyagtartalmú vályogoknál nagy, vagyis minél soványabb a vályog, annál kisebbet zsugorodik. Az agyag fajtája és a víztartalom is befolyásolja a zsugorodást. Földnedves sovány agyagoknál ez 1%, de „zsíros” agyagoknál akár 7,5% is lehet. A zsugorodás jórészt már az építési fázisban lezajlik, vagyis néhány hét alatt [2].

## 3. Kísérletek

### 3.1. A kísérlet előkészítése

A vizsgálatokhoz szükséges próbatesteket részben én készítettem el, részben a Naturbau Kft. kézi préselésű, illetve a fehérvári téglagyár gépi préselésű vályogtéglaikat használtam fel. Az általam elkészített kézi vetésű vályogtéglaikhoz az agyagot szintén az imént említett helyekről szereztem be. A fehérvári agyag viszonylag sovány, karbonátos volt, míg a pankaszi kövérebb, képlékenyebb, finom szemszerkezetű, karbonátmentes. A próbatestek kézi vetéssel készült 20 × 11 × 7 cm oldalhosszúságú téglák voltak. A vályogvetést laboratóriumban végeztem egyszerű eszközöket használva, mint talicska, lapát, fa vályogvető keret stb. A téglák száradása is bent, jelentős napfénytől, nedvességtől és hőingadozástól védve tör-

tént, így közelítőleg hasonló feltételek mellett száradtak a különböző időben elkészített vályogtéglaik. 19 különböző összetételű vályogtéglaikat készítettem (5. táblázat), fajtánként 8-10 darabot. Emellett a 6. táblázat szerinti kétfajta préselt vályogtéglaikat is bevontam a kísérletbe.

5. táblázat

Kézi vetésű vályogtéglaik összetétele

Minta jele	Összetétel	Minta jele	Összetétel
Fehérvári agyag		Pankaszi agyag	
F1	100% agyag	P1	100% agyag
F2	80% agyag, 20% homok	P2	80% agyag, 20% homok
F3	70% agyag, 30% homok	P3	65% agyag, 35% homok
F4	agyag, szalma	P4	50% agyag, 50% homok
F5	agyag, fenyőtű	P5	60% agyag, 40% fűrészpor
F6	„F2” + 2% cement	P6	„P3”, szalma
F7	„F2” + 5% cement	P7	„P3”, fenyőtű
F8	„F2” + 8% cement	P8	„P2” + 2% cement
F9	60% agyag, 40% fűrészpor (keményfa)	P9	„P2” + 5% cement
F10	agyag, műanyag szál		

6. táblázat

Préselt vályogtéglaik összetétele

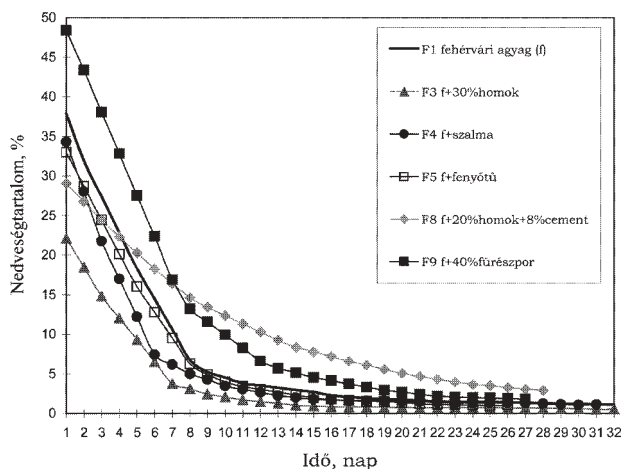
Minta jele	Összetétel	Préselés
Fp	fehérvári agyag, fűrészpor	gépi
Pp	pankaszi agyag, szalma	kézi

### 3.2. Vizsgálatok

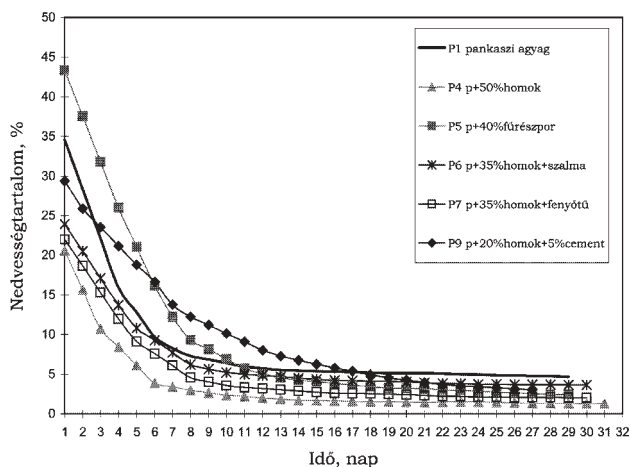
#### Száradás, száradási zsugorodás

Azokat a téglákat használtam föl a nedvességtartalom-változás mérésére, amelyeket már az elkészítésükkor műanyag tálcára tettem, és amelyeken a zsugorodást mértem. A téglákat közel azonos konzisztenciájúra kevertem, de nem volt egyforma a kezdeti nedvességtartalmuk. A műanyag tálcák tömegét gramm pontosságú mérlegen mértem meg, mielőtt rájuk helyeztem a téglákat. Ettől kezdve a hétvége kivételével minden nap mértem a tömegüket tálcával és az időközben keletkezett törmelékkel együtt, ami a vályogtéglaikról vált le. A méréseket tömegállandóságig, azaz az egyensúlyi nedvességtartalom beállásáig folytattam. A tömegmérések eredményeiből nedvességtartalmat (w) számoltam (1. és 2. ábra).

A száradási zsugorodást mindenfajta vályogból két próbatesten (téglán) mértem. Úgy gondoltam, hogy a milliméter pontos leolvasás elegendő ahhoz, a különböző összetételű vályogok zsugorodását összehasonlíthassam, ezért a mérést egy egyszerű milliméter-osztású vonalzóval végeztem. A téglák elkészülte után rögtön mindenfajta vályogból műanyag tálcára tettem kettőt, és a még képlékeny vályog felső felületére rányomtam hosszanti irányban a vonalzó élét úgy, hogy nyomot hagyjon, és attól kezdve



1. ábra. Fehérvári agyagból készült különböző összetételű vályogtéglák száradása, a nedvességtartalom időbeli változása



2. ábra. Pankaszi agyagból készült különböző összetételű vályogtéglák száradása, a nedvességtartalom időbeli változása

mindig abban a nyomban mértem a téglá hosszát. A téglák 20–22 °C-on száradtak, 50-55% relatív páratartalom mellett. A mérést minden nap elvégeztem (kivéve hétvégéken) mindaddig, amíg már nem észleltem több napja változást.

Mivel minden vályogfajtából két téglán mértem hosszváltozást, ezért két eredményt kaptam egyfajta vályogra. A két értéksort nem vontam egybe, hanem az egyiket kiválasztottam, annak a téglát, amelyik kevésbé repedt meg, vagy amelyiknek szabályosabb volt az alakja, vagyis a mérés is pontosabb lehetett. Az eredményeket a 7. táblázatban foglaltam össze.

mószilárdságot. Minden egyes vályogfajtából három próbatestet törtem el, és a három nyomószilárdság átlagából számoltam az átlagos nyomószilárdságot. A nyomószilárdság számításához szükséges volt minden próbatestet nyomóerőre merőleges legkisebb keresztmetszeti területét meghatározni, ami a téglák zsugorodása, deformáltsága miatt nem mindig egyezett meg a törőlapokkal érintkező felületekkel. A legkisebb hossz és szélesség megmérését minden téglánál közvetlenül a törés előtt tolmérővel végeztem (3. ábra).

7. táblázat

Kísérleti vályogtéglák száradási zsugorodása

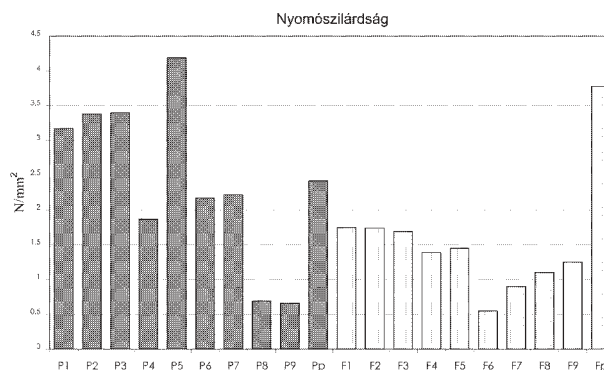
Minta jele	Zsugorodás, %	Testsűrűség, kg/m <sup>3</sup>	Minta jele	Zsugorodás, %	Testsűrűség, kg/m <sup>3</sup>
P1	9,0	1890	F1	7,2	1530
P2	7,7	1850	F2	4,7	1680
P3	6,4	1890	F3	3,6	1830
P4	4,8	1830	F4	5,8	1490
P5	9,7	1540	F5	3,9	1550
P6	5,4	1770	F6	2,9	1510
P7	5,4	1800	F7	1,5	1470
P8	4,2	1590	F8	0,5	1480
P9	0,7	1520	F9	3,4	1270
			F10	2,4	1440



3. ábra. A nyomószilárdság vizsgálata

### Nyomószilárdság

A nyomószilárdság vizsgálatához a kisméretű téglák szilárdságvizsgálatához hasonlóan páronként cementhabarccsal ragasztottam össze vályogtéglákat, és alul-felül is habarcssimítást készítettem. A habarcs összetétele 2 rész finomhomok (0–2), 1 rész 32,5-es kohósalak-portlandcement volt. A cementhabarcs hétnapos korában törtem el a próbatesteket. A tönkremenetel kezdetéig fejtettem ki nyomóerőt a próbatestekre, és ebből a nyomóerőből számoltam nyo-

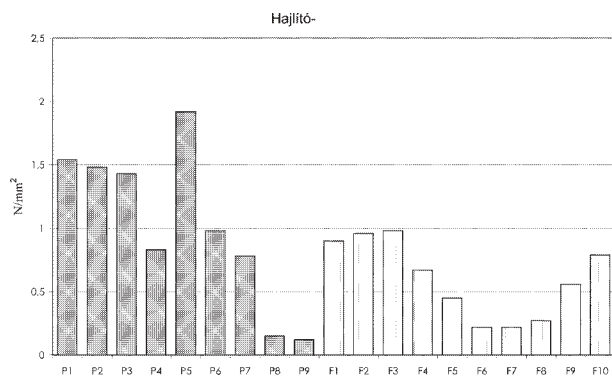


4. ábra. A nyomószilárdság-vizsgálat eredményei

A gyárilag préselt téglákon is mértem nyomószilárdságot, de ezeket nem habarcsoltam össze páronként, mivel a nagyságuk megfelelő volt. Alul-felül ezeknél is végeztem habarcssímítást, mert bár formájuk szabályosabb volt, mint az én általam kézzel vetett tégláké, nem volt eléggé egyenletes ahhoz, hogy ne keletkezzenek feszültségcsúcsok a nyomóvizsgálat során. A vizsgálat eredményét a 4. ábrán mutatom be.

#### Húzó-hajlító szilárdság

A hajlítószilárdsági vizsgálatához mindenfajta vályogból három darabot használtam fel. A próbatestek 60 °C-on szárítószekrényben tömegállandóságig szárított téglák voltak (ezeket használtam fel a száraz testsűrűség meghatározásához). A téglákat közepén egy koncentrált erővel terhelve (térben nézve vonal menti teher) a tönkremennel kezdetéig növeltem az erőt. Minden egyes téglát törése előtt lemértem a téglák keresztmetszeti méreteit közepén, ahol az erővel terheltem. A mérési eredményeket az 5. ábrán tüntettem fel.



5. ábra. A hajlító-húzó szilárdság vizsgálatának eredményei

#### Vízbeszívódás

A mérés célja a P1, P4, P5, P9, F1-es jelű kézi vetésű vályogtéglák, valamint az Fp, Pp jelű préselt vályogtéglák vízbeszívódásának vizsgálata volt. A méréshez használt

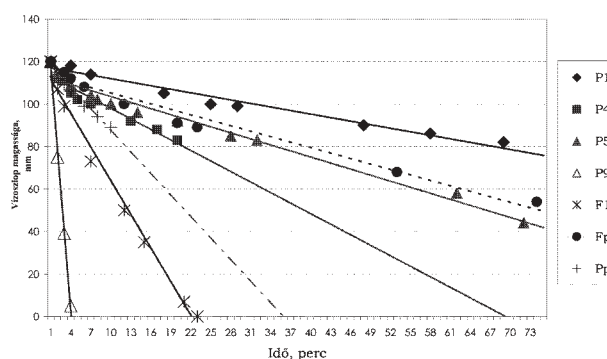


6. ábra. A vályogtéglák vízbeszívódásának mérése

próbatestek légszár az állapotú, egész vályogtéglák voltak. A téglák egyenletesebb felületére a 6. ábra szerint egy milliméterosztással ellátott üvegpipát erősítettem fel szilikonos tömítőanyaggal, vízzáró módon.

A tömítőanyag megszilárdulása után vizet töltöttem a pipákba azonos magasságig, és időnként leolvastam a vízszint magasságát. A leolvasások gyakorisága eltérő volt az egyes vályogoknál, a vízbeszívódás sebességétől függően. A mérést addig folytattam, amíg a mérőpipa osztott szárából az összes vizet be nem szívta a vályog.

A mérés során a vályogtéglák vízzel érintkező felülete erősen mállani kezdett, ezért az üvegpipák aljára a víz által kimossott szemcsék leülepedtek, ezáltal befolyásolták a vízbeszívódását. Nagyjából hasonló módon játszódtott le ez a folyamat a különböző fajta vályogtéglák esetén, ezért összehasonlításnak megfelelnek a 7. ábrán bemutatott eredmények.



7. ábra. A vízbeszívódás-vizsgálat eredményei

### 3.3. A vizsgálati eredmények értékelése

*A pankaszi (kövér) és fehérvári (sovány) agyagok összehasonlítása*

Az biztosan megállapítható, hogy a pankaszi agyag jobban zsugorodik, ami építési felhasználás során hátrány, de lényegesen nagyobb szilárdságú, kevésbé vízérzékeny, és ami nagyon érdekes, hogy a hozzáadott (ismeretlen eredetű, de biztosan keményfa) fűrészpor stabilizáló hatással volt rá, míg a fehérvári agyagra alig. A fehérvári agyag alkalmasabbnak tűnt cementtel való stabilizációra.

#### Préselés hatása

A préselés következtében a vízbeszívódás csökkent, ezáltal a vízérzékenység is. A préselés mértéke valószínűleg gépi úton nagyobb, mint kézi módszerrel, tehát hatásosabb is a vízérzékenység csökkentésére. A nyomószilárdságot is jelentősen megnövelte a préselés.

#### Természetes vagy mesterséges szál?

A természetes szálak – mint szalma és fenyőtű – közül a szalma tűnt hatásosabbnak, legalábbis a hajlító-húzó szilárdság



lárdságot növelő hatása nagyobb volt, és valószínűleg a hőtechnikai jellemzők szempontjából is jobb. A műanyag szállal kevert vályogtéglák nagyobb szilárdságúak voltak, és a zsugorodást is határozottabban csökkentette a műanyag szál, ám a szalma következtében a víz hamarabb eltávozott a vályogtéglából. Azt a következtetést azért le lehet vonni, hogy érdekesebb szalmát használni, mivel olcsóbb, könnyebb beszerezni (főleg vidéken) és környezetbarát is.

#### *Adalékanyagok hatása*

A cement kifejezetten rossz hatással volt a legtöbb tulajdonságra, kivéve a zsugorodást. Mivel a cement következtében minimálisan zsugorodott a vályog, szerkezete laza maradt a víz eltávozása után, tele pórusokkal, így a szilárdsága is erősen lecsökkent amellett, hogy vízállósága drasztikusan megnőtt. A száradás során a víz lassan távozott el, ám a vízbeszívódási kísérletnél a leg hamarabb szívta magába a vizet. Ezek az igen negatív eredmények megleptek, mivel elvileg cementtel stabilizálni szokták a vályogot. Az mindenestre leszűrhető, hogy nem mindegy milyen agyagot, milyen mennyiségű cementet adunk a vályoghoz, és valószínűleg préselés esetén jönnek ki a cement stabilizáló tulajdonságai.



8. ábra. Megfigyelhető, hogy a fűrészpor elszínezte a pankaszi agyagból készült vályogtéglákat (jobb oldali elemek)

Az adalékanyagok nagyrészt csökkentették a zsugorodást, miközben a szilárdságot is csökkentették, de nyilvánvaló, hogy a tiszta agyag nem alkalmas építési használatra, ezért az adalékanyagokkal járó szilárdságcsökkenést el kell fogadni (persze egyes adalékanyagok szilárdságnövelő hatásúak). Meglepetésként ért, hogy az általam használt ismeretlen eredetű fűrészpor elszínezte a pankaszi agyagból készült téglákat, melyek a vályogvetést követő száradás során egyre keményebbek és sötétebbek lettek, és ráadásra is megállapíthatóan erősen zsugorodtak, formájuk kicsit eltorzult (8. ábra).

A szilárdságuk kiemelkedően jó lett, a vízbeszívódási kísérleteknél is jó eredmények születtek. Ezt a fűrészport vízbe áztattam, és hamarosan sötétbarna lett a víz, vagyis a víz hatására kioldódó anyag(ok) okozhatták ezt a különös stabilizációt.

## 4. Összefoglalás

A vályoggal végzett kísérleteim sok tanulságot szolgáltatottak, de igazából a válaszok mellett még több kérdést vetettek föl bennem. A préselés egyértelműen stabilizáló és szilárdságnövelő hatású. A száradási zsugorodás csökkentésére alkalmas a szalma és a homok, de kismértékben csökkenthetik a szilárdságot, és növelik a vízállóságot. A cementtel a legkörülményesebben kell eljárni, csak préselt vályogtéglák esetén alkalmazható hatásosan, ahogy van is rá példa Magyarországon (BIOECO földtégla). Bizonyos fűrészporok stabilizáló hatással lehetnek a vályogra, de ezt még érdemes lenne tovább kutatni.

#### Irodalom

- [1] *Dr. Szűcs Miklós*: Föld- és vályogfalak építése. Építésügyi Tájékoztatói Központ Kft., Budapest, 1997.
- [2] *Molnár Viktor*: Olcsó és környezetbarát vályogépítéset. Építőanyag. 51. évf. 1999. 1. szám.
- [3] *Lehmbau Regeln*: Dachverband Lehm. e. V. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden, 1999.

\* \* \*

## PORTAL BUDAPEST

### Nemzetközi Nyílászáró-, Üvegipari, Kapu- és Árnyékolástechnikai Szakkiállítás Budapest, Sportaréna, 2003. november 6–9.

„Nyitunk minden újra.” E jelmondat jegyében adott minden érdeklődőnek randevút négy egymást kiegészítő szakma, az építészeti üvegfeldolgozás, az ajtó-ablak gyártás, az árnyékoló- és kaputechnika. A kiállítás célja az volt, hogy mutassa be a szakmai újdonságokat a szakembereknek és az építkezést, illetve felújítást fontolgató nagyközönségnek.

A rendezők és szakmai körök szerint a PORTAL BUDAPEST Szakkiállítás a közép-európai régió meghatározó

zóna trendvásáraként kívánt beilleszkedni az építési célú szakkonferenciák és konferenciák közé.

A kiállításon mutatkozott be először a NEMZETI MINŐSÉGI VÉDJEGY Közhasznú Társaság, amelyet szakmai érdekképviseleti szervezetek, közöttük a MATA Magyar Ajtó-Ablak Egyesület és a Magyar Üvegipari Szövetség hívtak létre.

A kiállításához társuló rendezvények közül kiemelkedett a VII. Országos Épületenergetikai Konferencia, amely az „Eredmények és várakozások a lakóépületek energetikai korszerűsítésében az EU küszöbén” alcímet viselte. A szakkiállításra a belépés díjmentes volt. A kiállításon részt vett: Ausztria, Egyesült Királyság, Franciaország, Hollandia, Lengyelország, Magyarország, Olaszország, Románia, USA, Törökország összesen 122 kiállítója.