

## ANALIZA PORÓWNAWCZA WYBRANYCH CECH TECHNICZNYCH CEGIEŁ PEŁNYCH NA PRZYKŁADACH BUDYNKÓW JEDNORODZINNYCH

Gabriela Rutkowska<sup>1</sup>, Paweł Kijanka

<sup>1</sup>Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono wyniki analizy porównawczej wybranych cech technicznych cegieł pełnych dawnych i współczesnych. Badania przeprowadzono na próbkach pobranych z siedmiu reprezentatywnych obiektów. Otrzymane wyniki mogą być pomocne przy wyznaczeniu sposobów napraw ceglanych budynków jednorodzinnych. Stan zachowania ceglanych budynków jest zróżnicowany – od budowli w zadowalającym stanie technicznym do obiektów zagrażających bezpieczeństwu. Przyczyny niszczenia badanych obiektów wynikają przede wszystkim z właściwości samych cegieł i użytych zapraw, jak również z usytuowania budynków w terenie, klimatu czy dbałości o nie.

**Słowa kluczowe:** cegła pełna, cechy techniczne

### WSTĘP

Ceramika jest to „...tworzywo uformowane, a następnie wypalone lub spieczone z glin naturalnych albo ich mieszanin (mas ceramicznych) (...) w rozumieniu tradycyjnym tworzywa i wyroby otrzymywane w wyniku wypalenia odpowiednio uformowanej gliny” [Szymański 2004]. Nazwa tych wyrobów wywodzi się z greckiego określenia *keramikos*, które pochodzi z kolei od słowa *keramos* – ziemia, glina.

Ceramika budowlana to „...wyroby ceramiczne wykorzystywane w budownictwie, wypalane z mieszanek, której główny składnik stanowi glina. Rozróżnia się ceramikę budowlaną o czerepach porowatym (temperatura wypalania 800–900°C, porowatość 5–20%) i spieczonym (temperatura wypalania powyżej 1100°C, porowatość poniżej 5%). Ze względu na przeznaczenie ceramikę budowlaną dzieli się na konstrukcyjną (cegły, pustaki, dachówki, rury, kształtki kanalizacyjne itp.), wykończeniową i dekoracyjną

(płytki ściennie i posadzkowe) oraz sanitarną (m.in. umywalki, miski ustępowe, pisuary)” [Osiecka 2002b].

Cegła to „...materiał budowlany w kształcie prostopadłościanu (także klina, wycinka pierścienia kołowego lub kształtki) uformowany z gliny, wapienia, piasku, cementu (bloczki betonowe) lub innych surowców mineralnych, który wytrzymałość mechaniczną i odporność na wpływy atmosferyczne uzyskuje poprzez proces suszenia, wypalania lub naparzenia parą wodną. Cegły służą m.in. do wznoszenia ścian, murów, filarów, słupów, a także fundamentów i ścian fundamentowych. Cegły mogą też być wypełnieniem stropów” [Szymański 2004].

Celem przeprowadzonych badań było dokonanie analizy zmian cech technicznych cegieł pełnych, po kilkudziesięcioletniej eksploatacji, na wybranych przykładach budynków jednorodzinnych. Do wyznaczenia wybrano najważniejsze właściwości fizyczne:

- gęstość, czyli masę jednostki objętości materiału, bez uwzględniania porów wewnątrz materiału, a więc w stanie zupełnej szczelności [Budownictwo ogólne 2002]

$$\rho = \frac{m_s}{V} \quad (1)$$

gdzie:  $\rho$  – gęstość [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ],  
 $m_s$  – masa suchej sproszkowanej próbki materiału [kg],  
 $V$  – objętość sproszkowanej próbki materiału [ $\text{m}^3$ ],

- gęstość objętościową, czyli masę jednostki objętości materiału wraz z zawartymi w niej porami (w stanie naturalnym) [Budownictwo ogólne 2002]

$$\rho_o = \frac{m_s}{V_o} \quad (2)$$

gdzie:  $\rho_o$  – gęstość objętościowa [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ],  
 $V$  – objętość sproszkowanej próbki materiału razem z porami (w stanie naturalnym) [ $\text{m}^3$ ],

- porowatość, czyli cechę, która określa, jaką część całkowitej objętości materiału stanowi objętość porów [Budownictwo ogólne 2002]

$$P = \frac{\rho - \rho_o}{\rho} \cdot 100\% \quad (3)$$

lub

$$P = (1 - S) \cdot 100\% \quad (4)$$

gdzie:  $P$  – porowatość [%], porowatość materiałów budowlanych waha się od 0% (dla metali, bitumów, szkła itp.) do 95% (dla pianki poliuretanowej, wełny mineralnej itp.),  
 $\rho$  – gęstość [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ],  
 $S$  – szczelność [%],

- szczelność, czyli wielkość określającą, jaki procent całkowitej objętości materiału poddanego badaniu zajmuje masa tego materiału bez porów [Osiecka 2002a]

$$S = \frac{\rho_o}{\rho} [\%] \quad (5)$$

- wilgotność, czyli zawartość w danej chwili wody w materiale [Osiecka 2002a]

$$W = \frac{m_w - m_s}{m_s} \cdot 100\% \quad (6)$$

gdzie:  $W$  – wilgotność [%],  
 $m_w$  – masa próbki materiału w stanie wilgotnym (w danej chwili) [kg],  
 $m_s$  – masa próbki materiału w stanie suchym (wyznaczona, kiedy każde następane ważenia w dobowych odstępach nie wykazują różnic) [kg],

- nasiąkliwość wagową (masową), czyli zdolność pochłaniania wody przez materiał przy ciśnieniu atmosferycznym [Budownictwo ogólne 2002]

$$n_w = \frac{m_n - m_s}{m_s} \cdot 100\% \quad (7)$$

gdzie:  $n_w$  – nasiąkliwość wagowa [%],  
 $m_n$  – masa próbki materiału w stanie nasycenia wodą [kg],

- nasiąkliwość objętościową, czyli stosunek masy wchłoniętej wody do objętości próbki materiału suchego [Budownictwo ogólne 2002]

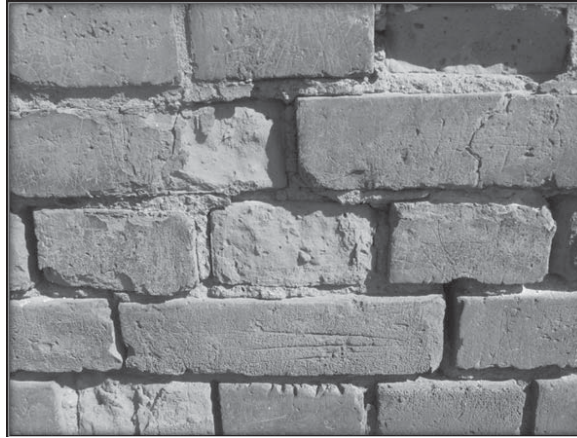
$$n_o = \frac{m_n - m_s}{V} \cdot 100\% \quad (8)$$

gdzie:  $n_o$  – nasiąkliwość objętościowa [%],  
 $V$  – objętość próbki suchego materiału [m<sup>3</sup>].

## METODYKA I MATERIAŁ BADAWCZY

W artykule przedstawiono wyniki analizy porównawczej wybranych cech fizycznych cegieł pełnych dawnych i współczesnych. Do wyznaczenia wybrano najważniejsze cechy fizyczne – gęstość właściwą i objętościową, porowatość, szczelność, wilgotność oraz nasiąkliwość. Badania przeprowadzono na siedmiu reprezentatywnych obiektach.

Obiekty, z których zostały pobrane próbki, znajdują się w południowej części Ostrowca Świętokrzyskiego. Są to budynki jednorodzinne wybudowane w latach 1906–1970. Z każdego budynku pobrano losowo trzy cegły (rys. 1). Wyodrębniono dwa typy cegieł – typ PI i typ PII. Typ PI to cegły o barwie brunatnej z niewielkimi wtrąceniami obcymi, o strukturze zwartej lub z zanieczyszczeniami obcymi, na przykład fragmentami liści. Masa ceramiczna niedokładnie wyrobiona, porowata i niejednorodna. Typ PII to cegły o barwie jednolitej, pomarańczowej, o strukturze jednolitej, bez zanieczyszczeń obcych.



Rys. 1. Miejsce pobrania trzeciej cegły  
Fig. 1. Place of sampling of third brick

Stan zachowania ceglanych budynków jest zróżnicowany – od budowli w zadowalającym stanie technicznym do obiektów zagrażających bezpieczeństwu. Przyczyny niszczenia badanych obiektów wynikają przede wszystkim z właściwości samych cegieł i użytych zapraw, jak również z usytuowania budynków w terenie, klimatu czy dbałości o nie.

## WYNIKI BADAŃ

Wyniki obliczeń właściwości fizycznych cegieł pełnych zostały porównane z parametrami cegieł współczesnych i z obowiązującymi wymaganiami normowymi. Zestawienie otrzymanych wyników dla poszczególnych pobranych próbek przedstawia tabela 1, natomiast wyniki średnie – tabela 2.

Tabela 1. Zestawienia wyników dla cegieł pełnych  
Table 1. List of results for solid bricks

Rok Year	Numer Number of object	Numer Number of sample	Gęstość objętościowa [g·cm <sup>-3</sup> ] Volumetric density	Gęstość właściwa [g·cm <sup>-3</sup> ] Unit density	Wilgotność [%] Humidity	Nasiąkliwość [%] Absorbability	Porowatość [%] Porosity	Szczelność [%] Leakproofness
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1906	5	1	1,92		0,442	12,15	18,74	81,26
		2	1,96	2,36	0,273	10,79	17,20	82,80
		3	1,98		0,374	10,93	16,41	83,59
1934	2	1	1,64	2,22	0,385	20,67	26,08	73,92
		2	1,76	2,18	1,45	14,99	19,20	80,80
		3	1,89	2,32	0,389	13,31	18,74	81,26
		4	1,58	2,07	0,599	23,04	23,74	76,26
1936	1	1	1,61	2,17	0,567	23,17	25,71	74,29
		2	1,61	1,03	0,412	23,82	20,78	79,22
		3	1,58	2,04	0,449	23,06	22,47	77,53

Tabela 1, cd.  
Table 1, cont.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
		1	2,01		0,400	10,88	18,86	81,14
1936	4	2	1,95	2,47	0,171	9,97	20,98	79,02
		3	2,03		0,635	9,87	18,03	81,97
1937	3	1	1,82	2,18	0,410	15,99	16,82	83,18
		2	1,87	2,32	1,727	11,02	19,12	80,88
1950	6	1	1,80		0,246	15,79	18,80	81,20
		2	1,70	2,21	0,218	16,92	23,19	76,81
		3	1,79		0,357	16,34	18,90	81,10
1970	7	1	2,06		0,376	9,87	22,64	77,36
		2	2,05	2,66	0,217	10,18	22,85	77,15
		3	2,04		0,235	9,43	23,36	76,64

Tabela 2 Wartości średnie dla cegły pełnej  
Table 2. Mean values for solid brick

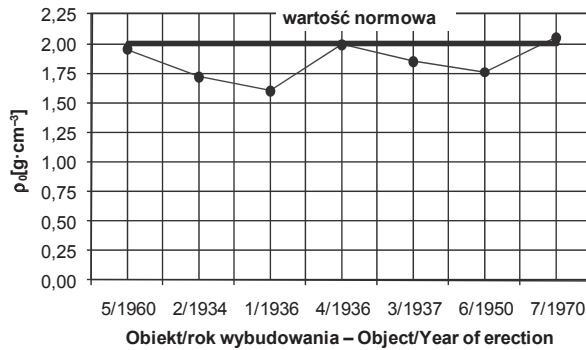
Rok Year	Numer Number of object	Gęstość objętościowa [g·cm <sup>-3</sup> ] Volumetric density	Gęstość właściwa [g·cm <sup>-3</sup> ] Unit density	Wilgotność [%] Humidity	Nasiąkliwość [%] Absorbability	Porowatość [%] Porosity	Szczelność [%] Leakproofness
1906	5	1,95	2,36	0,363	11,29	17,45	82,55
1934	2	1,72	2,20	0,379	18,00	21,94	78,06
1936	1	1,60	2,08	0,476	23,35	22,99	77,01
1936	4	1,99	2,47	0,415	10,24	19,29	80,71
1937	3	1,85	2,25	0,884	13,51	17,97	82,03
1950	6	1,76	2,21	0,274	16,35	20,30	79,70
1970	7	2,05	2,66	0,276	9,83	22,95	77,05

Wartości średnie przeprowadzonych właściwości fizycznych dla cegły dawnej i współczesnej pokazano na rysunkach 2–7.

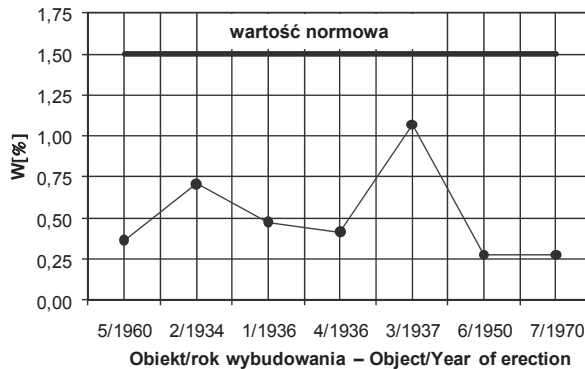
Wartość gęstości objętościowej współcześnie produkowanej cegły pełnej wynosi do 2,0 g·cm<sup>-3</sup>. Wyniki otrzymane w obliczeniach wahają się od 1,53 do 2,06 g·cm<sup>-3</sup> (rys. 2). Oprócz różnego sposobu wytwarzania cegieł różny mógł być także surowiec, z którego cegły wykonywano. Dodatkowo w przeszłości nie było odpowiednich technik oddzielania zanieczyszczeń od właściwego materiału przeznaczonego do uformowania cegły.

Wartość wilgotności w ceglach wyrabianych w obecnych czasach nie powinna przekraczać 1,5%. Wartości wilgotności pojedynczych próbek, pobranych z tej samej cegły, w niektórych przypadkach zdecydowanie się różnią. Na rysunku 3 pokazano, jak w stosunku do wartości granicznej wilgotności przedstawiają się wartości średnie wilgotności wszystkich próbek z poszczególnych obiektów. Można tutaj zauważyć, że wartość wilgotności jest dużo mniejsza od wartości normowych.

Analizując wyniki obliczeń nasiąkliwości wagowej poszczególnych próbek, widać, że rezultaty w większości przypadków mieszczą się w zakresie normowym, tj. od 6 do 22%. Niewielkie odchyłki mogą być spowodowane niedokładnością w odczytach w czasie przeprowadzonych badań. Na rysunku 4 zaprezentowano, w jaki sposób kształtują się



Rys. 2. Porównanie wartości średnich gęstości objętościowej próbek z wartością normową  
Fig. 2. Comparison of mean values of volumetric density to the normative value



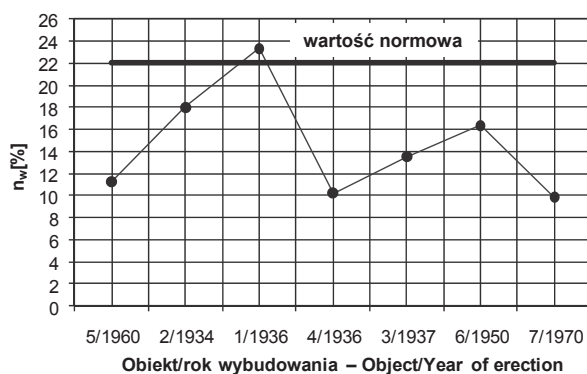
Rys. 3. Porównanie wartości średnich wilgotności próbek z wartością normową  
Fig. 3. Comparison of mean values of humidity to the normative value

średnie wartości nasiąkliwości wagowych próbek pobranych z obiektów w stosunku do wartości normowej.

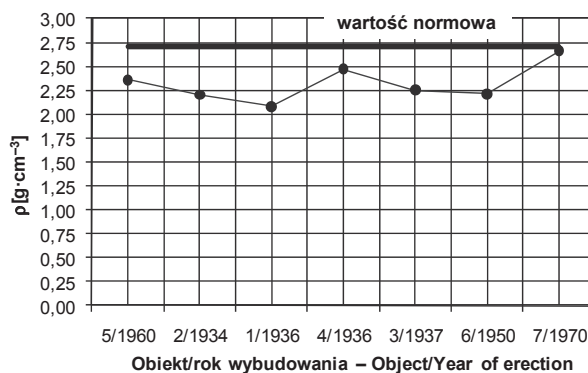
Normowa wartość gęstości właściwej ( $\rho$ ) wynosi  $2,70 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ . Na rysunku 5 porównano średnie wartości gęstości właściwej pobranych próbek (z każdego obiektu) z wartością normową. Najbliżej wartości normowej jest gęstość właściwa próbki nr 7, czyli pobranej z obiektu wybudowanego najpóźniej w 1970 roku. Być może już wtedy wyrabiano cegły w sposób zbliżony do czasów obecnych.

Rozpatrując wyniki obliczeń porowatości badanych próbek, widać, że różni się ona od wartości normowych, które wynoszą od 39 do 71%. Otrzymane wyniki są dużo mniejsze i wynoszą od 16,21 do 28,39%. Analizując wyniki badań, w większości przypadków wartość porowatości jest większa od wartości nasiąkliwości (tab. 2). Spowodowane jest to tym, że woda nie jest w stanie dostać się do wnętrza porów zamkniętych, a jeżeli mamy do czynienia z porami o dużych średnicach, to nie wypełnia ich, ale tylko nawilża ścianki. Na rysunku 6 porównano średnie wartości porowatości dla poszczególnych obiektów z wartością normową.

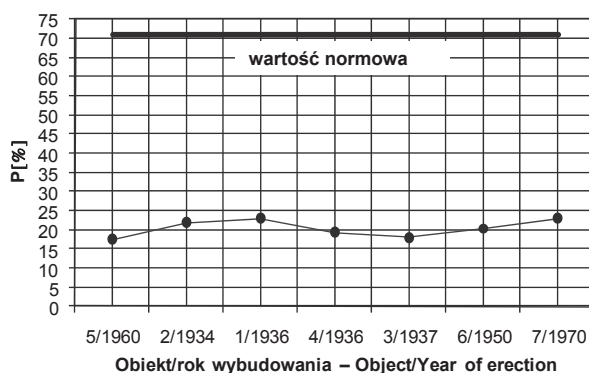
Porównując wielkości normowe parametru szczelności, wynoszące od 63 do 78%, i wartości otrzymane na podstawie wyników badań 71,61–83,88%, wywnioskować moż-



Rys. 4. Porównanie wartości średnich nasiąkliwości wagowej próbek z wartością normową  
 Fig. 4. Comparison of mean values of mass absorbability to the normative value

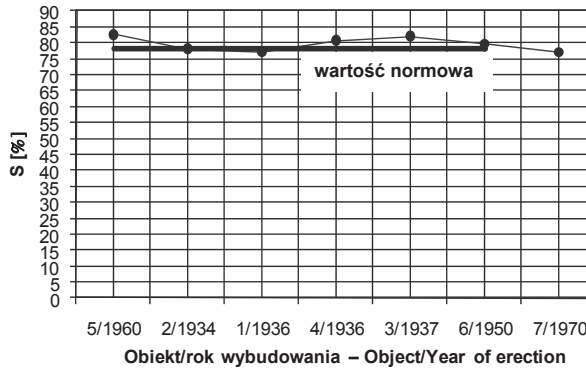


Rys. 5. Porównanie wartości średnich gęstości właściwej próbek z wartością normową  
 Fig. 5. Comparison of mean values of unit density to the normative value



Rys. 6. Porównanie wartości średnich porowatości próbek z wartością normową  
 Fig. 6. Comparison of mean values of porosity to the normative value

na, że materiały użyte do badań w pewnej części spełniają wymogi normowe. Na rysunku 7 zestawiono średnie wartości parametru szczelności oraz wykazano, jak obliczony parametr różni się od wartości normowej. Obliczone wartości są większe od wartości normowych. Największą średnią wartość szczelności wykazały próbki pobrane z obiektu nr 5, wybudowanego w 1906 roku.



Rys. 7. Porównanie wartości średnich szczelności próbek z wartością normową  
Fig. 7. Comparison of mean values of leakproofness to the normative value

## WNIOSKI

Analizując wszystkie przeprowadzone badania oraz obliczenia, można wywnioskować, że cegły produkowane w XX wieku oraz cegły produkowane obecnie różnią się parametrami. Spowodowane jest to wieloma czynnikami, wśród których wymienić można m.in.: usytuowanie budowli w terenie, panujący klimat, rodzaj użytej do budowy zaprawy, brak regularnej dbałości o cegły, wybór surowca do ich produkcji, sposób oczyszczenia tego materiału oraz sposób wykonywania cegieł.

Badane cegły pełne mimo upływu lat posiadają w dalszym ciągu satysfakcjonujące parametry techniczne. Budynki, z których pobrano materiały do badań, z wyjątkiem budynku przeznaczonego do rozbiórki, są w dobrym stanie technicznym i przy odpowiedniej bieżącej kontroli budulca, jakim jest cegła, oraz przy przeprowadzaniu regularnych remontów będą nadawać się do eksploatacji przez kolejne lata.

Na podstawie przeprowadzonej analizy zmian cech technicznych cegły pełnej można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Badane cegły pełne mimo upływu czasu posiadają w dalszym ciągu satysfakcjonujące parametry techniczne.
2. Średnia wartość gęstości objętościowej pobranych próbek jest mniejsza od wartości normowej – najmniejsza otrzymana wartość wynosi  $1,60 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , a największa  $2,05 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ .
3. Średnia wartość gęstości właściwej wszystkich zbadanych próbek jest mniejsza od wartości normowej – najmniejsza wartość wynosi  $2,08 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , a największa  $2,66 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ . Otrzymane wartości gęstości świadczą o porowatości materiału – posiada on większą ilość porów zamkniętych niż otwartych oraz zawiera zanieczyszczenia.



4. Średnia wartość parametru wilgotności pobranych próbek jest we wszystkich przypadkach mniejsza od wartości normowej – najmniejsza wartość wynosi 0,274%, a największa 1,069%.

5. Średnia wartość nasiąkliwości wagowej analizowanych próbek jest mniejsza od wielkości normowej – najmniejsza wartość wynosi 9,83%, a największa 23,35%.

6. Średnia wartość porowatości wszystkich zbadanych próbek jest mniejsza od wartości normowej – najmniejsza wartość porowatości wynosi 17,97%, a największa 22,99%. Woda nie jest w stanie dostać się do wnętrza porów zamkniętych. Jeżeli mamy do czynienia z porami o dużych średnicach, to woda nie wypełnia ich, tylko nawilża ścianki.

7. Średnia wartość parametru szczelności zbadanych próbek jest w większości większa od wartości normowej – najmniejszy otrzymany wynik wynosi 77,01%, a największy 82,55%.

Cegła pełna jest odporna na działanie czynników atmosferycznych, posiada dobre parametry wytrzymałościowe i izolacyjne.

## PIŚMIENNICTWO

- Budownictwo ogólne. Tom 1 – materiały i wyroby budowlane, 2002. Red. B. Stefańczyk. Arkady, Warszawa.
- Osiecka E., 2002a. Materiały budowlane – właściwości techniczne i zdrowotne. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- Osiecka E., 2002b. Materiały budowlane – kamień, ceramika, szło. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- PN-B-12004:1999 Wyroby budowlane ceramiczne. Cegły kominowe.
- PN-B-12050:1996 Wyroby budowlane ceramiczne. Cegły budowlane.
- PN-70/B-12016 Wyroby ceramiki budowlanej. Badania techniczne.
- Szymański E., 2004. Materiały budowlane. T. I. Oficyna Wydawnicza Wyższej Szkoły Ekologii i Zarządzania, Warszawa.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF CHOSEN TECHNICAL FEATURES OF SOLID BRICKS ON THE EXAMPLES OF SINGLE-FAMILY HOUSES

**Abstract.** The paper presents the results of comparative analysis of some chosen technical features of solid bricks made in past and nowadays. The investigations were carried out on seven representative objects. The obtained results can be helpful to determine ways of renovation of brick single-family buildings. The state of brick buildings is various – it changes from buildings in satisfying technical state to objects threatening the safety. The reasons of damage of the investigated buildings are mainly due to the features of the bricks and applied mortars as well as to the situation of the buildings in a terrain, to a climate or care to them. There were the most important features chosen to determine: volumetric and unit density, porosity, leakproofness, humidity, absorbability.

**Key words:** full brick, technical properties

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 7.07.2010