

# Sumerové stavěli věčné chrámy

## Čeští vědci zjistili, že ve staré Mezopotámii se vyráběly cihly „chemicky“, za studena

TOMÁŠ HANZLÍČEK  
PAVEL STRAKA

O výtvarné stránce starých památek existuje bohatá literatura. Popis použitých materiálů a technologií však bývá neurčitý i nepravdivý. Autoři článku narušili při výzkumu energeticky méně náročné technologie na výrobu keramiky jedno archeologické dogma: dokázali, že již staří Sumerové byli schopni vyrábět cihly studenou syntézou. A vydržely věky!

**P**rávě technologie a materiály hrály při vzniku památek klíčovou roli a odhalení jejich podstaty může být přínosem i pro dnešek. Všimněme si blíže sumerských staveb - zikkuratů, vysokých stupňovitých věží, které sloužily ke kultovním účelům a astronomickým pozorováním. Nejznámější zikkurat je v Uru, starověkém centru jižní Mezopotámie.

### Zikkurat v Uru

Město Ur, založené asi v letech 2800-2500 př. n. l., objevili Angličané W. K. Loftus a J. E. Taylor (1848-1853), odkryty bylo pod ve-

a střední Mezopotámii jich bylo 10-15) umělé hory, které sloužily jako místo pro uctívání bohů. V okolí hlavního pahorku zikkuratu stávalo celé město s cihlovými obytnými, zřejmě značně pohodlnými domy. Uvnitř hradeb Uru se nacházelo nejméně osm chrámů, šest paláců se sklady obilí a další stavby. Podobná města byla i kolem zikkuratů v Lagáši a Uruk.

Ke stavbě urského zikkuratu byly použity cihly, jejichž životnost je v porovnání s dnešními cihlami obdivuhodná. Vnitřní části jsou z cihel pouze sušených, obvodové zdívko je z cihel, které vypadají jako pálené (bylo jich třeba 7-8 milionů, což je asi 10-12 milionů dnešních, normalizovaných). Pokud se cihly vypalovaly, muselo se na výrobě podílet obrovské množství lidí, kteří těžili a zpracovávali potřebné palivo (dřevo). Cihly se vyráběly ručně, byl s pomůckami. Mají všechny vlastnosti běžné keramiky, ale jejich odolnost je zcela mimořádná.

Staří Sumerové vyráběli cihly z bochníků uhnětené hlíny, po stranách seříznutých, později měly cihly tvar kvádrů o čtvercovém průřezu. Víme, že se spojovaly jílem nebo asfaltem. Ale vytvrzovaly se skutečně pálením?

### Jak se cihly vytvrzovaly?

Vzhledem k obrovskému množství cihel spotřebovaných na obvodové zdívko se nabízí otázka: Nebyla použita jiná, jednodušší technologie? Kolem měst jižní Mezopotámie byla už pravděpodobně částečně polopoušť, v níž základní jílovitý materiál tvořila spraš. Literatura hovoří o „vyprahlé sumerské půdě“, překlady tabulek popisují útrapy zahradníka Šukallituda, bojujícího s větry a prachem, aby zachránil úrodu zeleniny. Byl zcela odkázán na pravidelnou závlivu ze zavodňovacích kanálů.

V předkladu eposu o Gilgamešovi je popis: „Dotkní se prachu, jenž z dávných pochází časů! Přístup k Eanné, přibytku lštarinu, jemuž podobný nevytvoří žádný pozdější král ani člověk! Na hradbou uruckou vystup a procházej se po ní, prozkoumej základy její, bedlivě prohlídni zdívko! Zda jeho cihly nejsou z pálené hlíny, což její základy nepožílo mudrců sedm?“

Odtud nutně neplatí, že by cihly byly pálené, výklad textu je obřízný. Překladatel sumerských textů



Mapka osídlení Mezopotámie v době, kdy se stavěl zikkurat v Uru a jeho rekonstrukce podle L. Wooleyho

S. N. Kramer uvádí: Velmi často můžeme význam slova pouze odhadovat podle smyslu textu, který je obklopuje, a tento text může být opět závislý na významu onoho slova - tedy skoro bezvýznamný stav věci.

Jak byly cihly zpevněny, že přežily věky? Vedle pálení přichází v úvahu chemický proces - nahromaděním jílových částic nízkoteplotní chemickou syntézou. Tato metoda využívá specifické polymerizační vlastnosti křemíku a poznání, že vhodnou kombinací oxidu křemíčitého a oxidu hlinitého za přítomnosti alkalických kovů a kovů alkalických zemin, zejména hořčíku a vápníku, lze vytvořit pevný anorganický polymer i bez zvyšování teploty (zatímco klasické kombinace hliníkovo-silikátových vazeb vznikají při teplotách pálení 1000 až 1700 °C). Tento způsob výroby keramiky se nazývá geopolymizace.

Tehdejší hrměči nepochybně vyráběli keramiku tepelným zpracováním jílu a písku, vedle toho však

Sumerové mohli využívat i méně pracnou geopolymizaci. Potřebné látky jim poskytovaly snadno dostupné jíly, popel spalovaných rostlin, písek, rákosí a mořská sůl. V přírodních jílových materiálech jsou téměř vždy zastoupeny pro průběh geopolymerních reakcí velmi důležité vápenaté ionty. Jestliže ve vhodném poměru smícháme jíl, popel a sůl, tvoří se ve vodném prostředí křemíčitě polymery i bez zvýšené teploty. Vznikne nová pevná fáze, která je amorfni, to znamená, že není krystalická.

### Staří chemici

O tom, že v Mezopotámii ovládali chemii, nelze pochybovat. Širokou znalost řady chemických procesů dokazují sumerské hliněné tabulky. Sumerové vytvořili i první logicky propracované chemické názvosloví. Při takovém příklonu k chemickým technikám mohli dojít k významnému objevu. Nahromaděním jílových čás-

tic chemickou cestou mohly pevné keramické stěpy vzniknout bez pálení.

### Znali Sumerové geopolymizaci, nebo ne?

Mikroskopické snímky původního zlomku cihly z urského zikkuratu v polarizovaném světle dokazují, že struktura tohoto stěpu je amorfní. Na hranách jsou dobře pozorovatelná vlákna křemíčitých polymerů. Analýza pomocí rentgenových snímků (rentgenová difrakce) potvrzuje základní amorfní strukturu. Očekávaná přítomnost křemene byla doložena. Překvapením byl výskyt sádrovice, vápence a anortitu. Přítomnost krystalického sádrovice a krystalického vápence vylučuje, že byla zkoumaná cihla tepelně zpracována. A potvrzuje hypotézu anorganické polymerace za běžných teplot.

Chemická analýza vzorku cihly z Uru pak vedle běžných prvků silikátového rozboru potvrdila síru jako základ síranových aniontů sádrovice. Byly nalezeny i ionty chloru, prokazující, že se na tvorbu polymerní hmoty podílely zasořené jílové základy. Tyto ionty bychom nemohli najít, kdyby stěp byl vypálen. Pro geopolymizaci svědčí též nepřítomnost černých jader (při pálení fosilním palivem se vždy při teplotách pod 1000 °C usazuje ve stěpu uhlík, který vytváří tmavá místa). Na stěpech urských cihel chybí. Přítom „zakouřené“ stěpy se v pálené keramice objevovaly téměř všude až do 20. století, kdy byly v pokročilých konstrukcích pečící teploty rozloženy v celém profilu a tento nežádoucí jev zmizel.

Ze všech uvedených faktů plyne, že cihly a stavební materiál zikkuratu nejsou klasickou keramikou, tedy páleným stěpem, ale že vznikly geopolymizací, chemickou syntézou za studena. Vše nasvědčuje tomu, že staří Sumerové znali princip geopolymizace a uměli ho při výrobě cihel využívat tak dovedně, že zdívko přežilo věky.

Ing. Tomáš Hanzlčíek (1946) a Doc. RNDr. Pavel Straka, CSc. (1947) se zabývají zpracováním druzhotných surovin v Ústavu struktury a mechaniky homin AV ČR

Článek je převzat ve zkrácené formě z dubnového čísla časopisu Vesmír, které vyjde příští týden.

INZERCE

Adresa: <http://www.dnes.cz/www/izerce>

Žít Vpřed Stop Obnovit Domé AutoF

# internetové adresy

© Live Home Page © Apple © ITools © Apple Support © Apple Store © Microsoft Maptopia © MSN © Office for Macintosh © Internet Explorer

**Automobily a motocykly**

Antiradary BEL s úpravou pro ČR  
[www.antiradary.cz](http://www.antiradary.cz)

[www.ultraseal.cz](http://www.ultraseal.cz)

[www.narazniky.cz](http://www.narazniky.cz)

Vaše dovolená v Řecku!  
[www.tsakis.cz](http://www.tsakis.cz)

[www.travel2italy.it](http://www.travel2italy.it)

[www.pod-zamkem.cz](http://www.pod-zamkem.cz)

Francie, Itálie, Španělsko,...  
[www.campana.cz](http://www.campana.cz)

Born, Matragi, Smcova, Saudek.  
[www.gallery.cz](http://www.gallery.cz)

[www.vlnny-sklpek.cz](http://www.vlnny-sklpek.cz)

**Obchod a služby**

Levné knihy KMa. Výprodej knih a...

Nejlepší výběr přísluší. k mobilu!!!  
Baterie, nabíječky, kryty, dat. kabely.  
[www.aligator.cz](http://www.aligator.cz)

Nejlepší ceny fotoaparátů  
[www.gfoto.cz](http://www.gfoto.cz)

Světla - klasická i moderní.  
[www.vernolight.cz](http://www.vernolight.cz)

**Internet**

E.shop pro menší obchodníky  
[web.regionshop.cz](http://web.regionshop.cz)

[www.jobinternet.cz](http://www.jobinternet.cz)

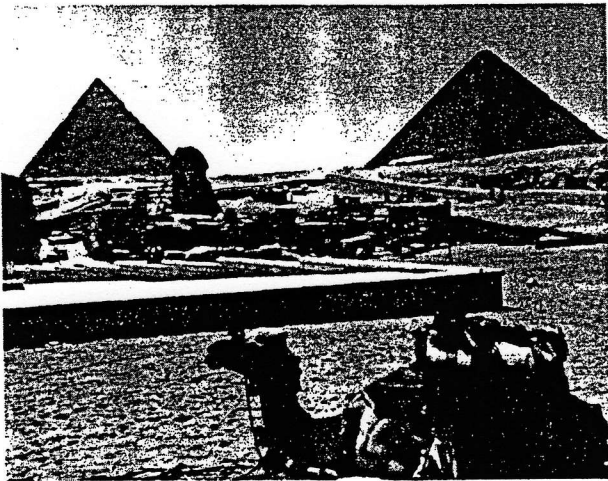
# REINFORCED MASONRY ENGINEERING HANDBOOK

"...They said to one another, 'Come, let us make bricks and bake them.' They used bricks for stone and bitumen for mortar. Then they said, 'Let us build ourselves a city and a tower with its top in the heavens.'"

*from the Old Testament of the Holy Bible, Book of Genesis, Chapter XI, Verses 3 and 4.*

## INTRODUCTION

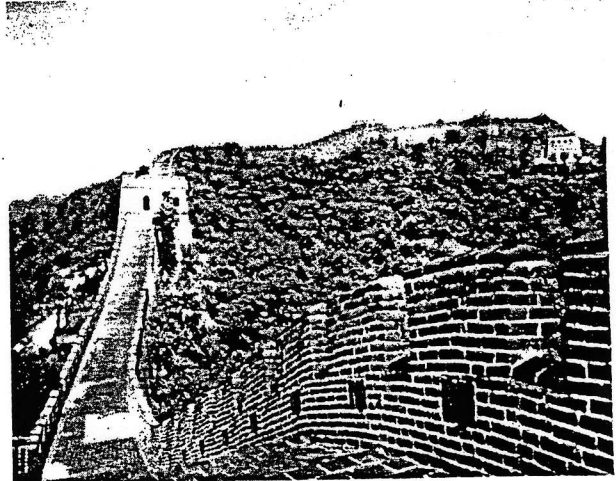
Masonry structures have been constructed since the earliest days of mankind, not only for homes but also for works of beauty and grandeur. Stone was the first masonry unit and was used for primitive but breathtaking structures such as the 4000 year old Stonehenge ring on England's Salisbury Plains. Stone was also used around 2500 B.C. to build the Egyptian pyramids in Giza. Limestone veneer which once clad the pyramids can now only be seen at the top of the great pyramid, Cheops, since much of the limestone facing was later removed and re-used.



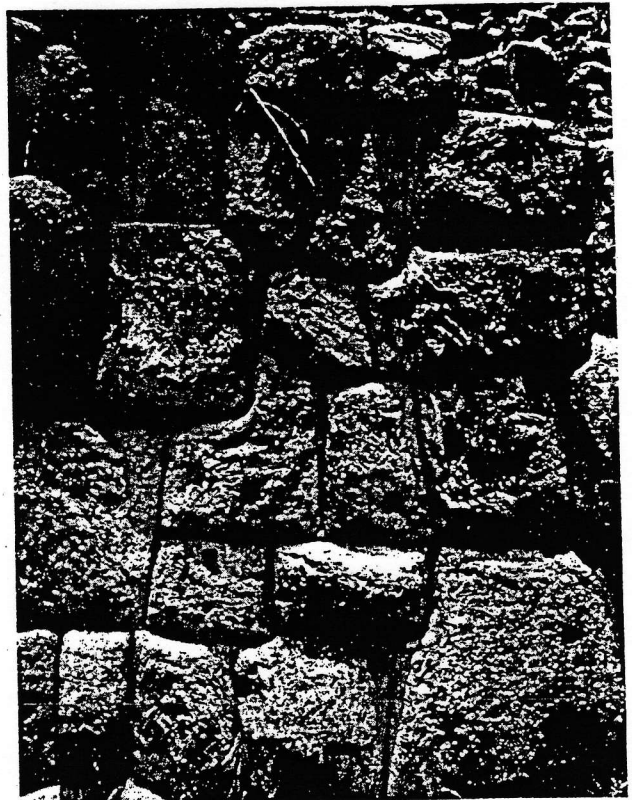
*Egyptian Pyramids located in Giza were constructed around 2500 B.C. Note limestone veneer at the top of the great pyramid, Cheops.*

As with the Egyptian Pyramids, numerous other structures such as the 1500 mile long Great Wall of China testify to the durability of masonry.

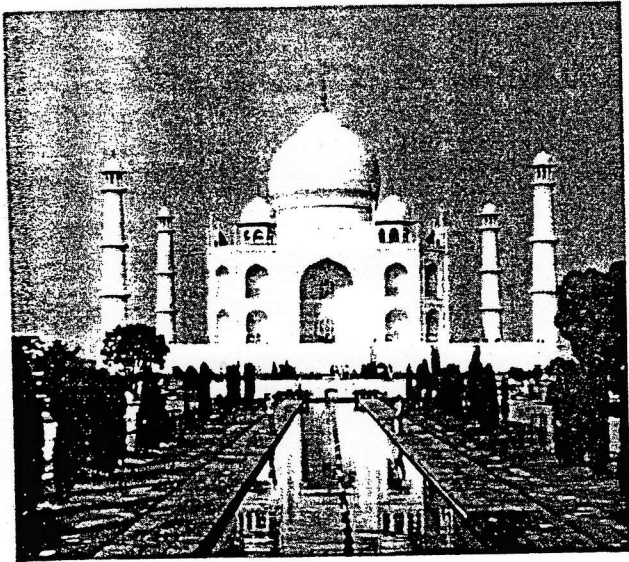
Additionally, structures such as the 1500 year old stone pyramids of Yucatan, Mexico, demonstrate the skill of ancient masons. In fact, the stone walls at Machu Picchu in Peru have masonry unit joints so tight that it is difficult to insert a knife blade between masonry units.



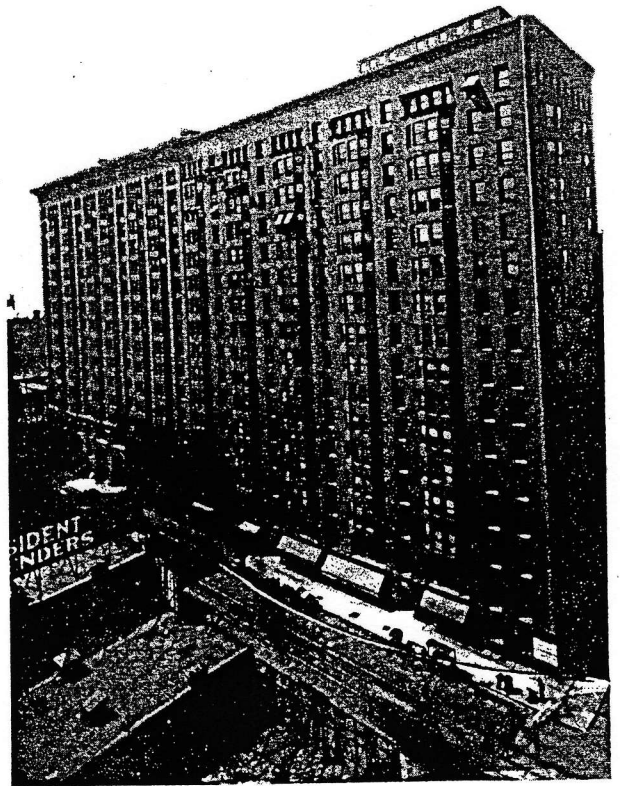
*The 1500 mile Great Wall of China was constructed of brick and stone between 200 B.C. to 220 A.D.*



*The stone walls at Machu Picchu in Peru were built between 1200 and 1400 A.D.*



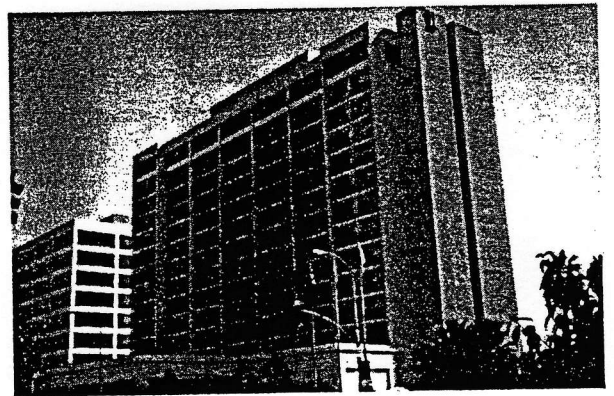
*Built between 1631 and 1653, the Taj Mahal's grandeur is in its symmetry, and skillful marble work.*



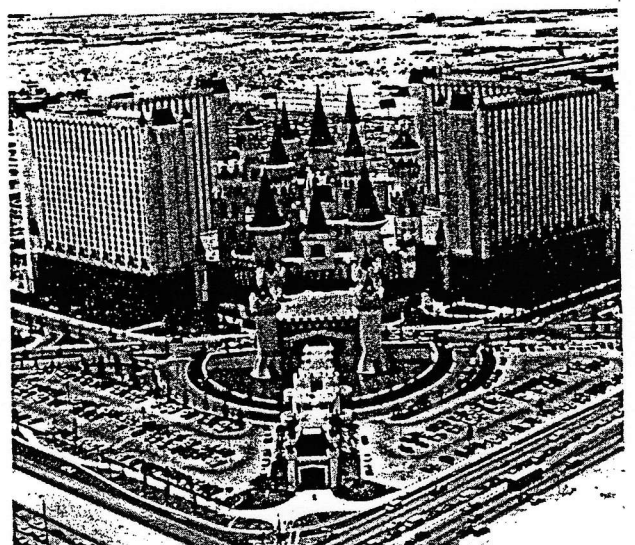
*Built in 1891, the 16 story brick Monadnock Building in Chicago is still in use today.*



*The outer walls of St. Basil's Cathedral in Moscow, were built in 1492, while the remainder of this impressive cathedral was constructed in the 17th century.*

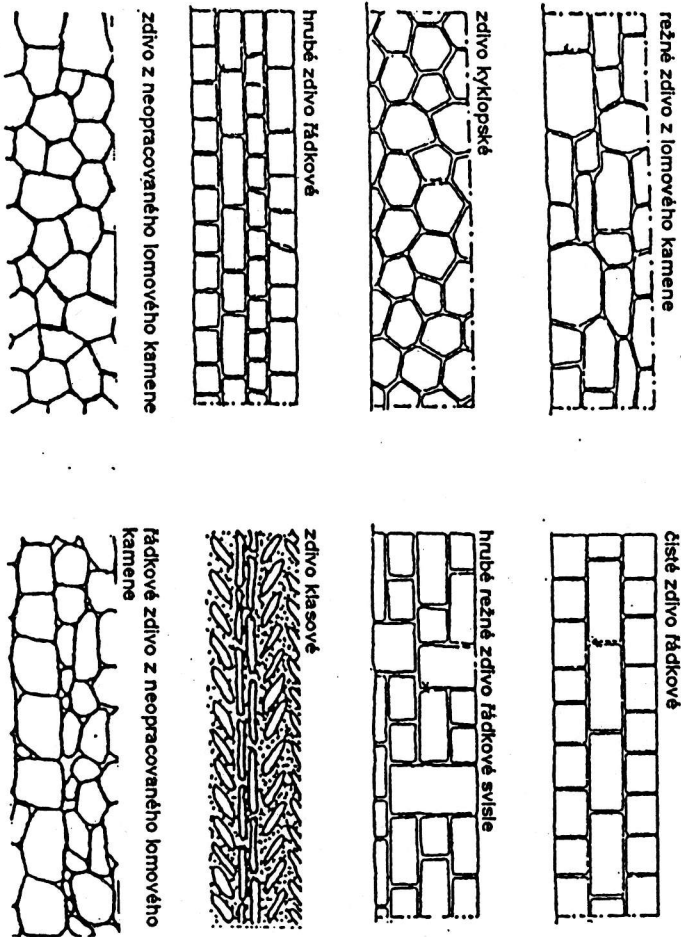


*13 Story Pasadena Hilton Hotel. Completed in 1971.*



*Tallest concrete masonry building in the world 28-story Excalibur Hotel, Las Vegas, Nevada.*

**Poznámka 1):**  
*Historicky nejstarší zdivo je prostá rovnanina z neopracovaného kamene. Mezi zdivo z neopracovaného kamene patří (viz obr. 1.1):*

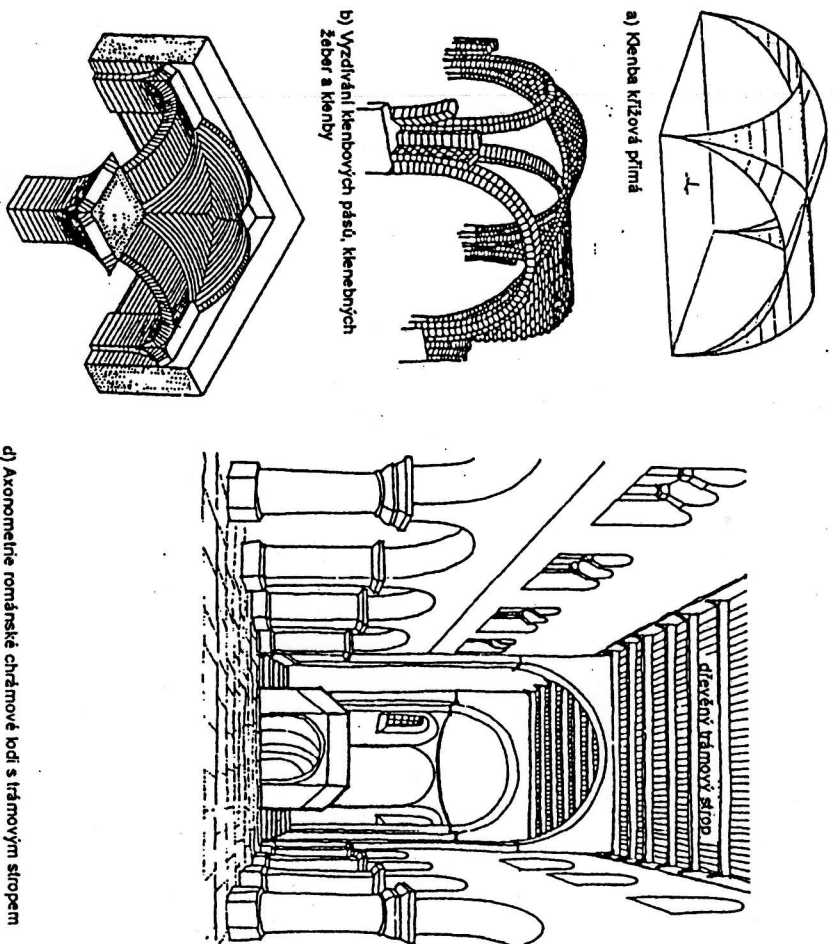


Obr. 1.1 Příklady kamenného zdiva

- zdivo z lomového kamene z neopracovaných a nepravidelných kusů kamene tzv. divočina. Používalo se hlavně na základy. Do nepravidelných a často značně širokých spár se vtláčují tzv. šibry – ploché úlomky kamene. Pevnost tohoto zdiva je značně proměnlivá a závisí především na jeho vazbě a kvalitě malty.
- zdivo z ložného kamene z plochých, pro zdění mírně upravených kamenů ukládaných do jednotlivých vodorovných vrstev s průběžnými ložnými spárami. Bylo používáno na hradební zdi, budovy apod.
- zdivo kyklopské z hrubých nepravidelných kamenů s pečlivým opracováním líců hran a styčných ploch a zpravidla s hrubými spárami. Používalo se zejména na opěrné zdi, obklady svahů, břehů apod.
- zdivo z kopáků, které se používá jako konstrukční i obkladové zdivo (obdobně jako zdivo kyklopské).
- zdivo z hakláků, z kamenů s lícími plochou čtvercového a obdelníkového tvaru používané výhradně jako zdivo obkladové.

zdi v románských stavbách je zpravidla větší než 0,9 m, např. tloušťka zdi Strahovského kláštera je 1,2 m a jeho kostela 1,5 m, u hradebních zdí dosahuje tloušťka často více než 3 m.

V kamenných stavbách románského období nabyla značného významu zděná klenba (viz obr. 1.2). Bylo používáno kopuli, konchy, křížové klenby a nejčastěji klenby valené. Valená klenba má zpravidla tvar půlkruhového oblouku uloženého na podélné průběžné zdi. Valená klenba byla z počátku používána na menší rozpory. Později byly valené klenby použity i na větší rozpory (např. valená klenba s rozponem téměř 10 m v knížecím paláci Pražského hradu z 12. století).



Obr. 1.2 Románská klenba křížová a trámový systém