BJB025 – Progresivní stavební materiály

doc. Ing. Radomír Sokolář, Ph.D.
Ústav technologie stavebních hmot a dílců (UTHD)

- **2 přednášky** – progresivní materiály v oblasti **stavební keramiky,**
- **Obecně progres v oblasti technologie výroby – vliv na vlastnosti a ekonomiku výroby.**

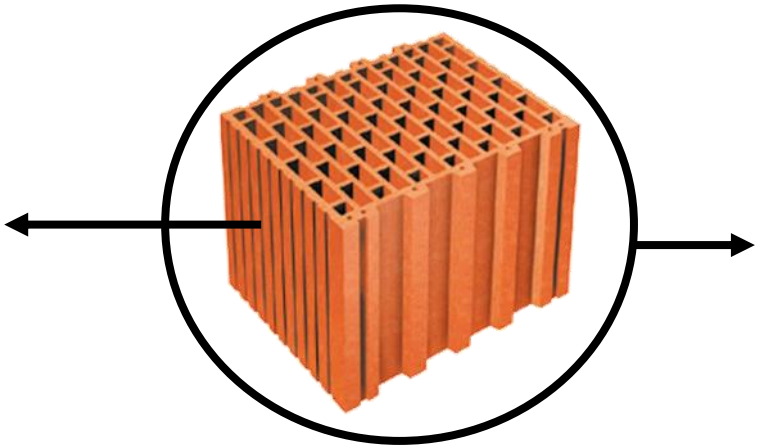
Program přednášek:

1. **Progresivní cihlářské výrobky…**
2. **Progresivní keramické obkladové prvky…**

1. Cihlářské výrobky

- výrobky hrubé keramiky (zrna nad 100 μm),
- největší objem výroby stavební keramiky,
- **zdicí prvky pro svislé konstrukce, pálené střešní tašky pro šikmé střechy**, **prvky pro vodorovné konstrukce** a ostatní (trativodky, komínovky, obkladové pásky, dlaždice),
- obecné vlastnosti **cihlářského střepu**: pórovitý – vysoká nasákavost nad 12 % (x lícové cihly, dlaždice = klinker, tašky), barevný, pevnost v tlaku 3 - 150 MPa, objemová hmotnost 1200 do 2300 $kg.m^{-3}$.

Cihlářský (cihelný) střep



Cihlářský výrobek
(zdicí tvarovka)

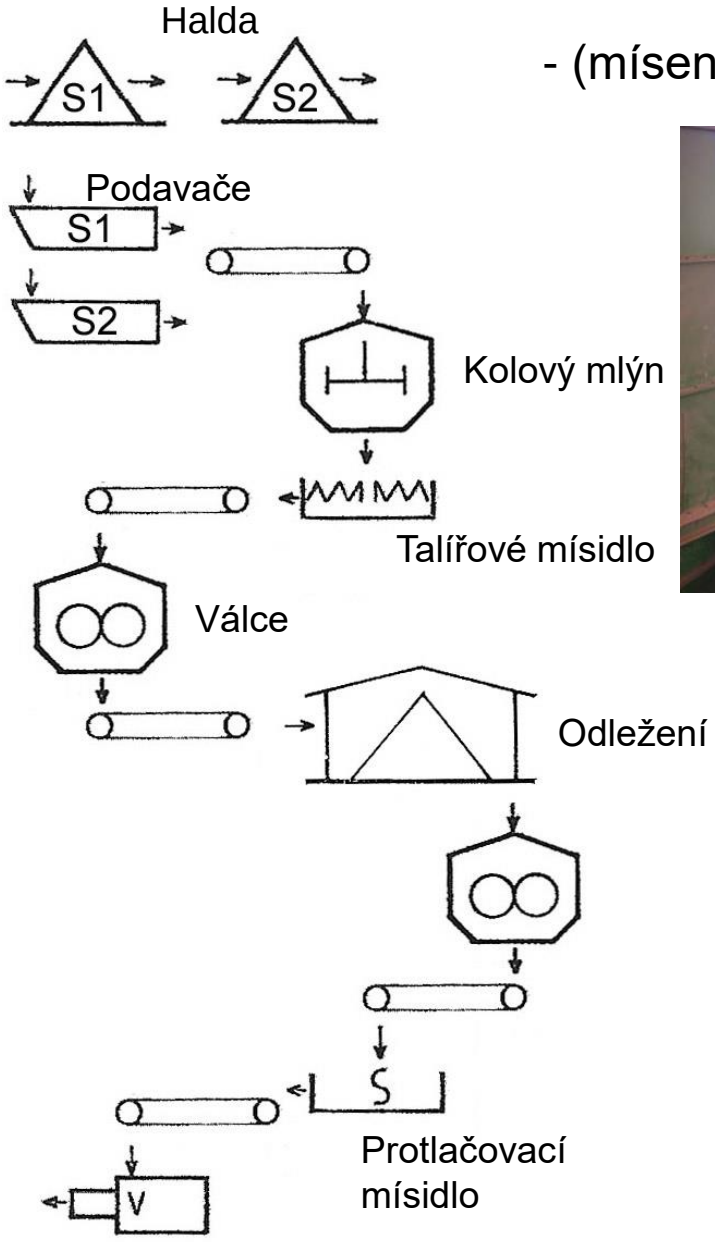
1.1 Technologie cihlářské výroby

- **Surovinová směs:**

- plastické suroviny (vždy) – cihlářské zeminy = hlíny, jíly (ČSN 72 1564)

- neplastické suroviny (příměs) – ostřiva (křemenný písek, antuka), lehčiva (piliny, papírenské kaly,…)

1.1.1 Příprava surovinové směsi



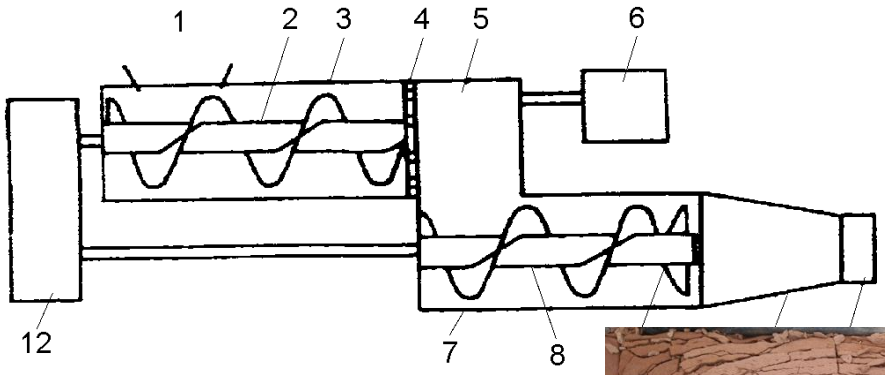
- (mísení, zdrobňování, úprava vlhkosti) – úpravárenská linka

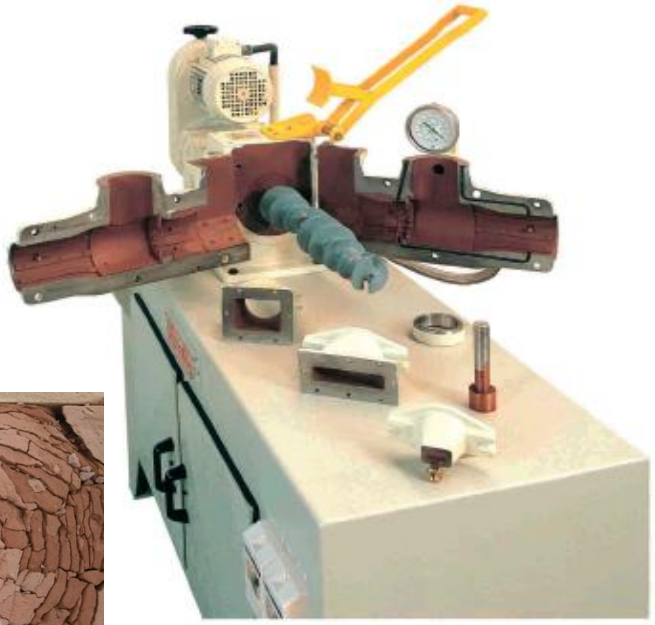
Odležovací věž

Odležárna

1.1.2 Vytváření

- **z tvárného (plastického) těsta** (vlhkost 15 – 25 %) - šnekový lis (vakuový) horizontální



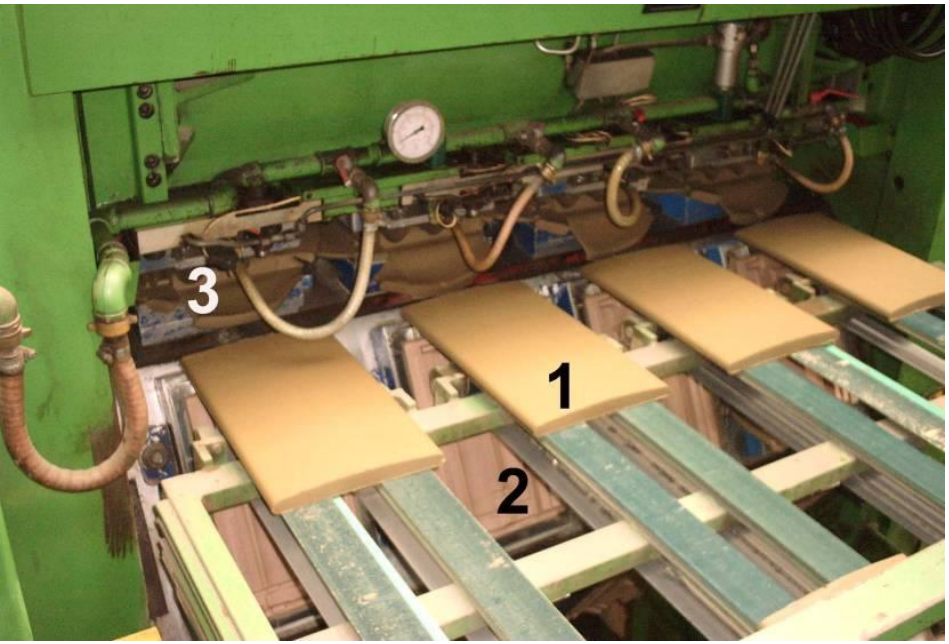


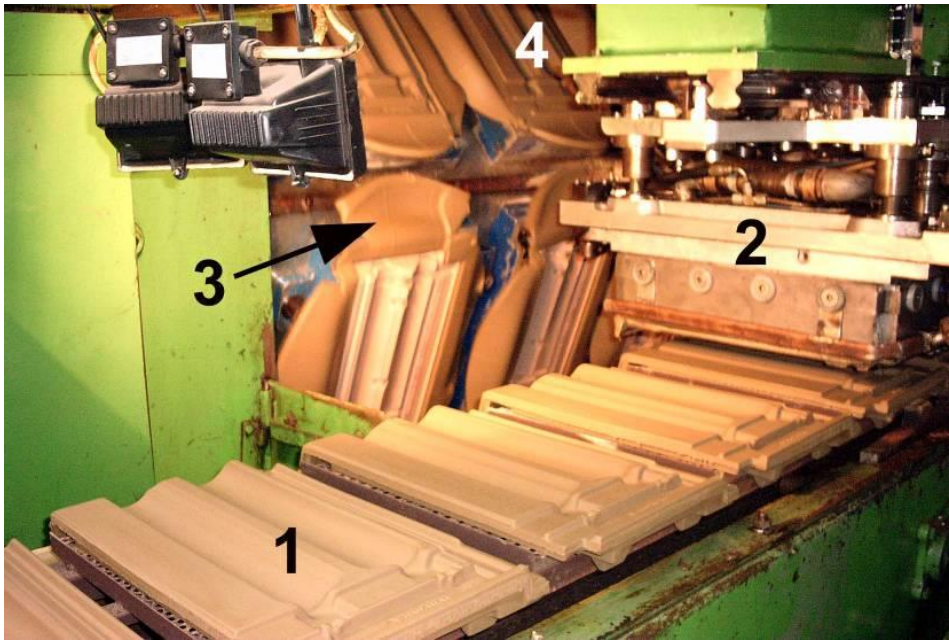
Ústí

Vytváření tažením na šnekovém lisu + odřezávání

1.1.2.1 Výroba ražených tašek

šnekový lis – plástve ⇒ nařezání ⇒ vylisování (revolverový lis) ⇒ odebrání výlisku
formy: nejčastěji sádrové (cca. 2 h provozu, 3500 výlisků)

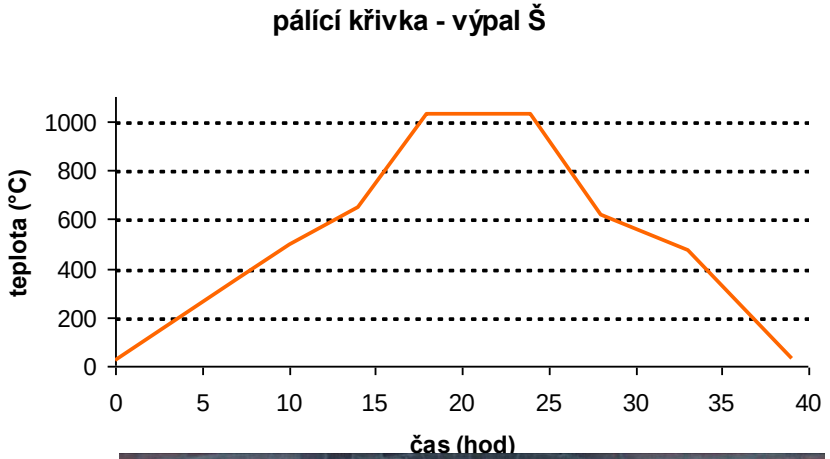


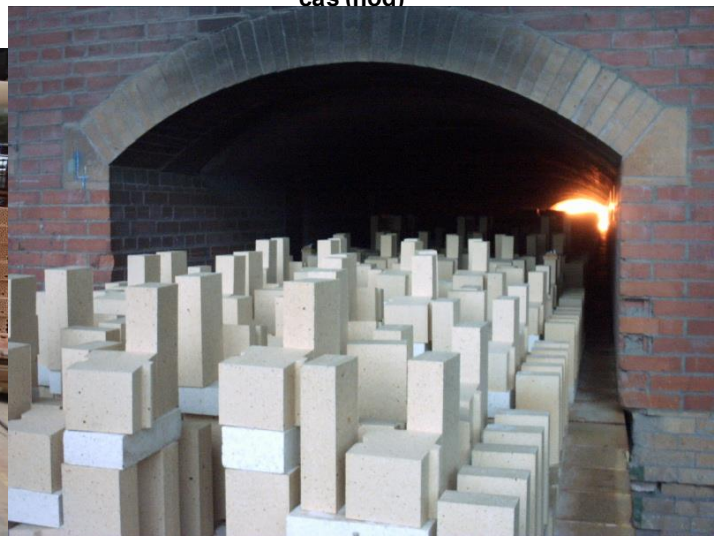


Ražení tašek na revolverovém lisu

1.1.3 Sušení a výpal

- sušení v komorových nebo kanálových sušárnách (do 100 °C)
- Výpal v tunelových pecích 850 – 1050 °C





Pozn. Výroba plných pálených cihel

1.2. Zdící prvky (prvky pro svislé konstrukce)

ČSN EN 771-1: Pálené zdicí prvky

- **P** - zdicí prvek určený pro použití v chráněném zdivu,
- **U** - pálené prvky pro nechráněné (neomítané) zdivo

- vnější nosné obvodové zdivo,
- nosné zdivo,
- nenosné (výplňové) zdivo a
- režné (lícové) zdivo.

Pozn. 1: mrazuvzdornost

- **EN 772-22** (ČSN P CEN/TS): Zkouší se 100 zmrazovacích cyklů – 15 °C / + 20 °C na zkušebních panelech 7 dnů nasáknutých v nádrži s vodou.

- **ČSN 72 2609**: 5 ks vzorků nasáknutých varem – F0, F1 (15-25 cyklů), F2 (50 cyklů).

Výběr zdicích prvků podle třídy mikropodmínek umístění zdiva

třída	Pálené zdicí prvky (ČSN EN 771-1)
MX1	libovolné
MX2.1	F0,F1 nebo F2/S1 nebo S2
MX2.2	F0,F1 nebo F2/S1 nebo S2
MX3.1	F1 nebo F2/S1 nebo S2
MX3.2	F2/S1 nebo S2
MX4	Konzultace s výrobcem
MX5	Konzultace s výrobcem

Mikropodmínky umístění zdiva podle Eurokódu 6 (ČSN EN 1996)

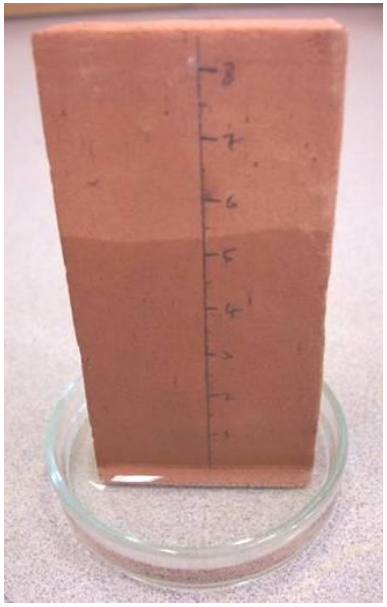
- **MX1** – suché prostředí
- **MX2** – s vlivem vlhkosti nebo smáčení
- **MX3** – se smáčením a střídavým působením mrazu a tání
- **MX4** – s působením zasoleného vzduchu nebo mořské vody
- **MX5** – agresivní chem. prostředí (půs. chloridů a síranů)

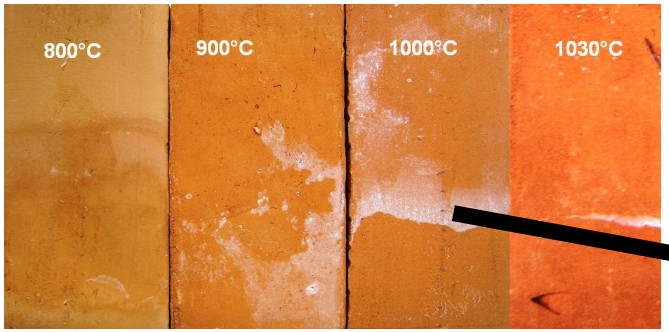
Pozn. 2: výkvětotvornost

a) primární - vlastnost výrobku,
b) sekundární - vznik ve zdivu (malta $Ca(OH)_2$).

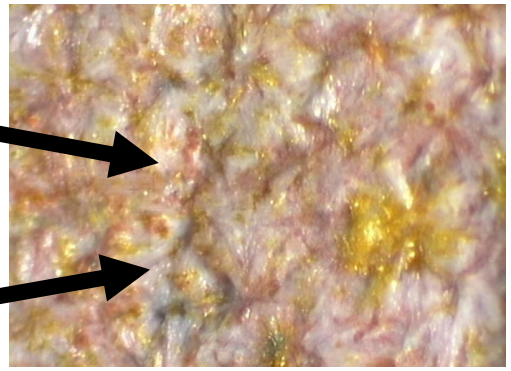
Obsah aktivních rozpustných solí - ČSN EN 772-5

Kategorie	Mezní hodnoty obsahu solí [% hmotnostní]	
	$Na^+ + K^+$	Mg^{2+}
S0	Nepožaduje se	Nepožaduje se
S1	0,17	0,08
S2	0,06	0,03





Mikroskopie, chemický a mineralogický rozbor



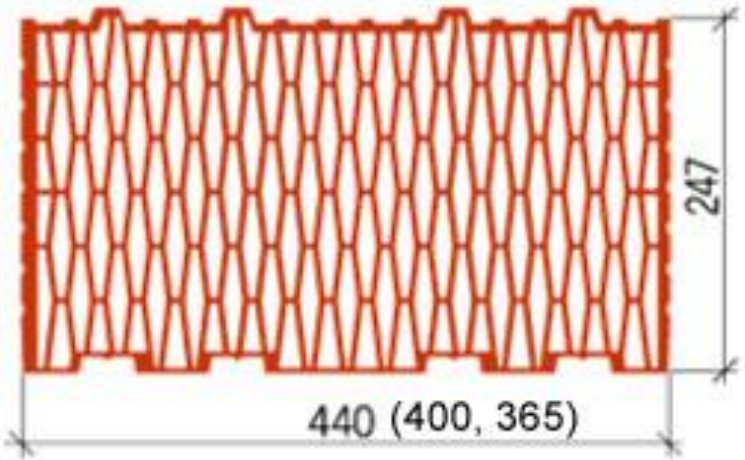
1.2.2. Zdící prvky pro vnější nosné obvodové zdivo

- Nosná + tepelně-izolační funkce,
- Tvarovky „THERM“ – objemová hmotnost pod 800 kg.m^{-3},
- Rozměry - 4x4 ks na 1 m^2 zdiva,
- Pero + drážka – nemaltují se styčné spáry,

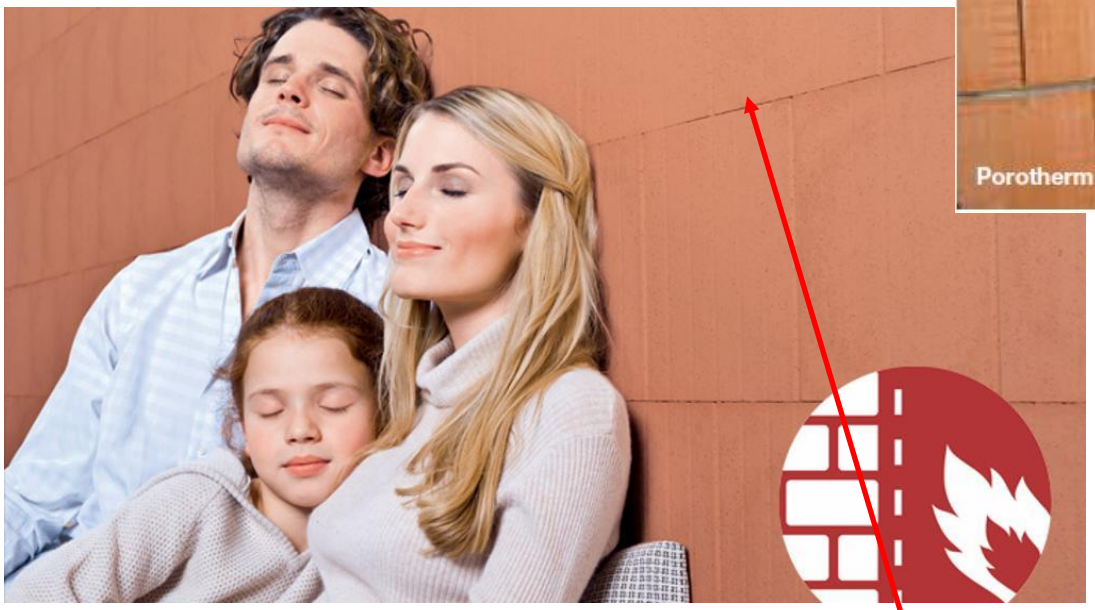
Nově:

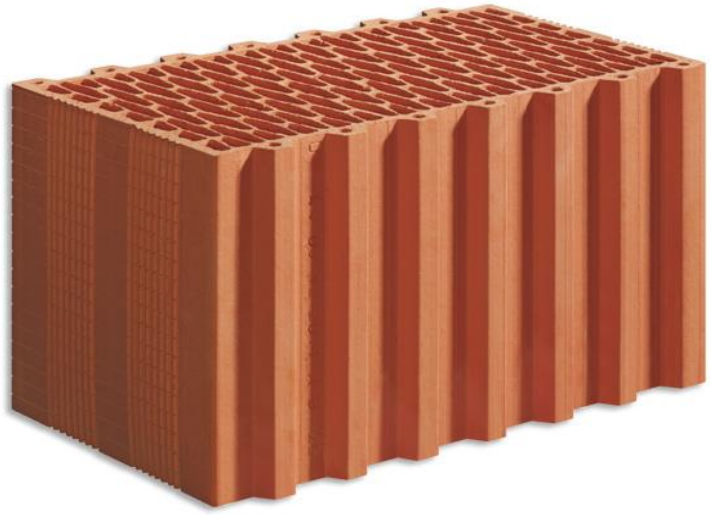
- Broušené tvarovky.
- STI, Si („super tepelně izolační“, „super izolační“) = v posledních letech významný progres v tepelně izolačních vlastnostech,

$$R = \frac{d}{\lambda} \qquad U = \frac{1}{R + 0{,}2}$$



Pozn.: výška tvarovek!





<u>249 mm</u> – broušené pro 1 mm spáru

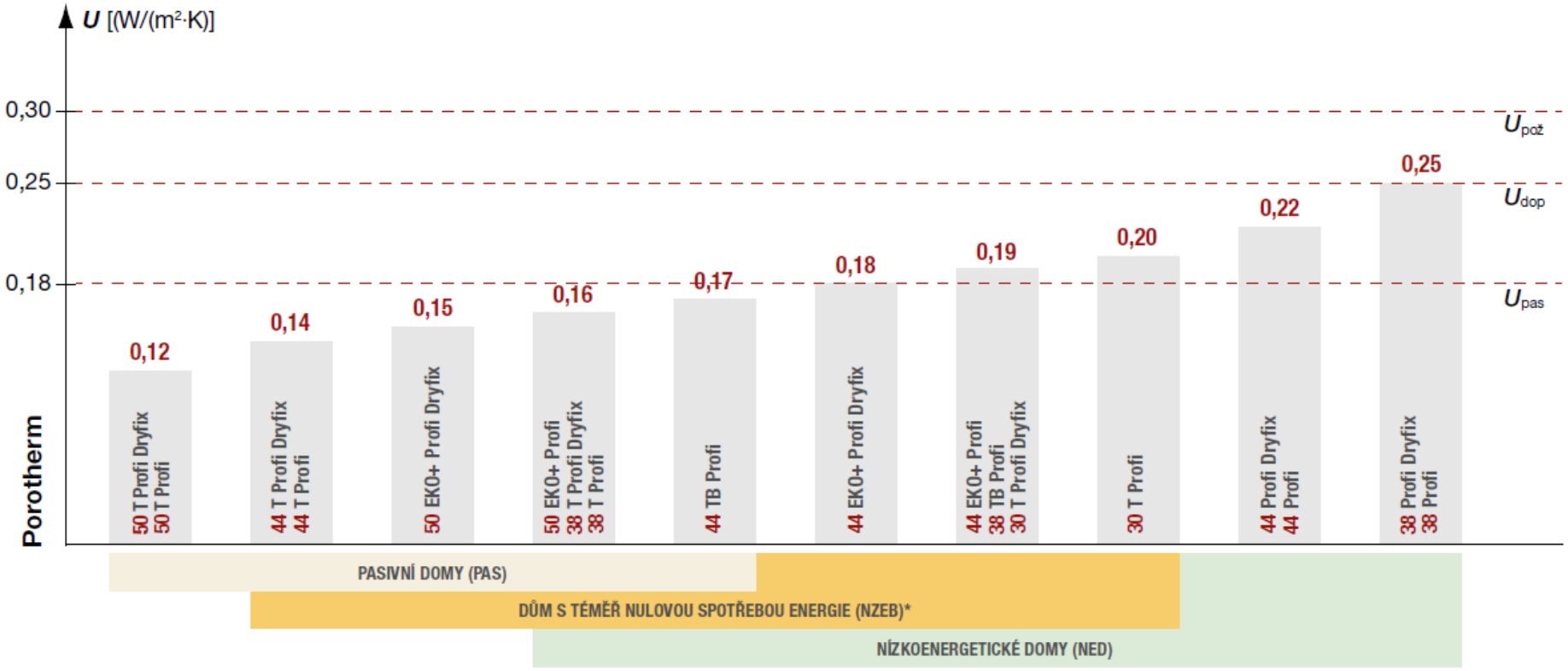
nebo

<u>238 mm</u> – pro tradiční12 mm spáru

! Od roku 2020 nově postavené budovy musejí splňovat kritéria pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie NZEB („Nearly Zero Energy Buildings“)

Součinitel prostupu tepla *U*

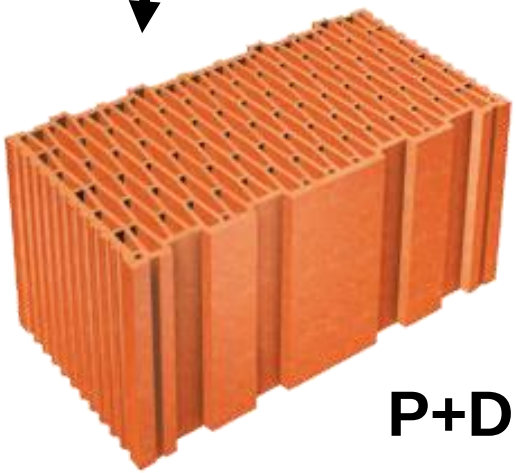
pro obvodové zdivo [W/(m²·K)] včetně omítek, v suchém stavu
nižší hodnota = nižší náklady na vytápění



ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky

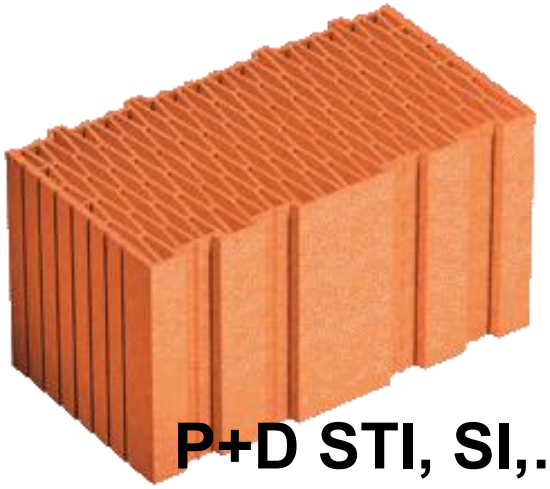
* doporučená hodnota pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie (nZEB) je odvozena dle vyhlášky o energetické náročnosti budov číslo 78/2013 Sb.

Zdroj ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky.

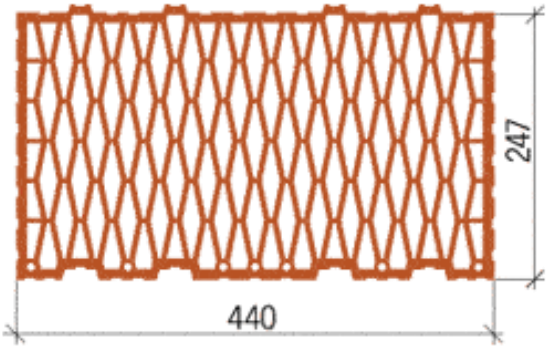


P+D

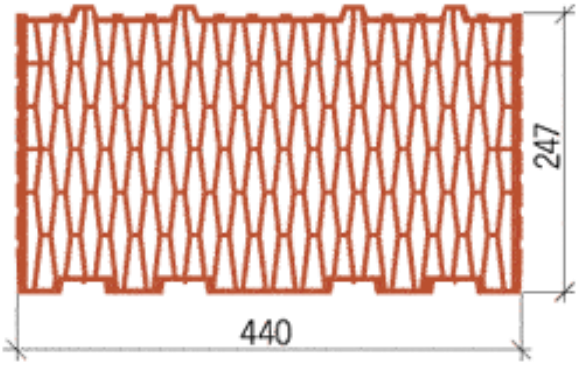
Lepší tepelně izolační vlastnosti x horší pevnost



P+D STI, SI,..



Více řad otvorů, více lehčený střep



$R = 3,2\ m^2.K.W^{-1}$
$U = 0,30\ W.m^{-2}.K^{-1}$
Pevnost v tlaku 8–15 MPa
Objem. hmotnost 800 $kg.m^{-3}$
Hmotnost 20,1 kg

Požadavek pro vnější obvodové zdivo:
$U = 0,30\ W.m^{-2}.K^{-1}$

$R = 4,77\ m^2.K.W^{-1}$
$U = 0,20\ W.m^{-2}.K^{-1}$
Pevnost v tlaku 6-8 MPa
Objem. hmotnost 620 $kg.m^{-3}$
Hmotnost 16,4 kg

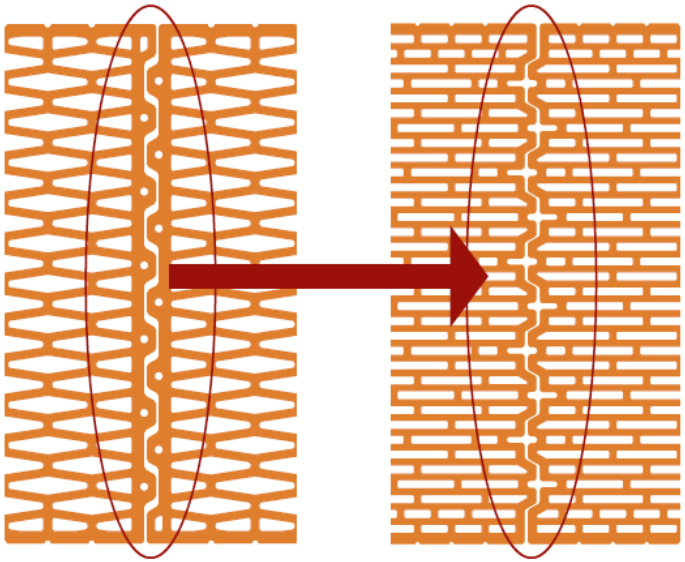
Pozn. novinky:

- broušené tvarovky,
- tvarovky s integrovanou tep. izolací,
- hydrofobizace.

U = 0,13 W/m^{2}K,
R = 7,83 m^{2}K/W,
P8,
670 kg.m^{-3},
49 dB
20,9 kg

U = 0,11 W/m^{2}K,
R = 9,06 m^{2}K/W,
P8,
650 kg.m^{-3},
44 dB
20,3 kg

Řešení detailů

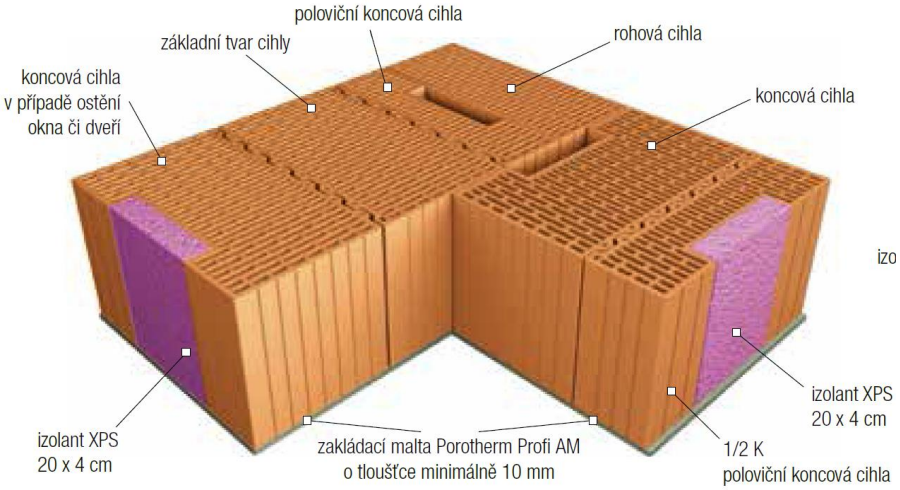


tradiční řešení spoje cihel
Porotherm 44

inovace v řešení spoje cihel
Porotherm 44 EKO+ Profi

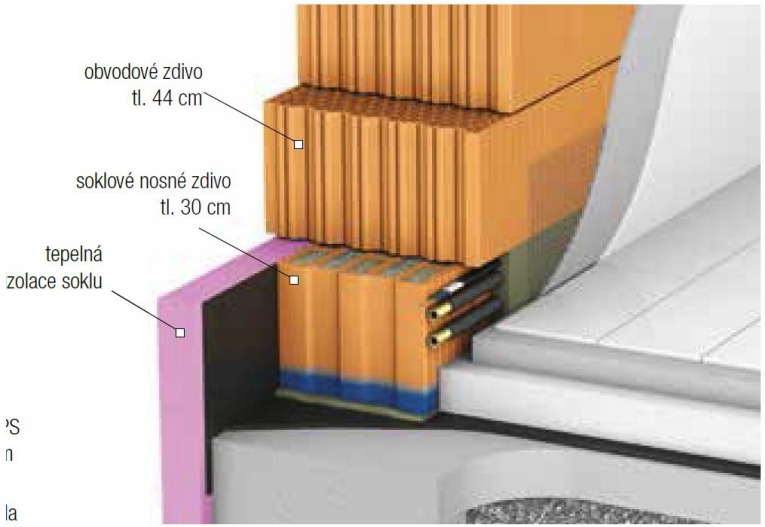
1. VAZBA ROHU

Správné použití doplňkových cihel v rohu obvodové stěny Porotherm



2. SOKL OBVODOVÉ STĚNY

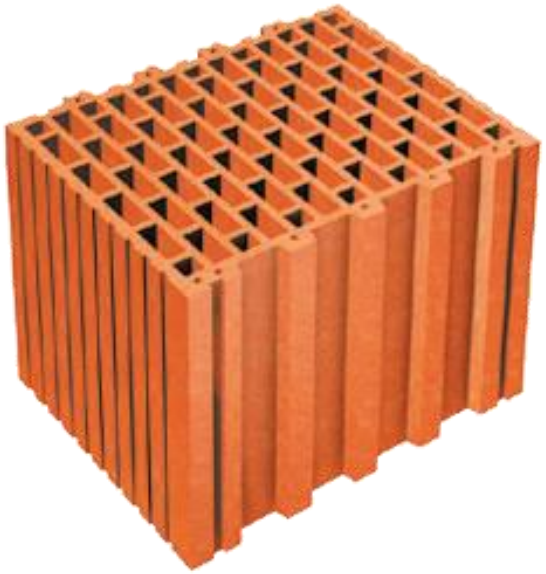
Příklad napojení stěny na základ – řešení pro broušené i klasické cihly Porotherm



1.2.3. Zdící prvky pro nosné zdivo

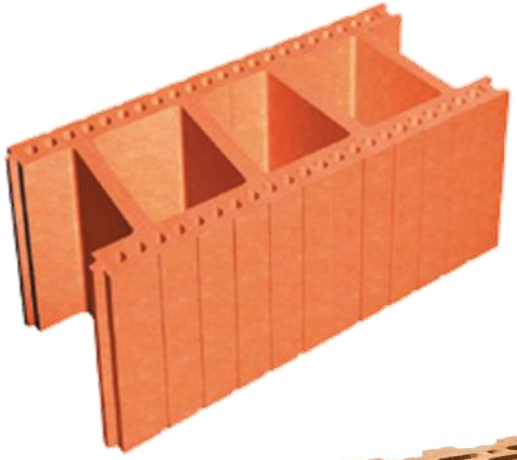
Bez tepelně izolační funkce.

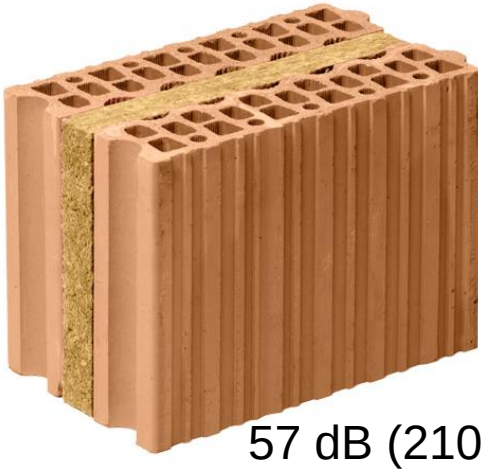
- **Plná cihla -** český formát 290×140×65 mm nebo německý 240×115×71 mm - pevnost v tlaku: 6 – 25 MPa, objemová hmotnost 1600 - 1900 kg.m^{-3}. Možné otvory do 15 % plochy.
- **Tvarovky pro nosné zdivo** – OH: 850 až 1450 kg.m^{-3}, pevnost v tlaku 10 - 25 MPa. Jako THERM s nižším podílem lehčení děrováním, nemají lehčený střep, tloušťka do 300 mm.



AKU tvarovky = „akustické“

- vysoká objemová hmotnost ⇒ lepší akustické (index vzduchové neprůzvučnosti [dB]) a tepelně akumulační vlastnosti.





57 dB (210 mm)

P15, 52 dB (250 mm)
1000 kg.m-3

Pozn. vzduchová neprůzvučnost

schopnost konstrukce přenášet zvuk v zeslabené míře do chráněných prostor - stupeň vzduchové neprůzvučnosti **R** [dB]
= vážená neprůzvučnost (při kmitočtu 500 Hz)
- **Rw (**laboratorní) - **R´w** (na stavbě)

Typ místnosti	**Stěny**
	R'_w [dB]
Mezibytové konstrukce	52
Restaurace s provozem i po 22:00 h.	62
Velmi hlučné prostory ve školách (např. dílny)	57
Kanceláře a pracovny	37
Výukové prostory ve školách	47

1.2.4. Zdící prvky pro nenosné zdivo

Nenosné zdivo = příčky, výplňové zdivo (s funkcí pouze např. tepelně-izolační, akustickou) a funkcí ochrannou, resp. okrasnou (např. lícové zdivo).

Děrované cihly (příčkovky)

- Příčkovky svisle děrované (CD P+D) - tl. běžně 65 a 115 mm (bez omítek) - rozměr např. 115x497x238 mm nebo 65x372x238 mm, pero-drážka.
- Příčkovky podélně děrované – dvouděrové (Pk-CD2), tříděrové (Pk-CD3), méně již se čtyřmi, šesti nebo devíti podélnými děrami.

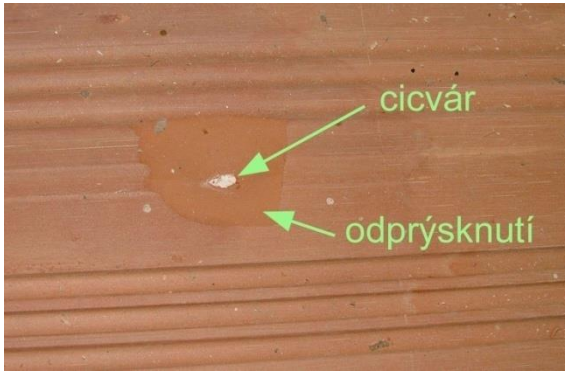
příčkovka svisle děrovaná

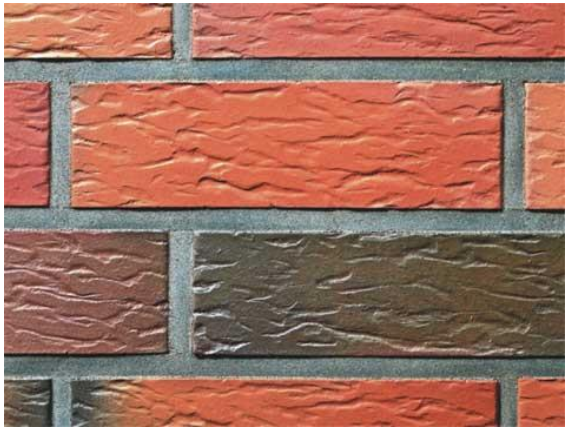
příčkovka podélně děrovaná

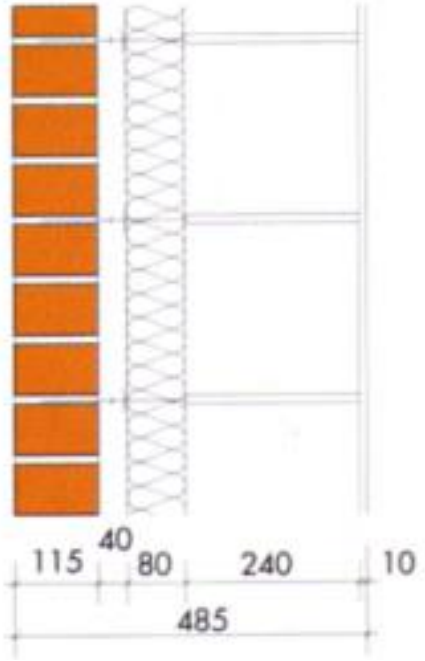
1.2.4. Zdicí prvky pro nenosné zdivo

Cihly pro režné (lícové) zdivo

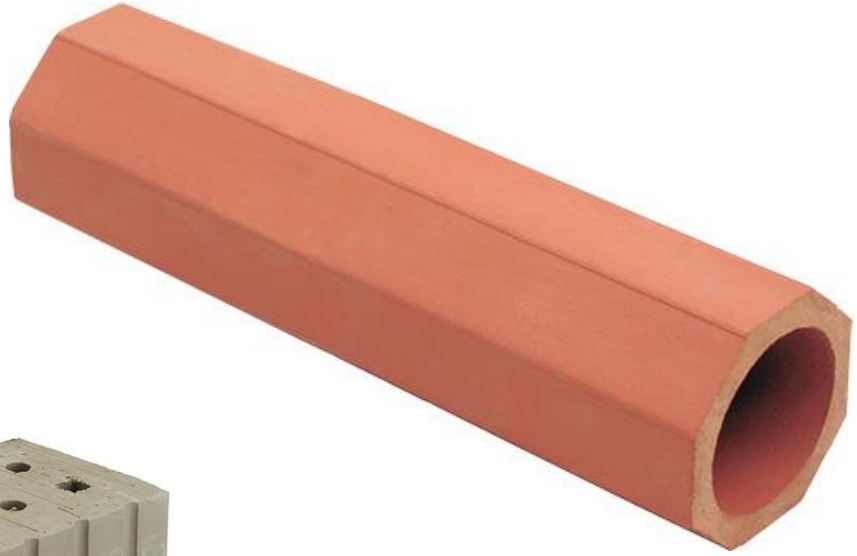
- plné (vylehčení otvory do 15 %) a příčně děrované (vylehčení otvory 25 – 50 %), pevnost v tlaku 10 – 40 MPa,
- Mrazuvzdornost, bez výkvětů a cicvárů,
- Lícové plochy – často engoby i glazury a upravují rustikováním, drásáním, pískováním apod.,
- **klinker** („zvonivka“) - nasákavost max. 6 – 8 %, pevnost v tlaku min. 60 MPa, objemová hmotnost kolem 2200 kg.m^{-3}.







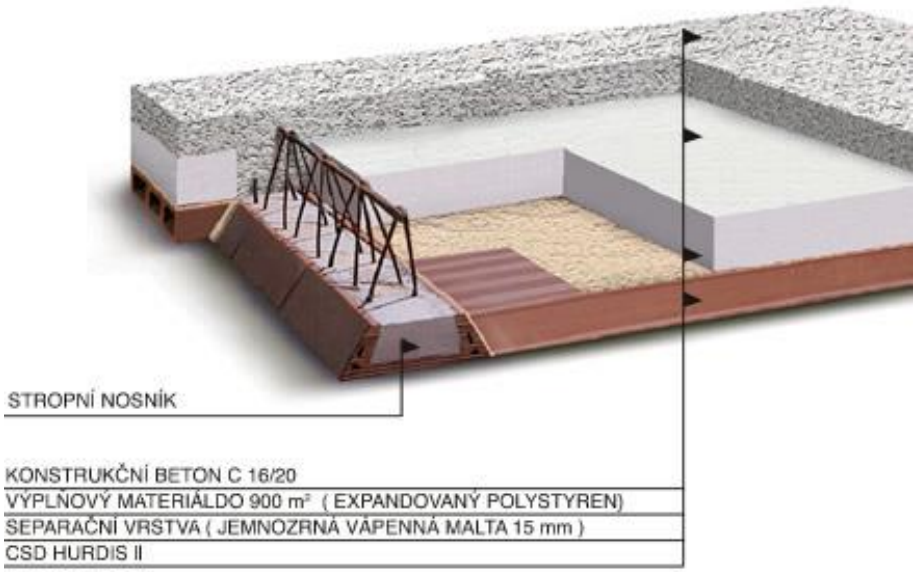
• KLINKER - lícové zdivo • vzduchová mezera • tepelná izolace (z minerál. vláknitých desek) • cihelná tvarovka tl. 240 mm • vnitřní omítka
plošná hmotnost 500 kg/m^2
index vzduchové neprůzvučnosti R_w = 55 dB
tepelný odpor R = 2,7 m^{2}K/W

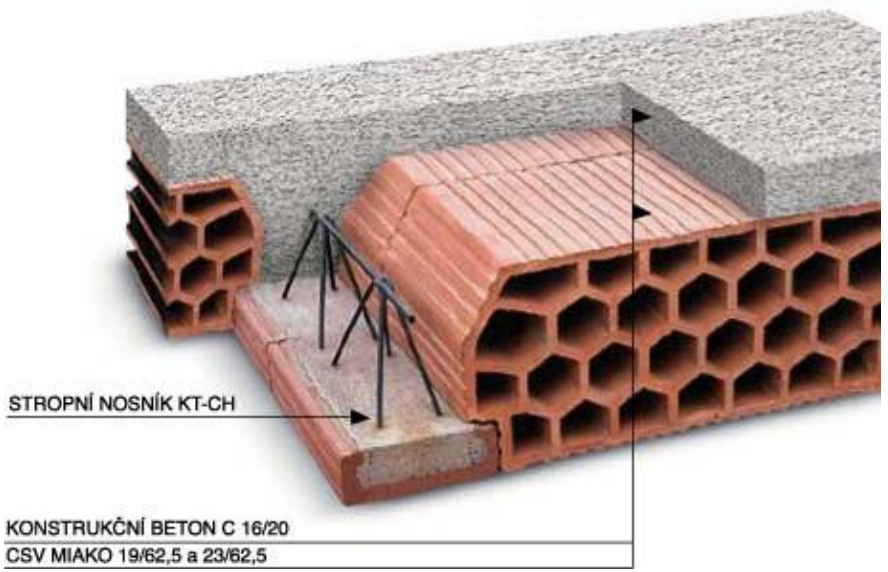


1.3. Pálené cihlářské prvky pro vodorovné (stropní) konstrukce

- stropní desky desky HURDIS s patkami,
- stropní vložky MIAKO

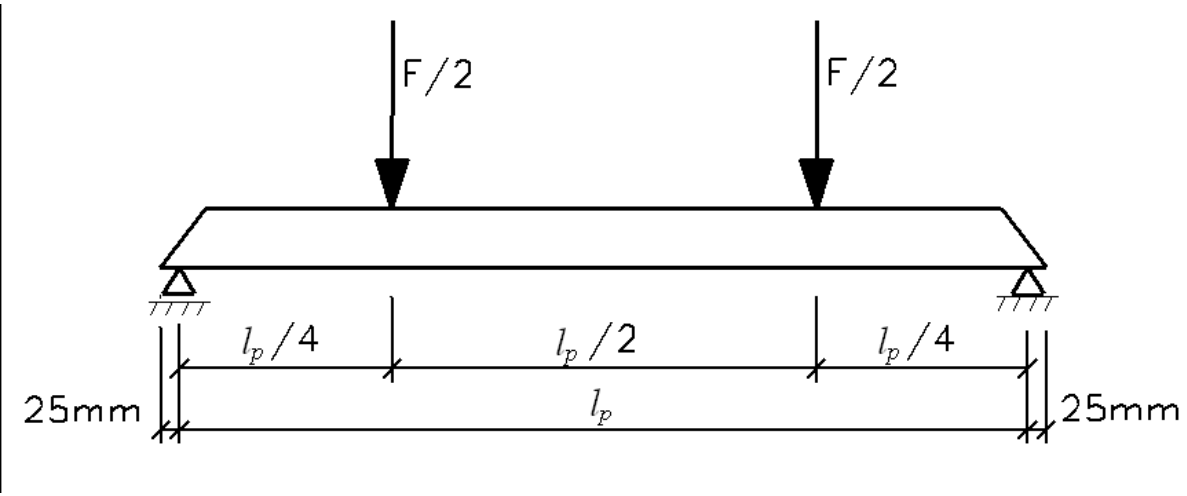
CSD HURDIS II 1200



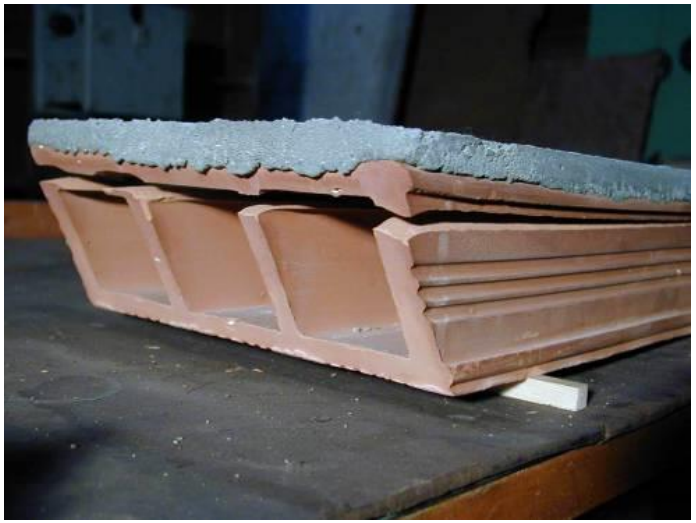


Vybrané vlastnosti desek HURDIS (ČSN 72 2642)

- Tloušťka vnitřních a bočních stěn HURDIS (v nejtenčím místě na řezu výrobku) min. 7 mm.
- Maximální suchá hmotnost HURDIS (1180x250x80 mm) se šikmým čelem - 18,8 kg.
- Průměrná nasákavost střepu (var 4 h) – min. 12 %.
- Průměrná vlhkostní roztažnost střepu (po 24 h varu) – max. 0,6 mm/m.
- Únosnost F – pro desky 1180x250x80 mm min. 5,0 kN.



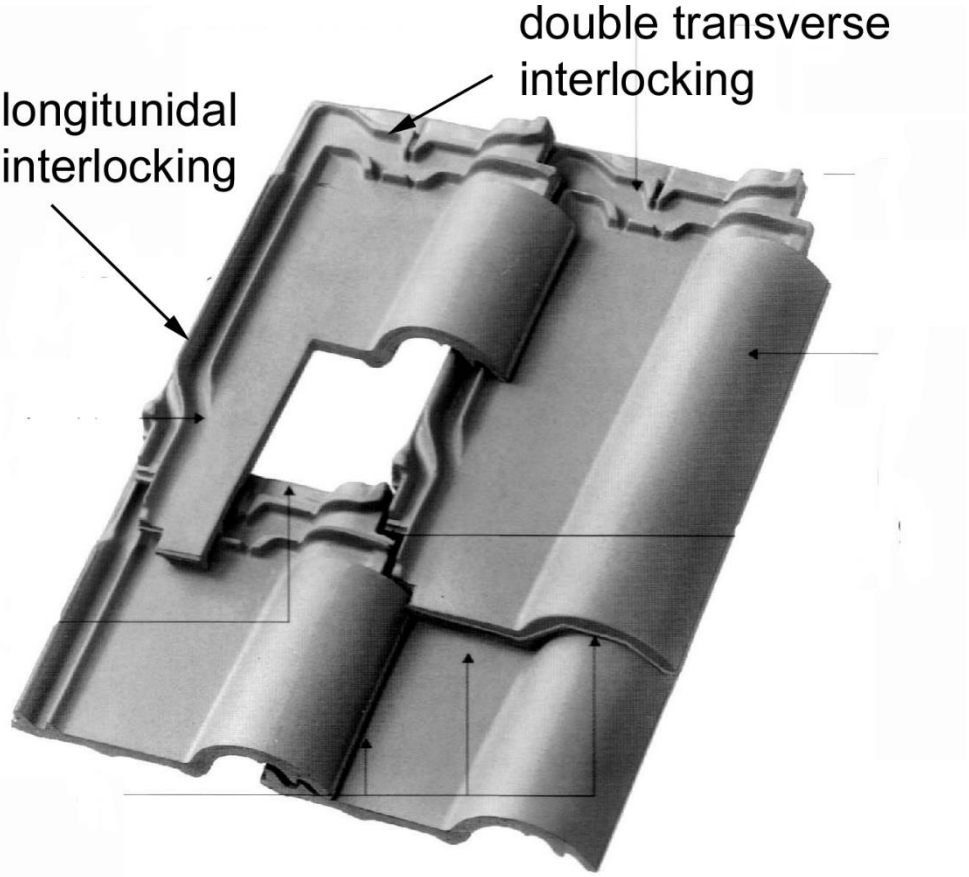
Pozn. Havárie stropů s deskami HURDIS



1.3 Pálené střešní tašky

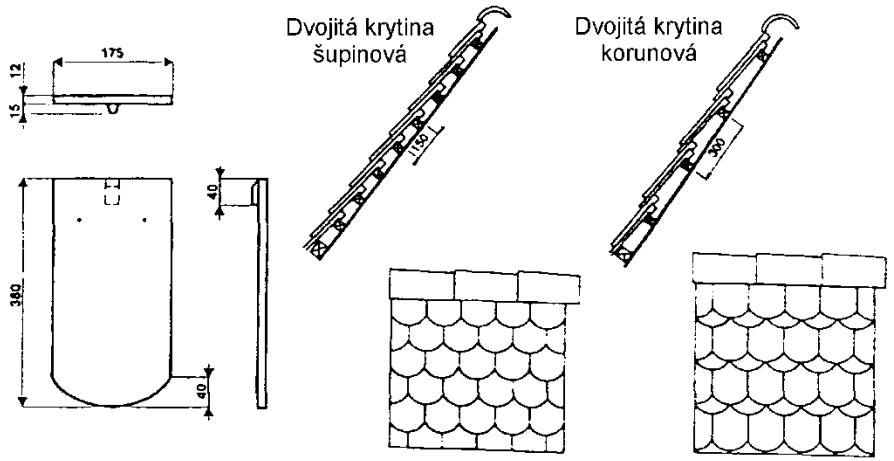
Definované v ČSN EN 1304

- **Tažené** – na šnekových lisech - bez drážkování (ploché tašky) nebo jen s podélnou drážkou
- **Ražené (lisované)** – s podélnými a běžně i s příčnými drážkami



1.3.1 Tažené tašky

- Ploché bez drážky - bobrovky - rozměr 380 × 180 mm bez drážkového systému. Bezpečný sklon min. 30 °
- S podélnou drážkou.

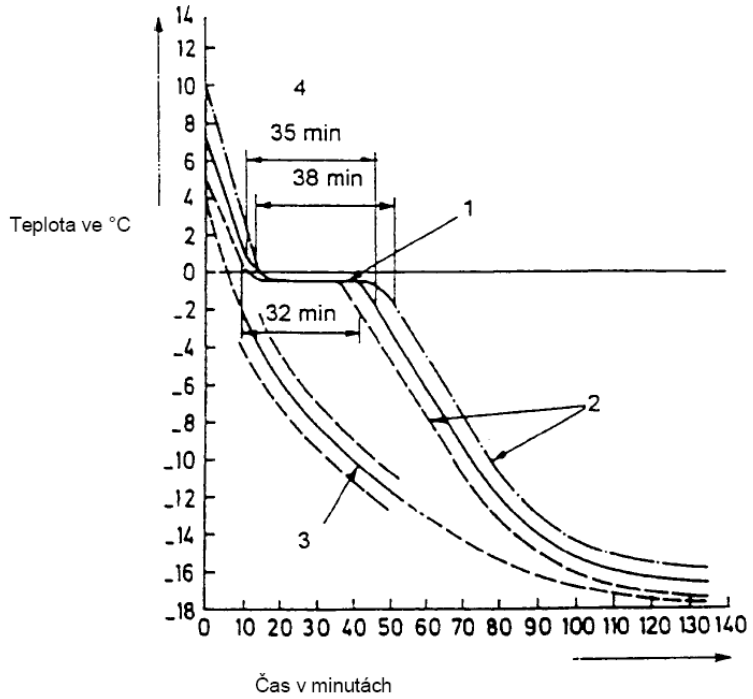


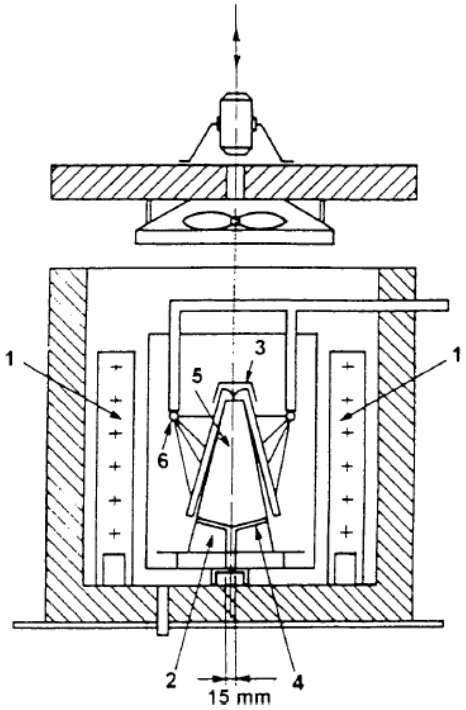
1.3.2 Lisované (ražené) střešní tašky

- Bezpečný sklon 30 ° a 22 °
- Různé tvary a velikosti – např. Francouzská 12 (14), Hranice 11, Stodo 13 – počet tašek na 1 m^2 střechy.

Mrazuvzdornost (ČSN EN 539-2)

- Zkušební metoda **A** (BENELUX), **B** (Německo, Rakousko, **ČR**, Finsko, Island, Norsko, Švédsko a Švýcarsko), **C** (Španělsko, Francii, Řecko, Itálii a Portugalsko), **D** (Dánsko, Irsko a UK).
- 6 tašek - 150 zmrazovacích cyklů – nesmí vznik. povrchová trhlina, začínající odlupování, odloupnutí, odprýsknutí, drolení, praskliny, výlom žebírek, lom, lístkování

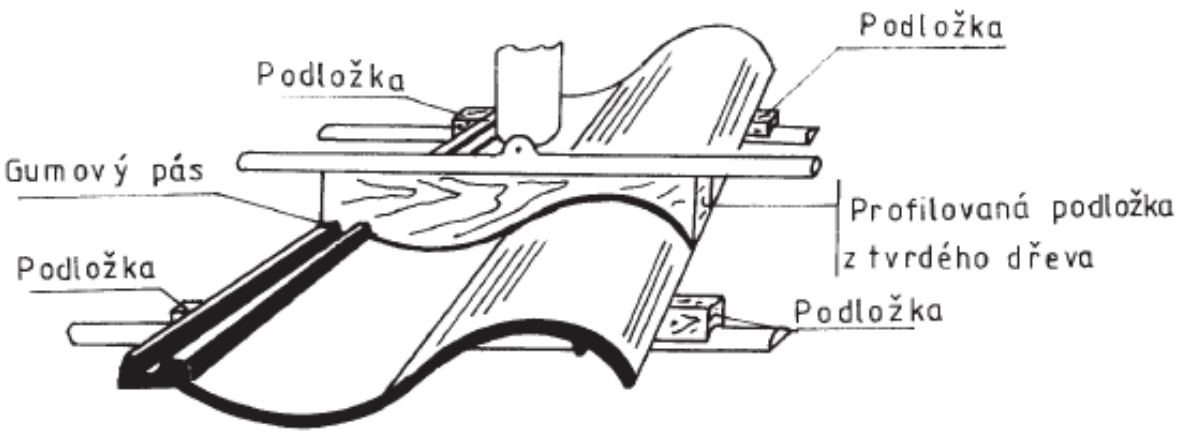


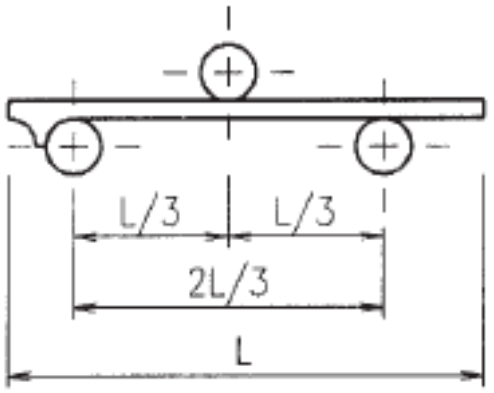


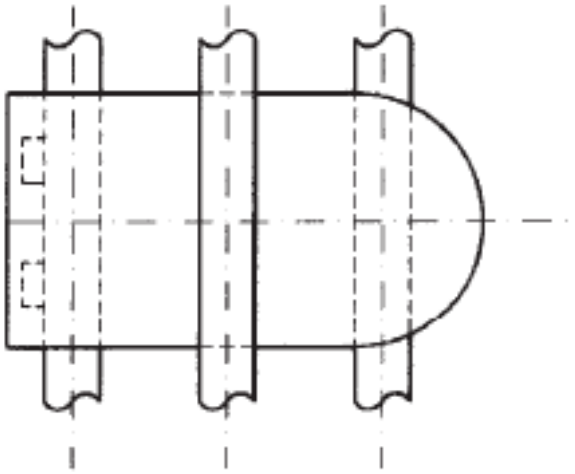
Dříve:
- Do roku 1999: 25 cyklů podle ČSN 72 2606: bez viditelných změn (trhlinky, lístkování) nebo únosnost nesmí klesnout o více než 20 %

Únosnost (ČSN EN 538)

- V kN na 2 desetinná místa (ploché 0,60 kN, ražené 1,20 kN)



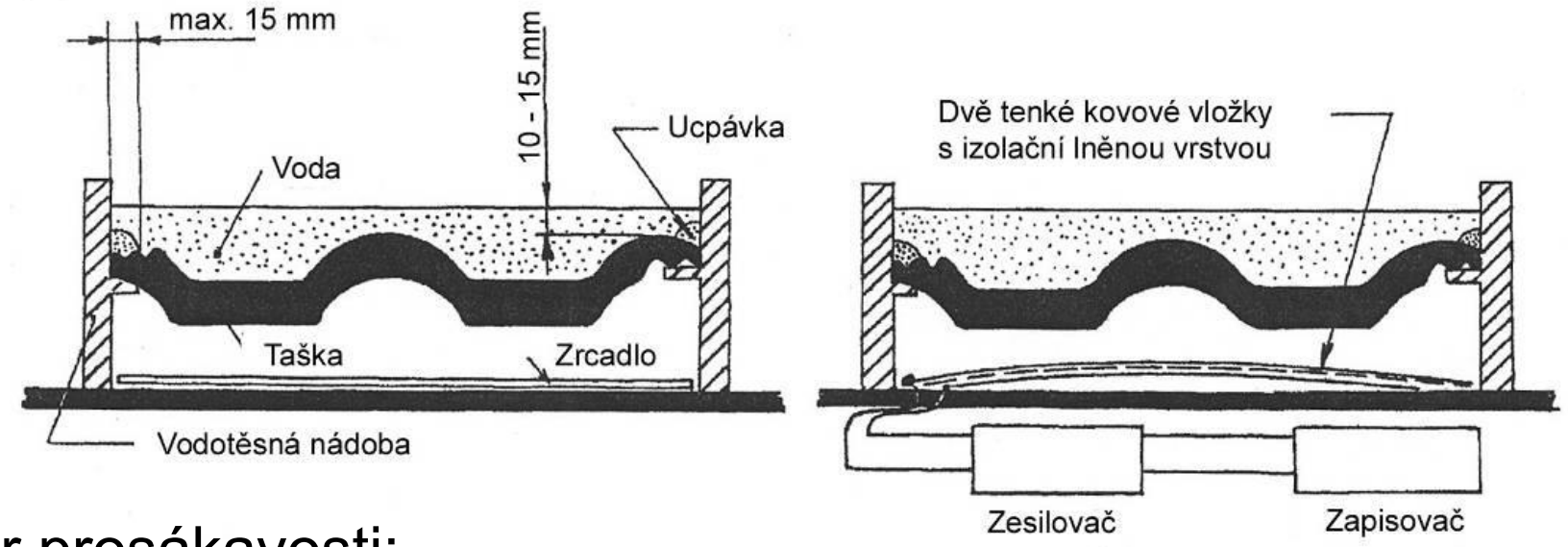




Bobrovka nyní: 0,60 kN při vzdálenosti podpor cca. 253 mm, tzn. 2/3 délky 380 mm = pevnost v ohybu střepu min. 8,8 MPa

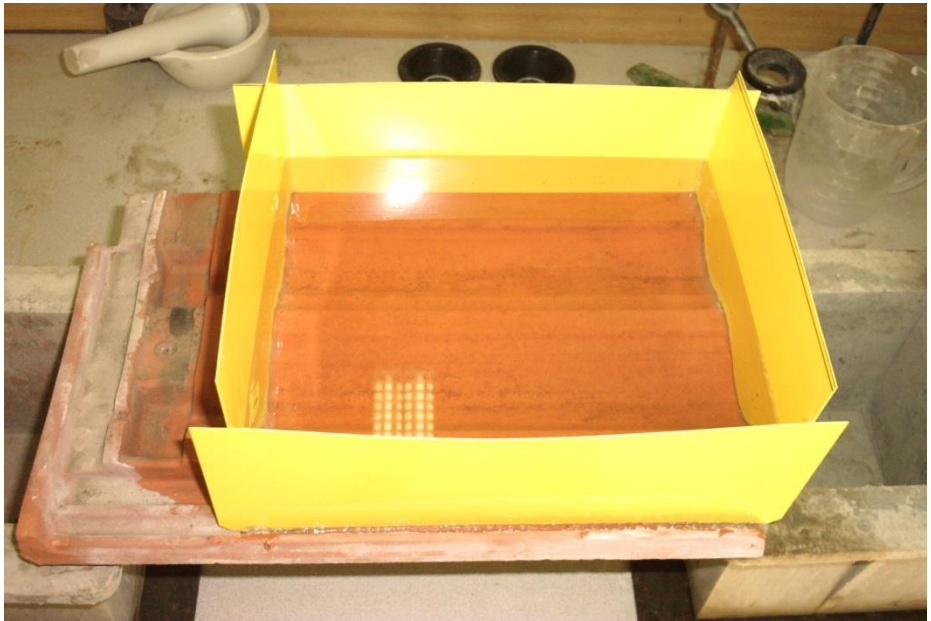
Dříve (do roku 1999): 540 N při vzdálenosti podpor 240 mm = pevnost v ohybu střepu min. 7,5 MPa

Prosákavost (ČSN EN 539-1)



Faktor prosákavosti:

$$IC = \frac{(20 - t_i)}{20} < 0{,}8$$

ti...čas odkápnutí první kapky

Dříve:
- do roku 1993 doba odkápnutí první kapky z rubu tašky na dříve jako za 2 hodiny,
- 1993 – 1999: 3 hodiny
- nyní: 4 hodiny