

Karakteristični detalji zgrada građenih blok opekom

Lazić, Jelena

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:243709>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-28**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,
University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Jelena Lazić

**KARAKTERISTIČNI DETALJI ZGRADA
GRAĐENIH BLOK OPEKOM**

ZAVRŠNI ISPIT

Zagreb, 2024.



Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Jelena Lazić

**KARAKTERISTIČNI DETALJI ZGRADA
GRAĐENIH BLOK OPEKOM**

ZAVRŠNI ISPIT

izv. prof. art. dr. sc. Silvio Bašić

Zagreb, 2024.



University of Zagreb

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Jelena Lazić

**CHARACTERISTIC DETAILS OF BUILDINGS
BUILT WITH BRICK BLOCKS**

FINAL EXAM

izv. prof. art. dr. sc. Silvio Bašić

Zagreb, 2024

SAŽETAK

Ovaj završni rad bavi se istraživanjem karakterističnih detalja zgrada građenih blok opekom. Tema je obrađena u nekoliko dijelova. Prvi dio bavi se poviješću opeke i njezinim razvojem od samog početka uporabe pa sve do danas. Drugo poglavlje donosi detaljan opis proizvodnje opeke te načine ispitivanja bitnih svojstava opeke kao materijala. Nadalje, opisane su sve vrste opeke i opekarskih blokova koje su se koristile u povijesti, a koriste se i danas. Uz to su opisani i najčešće korišteni vezovi od opeke. U sljedećem dijelu završnog rada pojašnjena je inovativna blok opeka koja se koristi za energetske sustave gradnje. Zatim su detaljnije opisani neki od karakterističnih detalja zgrada građenih blok opekom nakon čega se daju tri primjera građevina izgrađenih blok opekom.

Ključne riječi: blok opeka, vrste opeke, karakteristični detalji, zidane građevine, energetske sustave gradnje.

SUMMARY

This final paper deals with the research of the characteristic details of buildings built with brick blocks. The topic is covered in several parts. The first part deals with the history of brick and its development from the very beginning of its use until today. The second chapter provides a detailed description of brick production and methods of testing the essential properties of brick as material. Furthermore, all types of bricks, brick blocks and brick connections that were used in history and are still used today are described. In the next part of the final paper, is provided an explanation of the innovative brick blocks used for energy-efficient construction system. This is followed by description of the characteristic detail of buildings built with brick blocks and three examples.

Key words: brick block, types of bricks, characteristic details, buildings built with brick blocks, energy efficient building system

SADRŽAJ

| | |
|---|-----------|
| SAŽETAK | i |
| SUMMARY | ii |
| SADRŽAJ | iii |
| 1. UVOD | 1 |
| 2. POVIJEST PRIMJENE OPEKE..... | 2 |
| 3. OPEKA..... | 4 |
| 3.1. Sirovine za proizvodnju opeke | 4 |
| 3.2. Proizvodnja opeke..... | 6 |
| 3.3. Ispitivanja opeke..... | 9 |
| 3.3.1. Dimenzije opeke..... | 9 |
| 3.3.2. Tlačna čvrstoća | 9 |
| 3.3.3. Čvrstoća na savijanje..... | 10 |
| 3.3.4. Provjera mase | 10 |
| 3.3.5. Upijanje vode | 10 |
| 3.3.6. Postojanost prema smrzavanju | 10 |
| 3.3.7. Štetno djelovanje soli..... | 11 |
| 3.3.8. Štetno djelovanje vapna | 11 |
| 4. VRSTE OPEKE..... | 12 |
| 4.1. Puna opeka..... | 12 |
| 4.2. Puna fasadna opeka | 12 |
| 4.3. Šuplja opeka i šuplji opekarski blokovi..... | 13 |
| 4.4. Šuplja fasadna opeka i šuplji blokovi..... | 14 |
| 4.5. Radijalna opeka..... | 15 |
| 4.6. Specijalne vrste opeke | 15 |
| 4.6.1. Klinker (prepeka)..... | 15 |
| 4.6.2. Vapneno-silikatna opeka..... | 16 |
| 4.6.3. Vatrostalna opeka | 17 |
| 4.6.4. Kiselootporna opeka..... | 17 |

| | |
|--|-----------|
| 5. VEZOVI ZIDOVA OD OPEKE..... | 18 |
| 5.1. Engleski vez | 18 |
| 5.2. Nizozemski vez | 19 |
| 5.3. Poljski vez..... | 19 |
| 6. ENERGETSKI EFIKASNI SUSTAVI GRADNJE BLOK OPEKOM..... | 20 |
| 6.1. Porotherm Profi opeka | 20 |
| 6.2. Porotherm IZO Profi opeka..... | 21 |
| 6.3. Porotherm Interior opeka..... | 22 |
| 7. KARAKTERISTIČNI DETALJI..... | 23 |
| 7.1. Spoj sa temeljem | 23 |
| 7.2. Porotherm stropni sustav | 25 |
| 7.3. Vijenac | 26 |
| 7.4. Otvori u zidovima – vrata i prozori | 27 |
| 7.5. Toplinska zaštita balkona i terase..... | 29 |
| 7.6. Završetak hidroizolacije kod podrumskih zidova..... | 30 |
| 8. PRIMJERI IZVEDENIH GRAĐEVINA..... | 32 |
| 8.1. Obiteljska kuća u Malom Lošinjju..... | 32 |
| 8.2. Obiteljska kuća u Rudešu | 34 |
| 8.3. Kuća Podfušćak..... | 36 |
| 9. ZAKLJUČAK..... | 37 |
| POPIS LITERATURE | 38 |
| POPIS SLIKA..... | 42 |

1. UVOD

Opeka je najstariji umjetno dobiveni materijal koji služi za zidanje. Prije pojave opeke, za zidanje se koristio kamen, a danas su uz opeku zastupljeni i betonski blokovi.

U povijesti se opeka proizvodila na način da su se opekarski elementi oblikovali od glinene smjese te se ostavljali na suncu kako bi se osušili. Vremenom je način proizvodnje opeke znatno napredovao. Dodavanjem povoljnih dodataka u glinenu smjesu i izbacivanjem onih štetnih, te novim načinom proizvodnje, znatno se povećavaju korisna svojstva opeke kao materijala što dovodi do razvoja inovativnijih vrsta opeke.

U današnje vrijeme veliku ulogu u graditeljstvu ima blok opeka. Najčešće se upotrebljava kod građevina koje se koriste u stambene svrhe, dok se u kombinaciji sa drugim suvremenim materijalima koristi za građevine javne namjene.

Način zidanja blok opekom je isto tako doživio veliki napredak. Napretkom tehnologije proizvodnje dolazi do razvoja kvalitetnijih opekarskih blokova koji imaju bolja svojstva. Novije vrste blok opeke su dobre za izgradnju niskoenergetskih i gotovo nul energetskih kuća. Imaju dobre akustične performanse, te služe kao dobra toplinska izolacija čime se znatno štedi na utrošku energije. Osim toga, korištenjem inovativnih vrsta blok opeka, štedi se i na vremenu zidanja, radnoj snazi te utrošku pojedinog materijala. Također, novi načini gradnje omogućuju smanjenje buke na gradilištima te su gradilišta sama po sebi urednija.

Time dolazi i do inovativnijih načina izvedbe karakterističnih detalja poput spoja zida sa temeljom i pločom, izvedbe toplinske zaštite balkona, izvedbe otvora u zidu namijenjenih prozorima i vratima te brojnim drugima.

Ovaj završni rad opisuje sve od navedenog. Donosi se razvoj opeke kao građevinskog materijala, pregled vrsta i ispitivanja opeke, te inovacije u gradnji blok opekom i izgradnji karakterističnih detalja.

2. POVIJEST PRIMJENE OPEKE

U graditeljstvu su se do pojave opeke, koju smatramo najstarijim i prvim umjetnim građevinskim materijalom, koristili prirodni materijali poput drveta i kamena. [1, 2]

Proizvodnja elemenata za zidanje započinje oko 4000 godina prije Krista. Elementi su oblikovani od blata i gline te su nakon oblikovanja ostavljeni na sušenje na sunčevoj svjetlosti. [3]

Poznato je da se opeka proizvodila i upotrebljavala na području Mezopotamije u 4. tisućljeću prije Krista. Tu se ističu sumerske i asirske građevine koje su bile vezane blatom ili bitumenom. [2] Najmonumentalnija građevina zidana od opeke, kod starih Sumerana bio je veliki gradski hram u središtu svakog sumerskog grada-države. [4]



Slika 1: Zigurat u Uru, oko 2100. pr. Kr. (Izvor: [4])

Prve građevine u Egiptu bile su građene opekom. To su uglavnom palače i grobnice iz perioda starijih dinastija iz 3. tisućljeća prije Krista, od kojih su neke sačuvane i do danas. Opeka je nakon nekog vremena u potpunosti zamijenjena kamenom. [2]

Veliku ulogu u proizvodnji opeke imali su Rimljani. Sušenje opeke na suncu zamijenili su pečenjem elemenata. [3] Opeka se pekla u posebnim pećima, a dimenzije elemenata su kao i njihova priprema bili posebno propisani. [2] Koristili su komade opeke veće površine, a visine manje od tradicionalne opeke kako bi smanjili vrijeme gradnje i kako bi smanjili broj radne snage. Kod većih komada opeke, za razliku od manjih, javlja se problem nejednolikog sušenja što izaziva deformacije i puknuća. [1]

U ranom srednjem vijeku, na području Italije, Španjolske i Bizanta, nastavlja se tradicija gradnje opekom, za razliku od Europe gdje je nakon pada Rimskog Carstva gradnja opekom u potpunosti zanemarena. Tek u 12. stoljeću dolazi do obnove proizvodnje opeke. [2]

Za vrijeme gotike, kamen je u potpunosti zamijenjen opekom. Na našim područjima, opeka se koristi tijekom cijelog srednjeg vijeka, a veći razvoj doživljava od 16. stoljeća te prevladava u graditeljstvu Europe sve do 20. stoljeća. [2]

Dug period se opeka proizvodila ručno, sve do izuma prvog stroja za izradu opeke. Izradio ga je J. Etherington 1619. godine. [2]

U 19. stoljeću dolazi do industrijalizacije proizvodnje opeke. Razvijaju se šuplji opečni elementi (Joseph Gibbs, 1850. godina), dolazi do izuma stroja za proizvodnju šupljih blokova (S. Palmer) te dolazi do reduciranja dimenzija elemenata (u čemu sudjeluje Francis J. Straub). [3]

U posljednjih 50 godina znatno raste proizvodnja opeke u svijetu. [2] Zidani objekti izgrađeni tijekom 20. stoljeća uglavnom se koriste u stambene svrhe dok se objekti javne namjene grade kao kombinacija suvremenih materijala. [3] Primjer na *slici 3.* je primjer suvremene građevine od opeke.



Slika 2: Cathedral of Resurrection, Evry, France (Izvor: [5])

3. OPEKA

3.1. Sirovine za proizvodnju opeke

Kao sirovina za proizvodnju opeke koristi se *glina*. [2] Gline su sedimenti koji nastaju raspadom magmatskih i silikatnih metamorfnih stijena uz utjecaj atmosferilija. [6] Sastav minerala i njihov udio u glini ovise o uvjetima nastanka. [7]

Glinu tvore čestice minerala manje od 0.05 mm, dok se za proizvodnju elemenata od opeke koriste čestice veličine od 0.1 mm do 0.001 mm. Ukoliko glina sadrži velik postotak čestica manjih od 0.001 mm, za nju kažemo da je izrazito plastična i da sadrži velik udio glinene tvari. [7]

Osobito važno svojstvo gline je *plastičnost* koja glini omogućuje da se, uz dodatak vode, oblikuje bez kidanja i pojave pukotina te ta nakon sušenja i pečenja zadrži oblik. [7]

Sirovina za izradu opeke ne smije biti pretjerano posna, niti pretjerano masna. Posne gline u sebi sadrže veliki udio različitih primjesa od kojih se najviše izdvaja pijesak, dok masne gline imaju sposobnost upijanja većih količina vode, plastičnije su i u sebi sadrže veće količine kaolina, zemljaste mase koja se koristi u keramici. [7,8] Ukoliko neka sirovina nije povoljna, potrebno je dodati sastojke koji nedostaju ili oduzeti one koji imaju štetno djelovanje. [1]

Podjela gline u tehničkoj praksi je na: porculansku, lončarsku i opekarsku. *Porculanska* glina u sebi sadrži mali udio primjesa, a sastoji se većinom od kaolina. Koristi se za dobivanje najkvalitetnijih keramičarskih proizvoda. Slično kao i porculanska, *lončarska* se glina također sastoji od kaolina, ali u sebi sadrži malo veću količinu primjesa te može biti žute, sive, bijele ili crvene boje. *Opekarska glina* se, iako u sebi sadrži vrlo malo kaolina, može primjenjivati kao sirovina za izradu opeke jer i dalje ima dovoljnu plastičnost.[7]



Slika 3. Porculanska glina (Izvor: [9])



Slika 4. Lončarska glina (Izvor: [10])



Slika 5. Opekarska glina (Izvor: [7])

3.2. Proizvodnja opeke

Prvi korak u proizvodnji opeke je ručni ili strojni iskop glinenih sedimenata, nakon čega se iskopani materijal, ovisno o udaljenosti od tvornice za preradu, odvozi pomoću kamiona (za veće udaljenosti) ili prevoznih traka (za manje udaljenosti). [7]



Slika 6. Strojni iskop gline (Izvor: [11])

Iskopana se sirovina jedan period ostavlja da odleži, što kasnije omogućuje jednostavniju i kvalitetniju obradu. Hlađenjem dolazi do usitnjavanja sirovine i povećanja plastičnih svojstava te dolazi do truljenja organskih tvari. Zbog toga je najpovoljnije da sirovina odstoji za vrijeme zime. [2]

Mješavina se priprema na način da se sirovine međusobno miješaju te samelju u mlinovima. Prvo slijedi mljevenje pomoću grubih mlinova, nakon čega se provodi razbacivanje sastava, njegovo odležavanje te homogeniziranje. Zatim se glina iznova melje finim mlinovima. [7]

Pripremljena glina se dovodi u vakuumsku prešu gdje se pomoću kružnog transportera potiskuje u cilindar preše koji je zatvoren alatom za oblikovanje (usnikom). Pomoću usnika se određuju vanjske dimenzije gotovog proizvoda te veličina, oblik i raspored šupljina. [7]

Oblikovana se masa, u obliku beskonačne trake, dovodi na poseban stol za rezanje gdje se pomoću napetih žica reže u manje komade odnosno u svoj konačni oblik (slika 7) . [2,7]



Slika 7. Oblikovanje mase u konačni oblik (Izvor: [12])

Nakon rezanja, slijedi sušenje opeke. Sušenje smatramo jednom od najbitnijih faza kod proizvodnje opeke i općenito ostalih glinenih proizvoda. Površina elementa se suši brže od jezgre, zbog čega se sušenje mora odvijati postepeno po unaprijed određenom režimu koji ovisi o svojstvima i sastavu gline. [7]

Pune se opeke većinom suše na zraku za razliku od šupljih opeka i blokova koji se suše u sušarama. Sušenje se odvija u četiri faze te traje 40 sati. Temperatura prve faze sušenja iznosi 25 °C, a vlažnost 90%. U drugoj se fazi temperatura zraka povećava na 50 °C uz smanjivanje vlažnosti, dok je za treću fazu karakteristično intenzivnije sušenje na 80 °C. Posljednja faza je faza hlađenja na temperaturi od 30 °C. [2]

Slijedi pečenje osušenih proizvoda pri temperaturi od 900 do 1100 °C, ovisno o tipu opeke. Pečenjem opeka i blokovi dobivaju svoja karakteristična fizikalno-mehanička svojstva te konačni oblik. Za pečenje opeke koriste se poljske, kružne i tunelske peći. [2]



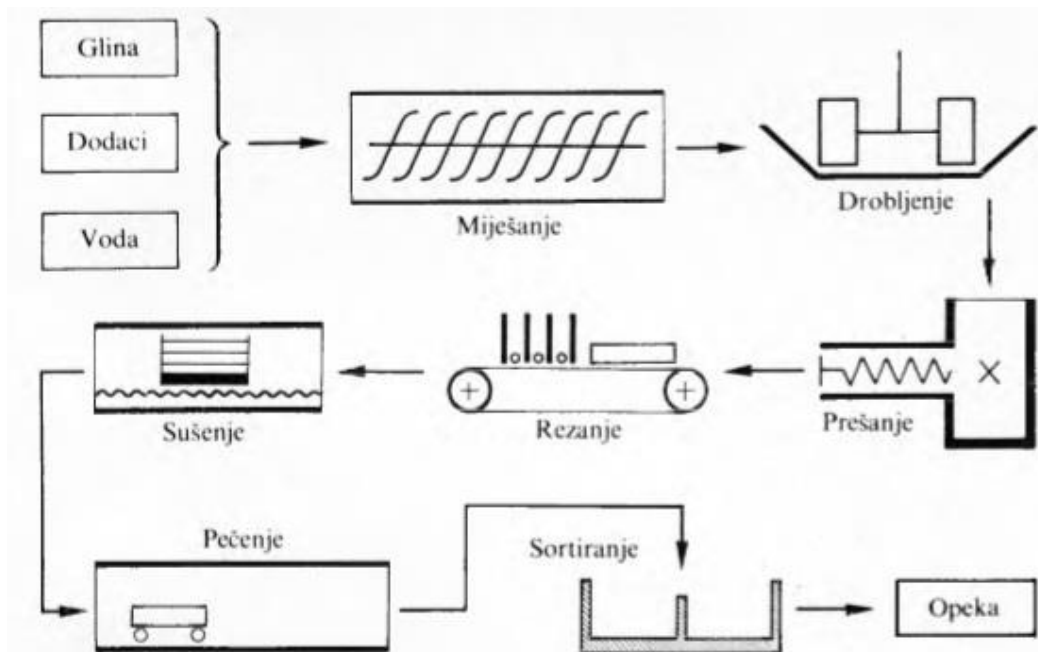
Slika 8. Tunelska peć (Izvor: [13])

Poljske peći su najjednostavnije, no nisu praktične jer troše mnogo goriva te sama opeka nije najkvalitetnije pečena. [2]

Najčešće su se upotrebljavale *kružne peći* (Hoffmannove peći). Sastoje se od minimalno 18 međusobno povezanih komora, smještenih oko dimog kanala koji im je zajednički. Pečenje se odvija neprestano, a za loženje peći koriste se ugljena prašina, ugljen ili čvrsta goriva. [2]

Danas se za pečenje opeke upotrebljavaju *tunelske peći*. Sastoje se od tri zone u kojima dolazi do predgrijavanja, žarenja i hlađenja. Kao i kod kružnih peći, pečenje se odvija bez prestanka, ali se lože plinovitim gorivima. Prednost im je to što su vrlo ekonomične. [2]

Pečena se opeka sortira po vrsti i kakvoći te se nakon sortiranja skladišti. [2,7]



Slika 9. Shema proizvodnje opeke (Izvor: [2])

3.3. Ispitivanja opeke

Gotovi proizvodi, opeka i opekarski blokovi, moraju odgovarati određenim propisima na razini države. Na temelju tih propisa ispituju se tražene karakteristike proizvoda. [1]

Svojstva opeke koja ispitujuemo su: dimenzije opeke, čvrstoća na tlak, čvrstoća na savijanje, provjera mase, upijanje vode, postojanost prema smrzavanju, štetno djelovanje soli (iscvjetavanje) te štetno djelovanje vapna. [7]

3.3.1. Dimenzije opeke

Provjere dimenzija opeke izvode se na 10 opečnih elemenata s pouzdanosti od 1 mm, a srednja vrijednost dvaju mjerenja visine, širine i duljine uzima se kao konačni rezultat. Nepravilnost površine se ispituje provlačenjem elemenata između dviju međusobno paralelnih ravnina koje se postavljaju na udaljenostima karakterističnim za pojedine vrste blokova ili opeka. Također, mjere se i odstupanje od pravog kuta na dva dijagonalna kuta pomoću metalnog kutnika te okrnjenost pomoću čeličnog ravnala. [2]

3.3.2. Tlačna čvrstoća

Tlačna se čvrstoća ispituje prema normi HRN EN 772-1:2015 . Ispitivanje se provodi na minimalno 6 uzoraka. [14] Prije provođenja ispitivanja potrebno je pripremiti uzorke na način da se očiste od morta te navlaže. Nakon toga se dvije opeke međusobno lijepe pomoću cementnog morta debljine minimalno 3 mm. [2, 14]

Mort se ostavi da očvrsne, nakon čega se ravnomjerno, prikladnom brzinom nanosi opterećenje sve do loma uzorka. [2]



Slika 10. Ispitivanje tlačne čvrstoće opeke (Izvor: [14])

Tlačna čvrstoća (σ_p) se dobije tako da se opterećenje uslijed kojeg je došlo do sloma uzorka (F), podijeli sa njegovom bruto površinom (A): $\sigma_p = \frac{F}{A}$. [2,14]

3.3.3. Čvrstoća na savijanje

Premda po našim standardima ovo ispitivanje nije obavezno, ukoliko je posebno traženo, onda se provodi za punu i šuplju opeku, te fasadnu opeku normalnog oblika. Na dva ležaja, na koja se prethodno nanosi sloj cementnog morta debljine 30 mm, postavlja se opeka. Na središtu opeke se postepeno nanosi opterećenje sve do loma uzorka. [2]

3.3.4. Provjera mase

Ovo ispitivanje provodi se na 5 uzoraka osušenih u sušionici pri temperaturi od 105°C, nakon čega se masa dvaput u intervalu od dva sata, uz točnost od 1g. Za masu opeke možemo reći da je stalna ukoliko razlika dvaju mjerenja ne prelazi 2%. [2]

3.3.5. Upijanje vode

Oduzimanjem mase natopljene opeke i suhe opeke, ispituje se provjera mase. [2]

Za ovo ispitivanje potrebno je 5 opeka prosušenih do konstantne mase. Opeke se polažu vertikalno u posudu gdje se polijevaju vodom (hladnom ili kipućom) do polovice visine. Dva sata nakon, voda se dolijeva do $\frac{3}{4}$ visine opeke te se tako ostavlja sljedećih 22 sata nakon čega se opet dolijeva voda, ali ovaj put do cijele visine opeke. [2]

Opeka tako u vodi leži 24 sata od početka pokusa, nakon čega se izvaže te ponovno postavlja u vodu na sljedećih 24 sata. Postupak se iznova ponavlja sve dok se ne postigne konstantna masa koja se mjeri sa točnošću od 1g. [2]

3.3.6. Postojanost prema smrzavanju

Ispituje se zid od opeke minimalne površine od 0.25 m² koji se ostavlja da neko vrijeme odleži u vodi nakon čega se hladi sve dok se ne zamrzne sva upijena voda.

Ciklus smrzavanja i odmrzavanja ponavlja se 100 puta. [7] Ukoliko opeka nakon ispitivanja ostane bez oštećenja te ako ne dolazi do ljuštenja i raspadanja, onda se kaže da je opeka postojana prema smrzavanju. [2]

Ako pak dođe do oštećenja opeke, gubitak mase ne smije prelaziti 2%. [2]

3.3.7. Štetno djelovanje soli

Ukoliko se u opeci nalaze soli koje se tope u vodi, one će kristalizirati i na površini opeke ostaviti bijeli trag u obliku iglica ili mrlja. Tu pojavu nazivamo *iscvjetavanjem*. Takve soli imaju štetan utjecaj na opeku, ali i na mort jer zbog njih dolazi do ljuštenja i raspadanja. [2]

Uzorci koji se ispituju se ispituju su prvotno zasićeni vodom, nakon čega se tjedan dana promatraju. Ukoliko dođe do pojave iscvjetavanja, kemijskom se analizom ispituje udio soli u uzorku. [2, 7]



Slika 11. Iscvjetavanje na površini opeke (Izvor: [15])

3.3.8. Štetno djelovanje vapna

Ako gline od kojih se proizvodi opeka u sebi sadrže veće komadiće vapnenca, dolazi do pucanja opeke. [2]

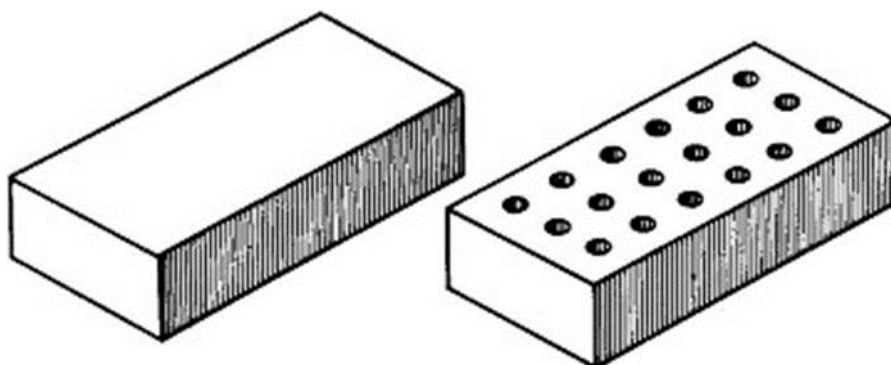
Ispitivanje se ocjenjuje na temelju izgleda uzoraka unaprijed zasićenih vodom, nakon što su 14 dana boravili u komori pri temperaturi od 20°C. [7]

4. VRSTE OPEKE

U Hrvatskoj se za proizvodnju opeke koriste Jugoslavenski standardi. Prema tim se standardima opeke dijele na punu opeku, šuplje blokove i šuplju opeku, šuplju fasadnu opeku, šuplje fasadne blokove te radijanu opeku. Uz nabrojane vrste opeka, u praksi se izvode dodatne specijale vrste opeke. [1]

4.1. Puna opeka

Puna se opeka primjenjuje kod zidova koji će se žbukati. Dimenzija je 250 x 120 x 65 mm, uz dozvoljena odstupanja posebno za širinu (± 5 mm), visinu (± 3 mm) i duljinu (± 8 mm). [3] Na plohi nalijegana, opeka može imati do 15% šupljina, a takvu opeku nazivamo šupljom opekam. [16]



Slika 12. Puna opeka (lijevo) i opeka sa šupljinama (desno) (Izvor: [16])

4.2. Puna fasadna opeka

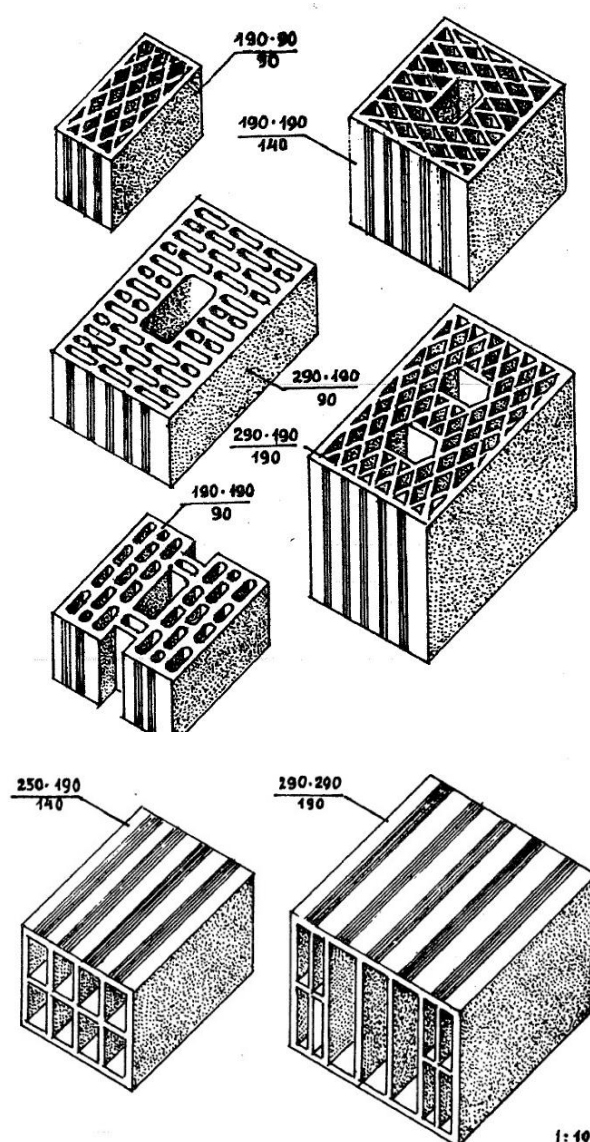
Iako je istih dimenzija kao i obična puna opeka, za razliku od nje se koristi za zidanje zidova koji se ne žbukaju. Također, isto kao i kod pune opeke razlikujemo običnu punu fasadnu opeku i rupičastu fasadnu opeku. [1]

Za razliku od pune opeke, u sebi sadrži manji udio soli koje bi mogle dovesti do iscvjetavanja, te je otporna na smrzavanje. [16]

4.3. Šuplja opeka i šuplji opekarski blokovi

Šuplja opeka i blokovi koriste se, umjesto pune opeke, za zidanje nosivih zidova kada se i manjom debljinom zida može doseći odgovarajuća nosivost i kvalitetnija toplinska izolacija. Jednim većim komadom šupljeg bloka mogu se zamijeniti 3 ili pak više komada pune opeke čime se može znatno uštediti na vremenu zidanja, na mortu i radnoj snazi. [1]

Šupljine mogu biti vertikalne i horizontalne. Šuplje opeke i blokovi sa horizontalnim šupljinama odlično služe za zidanje nenosivih zidova. [1]



Slika 13. Šuplji opekarski blokovi sa vertikalnim i horizontalnim šupljinama (Izvor: [1])

Dimenzijama su šuplje opeke jednake punima, za razliku od opekarskih blokova koji se razlikuju po dimenzijama, obliku te rasporedu i veličini samih šupljina. [16]

Upravo su šuplje opeke i šuplji opekarski blokovi danas najviše u upotrebi. [16]

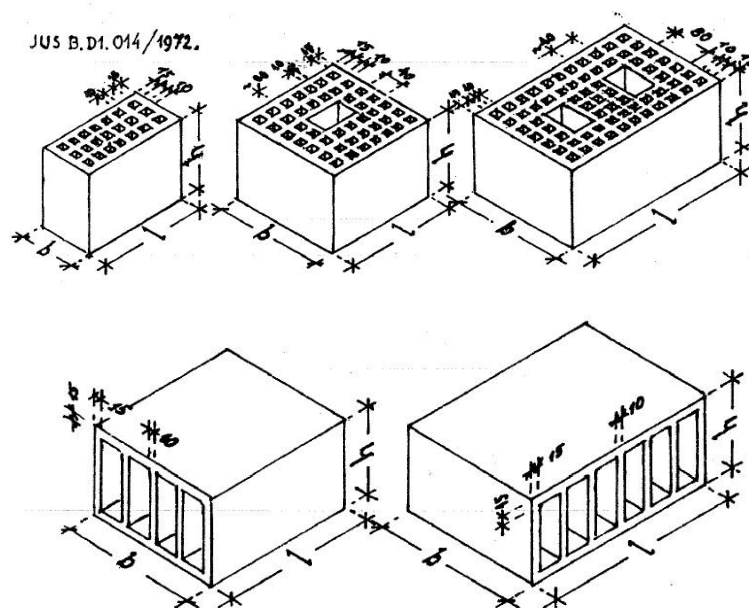
4.4. Šuplja fasadna opeka i šuplji blokovi

Upotrebljavaju se kao obloga zidova zidanih opekarskim blokovima drugog materijala. [1]

Pod šuplju fasadnu opeku ubrajaju se elementi dimenzija 250 x 120 x 65 mm kojima šupljine, koje mogu biti vertikalne ili horizontalne, sadrže više od 15% površine. [1]

Šupljim fasadnim blokovima smatramo elemente drugačijih, uglavnom modularnih dimenzija koji također imaju okomite ili paralelne šupljine [1]

Opeka i blokovi koji imaju nosivu ulogu izvode se sa vertikalnim šupljinama čija površina iznosi od 20% do 40% ukupne ležišne površine. [1]



Slika 14. Šuplji fasadni blokovi sa vertikalnim (gore) i horizontalnim šupljinama (dolje)
(Izvor: [1])

4.5. Radijalna opeka

Primjenjuje se za izgradnju tvorničkih ili sličnih kružnih dimnjaka, za gradnju bunara, silosa i slično. [1]

Kod radijalne opeke zahtjeva se veća čvrstoća od pune i rupičaste opeke. Zbog toga je nužno da se komadi radijalne opeke što pravilnije oblikuju, prosuše i ispeku. [1]

Razlikujemo običnu i rupičastu radijalnu opeku. Površina šupljina u radijalnoj opeci ne smije biti veća od 12% od ukupne ležišne površine. [1]

Po standardima su propisane tri vrste radijalne opeke čija je razlika u njihovoj dužini (240, 175 i 115 mm).



Slika 15. Radijalna opeka (Izvor: [17])

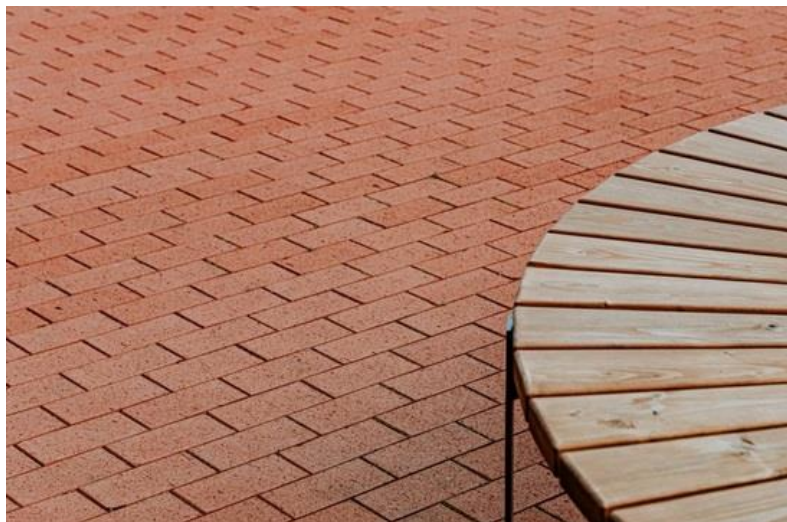
4.6. Specijalne vrste opeke

Specijalne vrste opeke su svojim oblikom i dimenzijama slične unaprijed opisanim vrstama, ali se od njih razlikuju po svojstvima i načinu primjene.

4.6.1. Klinker (prepeka)

Izrađuje se od gline koja je bogata željezom, a u sebi sadrži male količine kalcija. [1] Peče se na temperaturi od 1200°C skoro do sinteriranja odnosno taljenja. Tako dobivena opeka je vrlo gusta, ima veliku čvrstoću, nepropusna je i otporna na smrzavanje te ima vrlo glatku površinu. [16]

Klinker opekom se popločavaju prometne površine, oblažu pročelja te izvode zidovi i temelji u vodi pri čemu je dozvoljeno upijanje vode do 6%. [3]



Slika 16. Klinker opeka za popločavanje (Izvor: [18])

4.6.2. Vapneno-silikatna opeka

Formira se od kremenog pijeska i gašenog vapna. Prvo se oblikuje na preši nakon čega se postavlja u autoklave u kojima se dosežu veliki tlakovi gdje se već spomenuto gašeno vapno i kremeni pijesak vežu. Nakon vezivanja, opeka se ostavlja kako bi očvrstnula. [3]



Slika 17. Silikatna opeka (Izvor: [19])

4.6.3. Vatrostalna opeka

Izvodi se od smjese nepečene i vatrostalne unaprijed pečene gline. Karakteristična je po tome što može podnijeti vrlo visoke temperature (do 1600 °C). Zbog toga se koristi za obloge ložišta te dijelova dimnjaka. [1, 16]

4.6.4. Kiselootporna opeka

Koriste se u agresivnijim sredinama gdje djeluju jake lužine i kiseline poput sumporne i solne. [3]

5. VEZOVI ZIDOVA OD OPEKE

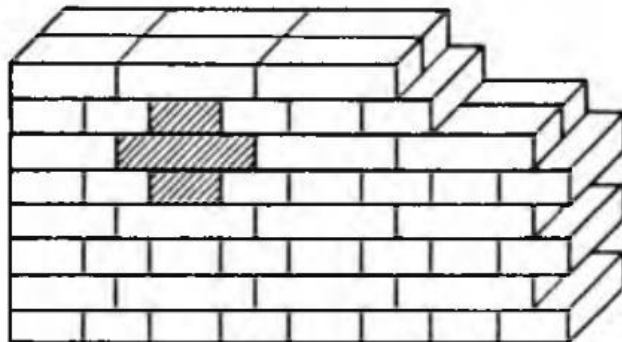
Pravilan način slaganja elemenata zida, kako bi se postigla ujednačena raspodjela opterećenja u zidu, naziva se *vezom*. [20]

U zidu elementi mogu biti postavljeni na dva načina, kao vez uzdužnjaka i vez vežnjaka. Opeke koje se slažu horizontalno sa smjerom pružanja zida nazivamo uzdužnjaci, dok one opeke koje se slažu vertikalno smjeru pružanja zida nazivamo vežnjacima. [20]

Ovi vezovi smatraju se najčešćim vezovima opeke. Izvode se od opeke normalnog formata i od blok opeka no osim njih poznati su i neki povijesni načini slaganja elemenata poput engleskog, nizozemskog i poljskog veza. [1, 20]

5.1. Engleski vez

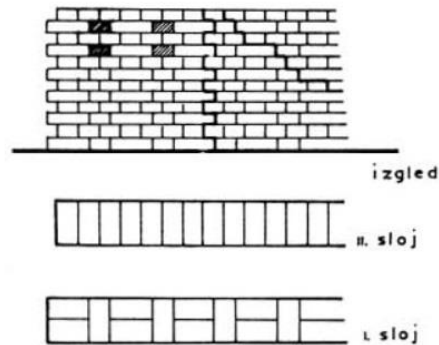
Koristi se kod zidova debljine jedne ili više opeka. Na prednjoj strani zida vidljiva je izmjena slojeva vežnjaka i dužnjaka. Na slobodnim krajevima zida ne nalaze se cijeli elementi već $\frac{3}{4}$ elementa, vežnjaka ili dužnjaka, ovisno pojedinom sloju. [21]



Slika 18. Engleski vez (Izvor: [21])

5.2. Nizozemski vez

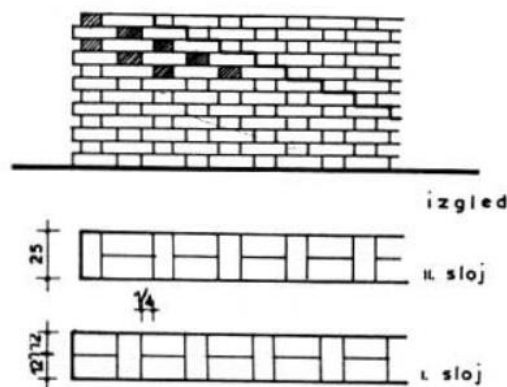
Ovaj tip veza najbolje je koristiti kod zidova debelih 25 cm te kod oblaganja debljih zidova i zidova od drugog materijala. Slaže se na način da se kod sloja uzdužnjaka postavlja po jedan vežnjak iza svakog para uzdužnjaka. Slojevi vežnjaka se postavljaju normalno. [1]



Slika 19. Nizozemski vez (Izvor: [22])

5.3. Poljski vez

Poljski vez sličan je nizozemskom, ali se u svim slojevima (parnim i neparnim) između para uzdužnjaka postavlja po jedan vežnjak. Kod ovog veza može se tolerirati mjestimično poklapanje sudarnica dvaju slojeva. [1]



Slika 20. Poljski vez (Izvor: [23])

6. ENERGETSKI EFIKASNI SUSTAVI GRADNJE BLOK OPEKOM

Opeka se kao građevinski material koristi tisućama godina. [24] S vremenom se sve mijenja, pa tako rastu i standardi života. Promjenom tih standarda dolazi do promjene kriterija gradnje koji se također povećavaju. [25]

Od glinene mase pečene na suncu, opekarski elementi razvili su se sve do danas najkorištenije blok opeke. [16]

Međutim razvoj opeke traje i danas. U današnje se vrijeme u proizvodnji opeke koriste najmodernije tehnologije što dovodi do razvoja energetski učinkovitije, inovativne i održive opeke. [24]

U nastavku teksta priloženo je par primjera inovativne opeke koja se koristi u današnje vrijeme.

6.1. Porothem Profi opeka

Ova se opeka dobiva brušenjem kompjuterskim procesom koji je strogo kontroliran jer dimenzije opeke ne smiju odstupati niti za 1 mm. [26]

Mort kao vezivno sredstvo zamjenjuje se Porothem Dryfix.ekstra ljepilom. Za izgradnju jedne kuće dovoljno je tridesetak boca ljepila. Zahvaljujući tome, nema dodatnih troškova koji se javljaju kod gradnje sa mortom. [26]



Slika 21. Porothem Profi opeka (Izvor: [26])

Dodatno se može uštediti i na žbuci jer je Porotherm Profi opeka sama po sebi ravna, a time se manjuje i utrošak žbuke. Također, primjenom ove vrste opeke, smanjena je potreba za dodatnim slojevima toplinske izolacije čime se smanjuje debljina zida. [26]

Bitno je za napomenuti da se ovakvim načinom ugradnje, vrijeme zidanja smanjuje čak 3 puta u odnosu na zidanje mortom. Jednostavnu izvedbu omogućuje sistem slaganja pero – utor. [26]

Ovaj tip opeke pruža odličnu toplinsku izolaciju, pri čemu se javlja ušteda energije čak i do 60%. [26]

6.2. Porotherm IZO Profi opeka

Ova vrsta opeke posjeduje odlična svojstva toplinske izolacije jer je ispunjena kamenom vunom te se zbog toga koristi kod izgradnje energetski efikasnijih objekata poput niskoenergetskih i pasivnih kuća te gotovo nul energetskih kuća. [27]



Slika 22. Porotherm IZO Profi opeka (Izvor: [27])

Kao i kod zidanja Porotherm Profi opekom, koristi se Porotherm Dryfix.extra ljepilo, brzina zidanja je veća i dolazi do velikih ušteda energije. Osim toga, ima i vrlo dobre akustične performance. [27]

6.3. Porothem Interior opeka

Najbolje je rješenje za izvedbu nenosivih unutrašnjih zidova. [28]

Lakša je u odnosu na druge zidne elemente od opeke jer je izrađena od porozirane opeke. Kao i do sad navedeni primjeri, ugradnja se odvija brzo i jednostavno. [28]

Osim toga ima i odlična zvučno – izolacijska svojstva. [28]



Slika 23. Porothem Interior opeka (Izvor: [28])

7. KARAKTERISTIČNI DETALJI

7.1. Spoj sa temeljem

U ovom poglavlju, spoj sa temeljem biti će objašnjen na primjeru zidanja kod Porotherm Profi sistema.

Nakon što se izvedu temelj i podna ploča, prije početka zidanja postavlja se horizontalna hidroizolacija kako bi se spriječila vlaga u zidovima. Postavlja se kao ljepjenka ili kao polimerni premaz. [29] Površina na koju se postavlja izolacija mora biti u potpunosti suha, ravna i glatka. [1]

Sljedeći je korak označavanje položaja i debljine zida nakon čega se podloga poravna te se postavlja mort debljine 1,5 cm koji se mora poravnati uređajem za izravnavanje. [29]



Slika 24. Postavljanje hidroizolacije (gore) i postavljanje morta (dolje) (Izvor: [29])

Kod zidanja prvog reda opeke na još vlažni sloj postavljenog morta, važno je precizno postaviti prve vodoravne sljubnice. Nakon postavljanja, ispituje se ravnoća površine pomoću alu-letve duljine od 3 do 4 m. Opeke se jedna do druge postavljaju na principu pero-utor. [29]



Slika 25. Zidanje prvog reda (Izvor: [29])

Nakon završetka postavljanja prvog reda, na blokove se u dvije usporedne trake nanosi ljepilo te se na njih slaže novi sloj blokova. Postupak se ponavlja dok se ne dosegne projektom definirana visina zida. [29]

7.2. Porotherm stropni sustav

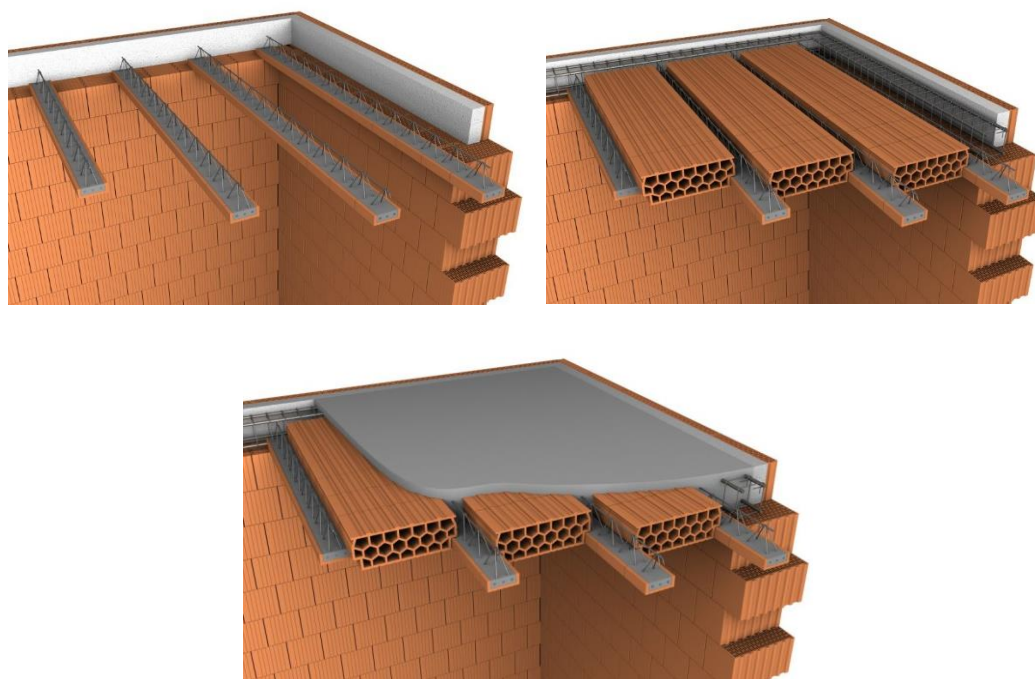
Porotherm stropni sustav je polumontažna konstrukcija koja u odnosu na klasični strop ima brojne prednosti, a to su: ušteda na vremenu kod gradnje, manje količine potrebnog materijala, bolja zvučna i toplinska izolacija te otpornost na požar. [30]

Porotherm gredice čiji je osni razmak 60 cm, postavljaju se na završni red nosivog zida gdje je prethodno nanesen sloj svježeg morta debljine od 1cm. [31]

U prostor između gredica, vertikalno na njih se, jedni do drugih, postavljaju opečni elementi. [31]

Tlačna se ploča izvodi od betona C20/25 I debljine je 6cm. Kao armature za ploču koriste se mreže ili rebrasta armature. [30]

Spojevi zidova i stropova povezuju se betonskim vodoravnim serklažima. [30]



Slika 26. Ugradnja Porotherm stropnog sistema (Izvor: [31])

7.3. Vijenac

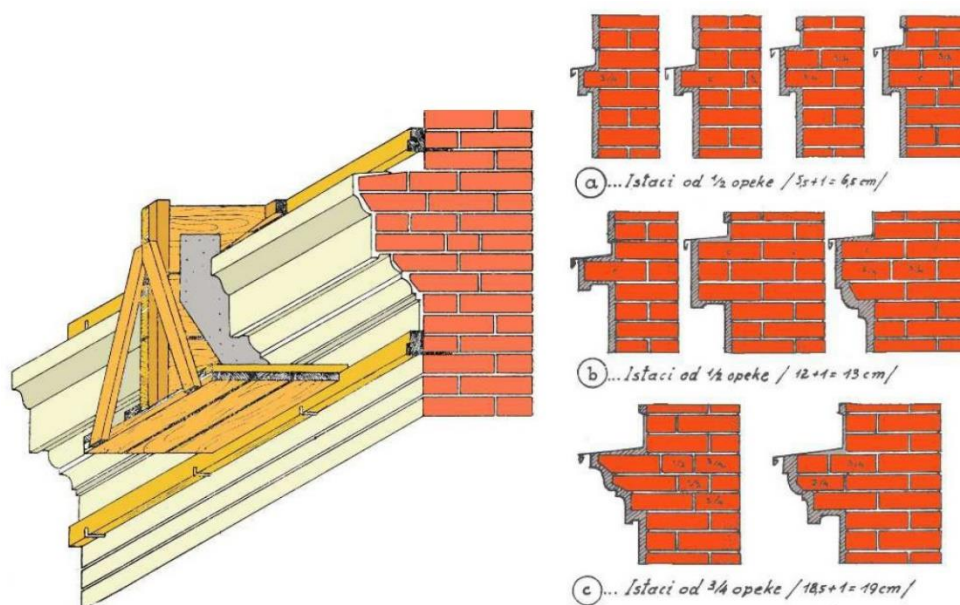
U graditeljstvu pojam vijenac predstavlja konzolni horizontalni element koji za ulogu ima zaštitu pročelja od atmosferilija te dekorativnu ulogu. [3, 32]

U današnje vrijeme se na građevinama ne izvode horizontalni istaci dekorativne svrhe, ako su pak nužni iz nekog drugog razloga, izvode se najčešće od armiranog betona. [1]

Gotove sve zgrade građene prije otprilike 50 godina, koje i danas postoje i služe svrsi, na sebi imaju vijence rađene opekom. O njima se i danas vodi računa, a razlikujemo manje i veće horizontalne istake (vijence) od opeke. [1]

Manji vijenci su oni vijenci koji su od lica zida udaljeni za $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$ ili $\frac{3}{4}$ opeke normalnog formata, dok su veći vijenci udaljeni za $1 \frac{1}{2}$ opeke (to se odnosi na vijence kojima nije potrebno posebno sidrenje). [1]

I veći i manji vijenci u prošlosti su se žbukali i ukrasno profilirali. [1]



Slika 27. Žbukanje vijenca (lijevo) i primjeri vijenca (desno) (Izvor: [3])

Na gornjoj strani vijenca postavlja se lim sa okapnicom, a ostatak zida iznad vijenca mora biti dovoljno opterećen ostatkom zida ili stropnom konstrukcijom kako ne bi došlo do kolapsa. [3]

7.4. Otvori u zidovima – vrata i prozori

Proboje u zidu, krovu, stropu i podu nazivamo otvorima. Otvori mogu biti otvoreni ili zatvoreni pomoću posebnih ugrađenih elemenata kao što su prozori i vrata. [33]

Sami otvor kao i elementi ugrađeni u njega, u nacrtima se označuju širinom i visinom pa tako razlikujemo sljedeće mjere: zidarsku, proizvodnu, modularnu i svjetlu mjeru. [33]



Slika 28. Otvor namjenjen prozoru (Izvor: [34])

Otvori u zidu premošćuju se nadvojima u obliku grede ili luka, najčešće iznad vrata i prozora (tada ih nazivamo nadvratnikom i natprozornikom). [35]

Za nadvoje su se u prošlosti koristile grede od drveta ili kamena, dok su se poslije zidali kamenom ili opekom. Zidani nadvoji su povoljniji od greda jer mogu doseći veće raspone. U današnje vrijeme su najzastupljeniji armiranobetonski i čelični nadvoji koji mogu preuzeti velika opterećenja nad velikim otvorima. [35]

Jedan od primjera nadvoja koji se danas koristi je Porotherm nadvoj. To je predgotovljeni element od opečnih kanalice, prednapete armature i od betona. Koristi se za raspone od 0,75 do 3,25 m. [36]

Kako bi se kod ugradnje nadvoja postigla bolja prionjivost morta, opeke i samog nadvoja, zidne elemente i gornju površinu Porotherm nadvoja potrebno je namočiti vodom. Preporuka je da se za tlačni pojas iznad Porotherm nadvoja koristi pilom izrezana Porotherm opeka. [36]



Slika 29. Porotherm nadvoj (Izvor: [36])

Nadalje, donji dio otvora kod vrata završava pragom, a kod prozora takozvanom prozorskom klupčicom. Dio zida koji se nalazi između poda i prozorske klupčice naziva se parapet, a okomite bočne plohe nazivamo špaletama ili ostijenjem. Pri ugradnji prozora ili vrata, na špalete se ugrađuju doprozornici ili dovratnici. [37]

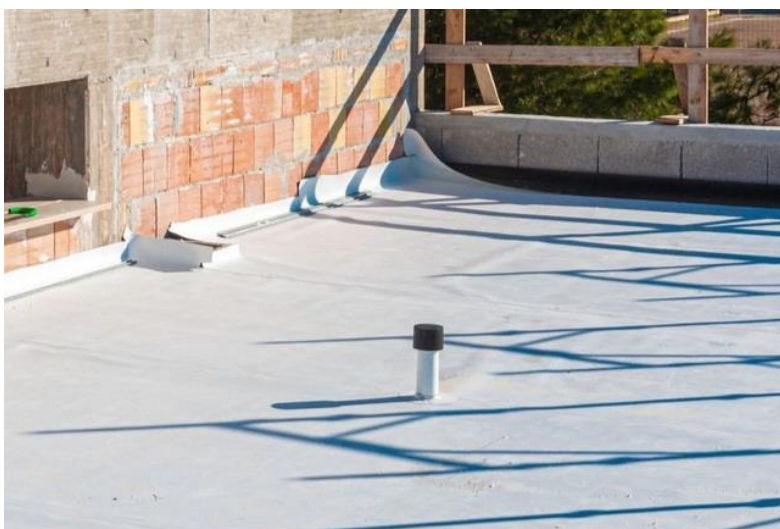
7.5. Toplinska zaštita balkona i terase

Izvedbom loše toplinske izolacije dolazi do pojave toplinskih mostova odnosno mjesta na kući gdje dolazi do izrazito velikog propuštanja topline. [38]

Pojava toplinskih mostova je energetska vrlo nepovoljna, pogotovo zimi kada se gubi više energije i zbog toga se javljaju veći troškovi grijanja. Osim toga, na mjestima toplinskih mostova kod balkona dolazi i kondenzacije vlage što dovodi do bržeg propadanja konstrukcije i pojave plijesni koja je štetna za ljudsko zdravlje. [38]

Pod izolacijom balkona podrazumijeva se betonska ploča balkona, povezana sa međukatnom pločom kuće. Balkonsku konstrukciju potrebno je izolirati sa svih strana, a gornji sloj izolacije potrebno je postaviti pod nagibom radi odvodnje oborinskih voda. [38]

Toplinska izolacija balkona trebala bi biti jednaka debljini fasadne toplinske izolacije. Visina balkonskog poda ne smije prijeći visinu unutrašnjeg poda. U slučaju da debljina toplinske izolacije ne može biti jednaka debljini fasadne izolacije, preporuča se debljina toplinske izolacije od minimalno 5cm. [38]



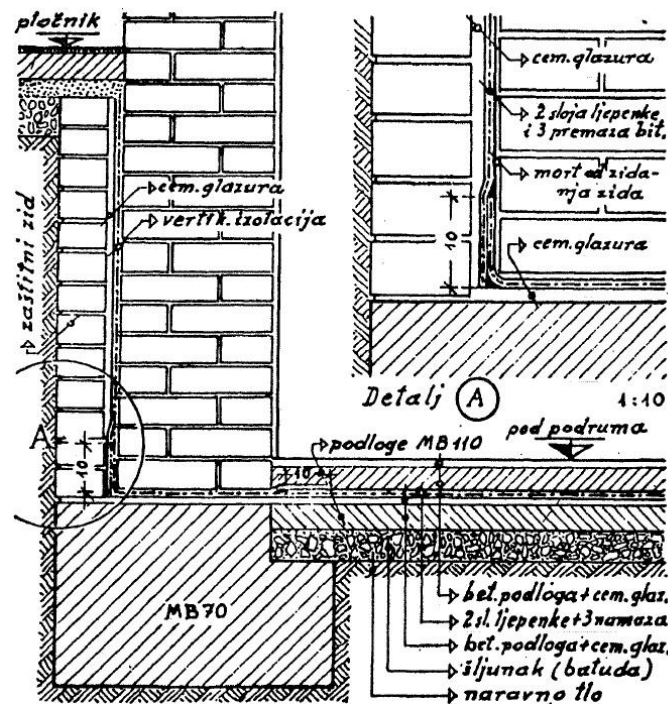
Slika 30. Toplinska zaštita terase (Izvor: [38])

7.6. Završetak hidroizolacije kod podrumskih zidova

Temelji su najizloženiji djelovanju vlage i zbog toga se izvode od materijala otpornijih na vlagu ili materijala kojima vlaga uopće ne šteti (poput betona). [1]

Vlaga ima negativan učinak i na podrumске zidove i podove. Pod utjecajem vlage dolazi do opadanja žbuke, razaranja morta pa i samog zida. Kako bi se to spriječilo, koristi se hidroizolacija. [1]

Podrumski zidovi izloženi su vlazi s vanjske strane, zbog toga se upravo na vanjskoj strani postavlja vertikalna izolacija koja se mora spojiti sa horizontalnom izolacijom koja se nalazi ispod podrumskih zidova i podova. [1]



Slika 31. Detalj hidroizolacije podrumskog zida (Izvor: [1])

Na slici 31. prikazan je detalj hidroizolacije podrumskog zida. Za njega je karakteristično što mu nije potreban gotovi zid niti radni prostor. [1]

Na vanjski rub temelja postavlja se zid debljine 12 cm izrađen cementnim mortom i to odmah nakon dovršetka temeljne stope. Zid je poslije potrebno ožbukati i zagladiti sa cementnom žbukom. [1]

Nakon sušenja žbuke, slijedi natapanje pomoću hladne emulzije te postavljanje hidroizolacije. Iznad podrumskog temelja postavlja se horizontalna hidroizolacija koja se ozdiže vanjskim rubom za 10 cm, nakon čega lijepi uz pomoć bitumena na već unaprijed izrađenu vertikalnu hidroizolaciju. Nakon toga slijedi zidanje vanjskog podrumskog zida. Njegova se vanjska strana spaja na spomenutu vertikalnu izolaciju. [1]

8. PRIMJERI IZVEDENIH GRAĐEVINA

8.1. Obiteljska kuća u Malom Lošinj

Na Malom Lošinj odvijala se izgradnja kuće namijenjene mladoj obitelji. Kuća se sastoji od četiri etaže. Prizemlje je podijeljeno na dva apartmana, kao i prostor na prvom katu koji se po potrebi može spojiti u jedan stan. U ostatku kuće, na drugom katu nalazi se još jedan stan te prizemlje. [38]

Kompletna gradnja odvijala se korištenjem materijala tvrtke Wienerberger koja je glavni dobavljač građevinskog materijala u svijetu. Tvrtka nudi brojna inovativna rješenja i proizvode. [38, 39]

Za izgradnju je korišten Porotherm sistem. (*slika 32.*) Korištena je Porotherm Profi opeka i Dryfix.extra ljepilo čime se smanjuje vrijeme gradnje. Ne koristi se mješalica za beton što gradilište automatski čini urednijim te se ne stvara nepotrebna buka.

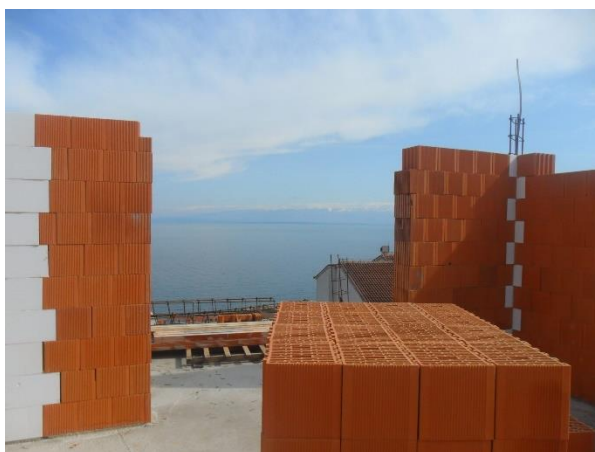
Poznato je da je opaka dobar izolator, tako da se izborom blok opeke kao materijala za građenje smanjuje pojava toplinskih mostova na kući. [38]

Glavni pregradni zidovi zidani su Porotherm 25 AKU opekama koja ima izvrsnu ulogu kao zvučna izolacija. Ostali pregradni zidovi građeni su Porotherm 20 -50 Profi i 11,5 Profi opekama, a opeke su također međusobno povezane Dryfix.extra ljepilom. [38]

Međuetažne konstrukcije grade se pomoću Porotherm prednapetih gredica sa ispunom od Porotherm 30 podložaka (*slika 33.*). [38]

Izgrađena kuća ispunjava sve zahtjeve stanara, ali i zahtjeve okoliša. Porotherm materijali, kojima je kuća izgrađena imaju odlične karakteristike toplinske izolacije što je dovelo do toga da je izgrađena kuća dobila najbolji energetska certifikat A+. [38]

Na *slici 34.* Prikazana je dovršena obiteljska kuća u Malom Lošinj.



Slika 32. Zidanje obiteljske kuće (Izvor: [38])



Slika 33. Izrađeni Potorherm stropni sistem (Izvor: [38])



Slika 34. U potpunosti izgrađena obiteljska kuća

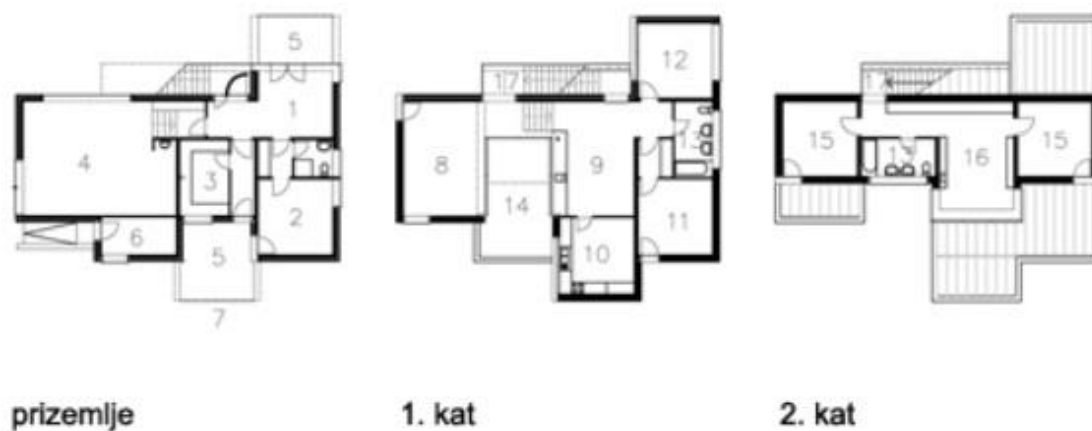
8.2. Obiteljska kuća u Rudešu

Obiteljska kuća u Rudešu djelo je arhitekta Tomislava Pavelića. [40]

Konstruktivni sustav čine nosivi zidovi zidani blok opekom te armirano betonske međukatne ploče. Površina kuće je cijelom površinom obložena punom opekom. Inoks-limenom oblogom izvedeni su stubište, krov i svi zasjeci koji se nalaze u fasadnom zidu. [40]

Zahvaljujući masivnim zidovima od opeke i prirodnog provjetravanja prostora, obiteljska kuća u Rudešu uzima se kao primjer održive arhitekture, odnosno načina gradnje u kojem se ne koriste neobnovljivi izvori energije i dobara te ne dolazi do ugrožavanja prirodnih vrijednosti i bioloških vrsta. [40, 41]

Udruženje hrvatskih arhitekata je 2009. Tomislavu Paveliću za ovaj projekt dodijelilo nagradu "Drago Galić" za najbolje godišnje ostvarenje na području stambene arhitekture. [40]



Slika 35. Tlocrt kuće (Izvor: [40])



Slika 36. Obiteljska kuća u Rudešu (Izvor: [40])



Slika 37. Terasa kuće (Izvor: [40])

8.3. Kuća Podfušćak

Kuća Podfušćak djelo je projektnog ureda "Dva arhitekta", Zorana Zidarića i Tomislava Ćurkovića. Nalazi se u Zagrebu u ulici Podfušćak. Projektirana je 2007. godine, a gradnja je završena 2010. [42]

Početakom 2011. godine odabrana je na natječaju za najbolju arhitektonsku realizaciju gdje je korištena opeka, a 2012. godine slovenski časopis Häuser uvrstio ju je među 20 najboljih projekata publiciranih u knjizi "*Price conscious buildings under 1500 Euro per m²*". [42]

Na pročelju kuće nalazi se opeka (otpadna), a u sudaru sa opekom pojavljuje se aluminijski lim koji za ulogu ima ispunjavanje okvira oko otvora te fenestraciju. [42]

Za kuću se može reći da je niskoenergetka. U cijelom objektu nalazi se ventilacija sa mogućnošću grijanja i hlađenja te sadrži zidno i podno grijanje iz geotermalnih izvora. Objekt nema priključak na plin jer se sve crpi iz zemlje, a u skladu s time napravljena je termoizolacija. [42]



Slika 38. Kuća Podfušćak (Izvor: [42])

9. ZAKLJUČAK

Opeka se u građevinarstvu koristi tisućljećima, od građevina rađenih opekom sušenom na suncu pa sve do danas kada se građevine grade najinovativnijim vrstama opeke i opekarskih blokova. Iako se danas za izgradnju najčešće koriste beton i čelik, opeka i dalje ima vrlo važnu ulogu.

U današnje vrijeme javlja se veliki broj vrsta opeka pa se može reći da opeka u građevinarstvu ima široku primjenu, od zidanja do popločavanja te za obloge zgrada u obliku fasadne opeke. Javljaju se i brojni oblici i boje same opeke zbog čega se može vrlo jednostavno uklopiti u bilo koji krajolik u kojem se gradi opekrom pa stoga ima i estetsku ulogu.

S vremenom se povećavaju standardi života, ali i gradnje. Teži se tome da novoizgrađeni objekti budu izgrađeni na što energetske efikasniji način uz što manje zagađenje okoliša. Tu važnu ulogu igra blok opeka koja kao materijal ispunjava te standarde. Primjenom novijih vrsta blok opeke znatno se štedi na energiji i korištenom materijalu.

Karakteristični detalji građevina od blok opeke također su bitni kod ispunjavanja tih standarda. Inovativnija opeka dovela je i do inovativnijih načina izvedbe karakterističnih detalja što također utječe na uštedu energije.

Primjerima poput obiteljske kuće na Malom Lošinju vide se prednosti građenja blok opekrom.

Opeka se kao materijal za građenje i dan danas razvija, te će i dalje imati široku primjenu u graditeljstvu budućnosti.

POPIS LITERATURE

- [1] Peulić Đ. *Konstruktivni elementi zgrada*: 1. i 2. dio. Zagreb: Croatiaknjiga; 2002.
- [2] Hrvatska tehnička enciklopedija. Opeka. Dostupno: <https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/opeka.pdf> (Pristupljeno: 7. rujna 2024.)
- [3] Čaušević A., Rustempašić N. *Rekonstrukcije zidanih objekata visokogradnje*. Sarajevo. Univerzitet u Sarajevu, Arhitektonski fakultet; 2014.
- [4] Leksikografski zavod Miroslav Krleža. Sumerani. *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Dostupno: <https://www.enciklopedija.hr/clanak/sumerani> (Pristupljeno: 9. rujna 2024.)
- [5] Cathedral of Resurrection. *FOAMGLAS*. Dostupno: <https://www.foamglas.com/en/references/france/cathedral-of-resurrection> (Pristupljeno: 7. rujna 2024.)
- [6] Leksikografski zavod Miroslav Krleža. Gline. *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Dostupno: <https://www.enciklopedija.hr/clanak/gline> (Pristupljeno: 9. rujna 2024.)
- [7] Banjad Pečur I., Štirmer N. Keramički materijali. *Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet*. Predavanje iz kolegija Gradiva. Dostupno: https://www.grad.unizg.hr/_download/repository/Predavanja_3/4-predavanje-keramicki_materijali.pdf (Pristupljeno: 9. rujna 2024.)
- [8] Leksikografski zavod Miroslav Krleža. Kaolin. *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Dostupno: <https://www.enciklopedija.hr/clanak/kaolin> (Pristupljeno: 9. rujna 2024.)
- [9] Kineski porculan. *NOVA AKROPOLA*. Dostupno: <https://nova-akropola.com/lijepe-umjetnosti/umjetnost/kineski-porculan/> (Pristupljeno: 9. rujna 2024.)
- [10] Archeological museum of Salamis. *AKAMS SOCIETY FOR THE PROMOTION OF SALAMINIAM MONUMENTS*. Dostupno: https://akamas.project.uoi.gr/museum_salaminos_en.htm (Pristupljeno: 9. rujna 2024.)
- [11] Iskop gline u Đakovu za Wienerberger. *TARAC*. Dostupno: <https://tarac.hr/iskop-gline-u-dakovu-za-wienerberger-2/> (Pristupljeno: 9. rujna 2024.)

- [12] Shaping the clay into bricks. *WIENERBERGER*. Dostupno: <https://www.wienerberger.co.uk/tips-and-advice/brickwork/how-are-bricks-made.html> (Pristupljeno: 10. rujna 2024.)
- [13] High Efficiency Energy Saving Automatic Tunnel Kiln. *WONDA*. Dostupno: <http://hr.wd-brickmachine.com/high-efficiency-energy-saving-automatic-tunnel-kiln-product/> (Pristupljeno: 10. rujna 2024.)
- [14] Krolo J., Damjanović D., Duvnjak I., Frančić Smrkić M., Bartolac M., Koščak J. Methods for determining mechanical properties of walls. *GRAĐEVINAR*. 2021; 73(2). 127-140. Dostupno: <http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-72-2021-2-3-3063.pdf> (Pristupljeno: 11. rujna 2024.)
- [15] Što su eflorescencije i kako ih ukloniti?. *iBuilders*. Dostupno: <https://ibuilders-hr.techinfus.com/beton/vysoly/> (Pristupljeno: 11. rujna 2024.)
- [16] Leksikografski zavod Miroslav Krleža. Opeka. *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Dostupno: <https://www.enciklopedija.hr/clanak/45225> (Pristupljeno: 12. rujna 2024.)
- [17] Osnovne vrste opeke. *GRADNJA.ME. PLATFORMA ARGITEKTURE I GRAĐEVINARSTVA*. Dostupno: <https://www.gradnja.me/clanak/715/osnovne-vrste-opeke> (Pristupljeno: 11. rujna 2024.)
- [18] Tradicija opločavanja podnom klinker opekom. *WIENERBERGER*. Dostupno: <https://www.wienerberger.hr/wienerberger-blog/semmelrock/tradicija-oplocavanja-podnom-klinker-opekom.html> (Pristupljeno: 12. rujna 2024.)
- [19] Silikatna opeka: prednosti i nedostaci, veličine, značajke primjene. *MyHouse*. Dostupno: <https://myhouse.bigbadmole.com/hr/strojmaterialy-i-tehnologii/silikatnyj-kirpich> (Pristupljeno: 12. rujna 2024.)
- [20] Bašić S., Vezilić Strmo N. Osnovni elementi i tipologije konstrukcija visokogradnje. *Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet*. Predavanje iz kolegija Visokogradnje
- [21] Hrvatska tehnička enciklopedija. Zid. Dostupno: <https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/zid.pdf> (Pristupljeno: 12. rujna 2024.)
- [22] Zidanje opekom (ciglom). *gradjevinarstvo*. Dostupno: <https://www.gradjevinarstvo.rs/tekstovi/386/820/zidanje-opekom-ciglom> (Pristupljeno: 12. rujna 2024.)
- [23] Najčešći tipovi slogova kod zidanih zidova od opeke. *Gradnja*. Dostupno: <https://www.gradnja.me/clanak/708/najcesci-tipovi-slogova-kod-zidanih-zidova-od-opeke> (Pristupljeno: 12. rujna 2024.)

- [24] Budućnost se gradi pametno! *Dom na kvadrat*. Dostupno: <https://www.dom2.hr/gradnja-clanci/buducnost-se-gradi-pametno/> (Pristupljeno: 13. rujna 2024.)
- [25] Opeka koja gradi budućnost. *Wienerberger*. Dostupno: https://www.wienerberger.hr/wienerberger-blog/porotherm/opeka-koja-gradi-budunost.html?utm_source=webgradnja&utm_medium=webgradnja-portal&utm_campaign=webgradnja-ulazi-porotherm (Pristupljeno: 13. rujna 2024.)
- [26] Izbor je na vama. *Wienerberger*. Dostupno: <https://www.wienerberger.hr/informacije/sistemska-rjesenja/porotherm-zidni-i-stropni-sistemi/porotherm-opeka/izbor-je-na-vama.html> (Pristupljeno 13. rujna 2024.)
- [27] Zašto Porotherm IZO Profi opeka? *Wienerberger*. Dostupno: <https://www.wienerberger.hr/informacije/sistemska-rjesenja/porotherm-zidni-i-stropni-sistemi/porotherm-izo-profi/Zasto-Porotherm-IZO-Profi-opeka.html> (Pristupljeno: 13. rujna 2024.)
- [28] Zašto Porotherm Interior? *Wienerberger*. Dostupno: <https://www.wienerberger.hr/informacije/sistemska-rjesenja/porotherm-zidni-i-stropni-sistemi/porotherm-opeka/Zasto-Porotherm-Interior.html> (Pristupljeno: 13. rujna 2024.)
- [29] Zidanje Porotherm Profi sistemom. *Wienerberger*. Dostupno: https://www.wienerberger.hr/informacije/uputstva-za-gradnju/zid/zidanje-porotherm-profi-sistemom.html#imageGallery-responsivegrid-imagegallery_copy_co-1 (Pristupljeno: 13. rujna 2024.)
- [30] Lukman T., Kalšan D., Milovanović B. *Kontinuirana izobrazba građevinskih radnika u okviru energetske učinkovitosti*. Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet. Dostupno: https://www.grad.unizg.hr/_download/repository/Prirucnik-za-trenere-ZAJEDNICKI-DIO-web.pdf (Pristupljeno 13. rujna 2024.)
- [31] Ugradnja Porotherm stropnog sistema. *Wienerberger*. Dostupno: <https://www.wienerberger.hr/informacije/uputstva-za-gradnju/zid/ugradnja-porotherm-stropnog-sistema.html> (Pristupljeno: 13. rujna 2024.)
- [32] Leksikografski zavod Miroslav Krleža. *Vijenac. Tehnički leksikon, mrežno izdanje*. Dostupno: <https://tehnicki.lzmk.hr/clanak/vijenac> (Pristupljeno: 13. rujna 2024.)

- [33] Hrvatska Tehnička enciklopedija. Otvori. Dostupno: <https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/otvori.pdf> (Pristupljeno: 12. rujna 2024.)
- [34] Montažni nadvoj. *Goriške*. Dostupno: <https://www.goriske.si/hr/proizvodi/ostali-artikli/montazni-nadvoj> (Pristupljeno: 13. rujna 2024.)
- [35] Leksikografski zavod Miroslav Krleža. Nadvoj. *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Dostupno: <https://www.enciklopedija.hr/clanak/nadvoj> (Pristupljeno 13. rujna 2024.)
- [36] Ugradnja Porotherm nadvoja. *Wienerberger*. Dostupno: <https://www.wienerberger.hr/informacije/uputstva-za-gradnju/zid/ugradnja-porotherm-nadvoja.html> (Pristupljeno: 13. rujna 2024.)
- [37] Hrvatska tehnička enciklopedija. Zid. Dostupno: <https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/zid.pdf> (Pristupljeno: 13. rujna 2024.)
- [38] Moderna gradnja obiteljske kuće na Lošinju. *Wienerberger*. Dostupno: <https://www.wienerberger.hr/wienerberger-blog/lifestyle/moderna-gradnja-na-losinju.html> (Pristupljeno: 14. rujna 2024.)
- [39] Wienerberger grupa. *Wienerberger*. Dostupno: <https://www.wienerberger.hr/o-nama/o-wienerbergeru/wienerberger-grupa.html> (Pristupljeno: 14. rujna 2024.)
- [40] Presjek br. 3 i obiteljska kuća u Rudešu. *DAZ*. Dostupno: <http://www.d-a-z.hr/hr/vijesti/presjek-br.-3-i-obiteljska-kuca-u-rudesu,1068.html> (Pristupljeno: 14. rujna 2024.)
- [41] Leksikografski zavod Miroslav Krleža. Održiva arhitektura. *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Dostupno: <https://www.enciklopedija.hr/clanak/odrziva-arhitektura> (Pristupljeno: 14. rujna 2024.)
- [42] Uspjeh kuće Podfušćak projektnog ureda 2A. *DAZ*. Dostupno: <http://www.d-a-z.hr/hr/vijesti/uspjeh-kuce-podfuscak-projekt-nog-ureda--2a,943.html> (Pristupljeno: 14. rujna 2024.)

POPIS SLIKA

| | |
|--|----|
| Slika 1: Zigurat u Uru, oko 2100. pr. Kr. (Izvor: [4])..... | 2 |
| Slika 2: Cathedral of Resurrection, Evry, France (Izvor: [5])..... | 3 |
| Slika 3: Porculanska glina (Izvor: [9])..... | 5 |
| Slika 4: Lončarska glina (Izvor: [10])..... | 5 |
| Slika 5: Opekarska glina (Izvor: [7])..... | 5 |
| Slika 6: Strojni iskop gline (Izvor: [11])..... | 6 |
| Slika 7: Oblikovanje mase u konačni oblik (Izvor: [12])..... | 7 |
| Slika 8: Tunelska peć (Izvor: [13])..... | 7 |
| Slika 9: Shema proizvodnje opeke (Izvor: [2])..... | 8 |
| Slika 10: Ispitivanje tlačne čvrstoće opeke (Izvor: [14])..... | 9 |
| Slika 11: Iscvjetavanje na površini opeke (Izvor:[15])..... | 11 |
| Slika 12: Puna opeka i opeka sa šupljinama (Izvor: [16])..... | 12 |
| Slika 13: Šuplji opekarski blokovi sa vertikalnim i horizontalnim šupljinama (Izvor: [1])..... | 13 |
| Slika 14: Šuplji fasadni blokovi sa vertikalnim i horizontalnim šupljinama (Izvor: [1])..... | 14 |
| Slika 15: Radijalna opeka (Izvor: [17])..... | 15 |
| Slika 16: Klinker opeka za popločavanje (Izvor: [18])..... | 16 |
| Slika 17: Silikatna opeka (Izvor: [19])..... | 16 |
| Slika 18: Engleski vez (Izvor: [21])..... | 18 |
| Slika 19: Nizozemski vez (Izvor: [22])..... | 19 |
| Slika 20: Poljski vez (Izvor: [23])..... | 19 |
| Slika 21: Porotherm Profi opeka (Izvor: [26])..... | 20 |
| Slika 22: Porotherm IZO Profi opeka (Izvor: [27])..... | 21 |
| Slika 23: Porotherm Interior opeka (Izvor: [28])..... | 22 |
| Slika 24: Postavljanje hidroizolacije i postavljanje morta (Izvor: [29])..... | 23 |
| Slika 25: Zidanje prvog reda (Izvor: [29])..... | 24 |
| Slika 26: Ugradnja Porotherm stropnog sistema (Izvor: [31])..... | 25 |
| Slika 27: Žbukanje vijenca i primjeri vijenaca (Izvor: [3])..... | 26 |
| Slika 28: Otvor namjenjen prozoru (Izvor: [34])..... | 27 |
| Slika 29: Porotherm nadvoj (Izvor: [36])..... | 28 |
| Slika 30: Toplinska zaštita terase (Izvor: [38])..... | 29 |
| Slika 31: Detalj hidroizolacije podrumskog zida (Izvor: [1])..... | 30 |
| Slika 32: Zidanje obiteljske kuće (Izvor: [38])..... | 33 |

| | |
|---|----|
| Slika 33. Izrađeni Potorherm stropni sistem (Izvor: [38])..... | 33 |
| Slika 34. U potpunosti izgrađena obiteljska kuća (Izvor: [38])..... | 33 |
| Slika 35. Tlocrt kuće (Izvor: [40])..... | 34 |
| Slika 36. Obiteljska kuća u Rudešu (Izvor: [40])..... | 35 |
| Slika 37. Terasa kuće (Izvor: [40])..... | 35 |
| Slika 38. Kuća Podfušćak (Izvor: [42])..... | 36 |

