

BAKSTEEN

revoluties in de bouwkunst



Posterheide Brabant
Cultuurhistorische educatie & advies



Yasi (Turkmenistan), mausoleum Khoja Ahmed Yasawi

INLEIDING

Baksteen is een van de oudste bouwmaterialen en de oorsprong ervan hangt samen met het ontstaan van de beschaving. Leemsteen werd tussen 10.000 en 8000 v. Chr. uitgevonden. De leemsteen die met behulp van een vormbak werd gemaakt, ontstond rond 5000 v. Chr. in Mesopotamië. De belangrijkste mijlpaal was echter de uitvinding van de gebakken steen rond 3500 v. Chr. Hierdoor werd het mogelijk om permanente constructies te bouwen op terreinen waar dat voorheen onmogelijk was. Door het bakken kreeg de baksteen dezelfde sterkte als natuursteen, met als voordeel dat het zich gemakkelijker liet vormen en dat decoratieve patronen in principe tot in het oneindige herhaald konden worden. Met de ontwikkeling van glazuren was het mogelijk om de baksteen in levendige kleuren te produceren.

De Romeinen gebruikten baksteen bij de bouw van veel van hun meest imposante gebouwen, vooral voor technische en decoratieve doeleinden. In Byzantium werd de Romeinse methode van steenbakken verder verfijnd, wat resulteerde in de bouw van grote kerken als de H. Sophia. In het oosten ontwikkelde China productiemethoden die de bakstenen harder en sterker maakten, waardoor bijvoorbeeld slanke pagodes konden worden gebouwd.

Rond 1200 kwamen bakstenen in heel Europa en Azië voor. De islam verspreidde het steenbakken en metselen over Noord-Afrika en Centraal-Azië en via de christelijke kloosters werd het overal in Europa geïntroduceerd. Het boeddhisme bracht het vanuit India naar Birma en Thailand.

Vanaf de renaissance tot de zeventiende eeuw leidde de technologische vooruitgang in Europa tot andere toepassingen van baksteen. Het werd vooral goedkoper en het gebruik ervan meer verbreid. Enerzijds leidde het gebruik ervan tot meesterwerken als de Duomo van Florence of de terracotta industrie in Noord-Italië, architectuur in Centraal-Azië of de indrukwekkendste moskeeën in Perzië, anderzijds werd het ook toegepast in huizenbouw en vestingwerken en in de nieuwe nederzettingen van koloniaal Amerika.

In de achttiende eeuw verschenen met de Industriële Revolutie boeken over methoden van steenbakken en technieken om bakstenen in enorme aantallen te produceren en over grote afstanden te vervoeren. Met de introductie van de mechanisatie was baksteen in de negentiende eeuw uitgegroeid tot het standaardmateriaal voor commerciële en industriële toepassingen. Deze trend zette in de twintigste eeuw door. De baksteenproductie is zich blijven ontwikkelen met bijna eindeloze mogelijkheden in diversiteit en esthetiek.

Baksteen en metseltechnieken

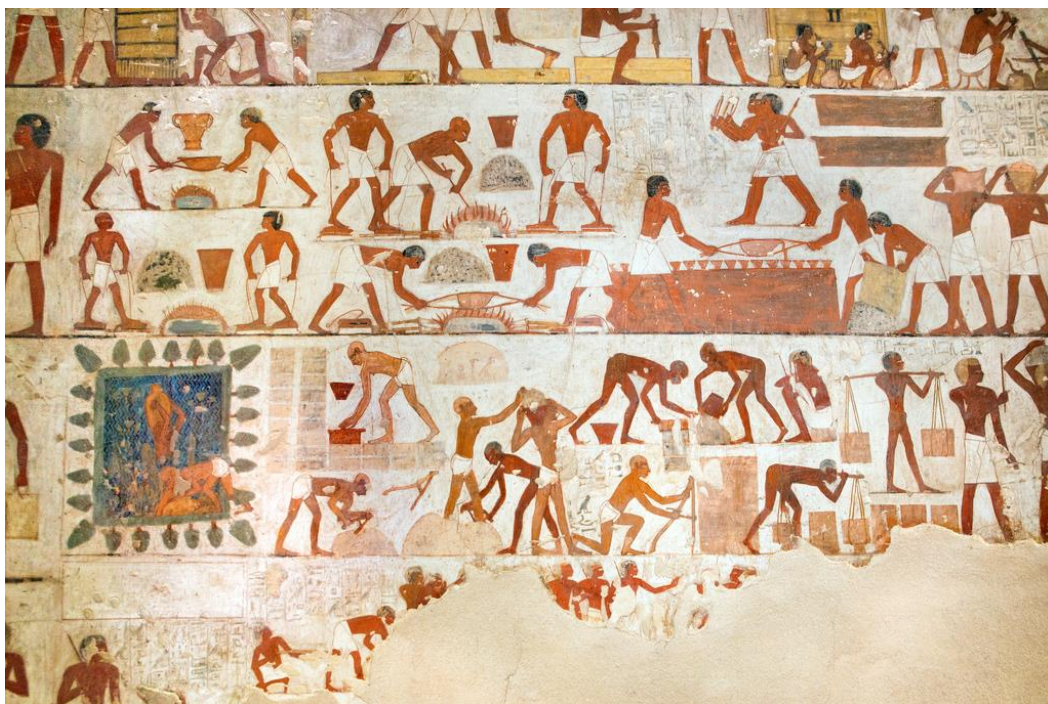
Baksteen kent twee basistypen: in de oven gebakken stenen en leemstenen die simpelweg in de zon worden gedroogd. Bij de laatste komt weinig techniek te pas en de grondstoffen zijn meestal ter plekke aanwezig. Door de stenen te bakken wordt het waterdichtheidsprobleem echter opgelost. Een hoge temperatuur is noodzakelijk, bij glazuren zelfs tot tussen de 900 en 1150 graden Celsius en met een bakperiode van acht tot vijftien uur.

Uniformiteit is een van de belangrijkste eigenschappen van bakstenen en wordt van oudsher bereikt door ze in vormbakken te maken. Het meest gangbare type is de open bakvorm, zonder boven- en onderkant. De vormbak heeft een bodem.

Deze wordt doorgaans gebruikt om tegels mee te maken. Tegenwoordig worden de meeste bakstenen machinaal gemaakt.

De meeste bakstenen worden gebakken in permanente ovens die van onbrandbaar materiaal moeten zijn. Daarnaast kent men de loegen-ovens waarin de stenen zo gestapeld worden dat de gassen van het vuur door de stenen heen gaan en ze bakken. Zij zijn echter zeer inefficiënt omdat de stenen aan de buitenzijde niet voldoende heet worden om gebakken te worden. Daar is een tweede bakronde voor nodig.

De kleur van de baksteen wordt over het algemeen bepaald door de mineralen die in de gebruikte aarde of klei zitten. Wanneer er veel ijzer in de grondstof zit, wordt de kleur van de baksteen roze of rood, grondstof met veel kalk kleurt geel of crèmekleurig. De exacte kleur wordt echter bepaald door de positie van de steen in de oven en de hoeveelheid zuurstof die wordt toegelaten tijdens het bakken.



Thebe, Graf van Rekhmire, baksteenproductie

Het verschil tussen natuursteen en baksteen wordt nergens duidelijker dan bij de kunst van het metselen. Metselaars proberen bakstenen zo te metselen dat er een zo sterke mogelijke muur ontstaat. Daarom is metselverband een specifiek kenmerk van het metselen met baksteen. De noodzaak van het metselwerk is verheven tot een kunstvorm op zich. Bij decoratief metselwerk kan men gebruik maken van vier vormtypen: gemodelleerd, geboetseerd, gehakt of geschuurd. Bij modelleren wordt de klei in een houten vormbak gedrukt. Daarbij zijn complexe vormen mogelijk, maar het is duur en met name geschikt bij productie van grote aantallen. Modelleren en boetseren is de taak van de steenbakker, hakken en schuren van de metselaar. Elk geglazuurd werk moet door de steenbakker worden gevormd, omdat glazuren vóór het bakken moeten worden aangebracht.

Baksteen in de oudheid

De oudste bouwstenen ter wereld zijn gevonden in Jericho aan de oevers van de Jordaan. Zij dateren van 8300-7600 v. Chr. en hadden de vorm van een brood. Stenen uit het millennium daarna waren langer van vorm en dunner. Het ligt echter niet voor de hand dat ze alleen hier werden gemaakt en het schijnt dat handgevormde stenen al in het zevende millennium v. Chr. op grote schaal voorkwamen.

De vormbak betekent een grote technologische vernieuwing in de ontwikkeling van de baksteen. De oudste afbeeldingen van arbeiders die stenen maken met vormbakken zijn gevonden in het graf van Rekhmire in Thebe van rond 1450 v. Chr. Deze methode lijkt echter al vanaf de eerste dynastie rond 3000 v. Chr. bekend geweest te zijn en is waarschijnlijk geïmporteerd uit Mesopotamië. De Egyptenaren hebben de uniforme leemsteen uit de vormbak weliswaar niet uitgevonden, maar er na de invoer ervan wel vindingrijk gebruik van gemaakt. Bijzonder is de architectuur met bogen en gewelven die zij ontwikkelden. Zij gebruikten in muren, pylonen, woningen en opslagplaatsen leemsteen. Bij de dodentempel van Ramses II waren enorme graanopslagplaatsen die uit lange overwelfde kamers bestonden. Om de gewelven te kunnen metselen zonder houten formeel werd elke laag schuin achterover tegen de vorige gelegd. Op die manier kon men een afstand van 3,80 meter overbruggen zonder enige schoorconstructie. Voor gebakken stenen toonden de Egyptenaren nooit echte belangstelling.



Chogha Zanbil, ziggoerat, ca. 1250 v. Chr.

De oudste tot nu toe gevonden bakstenen komen uit Maddhur in Mesopotamië en dateren uit ca. 5000-4500 v. Chr. Toch zien wij het gebruik van baksteen pas echt rond 3000 v. Chr. verschijnen. De moeilijkheid van de baktechniek verklaart de late opkomst en de kostbaarheid van het materiaal. Het was in deze tijd alleen geschikt voor tempels en paleizen. Uit kleitabletten kon worden opgemaakt dat

men voor een zilverstuk 14.400 leemstenen kon kopen maar slechts 504 bakstenen. Nog in de zesde eeuw v. Chr. waren bakstenen twee- tot vijfmaal zo duur als leemsteen.

In het oude Mesopotamië was het ritueel niet beperkt tot religieuze aangelegenheden maar strekte zich uit tot elk aspect van het dagelijks leven, ook bouwactiviteiten. Wanneer en waar een gebouw werd opgetrokken bleek uit raadpleging van astrologen en waarzeggers. In dit ceremonieel stond de baksteen centraal. Het woord baksteen (sig) werd ook gebruikt als aanduiding voor een gebouw of stad, het was zelfs de naam van de god van het bouwen. De 'baksteengod' werd in de riten vertegenwoordigd door de eerste steen. Dit ceremonieel vormde de kern van een complex bouwproces. Belangrijke gebouwen werden tevoren tot in detail getekend. Zelfs de plaatsing van afzonderlijke bakstenen werd aangegeven. De baksteen schijnt de standaard maateenheid in de bouw geweest te zijn. Bij de bouw van ziggoerats werden voor de kern leemstenen gebruikt en voor de buitenzijden baksteen.



Babylon, Ishtar-poort, detail



Babylon, detail Processieweg

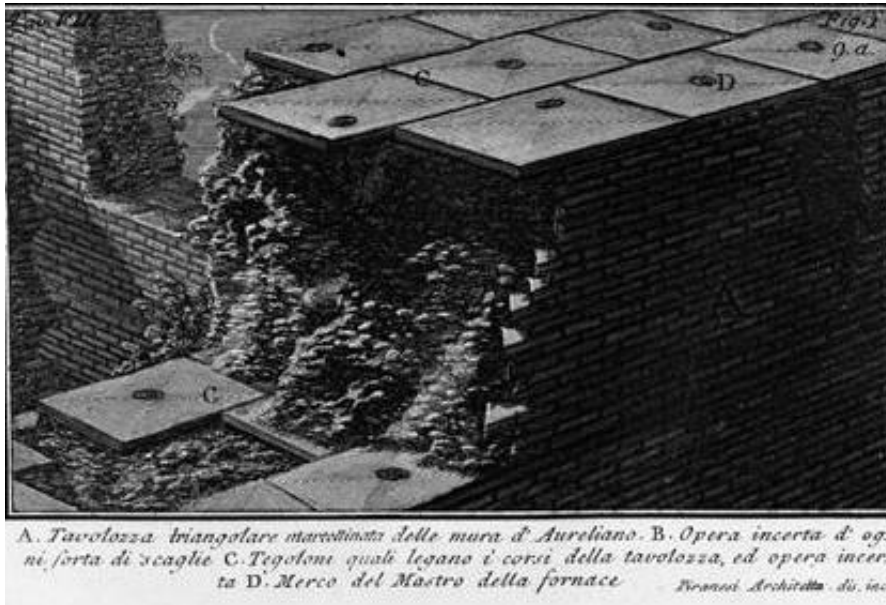
Babylon bereikte zijn architectonisch hoogtepunt onder koning Nebukadnezar II, die regeerde van 604 tot 562 v. Chr. Het immense paleis was grotendeels gebouwd in leemsteen. Dat was geheel anders bij de Ishtar-poort en de interieurs van de koninklijke woonverblijven waar bleek dat de Babyloniërs de kunst van het vormen en glazuren van bakstenen hadden geperfectioneerd. De mate waarin de Babyloniërs de kleuren van hun glazuren konden beheersen is opmerkelijk en kan alleen in een langdurig experimenteerproces zijn ontstaan.

De oude Perzische stad Susa bezat enkele van de meest opvallende voorbeelden van geglazuurd metselwerk die ooit zijn geproduceerd. Het metselwerk van Darius' paleis in Susa stond zeker op zo'n hoog peil als dat in Babylon. Het kleurenspectrum was in ieder geval breder. Befaamd is het 'Fries van de Boogschutters' dat nu in het Louvre is.

Het gebruik van gebakken stenen voor de bouw van muren was bij de Grieken niet gangbaar. Daarentegen werden terracotta dakpannen al op een vroeg moment door de Grieken gebruikt. Men kende drie types: Laconisch, Corinthisch en Siciliaans. Volgens sommigen heeft het gebruik van dakpannen bij monumentale gebouwen mede bijgedragen tot de overgang van houten naar stenen gebouwen, met name door het grote gewicht van de dakpannen. In de klassieke periode werden dakpannen zelfs van marmer gemaakt, zoals men op de Akropolis in Athene nog kan zien.

Al lang voor de Romeinen Italië hadden veroverd, gebruikten de Etrusken terracotta voor hun beelden en reliëfs, maar ook in de bouwkunst. Terracotta werd

gebruikt in dakpannen en ter decoratie van monumentale gebouwen als tempels. Beroemd zijn de monumentale terracotta beelden uit Vulci of Tarquinia. De Romeinen namen het pannendak over voor hun gebouwen. In de eerste eeuw v. Chr. gebruikten de Romeinen gebakken stenen voor hun stadsmuren. De eerste echte volledig gebakken stenen werden gebruikt in Sicilië en Zuid-Italië. In Rome zelf verschenen bakstenen pas ten tijde van keizer Augustus. Op het einde van de eerste eeuw na Chr. was het gebruik van baksteen wijdverbreid en dankzij de Romeinse legioenen verspreidde de technologie zich over het gehele Romeinse rijk.



G. Piranesi, baksteen als bekleding van Romeins beton

De Romeinen hebben erg weinig geschreven over baksteen. Als de *Decem libri* van Vitruvius uit ca. 30-20 v. Chr. dateren, zal hij het materiaal nog slecht gekend hebben of nog gewantrouwd. Ook Plinius de Oudere besteedde in zijn *Naturalis Historia* nauwelijks aandacht aan het materiaal. De kennis over het materiaal en gebruik ervan in Romeinse tijd is dus hoofdzakelijk afhankelijk van archeologische observatie en informatie uit inscripties.

In de Romeinse keizertijd was steenbakken een complexe industrie geworden, steenbakkerijen werden als een waardevolle investering gezien door de enorme vraag naar deze producten. Het zware werk zoals het uitgraven van de klei en het modelleren van de stenen werd vrijwel zeker door slaven verricht. In afgelegen gebieden werd het steenbakken door het leger gedaan. Bakstenen werden in standaardmaten gemaakt, maar waren zelden uniform. Meestal zijn ze vierkant en plat. De kleinste Romeinse steen is de bessalis, twee derde van een Romeinse voet, ongeveer 20 x 20 centimeter. De pedalis was een Romeinse steen van een vierkante voet. Vitruvius vermeldt ook twee grotere typen vierkante steen: de esquipedalis en de bipedalis, resp. anderhalf bij anderhalve en twee bij twee voet. Bipedaes werden gebruikt in gewelven en als driehoek in muren, ze konden wel 65 kilo wegen. Bij een aantal stenen, wellicht per partij, werd een stempel aangebracht.

In allerlei soorten van muren werden bakstenen verwerkt, meestal als bekleding en gewoonlijk gehakt (dus min of meer als natuursteen behandeld). Het meest spectaculaire voorbeeld van decoratief metselwerk is de markt van Trajanus bij

het naar hem genoemde keizerforum. De ontwikkeling van de havenstad Ostia viel samen met de het hoogtepunt in de Romeinse baksteenbouw. Vrijwel elk gebouw is opgetrokken in baksteen, vaak met decoratief metselwerk. De Horrea Epagathiana in Ostia heeft verfijnd reliëfwerk.

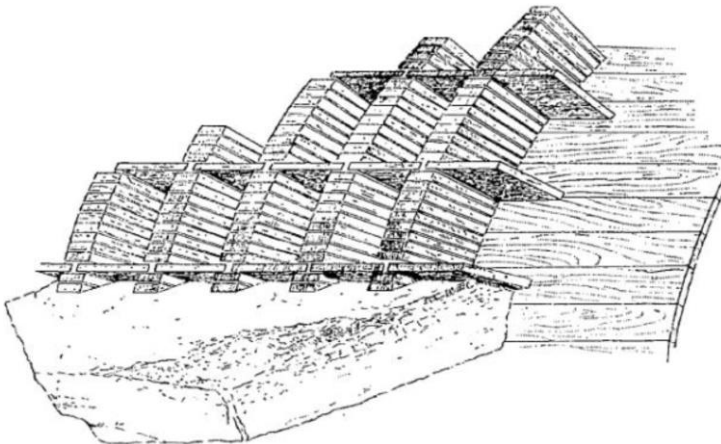


Ostia, detail gevel Horrea Epigathiana



Rome, zog. Tempel van Rediculus

Baksteen bleek zeer praktisch bij de bouw van aquaducten. Niet alleen als bekleding van de betonnen pijlers en gewelven, maar ook voor de aardewerken pijpen ten behoeve van de doorvoer van water. Verwarming door middel van het hypocaustum-systeem was mogelijk door toepassing van bakstenen in de kelders, vloeren en kanalen in de muren (holle bakstenen).



Choisy, L'Art de Batir chez les Romains, bakstenen ribben in gewelven op de Palatijn

Bogen met gewelfstenen waren in principe van natuursteen. De Romeinen gebruikten echter vooral baksteen, grote en op hun kant gezette bakstenen van twee voet. Daarbij liet men de voegen toelopen. Soms werden er een of twee ringen van bakstenen gebruikt voor de stevigheid. Wigvormige bakstenen moesten speciaal voor het betreffende project worden vervaardigd. Bij gebouwen op de Palatijn werden bakstenen als ribben in kruisgewelven gebruikt. Deze toepassing zou vooruitlopen op het gebruik van ribben in de middeleeuwse architectuur.

Hoewel de Romeinen koepels voornamelijk van beton maakten, speelde het gebruik van baksteen wel een grote rol. De 'tamboer' van de koepel van het Pantheon in Rome is aan de buitenzijde voorzien van baksteen. De gebruikte stenen zijn niet rechthoekig maar tot driehoeken gehakt. Het gewicht van de koepel wordt via enorme ontlastingsbogen overgebracht naar massief bakstenen

muren. Deze bogen zijn conisch en dus gecompliceerd. Deze bogen zijn aan de buitenkant van het Pantheon te zien maar lopen door de gehele dikte van de muur en zijn de enige massief bakstenen elementen in de muren.

In de latere keizertijd ging men experimenteren met gemetselde ribben in het beton van koepels. Een voorbeeld daarvan is de tempel van Minerva Medica in Rome. Latere koepels waren meer op metselwerk dan beton gebaseerd, mogelijk onder invloed van de architectuur in het oosten. Bij de mausolea van Diocletianus in Split en Galerius in Thessaloniki zijn bakstenen in laag voor laag boven elkaar geplaatste bogen gemetseld, ter versterking van de constructie. In andere gevallen werden holle kruiken of buizen gebruikt om de koepel lichter te maken.



Rome, Pantheon, exterieur met bakstenen bogen

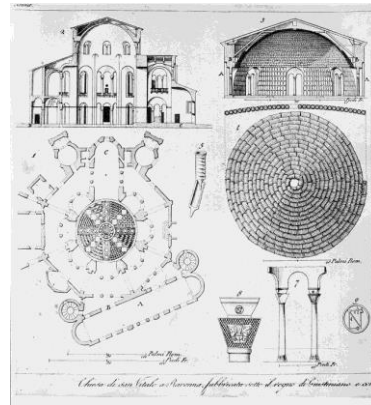
Baksteen: Byzantijnse tijd, China en vroege islam

Op het eerste gezicht lijkt het Byzantijnse metselwerk op het Romeinse. De stenen werden ongeveer op dezelfde manier gevormd en gebakken. Net als de Romeinen maakten de Byzantijnse steenbakkers vierkante stenen, gebaseerd op de *bipedales*. Waarschijnlijk werden bakstenen gemetseld door steenhouwers. Romeinen gebruikten baksteen vaak als bekleding van betonnen muren, in de Byzantijnse tijd werden steeds vaker muren van enkel baksteen gebouwd. Soms bestond het metselwerk uit *opus mixtum*, met afwisselend stroken natuursteen en baksteen. Het Byzantijnse metselwerk werd gekenmerkt door brede horizontale voegen, die net zo dik of dikker waren als de stenen zelf. De horizontale voegen geven het gebouw een bijzondere textuur. Dit leidde in de latere Byzantijnse tijd tot een nieuwe metselmethode van de zog. ‘verdiepte steen’, waarbij om de andere laag de stenen dieper liggen en met mortel zijn bedekt. Zo lijkt de muur uit veel minder steenlagen te bestaan en de zichtbare steen op een zeer dikke voeg. Metselverbanden werden in Byzantijnse tijd zeer decoratief. Dikke muren maar vooral dikke voegen gaven veel mogelijkheden tot creatieve decoraties. Bakstenen werden horizontaal en verticaal gemetseld, in visgraat- of zigzagpatronen. Vierkante mortel voegen werden omlijst door netwerken van baksteen in elke denkbare richting.

Een uniek staaltje van metselwerk is de koepel van de Hagia Sophia in Constantinopel. Weinig mensen beseffen dat de Hagia Sophia uit baksteen is opgetrokken. In een ruim twee eeuw na de bouw verschenen *Narratio* wordt verteld over de speciale bakstenen die bij de bouw van de koepel werden gebruikt. Die werden uit Rhodos geïmporteerd en waren zo licht dat twaalf ervan evenveel wogen als een enkele normale steen. De bakstenen in de bogen zijn de grootste, even groot als Romeinse bipedales. De voegen van kalkmortel zijn dikker dan de stenen zelf. De muren bestaan uit ononderbroken lagen van metselwerk. De schaal van de oorspronkelijke koepel was waarschijnlijk ongeveer een meter dik, dat wil zeggen anderhalve baksteen. De bakstenen werden waarschijnlijk straalsgewijs op een houten formeel gelegd.



Istanbul, Hagia Sophia, axionometrische doorsnede



Ravenna, S. Vitale, plan en koepel

De bouwtechnieken in Ravenna in de zesde eeuw staan op drempel van nieuwe middeleeuwse vormen. Hier werden Romeinse en Byzantijnse technieken vermengd en ontstonden nieuwe typen baksteen. Het metselwerk van de S. Vitale lijkt op het eerste oog Romeins met lange bakstenen en brede horizontale voegen. Toch lijkt het meer Byzantijns met muren van massief metselwerk. De overgang van muren naar koepel is voor het eerst georganiseerd door nissen met concave pendentiefbogen. De koepel zelf is van baksteen en bestaat in de bovenlaag uit holle amforen om het gewicht te verminderen.



Ravenna, zog. Mausoleum van Galla Placidia

Het oudere zog. Mausoleum van Galla Placidia, ca. 450, is op totaal andere wijze gebouwd. De bakstenen zijn op middeleeuwse wijze gemetseld met min of meer gelijke verticale en horizontale voegen en met veel dikkere bakstenen. De muren zijn gemetseld zonder herkenbaar metselverband, Het gewelf van het gebouw is in concentrische horizontale lagen gebouwd met amforen ertussen ter verlichting van het gewicht. Ook het baptisterium van Neon uit het midden van de vijfde eeuw bezit holle elementen in de koepel.



China, Wei en Jin graven bij Jiayuguan

De Chinezen hebben tussen ca. 500 v. Chr. en 1000 na Chr. een hoogstaande baksteenindustrie opgebouwd die radicaal verschilde van die in het Westen. Zij ontwikkelden veel meer vormen en maten dan in het Westen, van holle staven van terracotta in vloeren en muren van graven tot groef- en messingstenen die in elkaar haakten en bij gewelfbouw werden gebruikt. Vaak werd er geen metselspecie gebruikt, maar modder. De stenen waren geschikt om holle muren te bouwen met ingenieuze metselverbanden.



Ctesiphon, zog. paleis van Shapur I, derde tot zesde eeuw

In de laatste oud-Perzische cultuur, die van de Sassaniden tussen de derde en zevende eeuw, werd baksteen op virtueuze wijze gebruikt. In de hoofdstad Ktesiphon werd een enorm paleis van baksteen gebouwd dat tot de wereldwonderen werd gerekend. Van dit gebouw is nog een enorme bakstenen iwan over met een spanwijdte van maar liefst 25,3 meter, het grootste niet-ondersteunde bakstenen gewelf ter wereld.

De vroege islam maakte gebruik van de technieken van de Sassanidische en Byzantijnse steenbakkers en metselaars, daar waar natuursteen niet of niet voldoende voorhanden was. Met name in Irak en Centraal-Azië werden eerste spraakmakende moskeeën of mausolea in leemsteen en baksteen gebouwd. In Jordanië bezit het Ommayadenpaleis van Mshatta, (743-744) een unieke façade in baksteen met in klein uitgesneden motieven van planten en dieren. De beroemde minaret van de al-Muttawakil moskee in Samarra, Irak, is opgetrokken in baksteen met een hoogte van 55 meter en een spiraalvormige toegangshelling aan de buitenzijde. In het noorden van Afghanistan in Balkh staat de ‘moskee met de negen koepels, uit de negende eeuw; deze is gebouwd in baksteen en heeft zeer fijne decoratie aan de bogen. De facade van de tiende eeuwse Magok-i-Attarimoskee in Buchara heeft bijzonder fijne decoraties van gesneden baksteen en pleisterwerk. Hier zijn ook gehakte stenen gebruikt.



Mshatta, detail façade



Samarra, minaret al-Muttakawil moskee

Een van de oudst bewaarde mausolea en een van de fraaiste gebouwen in baksteen is het mausoleum van de Samaniden uit het begin van de tiende eeuw in Buchara. Bij de bouw werden standaardstenen afgewisseld met speciaal gevormde stenen en andere in mallen vervaardigde elementen. Na het bakken werden veel stenen op maat gehakt. De vlechtwerkpatronen aan binnen- en buitenzijde komen tot leven door zon- en schaduwwerking. Revolutionair was het vierbogensysteem op de hoeken ter ondersteuning van de koepel. Deze geraffineerde overgang van vierkant naar cirkel is aan de buitenzijde gecamoufleerd door een dwerggalerij met vensters.

Baksteen in de hoge middeleeuwen: 1000-1450

De periode van 1000 tot 1450 was er een van ongekeerde religieuze macht in de wereld, in het westen het christendom, in het Azië het boeddhisme, en bovenal de islam van Noord-Afrika tot in Iran en Centraal-Azië. In China, Myanmar en Thailand werd baksteen een favoriet materiaal bij de bouw van pagodes en tempels. Noord-Europa zag een ongekeerde vlucht in baksteengebruik, met rechthoekige stenen die voor het eerst in Ravenna werden gebruikt. Bij islamitische gebouwen als moskeeën, medresen en mausolea werden uitermate ingewikkelde decoratieve patronen en schema's ontwikkeld, gebaseerd op de optische van Al-Hazen. Aanvankelijk waren het bakstenen, maar al snel werden geglazuurde tegels vervaardigd in kleurrijke patronen.



Myanmar, Pagan

De Gouden Eeuw van het Eerste Birmaanse Koninkrijk viel samen met de regeerperiode van koning Kyanzittha (1084-1112). Pagan was de hoofdstad, gelegen aan de rivier de Irrawaddy op een kruispunt tussen India, Zuidoost-Azië en China. Het boeddhisme in Zuidoost-Azië is het theravada boeddhisme, 'leer van de oudsten'. De aanhangers beschouwen zich als zuiverder en orthodoxer dan de volgelingen van het mahayana of hinayana boeddhisme. Nergens werden meer stupa's gebouwd dan in Pagan, in de twaalfde en dertiende eeuw. Stupa's zijn religieuze complexen met in het centrum een stupa of zedi. Ze volgen een basismodel en liggen vaak op een heuvel. Deze heuvel is het symbool van de berg Meru, de woonplaats van de goden. Overdekte trappen aan vier zijden leiden naar het platform op de top. Het beklimmen van deze trappen levert de gelovige krediet op waarmee hij zijn karma (lot) in een volgend leven verbetert. De stupa bestaat gewoonlijk uit baksteen en is geheel massief. Onder de stupa ligt vaak een verzegelde reliekenkamer, waar een haar, tand of bot van Boeddha wordt bewaard. De laatste koning van de Pagan-dynastie was Narathihapati (1254-1287). Tijdens zijn regeerperiode raakte het Birmaanse rijk in verval. De gigantische bouwactiviteiten hadden de schatkist totaal uitgeput. Toen hij weigerde

schatting te betalen aan de Mongoolse vorst Kubilai Khan, vielen diens legers in 1283 het noorden van het land binnen.

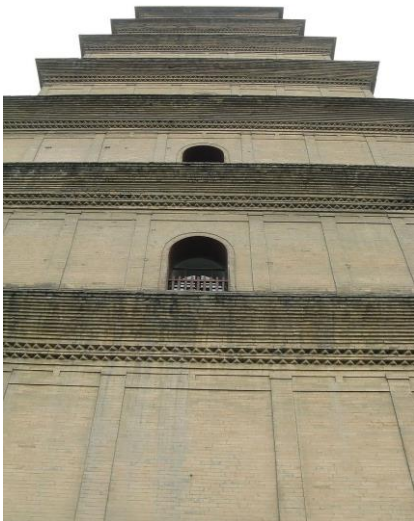
Verspreid over een oppervlakte van 40 vierkante kilometer bevinden zich in Pagan nog ca. 3000 intacte heiligdommen en ongeveer 2000 ruïnes.

De muren van pagodes en tempels waren extreem dik, maar niet massief. Ingewikkelde, ontoegankelijke ruimtes en met elkaar verbonden gewelven vormden er onderdeel van. Ton- en spitsbooggewelven komen veelvuldig voor. Rondom de terrassen van de pagodes zijn geglazuurde terracotta reliëfs met voorstellingen uit de Jataka verhalen in de muren aangebracht. Sommige tempels hebben inwendig meerdere verdiepingen boven elkaar.



Sukothai, olifantenpagode

In de dertiende eeuw hadden de Thai een nieuw machtig koninkrijk gevormd, met Sukothai als hoofdstad. Dit rijk werd in 1438 omvergeworpen, waarna Ayuthaya de nieuwe hoofdstad werd. Het theravada werd staatsgodsdienst. Sukothai en Ayuthaya waren grote steden, gebouwd van lateriet en baksteen.



Xi'an detail Wildeganzenpagode



Lingxiao pagode, detail

De Chinezen namen de stupa over en ontwikkelden deze geleidelijk tot de pagode. Tussen 1000 en 1450 maakte dit bouwtype de grootste ontwikkelingen door. Pagodes werden van baksteen gemaakt, maar ook van steen en hout. De technieken en vormen van beide materialen waren direct herkenbaar in het metselwerk. Het oudst bewaarde bakstenen gebouw in

China is de Grote Wilde Ganzenpagode in Xi'an, gebouwd in 652. De Chinezen ontwikkelden de pagode van één verdieping in een ingewikkelde toren met meerdere verdiepingen. Vaak waren er trappen zodat de gelovigen naar boven konden klimmen en via veranda's een religieuze omgang kon maken op elke verdieping. Men kende naast de holle, toegankelijke, pagodes ook massieve die niet toegankelijk waren. Aanvankelijk kende men in de Tang- en Song-periode holle pagodes met houten vloeren, wat ze constructief zwakker maakte en de hoogte ervan beperkte. In de Song-periode werden pagodes met stenen vloeren geperfectioneerd. Deze werden ondersteund door binnenmuren met trappen die door gewelfde bakstenen gangen omhoogliepen. De volgende toevoeging waren veranda's ieder met een houten dak. Details waren uitzonderlijk: overhangende bakstenen werden ondersteund door kraagstenen van baksteen of hout. Tegen het begin van de Song-dynastie was het produceren van bakstenen voor pagodes en andere gebouwen geperfectioneerd en gestandaardiseerd.



Bologna, San Sepolcro, interieur en detail gevel

Na de komst van Oostgoten en Longobarden in Italië in de vijfde-zesde eeuw werd de bouw in baksteen en de metseltechnieken uit de laat-Romeinse tijd overgenomen. Vanuit Ravenna ontwikkelde de baksteencultuur zich verder, in eerste instantie in Noord-Italië. De vaklui werden 'magistri comacini' genoemd. Daarom bleef Italië in de volgende eeuwen vooruitlopen in de baksteentechnologie. Met gebruikmaking van verschillende soorten klei werden bakstenen in meerdere kleuren gemaakt. De San Sepolcro in Bologna, 1088-1160 is daar een fraai voorbeeld van, de gevel is in bakstenen met verschillende kleuren gemetseld.

Terwijl de traditie van baksteen in Noord-Italië sterk bleef sinds de Romeinse oudheid, kwam het gebruik ervan in de twaalfde eeuw pas op in Noord-Duitsland en Denemarken. Vast staat dat de cisterciënzers en de ridders van de Duitse Orde een grote rol hebben gespeeld in het bevorderen en verspreiden van de baksteentechnologie. De Hanze deed het verdere werk in de verspreiding. Voor de cisterciënzers kan hebben meegespeeld dat baksteen werd beschouwd als gepast nederig voor de vroomheid van de religieuze orde. Middeleeuwse bakstenen varieerden enorm in grootte en zagen er doorgaans ook ruw uit. In de meeste steden ontsnapte het steenbakken aan het gildewezen omdat de gilden alleen actief waren binnen de steden en de steenbakkerijen op het platteland stonden. In de late middeleeuwen nam echter het aantal gilden in deze sector en hun bevoegdheden toe. Modellen van wettelijk voorgeschreven bakstenen lagen op openbare plaatsen uitgesteld. Het metselen zelf was onderworpen aan reglementen door gilden, omdat dit

werk binnen de stadsmuren plaatsvond. De hoge kwaliteit van veel laatmiddeleeuws metselwerk is voor een groot deel aan de gilden te danken. De baksteengotiek in Noord-Duitsland en Polen heeft enkele van de meesterwerken van metselkunst voortgebracht. Toen baksteen zich eenmaal had bewezen in een aantal romaanse kerken werd zij spoedig ook gebruikt voor grootse gotische kerken en wereldse gebouwen. Altijd werd gebruik gemaakt van dezelfde ambachtslieden die in eerste instantie aan kerkgebouwen hadden gewerkt. Zo kregen steden als Lübeck, Wismar of Torun stadhuizen, stadspoorten e.d. met bijzonder rijk metselwerk. De kooplieden van de Hanze bouwden hun huizen ook in baksteen. Karakteristiek bij de bouw van kerken was het streven naar een zo groot mogelijke hoogte van het schip, zoals bij de kathedraal in Gdansk, de Marienkirche in Lübeck of de St. Nikolai in Stralsund. Vaak waren het hallenkerken. In de loop van de tijd werden de versieringen aan de buitenzijde steeds rijker en uitbundiger. Puntgevels en trapgevels in de wereldlijke architectuur leken de gebouwen groter te maken dan ze waren. Bijzonder in de architectuur uit de gotiek is het gebruik van geglazuurde baksteen in verschillende schakeringen van kleur. Bij ingewikkelde vormen werden de stenen gehakt.



Wismar, detail Nikolaikirche



Wismar, Alter Schwede

In gebieden waar natuursteen niet voorhanden was of waar baksteentechnologie goed ontwikkeld was, werden kastelen en stadsmuren van baksteen gebouwd. In 1308 verhuisde de Duitse Orde zijn hoofdzetel van Akko naar slot Marienburg in Polen. Hoewel de vorm van het kasteel in Marienburg nog doet denken aan de kastelen in het Heilig land, zijn veel details en versieringen het gevolg van de toepassing van baksteen.

In Noord-Italië waren verdedigingswerken ook vaak in baksteen gebouwd. De fameuze ‘torre’ voor particulieren moesten als verdediging functioneren maar ook indruk maken. In Bologna werden 180 van deze torens gebouwd. Vestingkastelen werden in Noord-Italië ook vaak in baksteen gebouwd, zoals het Castello Estense in Ferrara of het Castello Sforzesco in Milaan. Uniek is ook de in baksteen gebouwde en rijkversierde Certosa van Pavia.

Na de strijd tegen de Katharen liet bisschop Bernard de Castanet vanaf ongeveer 1280 een kathedraal in Albi bouwen die de bevolking voor altijd aan de strengheid en het gezag van de Kerk moest herinneren. Het eindresultaat was een vestingkerk van baksteen, imposant, en pas twee eeuwen later voltooid. Omdat de steunberen naar de binnenkant van de kerk zijn verplaatst, lijkt hij buiten nog machtiger. De ramen zijn hooggelegen en smal, de muren van de basis extreem dik.



Albi, detail Sainte-Cécile



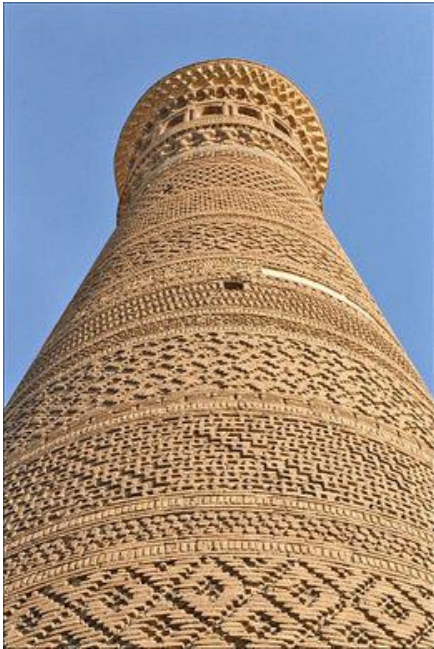
Malborg, detail kasteel

Tussen 1000 en 1450 waren in het Perzisch rijk drie grote dynastieën aan de macht: de Seltsjoeken, de Il-Khans en de Tataren. De architectuur maakte in deze periode een enorme ontwikkeling door, baksteen bleef het voorkeursmateriaal. Doorgaans waren de stenen vierkant en slechts zelden werden speciaal gevormde stenen gebruikt. De Tataren maakten wel speciale stenen, maar versierd metselwerk maakte steeds meer plaats voor geglazuurde tegels. De stenen werden in gipsspecie gelegd, een specie die snel hard wordt. Voor de bouw van gewelven en bogen was dit gunstig, omdat dan geen houten bekisting hoefde te worden gemaakt. Er was grote bedrevenheid in het maken van ingewikkelde patronen door de bakstenen eerst te hakken en daarna in vernuftige metselverbanden te leggen. Bijzonder is het rijkversierde metselwerk, waarvan de Kaljan-minaret uit 1127 in Buchara een van de beste voorbeelden is. De meest ingewikkelde patronen bestonden uit letters uit passages uit de Koran.

Eenvoudig glazuur van één kleur werd gebruikt door de Seltsjoeken. Ingewikkelder glazuur in meer kleuren kwam zeker in de veertiende eeuw al voor. Daarbij werden de ongebakken tegels zacht gemaakt met houtskoolpoeder. De kleuren werden gescheiden door een vette substantie met mangaan vermengd. Na een eerste bakprocedure werd een laag tin-glazuur aangebracht en gingen de tegels opnieuw de oven in. Een andere methode om decoratieve patronen van geglazuurd aardewerk te maken was het mozaïekwerk. Deze methode is lastiger te maken. Geleidelijk zouden

geglazuurde stenen de overhand krijgen en raakte baksteen als decoratief materiaal op de achtergrond.

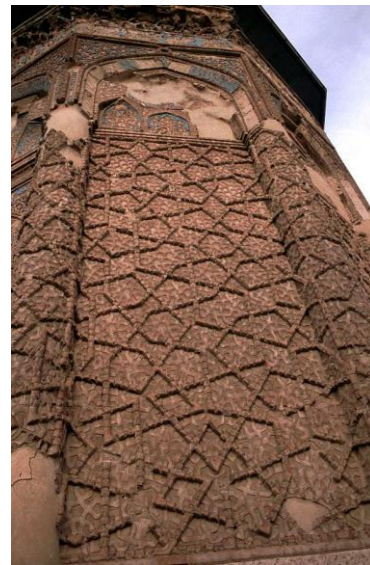
Een hoogtepunt in de toepassing van baksteen in Perzië is ongetwijfeld het mausoleum van Öljeitü in Sultaniya. Het mausoleum dateert uit 1315-1325 en heeft 7 meter dikke muren met een koepel van 26 meter doorsnede. Deze is bedekt met een laag blauwe geglazuurde tegels. Uniek is de tweeschalige constructie van de koepel, zonder bekisting gebouwd. De twee bakstenen koepels zijn met elkaar verbonden door een systeem van spanten, dat het gezamenlijke gewicht van de twee koepels direct op de muur overbrengt. Iedere metsel laag werd vrijwel horizontaal gelegd. Tegen de onderkant van de koepel werden ringen van houten balken geplaatst die de uitwaartse druk van de basis van de koepel moesten tegengaan. De koepelschalen waren aan elkaar vastgemaakt en vormden een constructie. In later tijd zou de ruimte tussen de koepels gebruikt worden voor houten verbindingsbalken om de buitenkoepel te verstevigen.



Buchara, detail Kaljan-minaret



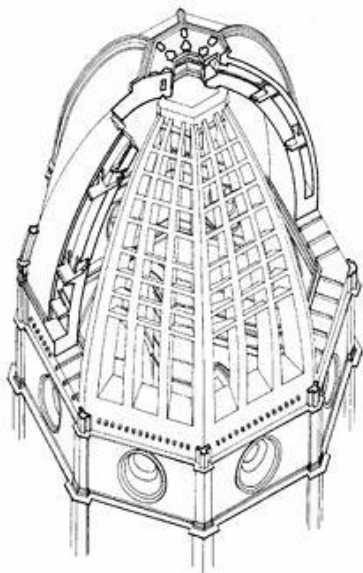
Sultaniya, mausoleum Öljeitü



Maragheh, Gunbad Kabud

Baksteen in de Renaissance: Europa en Azië

In de Renaissance in Italië heerste een turbulent politiek klimaat. Kunsten, literatuur en wetenschap bloeiden volop en werden gefinancierd door heersende families die met elkaar wedijverden om politieke en culturele superioriteit. De bouwwoede was enorm, de handel in bakstenen bloeide volop. Architectuur werd nu gezien als een kunst en de architect kreeg een veel hogere status dan ooit. Brunelleschi was één van de eersten, meer een wetenschapper, ontdekker en geleerde dan ambachtsman. Hij maakte de ontwerpen, was de organisator, en liet zijn projecten uitvoeren door ambachtslui. Voor het metselwerk had dit alles grote gevolgen: een groep was nu verantwoordelijk voor het ontwerp van het gebouw, een andere groep was verantwoordelijk voor de werkelijke bouw ervan. Bij de bouw van de koepel van de Dom van Florence, de grootste sinds de oudheid, bedacht Brunelleschi ingenieuze oplossingen voor een bijna onoplosbaar probleem. Hij vertrouwde erop dat hij kon bouwen zonder gewelbekisting en bouwde de koepel in twee lagen. Waarschijnlijk zal hij op de hoogte geweest zijn van deze bouwmethode in Perzië. Hij construeerde een serie houten 'ketens' rond de basis van de koepel tegen de uitwaartse druk. Wellicht het meest bijzondere was dat hij de gewelfstenen op regelmatige afstanden op hun kant plaatste, zodat zij verticale muren vormden en voorkwamen dat de horizontaal gemetselde stenen daartussen zouden wegglijden vanwege hun schuine ligging. Zo werd iedere metsel laag in segmenten verdeeld, en omdat deze naar boven smaller werden, klemden de bakstenen vanzelf op de juiste plaats. De bouwcommissie blijkt al in 1421 contracten te hebben afgesloten met vier leveranciers voor de levering van tussen de 200.000 en 1.000.000 bakstenen per leverancier.



Florence, doorsnede koepel Dom



Steenbakkers, uit della Architettura van G. Rusconi

In tegenstelling tot de algemene gedachte was baksteen een van de belangrijkste bouwmaterialen in de Italiaanse Renaissance. Vaak werden gebouwen in baksteen opgetrokken, waarbij natuursteen voor het lijstwerk werd gebruikt en de muren van pleisterwerk voorzien. Veel van de villa's van

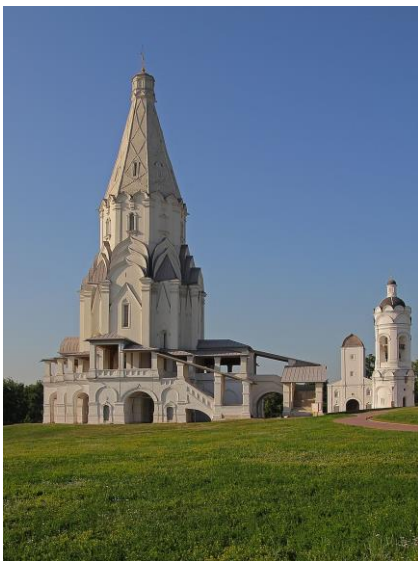
Palladio zijn van baksteen. Zelfs het Palazzo Farnese in Rome is van baksteen. Tot in de barokperiode werd in baksteen gebouwd, maar de plaats ervan werd minder en ook minder zichtbaar omdat de ingewikkelde decoratievormen beter in pleisterwerk konden worden uitgevoerd. Francesco Borromini en Guarino Guarini bouwden soms in baksteen.

In de late middeleeuwen en de Renaissance ontwikkelde zich in Italië de productie van terracotta. Het materiaal leek veel op dat van bakstenen en tegels, maar bestond uit delen die veel groter waren en niet de vorm hebben van een baksteen. Het werd toegepast in friezen of kroonlijsten, en vervaardigd in mallen of gevormd in de natte klei. Waarschijnlijk ontstonden er pas in de Renaissance ateliers die zich enkel op de productie van terracotta toeleghden, de beroemdste daarvan is het atelier van de familie della Robbia. Dit atelier specialiseerde zich in medaillons van geglaazuurd majolicawerk.



Bologna, S. Spirito, detail façade

Waarschijnlijk kwam Engeland in de vijftiende eeuw via de Hanze in Noord-Duitsland in aanraking met de metseltechniek in ruitpatronen. Daarbij werden vooral groene of zwarte geglaazuurde stenen gebruikt voor het vormen van de patronen. In het tweede kwart van de zestiende eeuw raakte zeer kort het gebruik van terracotta versieringen in de mode, waarschijnlijk door Italiaanse ateliers geproduceerd. In de zestiende eeuwse Tudor-periode was de schoorsteen een vernieuwing in de architectuur. Als statussymbool werden zij in de vreemdste vormen vervaardigd, in flamboyant gedraaide vormen.

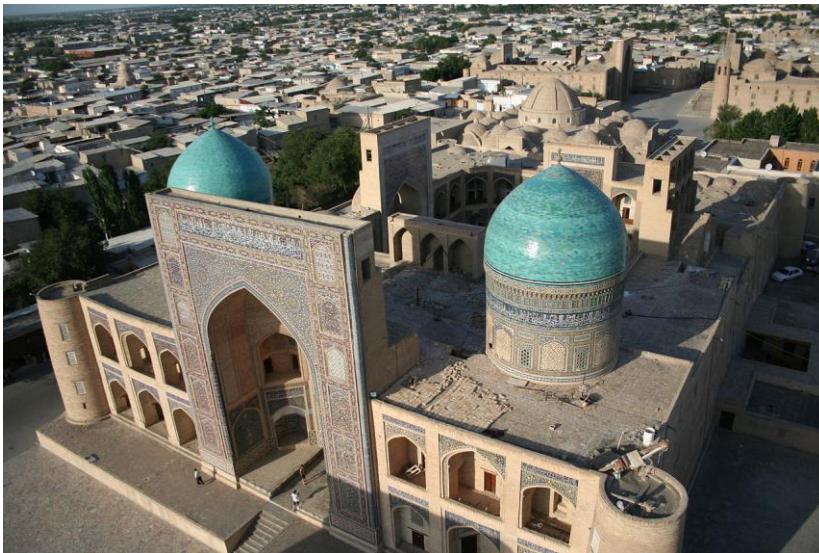


Kolomonskoje, Uspensky kathedraal



Yaroslav, Johannes de Doperkerk

Het rijk Rus kwam voor het eerst in aanraking met de technologie van baksteen op het einde van de tiende eeuw toen vaklui uit Constantinopel werkzaam waren aan de eerste kerken in Kiev. Sinds die tijd is het gebruik van baksteen in de kerkenbouw in Rusland ingeburgerd, met name in de grote kloostercomplexen en stadskerken. Op het platteland bleef men in hout bouwen. In de loop van de tijd veranderde het model van kerken in Rusland tot meer verticale, blokachtige gebouwen voorzien van koepels of een centrale koepeltoren. De muren waren dik, ramen vaak beperkt tot de tamboer van de koepel(s). Een meer dan indrukwekkend voorbeeld is de Uspenski kathedraal in Kolomenskoje, in 1529 gebouwd door ter gelegenheid van de geboorte van Ivan IV. De muren zijn 2,5 tot 3 meter dik en steunen op zware bakstenen kruisgewelven; de binnenruimte is klein maar hoog. Karakteristiek zijn de kokoshniki, rijen sierbogen die echter ook de diameter van de koepel verminderden omdat zij naar binnen lopen. De Basil-kathedraal op het Rode Plein is in bijzonder metselwerk gebouwd en voorzien van zeer rijke decoratie met vormstenen. De ontwikkeling naar steeds dikkere en ingewikkeldere vormen bereikte in de zeventiende eeuw een hoogtepunt, zoals in Ostankino is te zien of in Yaroslav.

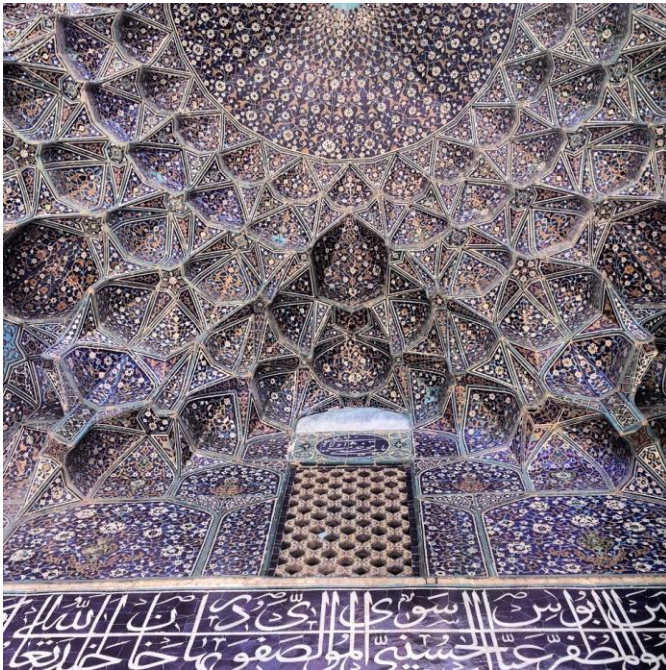


Buchara, Mir-e-Arab

Onder de heerschappij van de Shaybaniden werd Buchara in de eerste helft van de zestiende eeuw de belangrijkste handelsstad van Centraal-Azië. Bij de Kaljan-minaret ontstond een nieuwe moskee en er tegenover de medrese Mir-e-Arab. Opvallend is de rijke decoratie van de gevels in kleurrijke geglazuurde tegels. De zijkanten en achterzijde bestaan echter uit puur metselwerk in een karakteristieke zandkleur. Voor belangrijke onderdelen werden gekleurde tegels gebruikt. De ruimten zijn groot en hebben forse massa's. Ingenieur van constructie zijn de vele handelskoepelgebouwen uit deze tijd, in een enkel geval met een koepel die rust op elkaar kruisende bogen. De bogen fungeren hier als ribben.

Onder Sjah Abbas werd Isfahan op het einde van de zestiende eeuw omgetoverd in een paradijselijke hofstad. Rondom het nieuw aangelegde centrale plein (meidan) werden moskeeën, bazaar, winkelgalerijen en een paleis gebouwd. Het aantal gebruikte bakstenen moet vele miljoenen bedragen hebben. In de bazaar en winkelgalerijen zijn ze verwerkt in

gecompliceerde gewelven. De Lotfollah moskee bezit een schitterende façade met veelkleurige tegels. In de iwan is een bijzonder muqarna-gewelf, een vorm die oorspronkelijk ontwikkeld is uit de trompen van de gewelfbouw.



Isfahan, Lotfollah moskee, muqarnas

Voor de grote Iman-moskee op het meidan waren volgens verslagen 18.000.000 bakstenen en 475.000 tegels nodig. Zowel de binnen- als de buitenzijde is met tegels gedecoreerd.

Een even groot staaltje van baksteentechnologie is de bouw van een aantal grote bruggen, meestal in twee verdiepingen voor karavanen en voetgangers, over de Zianda rivier.

In later tijd, zoals in de Moghulperiode in India, werden moskeeën en mausolea nog wel van baksteen gebouwd, maar vaak bekleed met natuursteen. De Taj Mahal in Agra is een bakstenen gebouw met een dubbele koepel, maar geheel bekleed met marmer en albast. Baksteen verloor zijn betekenis als afwerkmetaal.



Isfahan, Si-o Se Pol brug

Handelsnaties en kolonies: baksteen in de zeventiende en achttiende eeuw

De Lage Landen waren in de zestiende tot de achttiende eeuw het belangrijkste centrum voor het bouwen in metselwerk. De Hollanders hadden een geraffineerde baksteenindustrie ontwikkeld die gebruik maakte van enorme ovens waarin meer dan 500.000 stenen tegelijk gebakken konden worden. De totale jaarlijkse productie in Holland wordt geschat op ruim 200 miljoen stenen. De meeste Hollandse huizen werden gebouwd in baksteen (in de stad was het verboden hout te gebruiken), maar voor meer monumentale panden werd ook in combinatie natuursteen gebruikt. Meestal werd natuursteen gebruikt voor de versieringselementen, en baksteen voor de muurvlakken. Huizen waren vaak smal en diep, daarom werd veel aandacht geschonken aan de gevels. Geprofileerde en met rolornamenten versierde stenen topgevels kwamen voor het eerst rond 1520 voor. Deze waren aanvankelijk nog in natuursteen, vanaf ca. 1540 werd ook steeds meer metselwerk gebruikt.



Amsterdamse herenhuizen

De beste voorbeelden van de ontwikkeling van decoratieve rolornamenten zijn te bespeuren in de herenhuizen in Amsterdam uit de periode van 1600 tot 1800, maar ook bijvoorbeeld in de Vleeshal in Haarlem waar de bakstenen openlijker zijn toegepast. Latere gevels in Amsterdam werden doorgaans uitgevoerd met meer baksteenmetselwerk.

De invloed van de Hollandse topgevel reikte tot ver buiten Nederland, zoals bij het Arsenal in Gdansk is te zien en slot Frederiksborg in Denemarken. De invloed van rolornamenten speelde ook een belangrijke rol in de Engelse architectuur van de zeventiende eeuw.

In de zestiende eeuw werd in Frankrijk de toepassing van baksteen en natuursteen om een tweekleurig aanzicht te maken populair. Natuursteen op de hoeken diende ter versteviging maar gaf ook een leuk contrast. Het kort na 1600 aangelegde Place des Vosges in Parijs is wel het beste voorbeeld van deze bouwstijl. Deze bouwstijl zou nog lang invloed hebben in Engeland en de Verenigde Staten van Amerika. In de zeventiende eeuw zag Engeland een

enorme verbetering in de kwaliteit van het metselwerk, in de eeuw daarvoor waren maar weinig muren in een consequent metselverband gebouwd. Steeds vaker ging men nu fraaie lijsten maken van gehakte stenen en geprofileerde topgevels.

De Italiaanse ideeën over architecten begonnen tegen de zeventiende eeuw hun intrede te doen in Engeland, voornamelijk via boeken als *Quattro Libri* van Palladio. De meest opvallende architect uit het begin van de zeventiende eeuw was Inigo Jones. Hij was een grote fan van Palladio en ontwierp enkele gebouwen voor het hof van Karel I in Palladio-stijl. Zij waren opgetrokken in metselwerk maar met natuursteen of een pleisterlaag bekleed.

De architectuur in Engeland werd in Engeland echter definitief veranderd door één gebeurtenis en één man: de grote brand van Londen in 1666 en Christopher Wren. De voorschriften van na de brand veranderden de aanblik van Londen en veroorzaakten er een ongekende vraag naar baksteen. Wren raakte direct betrokken bij de wederopbouw toen hij werd aangesteld om vijftig nieuwe kerken te ontwerpen en toezicht te houden op het herontwerp voor St. Paul's Cathedral. De architectuur werd sterk beïnvloed door de stijl van 'baksteen en natuursteen' van het classicisme dat hij gezien had in Frankrijk. Zo werden veel van zijn kerken in baksteen gebouwd met hoekstenen van natuursteen. Zijn wellicht beste prestatie was de bouw van nieuwe vleugels voor Hampton Court ten behoeve van William en Mary. De toepassing van baksteen was er gewaagd met bakstenen sierwerk van ronde nissen. Daarnaast vernieuwde Wren Kensington Palace door de gehele gevel in baksteen uit te voeren. Zelfs bij St. Paul's speelde baksteen een belangrijke rol, met name bij de bouw van de gewelven en de binnenste hoepel.



Hampton Court, door Wren ontworpen gedeelte

De vestingwerken van de zeventiende eeuw verschilden in grote mate van de middeleeuwse voorgangers. Toen eenmaal kanonnen in gebruik werden genomen werden de dikke middeleeuwse muren en versterkingen waardeloos. De moderne bastions werden polygonaal en waren voorzien van greppels of grachten en schuin aflopende muren. De grootste campagne voor het bouwen van zulke vestingwerken was een initiatief van Lodewijk XIV en stond onder toezicht van de ingenieur Vauban. De Nederlanders hebben ook veel vestingen gebouwd naar ontwerp van Menno van Coehoorn. In Engeland is

het fort van Tilbury het bekendste voorbeeld. De schuinaflopende kanten van de aarden wallen en de greppel werden in metselwerk uitgevoerd. Vauban zag het voordeel van baksteen: beschikbaarheid, prijs en beter bestand tegen kanonvuur. Daarom was baksteen het eerst aangewezen materiaal voor de aanleg van vestingwerken in de zeventiende en achttiende eeuw, niet alleen in Frankrijk maar in geheel Europa.



Governor's Palace, Williamsburg, 1706-20 (herbouwd)

Sommige van de oudste gebouwen die van het koloniale Noord-Amerika bewaard gebleven zijn, zijn van baksteen. Waarschijnlijk bouwden Spaanse kolonisten als eersten in metselwerk. Op het vasteland van Noord-Amerika is het vroegste metselwerk gevonden in de nederzettingen van Hollandse kolonisten rond de rivier de Hudson en van de Engelsen rond Delaware. Sir Thomas Gate bracht steenbakkers uit Engeland mee. De ontwikkeling van de eerste steenbakkerijen in Noord-Amerika kwam ten dele voort uit de noodzaak om vuurbestendige schoorstenen te bouwen. 'Bacon's Castle' in Surry County, Virginia (1665), is een goed voorbeeld van baksteengebruik volgens de modernste Europese mode. Toen Christopher Wren gevraagd werd om te helpen met het ontwerp van het College of William and Mary in Williamsburg, was het tekort aan vaklieden zo groot dat hij een aantal van zijn eigen metselaars uit Engeland liet overkomen.

De bakstenen voor Londense huizen in de achttiende eeuw stonden bekend als *London stocks*. Zij waren herkenbaar aan de zwarte spikkels door toevoeging van as aan de klei. Zo was de Londense klei beter te bakken. De eerste *London stocks* waren zwart van kleur. Veel klei in de omgeving van Londen had echter een hoog kalkgehalte en een laag ijzergehalte, waardoor de klei geel werd door het bakken en uiteindelijk verkleurde tot bruin. Dit werd vanaf de jaren vijftig van de achttiende echter de nieuwe modekleur.

In de zeventiende en achttiende eeuw ontstond een nieuw soort metselaar wiens vakkundigheid in het metselen en modelleren van stenen alles overtrof. De nieuwe techniek werd bekend onder de naam *rubbed and gauged*, geschuurd en gemodelleerd. Hiervoor werden speciale stenen gemaakt van

fijne klei en een egaal rode kleur. De stenen werden geschuurd en doorlopend gemeten zodat een exacte uniformiteit in de maten werd verkregen en ze met minimale voegen konden worden geplaatst. Deze techniek werd ook toegepast voor kleine versieringen. De beste vaklui konden ronde nissen en gemodelleerde figuren maken door gebruik te maken van kaphamers, zagen, raspen en schuurstenen. Op het einde van de zeventiende eeuw was dit metselwerk ongeveer tweemaal zo duur als het normale metselwerk.



Londen, St. Pancras New Church, Coade-steen

Eleanor Coade richtte in de achttiende eeuw de meest succesvolle fabriek op die in Londen architectonische terracotta produceerde. De productiemethode van Coade-steen bleef een goed geheim. Door de klei te mengen met vuursteen, glasgruis en chamottepoeder kromp de klei minimaal tijdens het bakken. Zij kon zo witte klompen klei gebruiken die de karakteristieke kleur van natuursteen opleverden. De klei moest in mallen worden gevormd, modelleren kon niet vanwege de grote hoeveelheid chamotte. Het werd een groot succes. Bijvoorbeeld het fries van Buckingham Palace in Londen is van Code-steen, evenals de karyatiden van St. Pancras New Church.

Sinds de jaren '20 van de achttiende eeuw is de baksteenarchitectuur van Palladio in Engeland weer in de mode, vooral bij een enkele gefortuneerde die net teruggekomen is van de Grand Tour. Thomas Coke was de eerste graaf van Leicester en liet na zijn terugkeer William Kent een paleis van een huis ontwerpen dat geheel in baksteen werd uitgevoerd. De bouw duurde van 1734 tot 1764. De bakstenen zijn zorgvuldig gemetseld met dunne voegen om een uniform oppervlak te krijgen dat vanuit de verte oogt als natuursteen.



William Kent, Holkham Hall

Thomas Jefferson was naast staatsman, president, opsteller van de onafhankelijkheidsverklaring ook architect. Veel van zijn architectuurkennis kwam uit boeken, maar hij had ook tussen 1784 en 1791 vijf jaar in Frankrijk doorgebracht. Hij werd de meest invloedrijke promotor van het Palladianisme in de Verenigde Staten. Toch waren de gebouwen van Palladio niet in herkenbaar baksteen uitgevoerd, Thomas Jefferson koos voor baksteen in het zicht. Hij werd met zijn klassiek aandoende gebouwen hét voorbeeld voor de Federale Stijl. In 1768 begon hij met de bouw van een huis voor zichzelf, Monticello. Dit huis in baksteen was geïnspireerd op de villa Rotonda van Palladio in Vicenza.

Na de onafhankelijkheid was er een tekort aan steenhouwers in Virginia. In het ontwerp van het Virginia State Capitol veranderde hij de Corinthische kapitelen in Ionische omdat er geen metselaars te vinden waren die bekwaam genoeg waren om deze te maken. Voor de portiek van de Rotonda van de universiteit van Virginia moesten de kapitelen zelfs uit Italië worden geïmporteerd. Toch had Virginia een sterke traditie van baksteenmetselwerk. Jefferson is erin geslaagd een visie te definiëren van wat de Amerikaanse architectuur zou kunnen worden. Zijn bakstenen gebouwen waren slechts voor een kleine groep van de bevolking, maar door technologische vernieuwingen zou baksteen een betaalbaar bouw materiaal voor iedereen worden.



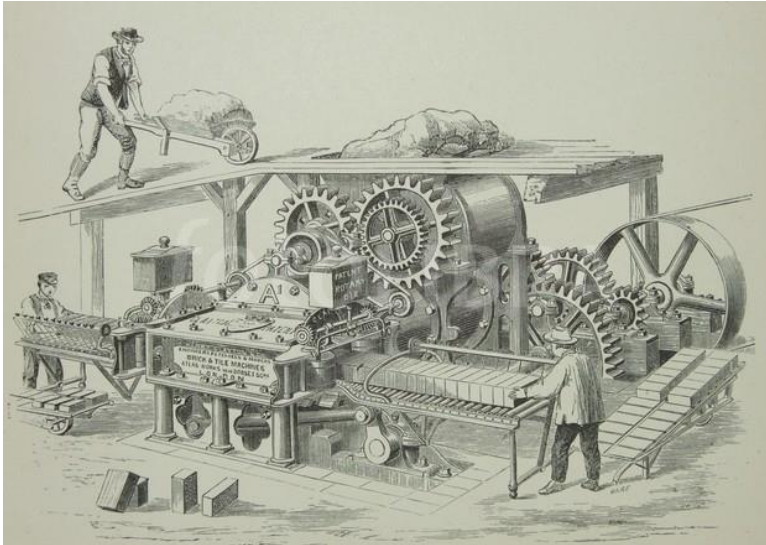
Thomas Jefferson, Monticello, 1768-1826

Mechanisatie en industrialisatie van baksteen

Tussen 1800 en 1900 vonden de grootste veranderingen in de geschiedenis plaats in de productie van bakstenen. Steenbakken werd van handarbeid tot een gemechaniseerde industrie. Door de snelle bevolkingstoename nam de vraag naar baksteen enorm toe. De toepassingsmogelijkheden werden zeer groot, van spoorwegtunnels tot fabrieken, huizen en kantoorgebouwen. De veranderingen in het metselen waren verfijnder, de toepassing van snel verhardend cement was revolutionair, er kwamen bakstenen voor vuurvaste vloeren.

Het vormen van de stenen leende zich prima om gemechaniseerd te worden. Al voor 1800 waren er initiatieven geweest om een mechanisch alternatief te ontwikkelen. De eerste geregistreerde vormmachine voor bakstenen is een Brits patent uit 1660. Enkele vroege patenten voor baksteenmachines werden in de Verenigde Staten gedeponereerd. Een machine die de klei uiteindelijk samenperste in vormbakken was in 1819 in Washington in gebruik en

produceerde 30.000 stenen per dag. Alleen al in Groot-Britannië werden tussen 1820 en 1850 109 patenten uitgegeven voor baksteenmachines. Tegen 1820 verschenen er herpersmachines die handgevormde stenen konden samenperen ter verbetering van de kwaliteit. In de eerste decennia van de negentiende eeuw ontstond ook het strengpersproces voor het maken van bakstenen. Dit type machine produceerde een lange worst van klei die in aparte stenen moesten worden gesneden. De eerste snijwerktuigen waren messen, maar later ging men draden gebruiken die een aantal stenen tegelijkertijd sneden. Met de introductie van baksteenmachines liepen de Verenigde Staten voorop, Engeland en Europa bleven ver achter.



Baksteenmachine

In de negentiende eeuw werden in Europa ovens met een neerwaartse trek ontwikkeld. De Chinezen kenden dit type al in de Ming-periode. Daarmee was het probleem opgelost dat stenen aan de onderkant te heet werden en overbakken raakten. Deze ovens hebben een lange schoorsteen. Het eenvoudigste type van dit soort ovens is de bijenkorfoven, rond en met een laag koepelvormig dak. Deze ovens kunnen 12.000 tot 100.000 stenen bakken. Zij hebben het voordeel dat zij aardewerk van verschillend formaat en vorm tegelijkertijd kunnen bakken. Dit betreft een periodieke oven, waar het proces wekenlang duurt en het aantal te bakken stenen gelimiteerd is. Friedrich Hoffmann vond in 1860 de continu-oven uit die vierentwintig uur per dag brandde, 365 dagen per jaar. Deze ringoven bestaat uit een aantal kamers die achtereenvolgens worden verhit. Wanneer de stenen in een kamer goed zijn gebakken, wordt de hitte naar de volgende kamer geleid.

Civiele werken waren in de negentiende eeuw het werk van de ingenieur. Vaak werden zij in baksteen gebouwd. Kanaalwanden werden bekleed met baksteen, tunneldaken waren van baksteen. Bruggen, viaducten en tunnels voor spoorwegen werden van baksteen gebouwd, evenals de stations en loodsen. Voor het Digswell Viaduct bij Welwyn werden dertien miljoen bakstenen gebruikt. Het is 1400 meter lang, ruim dertig meter hoog en werd in 1850 voltooid. Marc Isambard Brunel werd beroemd om de bouw van een tunnel onder de Thames door, in 1842 geopend en nog steeds in gebruik. Hij maakte gebruik van Roman-cement dat onder water kon harden. Tussen 1858

en 1875 werd 1920 kilometer rioleringsbuis onder Londen aangelegd. Voor het eerst werd hier op grote schaal portlandcement toegepast. Pas in het midden van de twintigste eeuw werd portlandcement gebruikt voor algemene bouwwerkzaamheden in plaats van kalkspecie.

Omdat fabrieken brandgevoelig waren was het gebruik van baksteen voor vloeren en plafonds een aantrekkelijke oplossing. Er werden in bakstenen gewelven gebouwd. Tegen 1900 werden geprefabriceerde holle stenen en balken van terracotta gebruikt. Zij waren ontworpen om met een laag beton te worden afgewerkt. Het was slechts een kwestie van tijd voordat zij geheel door gewapende betonvloeren werden vervangen.



Digswell Viaduct, 1850

Karl Friedrich Schinkel (1781-1841) had het gebruik van baksteen in Duitsland gestimuleerd na een reis door Italië. Hij ontwierp de Bauakademie in Berlijn, een constructie van baksteenbogen met ijzeren trekstangen. Een groot deel van de buitenmuur kon zo worden opgevuld met niet-dragende bakstenen. Niet-geglazuurde bakstenen werden elke vijfde laag afgewisseld met violetkleurige geglazuurde stenen. Ter decoratie werden allegorische terracotta reliëfs aangebracht in de panelen boven de ramen en deuren.

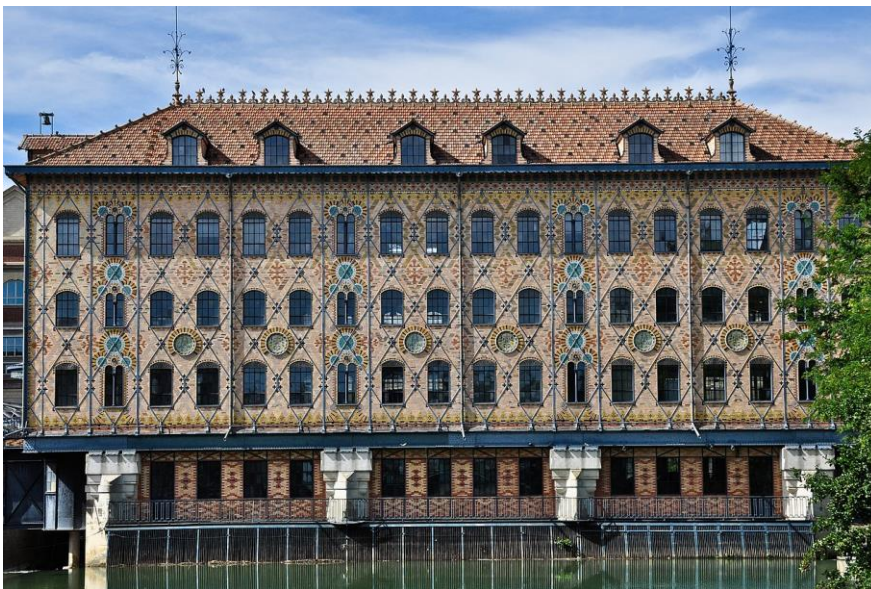
In Engeland werd de interesse voor terracotta aangewakkerd door het ontwerp van de Albert Hall en het Victoria and Albert Museum in Londen. Alfred Waterhouse werd de grote voorvechter van terracotta in Engeland. Het Natural History Museum in Londen is zijn ontwerp en is aan de buitenkant overladen met terracotta-reliëfs en figuren van dieren en planten. De Arts and Craft Movement was zeer in de schik met het gebruik van terracotta.



Alfred Waterhouse, detail Natural History Museum, Londen

Toen in 1888 door Doulton in Londen het procédé van eenmalig bakken van glazuurwerk werd ontwikkeld, werd het zeer populair. Bij het oude procédé van tweemaal bakken viel geglazuurd aardewerk bij vorst uiteen. Nu kon het dus ook voor de buitenkant van gebouwen worden gebruikt. Geglazuurd aardewerk stond nu symbolisch voor praktisch, economisch en functioneel. In de architectuur van Art Nouveau werd het zeer uitbundig gebruikt. De uitbundigheid van kleuren kwam deze beweging meer dan goed uit. In de tweede helft van de negentiende eeuw was in Europa het gebruik van polychroom baksteen sterk ontwikkeld, mede door de mogelijkheid van transport: stenen uit verschillende streken konden nu gemakkelijker worden gecombineerd. De ontwerper-hervormer Owen Jones en de kunstcriticus John Ruskin pleitten voor kleur in de architectuur.

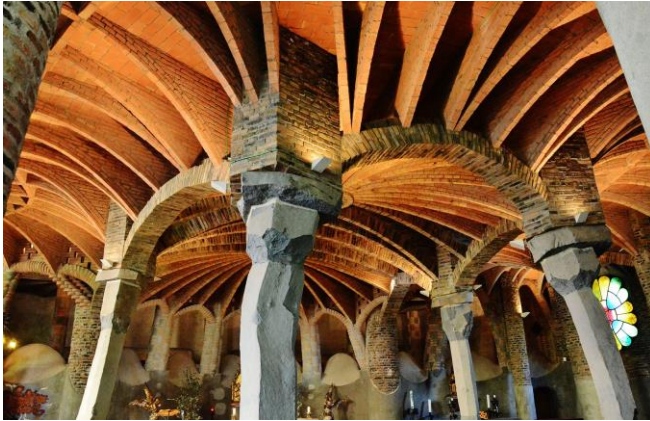
In Frankrijk was baksteen geen populair bouw materiaal voor gevels. Sinds de bouw van de Halles in Parijs, 1854-1866, en tientallen soortgelijke gebouwen veranderde dit. De gebouwen bestonden uit ijzeren kolommen die bakstenen gewelven ondersteunden. Dit was weliswaar zuiver functioneel, maar de bakstenen buitenmuren werden rijk versierd met kleurrijke blokpatronen. Viollet-le-Duc was een groot pleitbezorger van gebouwen met een ijzeren raamwerk en bakstenen ter opvulling. Een van de meest kleurrijke voorbeelden van 'baksteen en ijzer' is het door Jules Saulnies ontworpen gebouw van de Méniér fabriek in 1871-2.



Jules Saulnies, Méniér fabriek, 1870-1

Petrus Cuypers was sterk beïnvloed door Viollet-le-Duc in zijn visie dat de vorm van de architectuur uit een constructieve expressie moest ontstaan. Daarnaast ontwikkelde hij ideeën, sterk verwant aan die van William Morris, over de relatie van de ambachtsman en de architectuur en over het belang van eerlijk materiaalgebruik, met name baksteen. Cuypers zag architectuur als een ontwikkeling uit combinatie van bronnen en het combineren van metselwerk, natuursteen, vergulding en terracotta. Hiermee is zijn werk symbolisch voor het soort neogotiek dat aan het einde van de negentiende eeuw in geheel Noord-Europa werd uitgevoerd. Het Rijksmuseum en het Centraal Station in Amsterdam zijn zijn bekendste werken.

De jongere Hendrik Petrus Berlage was van mening dat schoonheid alleen in die zaken kon worden gevonden die een functioneel doel hadden. Toegepaste ornamenten zouden moeten worden vermeden, de voorkeur ging uit naar machinale bakstenen als bouw materiaal. Volgens hem stonden bakstenen en mortel symbool voor de ethische rechtschapenheid van de democratische maatschappij. Zijn meest spraakmakend ontwerp zou dat voor de Beurs in Amsterdam worden.



Gaudí, interieur Colonia Güell, 1898

Gaudí was ervan overtuigd dat architectuur een afspiegeling van de natuur is. In de loop van zijn carrière koos hij steeds meer voor de organische en kromlijnige architectuurvormen. Die ontwikkeling is goed te volgen in zijn oeuvre. In Casa Vicens worden bakstenen gebruikt voor versieringen die nog rechthoekig zijn, bij zijn ontwerp voor het Colegio Teresiano in Barcelona maakt hij gebruik van de parabolische boogvorm als een zich voortplantende constructie, voor de paviljoens van Güell gebruikte Gaudí baksteen en mozaïek voor een brede variatie van effecten. Zijn dakconstructies bestaan uit metselgewelven waarbij de bakstenen plat in lagen worden gelegd, overigens al een oude traditie in Spanje. Het bood mogelijkheden tot ingewikkelde krommingen van een vrije vorm, zoals de crypte in Colonia Güell laat zien. Omdat zijn gebouwen steeds organischer van vorm werden, gebruikte hij in zijn later werk steeds minder baksteen. Baksteen is per slot van rekening een rechthoekige vorm en daarom niet natuurlijk.



L. Sullivan, Wainwright Building Fr. L. Wright, Robie House

Louis Sullivan was één van de protagonisten van de Chicago School op het einde van de negentiende eeuw. Samen met Adler voerde hij het belangrijkste architectenbureau van de stad. Het meeste werk was voor kantoorpanden, de eerste wolkenkrabbers, die uit een ijzeren of stalen constructie bestonden, bekleed met natuursteen en terracotta. Sullivan schiep bijzondere ontwerpen voor de decoratie van die gebouwen met baksteen en terracotta. Wainwright Building uit 1890 is een van zijn meest geslaagde voorbeelden. Frank Lloyd Wright werkte vijf jaar op het bureau van Sullivan. Hij had een geniaal gevoel voor architectonische compositie en het groeperen van volumes, getuige zijn prairiehuizen. De stijl van deze huizen was niet afhankelijk van een bepaald materiaal, maar baksteen had zekere voordelen: het was goedkoper en duurzamer dan hout. Bovendien kon het goed de zo belangrijke horizontaliteit benadrukken. Daarom gebruikte hij lange, smalle bakstenen.

Baksteen in de twintigste eeuw

Er werden in de twintigste eeuw meer bakstenen gemaakt en gebruikt dan in welke eeuw dan ook. Belangrijke modernistische architecten maakten met baksteen hun soms meest bijzondere gebouwen. Toch bestaat de idee bij velen dat verreweg de meeste gebouwen opgetrokken zijn in beton, staal en glas. Zo is de bijdrage van baksteen bij de bouw van wolkenkrabbers bijna geheel onopgemerkt gebleven. De buitenmuren en liftschachten van de eerste wolkenkrabbers na de grote brand in Chicago in 1871 waren van baksteen en soms bekleed met natuursteen. Het gebruik van gemetselde muren legde over het algemeen een hoogtelimiet op van tien verdiepingen. Daarom was het Monadnockgebouw van de architecten Burnham en Root met zijn zestien verdiepingen hoger dan voor mogelijk werd gehouden voor een gebouw in baksteen. De muren van de begane grond zijn daarom maar liefst 1,80 meter dik. Nog voor de oplevering van het gebouw werden andere hogere gebouwen gebouwd, die niet alleen vloerconstructies van ijzer hadden, maar hele ijzeren skeletten. Vanwege brandveiligheid werd het ijzer bekleed met het beste vuurvaste materiaal dat voorhanden was: baksteen. De oudst bewaarde wolkenkrabber in New York, Flatiron Building uit 1902, is een goed voorbeeld van een dergelijke constructie.



P. Jensen-Klint, Grundtvigkirke



Michel de Klerk, complex Spaarndammerbuurt

Peder Jensen-Klint bouwde zijn architectuurideeën op vanuit de gedachte dat architectuur uit de expressie van materialen en de vakkundigheid van ambachtslieden moest komen. Hij constateerde echter dat de plaats van de ambachtslieden in toenemende mate bedreigd werd door academisch geschoolde architecten. Hij wilde 'echte architectuur' maken die vergelijkbaar was met de gotiek van de middeleeuwen. In de Grundvigtkirke in Kopenhagen (1913-1930) streefde hij naar een realisatie van al zijn ideeën. De voorgevel is een kale, indrukwekkende muur van baksteen, en oogt als een reusachtige orgelkast die zowel gotisch als vreemd modern aandoet.

De Amsterdamse School met Michel de Klerk en Piet Kramer hechtte veel belang aan de toepassing van metselwerk en baksteen als een expressief en typisch Nederlands materiaal. De leden van de Amsterdamse School waren zeer beïnvloed door de ideeën van Arts and Craft en John Ruskin. De voorkeur ging uit naar traditionele materialen, die bevrijd waren van stijlen uit het verleden. Zij wilden gebruik maken van gevoelens van huiselijkheid en culturele verankering die deze materialen oproepen, maar ook een grote veelzijdigheid van vormen om een gevoel van individualiteit op te roepen. Het Scheepvaarthuis in Amsterdam, 1912-1916, is het belangrijkste vroege werk van de School. Het Scheepvaarthuis heeft een betonnen skelet, zichtbaar in het profiel van het gebouw, maar bekleed met baksteen. Een bijzonder complex is het derde blok in de Spaarndammerbuurt, gebouwd tussen 1914 en 1921 en bekend als Het Schip. Het complex heeft voor het grootste deel een constructie van metselwerk met houten vloeren. Er zijn variaties in hoogte en ligging van de gevels ten behoeve van pittoreske uitzichten en plaatsgebonden identiteit.



R. Hood, American Radiator Building



W. Dudok, raadhuis Hilversum

In de jaren twintig van de twintigste eeuw woedde de race van steeds hogere en uitbundigere ontwerpen van wolkenkrabbers. Baksteen was favoriet als bekledingsmateriaal en Art Deco was de stijl. In 1924 bouwde Raymond Hood het American Radiator Building in New York. Het metselwerk wordt ondersteund door een stalen skelet per vloer, dat constructief het gewicht

draagt. Het metselwerk is als een serie banden voor elke verdieping aangebracht rondom het gebouw en dient alleen ter bescherming tegen regen en brand. Toch oogt het Radiator Building als een gebouw van baksteen. Het meesterwerk van een wolkenkrabber in Art Deco is het Chrysler Building, ontworpen door William Van Alen en gebouwd tussen 1928 en 1931. Met zijn spectaculaire spits rijkt het gebouw tot 319 meter. De lagere delen van het gebouw werden bekleed met drie miljoen bakstenen.

Van geheel andere orde is het raadhuis in Hilversum van Willem Marinus Dudok. Een eerste blik op het gebouw brengt het wellicht in verband met De Stijl, maar Dudok was meer geïnteresseerd in de Amsterdamse School en Berlage. Het raadhuis van Hilversum is een opmerkelijk gebouw met Stijlvormen, maar vond zijn oorsprong buiten die beweging. Dudok is nooit geïnteresseerd geweest in de theoretische debatten van De Stijl en voelde zich vrij in het materiaal wat hij wilde, geen Stijl-beton maar baksteen. Hij gebruikte speciaal vervaardigde gele bakstenen, die werden geleverd door Alfred Russel uit Tegelen. Het gebouw zelf heeft een stalen skelet, waarbij beton was toegepast voor de dakoverstekken en de balkons.

De Finse architect Alvar Aalto raakte in de ban van baksteen na een lezing van Frank Lloyd Wright. Een en ander leidde tot zijn eerste gebouw met zichtbaar metselwerk, Baker House, Massachusetts Institute of Technology. Het gebouw uit 1946-9 is onconventioneel vanwege de lange gebogen vorm van het studentenhus. De belangrijkste gevel werd in kaal metselwerk uitgevoerd, met lokaal gemaakte handvormstenen en zonder sortering gemetseld. Misvormde stenen werden ook gebruikt, de kleuren variëren van zwart tot kanariegeel met felrood als hoofdkleur.



Alvar Aalto, Baker House, MIT, Cambridge, Massachusetts, 1946-9

Voor de Internationale Stijl was beton heilig. Toch zou Louis Kahn, een vertegenwoordiger van deze bouwstijl maar iets jonger dan Mies van der Rohe en Le Corbusier, op gedurfde wijze zijn brute stijl op den duur uitvoeren in een combinatie van beton en baksteen. Zijn ontdekkingen van de architectonische mogelijkheden van baksteen deed hij vooral bij zijn project voor het Indiase Instituut voor Management in Ahmedabad. Een prachtig geslaagd voorbeeld is de Philips Exeter Library in New Hampshire (1969-71) met een schijnbaar eenvoudig monumentaal rechthoekig gebouw van baksteen, maar door integratie van beton intern gecompliceerd. Deze

monumentale benadering van baksteen heeft Mario Botta in zuiver cilindrische en geometrische vormen verder ontwikkeld, zoals in het San Francisco Museum of Modern Art, 1990-4, of de kathedraal in Evry, 1992-5. De prestatie van Botta in Evry is dat hij standaard bakstenen in metselverbanden heeft gebruikt om de gevel in zones onder te verdelen in een zich herhalend aantal lagen. Het metselwerk van de kathedraal is zuiver decoratief en bedekt het beton van de dragende wanden. Het beton geeft Botta de mogelijkheid om grote openingen in de gevel en een spectaculaire overstek in het interieur te maken. Het metselwerk is gebruikt als stof die om de constructie is gewikkeld.



Mario Botta, kathedraal van Evry, 1995

In 1972 gaf Best Products Company het architectencollectief SITE de opdracht tot het ontwerpen van negen grote winkelcentra. De ontwerpers noemden hun ontwerpen 'de-architectuur'. Het werd een serie van deconstructies in de letterlijke zin van het woord, niet zonder humor en een artistiek billboard voor het bedrijf. Met baksteen werden de meest onwaarschijnlijke gevels gemaakt, met de schijn van verval van het materiaal.



SITE, Best Products Company, 1975