

# Primjena različitih materijala u izvedbi AB montažnih objekata

---

**Broz, Tanja**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University North / Sveučilište Sjever**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:248474>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-03**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)





# Sveučilište Sjever

**Završni rad br. 469/GR/2023**

## **Primjena različitih materijala u izvedbi AB montažnih objekata**

**Tanja Broz, 0336043612**





# Sveučilište Sjever

Odjel za Graditeljstvo

Završni rad br. 469/GR/2023

## Primjena različitih materijala u izvedbi AB montažnih objekata

**Student**

Tanja Broz, 0336043612

**Mentor**

Doc. dr. sc. Anđelko Crnoja, mag.ing.aedif.

Varaždin, listopad 2023. godine



## **Predgovor**

*Veliku zahvalu upućujem mentoru profesoru Anđelku Crnoji na njegovom strpljenju, ljubaznosti i pomoći prilikom pisanja ovog završnog rada. Zahvalna sam na svom znanju koje mi je prenio tijekom pisanja završnog rada kao i tijekom slušanja njegovih kolegija.*

*Najveća zahvala ide mojoj obitelji i dečku na velikoj podršci tijekom cijelog obrazovanja i što su mi omogućili studij. Nikada im neću zaboraviti koliku su vjeru imali u mene. Također se zahvaljujem kolegicama Iris Gladović i Dorotei Šošić koje su mi bili velika podrška i uvijek voljne pružiti pomoć.*

## **Sažetak**

Tema ovog završnog rada je primjena različitih materijala u izvedbi AB montažnih objekata. Vezana je uz kolegij Montažno građenje, ali sa mnogobrojnim drugim kolegijima koje slušamo na fakultetu. Cilj rada je opisati materijale koji se mogu naći u primjeni kod izvođenja AB montažnog objekta, opisati njihovu primjenu i istaknuti njihove prednosti i mane. Uvodni dio rada govori o montažnom građenju i o tehničkom propisu za predgotovljene elemente. Glavni dio rada sastoji se od primjera različitih materijala, njihovih opisa, prednosti i nedostataka i mogućnosti primjene na samom objektu. Na kraju rada nalazi se primjer jednog izgrađenog AB montažnog objekta.

**Ključne riječi:** AB montažni objekt, predgotovljeni element, montažno građenje

## **Abstract**

The topic of this final work is the application of different materials in the construction of AB prefabricated buildings. It is related to the course Prefabricated construction, but with many other courses that we take at the university. The aim of the paper is to describe the materials that can be used in the construction of an AB prefabricated building, to describe their application and to highlight their advantages and disadvantages. The introductory part of the work talks about prefabricated construction and the technical regulations for prefabricated elements. The main part of the work consists of examples of different materials, their descriptions, advantages and disadvantages and the possibility of application on the building itself. At the end of the paper, there is an example of a built AB prefabricated building.

**Key words:** AB prefabricated object, prefabricated element, prefabricated construction



## Popis korištenih kratica

<b>AB</b>	armirani beton
<b>PBE</b>	predgotovljeni betonski element
<b>C</b>	beton
<b>E</b>	Modul elastičnosti
<b>G</b>	Modul posmika
$\tau$	posmično naprezanje
$\gamma$	posmična relativna deformacija
$\nu$	Poissonov broj
$\Phi$	promjer
<b>BSH</b>	lamelirano drvo
<b>SAD</b>	Sjedinjene Američke Države
<b>PVB</b>	polivinil – butiral

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za graditeljstvo		
STUDIJ	preddiplomski stručni studij Graditeljstvo		
PRISTUPNIK	Tanja Broz	MATIČNI BROJ	0336043612
DATUM	28.09.2023.	KOLEGIJ	Montažno građenje
NASLOV RADA	Primjena različitih materijala u izvedbi AB montažnih objekata		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Application of different materials in the construction of RC prefabricated objects		

MENTOR	Antelko Cmoja	ZVANJE	Doc. dr. sc.
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. Prof.dr.sc. Ivanka Netinger-Grubeša - predsjednik		
	2. doc.dr.sc. Antelko Cmoja - mentor		
	3. mag.ing.sedif. Dalibor Kramarić - član		
	4. doc.dr.sc. Željko Kos - član		
	5. _____		

## Zadatak završnog rada

BROJ	469/GR/2023
OPIS	Opis materijala i njihova primjena u izvedbi AB montažnog objekta. Prilikom opisa svakog materijala naznači se i njegove prednosti i mane i obrazloženje zašto je pogodan za određenu primjenu u izvedbi konstrukcije. Definirati su montažno građenje i njegove prednosti i mane. Osim betona, željeka i drva u radu su spomenuti i druge materijale koji se koriste za izradu obloga, pregradnih zidova, krova itd.

ZADATAK URUČEN

10.10.2023.



POTPIS MENTORA

IZJAV  
AUTORSTVA

Sveučilište  
Sjever



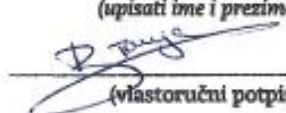
SVEUČILIŠTE  
SJEVER

### IZJAVA O AUTORSTVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, JANJA BRZI (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom RAZLIČNIH NABERUVA U ZWEDU NA IZLOŽBAMA (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

  
(vlastoručni potpis)

Sukladno čl. 83. Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Sukladno čl. 111. Zakona o autorskom pravu i srodnim pravima student se ne može protiviti da se njegov završni rad stvoren na bilo kojem studiju na visokom učilištu učini dostupnim javnosti na odgovarajućoj javnoj mrežnoj bazi sveučilišne knjižnice, knjižnice sastavnice sveučilišta, knjižnice veleučilišta ili visoke škole i/ili na javnoj mrežnoj bazi završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice, sukladno zakonu kojim se uređuje znanstvena i umjetnička djelatnost i visoko obrazovanje.

# Sadržaj

1. Uvod.....	2
2. Montažno građenje.....	3
2.1. Rasprostranjenost montažnog građenja.....	4
2.2. Prednosti montažnog građenja .....	4
2.3. Nedostaci montažnog građenja .....	5
2.4. Tehnički propis za građevinske konstrukcije - predgotovljeni elementi .....	5
3. Materijali u izradi AB montažnih konstrukcija .....	6
3.1. Beton .....	6
3.2. Čelik .....	13
3.3. Drvo.....	19
3.4. Aluminiј .....	25
3.5. Staklo.....	28
3.6. Eternit na prirodnoj bazi.....	33
3.7. Opečni elementi.....	34
3.8. Reciklirana guma .....	36
3.9. Kanadska šindra .....	37
3.10. Trespa .....	38
4. Primjer montažne AB konstrukcije .....	40
5. Zaključak .....	41
6. Literatura .....	42

# 1. Uvod

U ovom radu biti će opisati različiti materijali korišteni za izvođenje AB montažnog objekta. S obzirom da govorimo o materijalu, smatram da je bitno opisati kakav je to materijal, njegova važna svojstva te nedostatke. Znajući svojstva pojedinog materijala moguće je odrediti kako je najbolje primijeniti taj materijal i s kojim ga materijalima možemo kombinirati. Uz te materijale, biti će navedene i neke vrste obloga za oblaganje fasade i krova te njihov sastav i prednosti. Za početak, potrebno je malo više reći o montažnoj gradnji i načinu izvođenja takve vrste gradnje. Montažna gradnja sve više zauzima svoje mjesto u suvremenoj građevini upravo zbog svojih prednosti u usporedbi s monolitnom gradnjom. Nešto na što ne možemo utjecati su klimatski uvjeti, a mogu nam dosta usporiti proces gradnje. Stoga nam preostaje promijeniti način gradnje da bi barem malo neovisni o njima. Tada biramo montažni način gradnje kojim smanjimo količinu radova na samom gradilištu i tako dobijemo na brzini. Elementi objekta se izgrađuju u proizvodnim pogonima, a montiraju na gradilištu. Tu dolazi do pitanja transporta tih elemenata na gradilište, što je za većinu elemenata moguće no dolazi i do potrebe da se proizvodni pogon napravi čak i na samom gradilištu. Što se tiče samih predgotovljenih elemenata, potrebno je poštivati tehničke propise o samim materijalima i elementima. Također ću spomenuti neke od tih propisa u nastavku rada. U radu će biti navedeni materijali za izradu same konstrukcije, no i njenih drugih elemenata kao što su naprimjer krov, fasada i pregradni zidovi. Neće biti nabrojani svi mogući materijali, iz razloga što ih ima jako puno, no najbitniji će se naći na popisu. Na kraju rada će biti primjer jednog AB montažnog objekta.

## 2. Montažno građenje

Montažno građenje je građenje objekta spajanjem predgotovljenih elemenata na gradilištu i povezivanje tih elemenata u cjelinu. Moram naglasiti da montažno građenje nije nikada 100 % montažno, nego se uvijek jedan dio radova izvodi na gradilištu kao što su npr. zemljani radovi, temeljenje ili završni radovi na objektu.

Predgotovljeni elementi se izvode na mjestu koje je različito od konačnog mjesta na građevini, a to može biti u stacionarnom pogonu ili na samom gradilištu. Takva izvedba elemenata iziskuje specijalizirane radnike te nam se jamči laboratorijska kvaliteta materijala. Gotovi elementi se naknadno transportiraju na gradilište te se dizalicama postavljaju na konačno mjesto ugradnje. Ukoliko je prometna povezanost problematična za transportiranje elemenata ili je financijski isplativije, tada dolazi do uspostave pogona za proizvodnju predgotovljenih elemenata na samome gradilištu [9].

Montažno građenje možemo podijeliti na polumontažno, montažno i potpuno montažno građenje. Polumontažno građenje podrazumijeva građenje u omjeru sa 50 % i više tradicionalnog rada u kombinaciji sa montažnim. Kod montažnog građenja govorimo o udjelu montažnih dijelova u procesu izgradnje te taj udio prelazi 50 %. Potpuno montažno građenje je građenje sa 90 % i više udjela montažnih dijelova u procesu izgradnje [9].



*Slika 1. Gradnja montažne kuće*

## **2.1. Rasprostranjenost montažnog građenja**

Montažno građenje je najrazvijeniji oblik industrijskog građenja. Primjere građevina izgrađenih montažnim načinom gradnje možemo vidjeti u našoj okolini [12].

Sve više su popularne montažne samostojeće kuće, posebice na Jadranu kao smještaj za turiste. Mehaničarske ili radione drugih svrha, industrijske hale, sale za vjenčanja, saune, skladišta te blokovi kuća samo su neki od primjera građevina izgrađenih montažnim načinom gradnje.

U niskogradnji, takav način građenja se koristi kod izgradnje mostova. Vremenski uvjeti i brzina izgradnje podosta utječu na prelazak iz standardnog načina gradnje na montažni u niskogradnji.

## **2.2. Prednosti montažnog građenja**

Montažno građenje ima velike prednosti naspram drugih načina građenja. S obzirom da se većina elemenata građevine izvodi u stacionarnim pogonima, proizvodnja je neovisna o vremenskim uvjetima. To nam ujedno smanjuje i broj radnika na gradilištima i troškove gradilišta s obzirom na smanjen udio rada na samome gradilištu. Sama montaža takvih elemenata izvodi se u kratkom vremenskom periodu te nam je objekt brže izgrađen. S obzirom da u proizvodnji predgotovljenih elemenata radi priučena radna snaga, to podrazumijeva kvalitetne radnike koji izrađuju kvalitetan proizvod od kvalitetnog laboratorijski ispitanog materijala. Predgotovljeni elementi kontroliraju se u raznim fazama proizvodnje te kontrolu izvode stručne i ovlaštene osobe. Uvijek postoji mogućnost poboljšanja estetskog dojma na samoj građevini. To sve zajedno nas dovodni do kvalitetnijeg finalnog proizvoda [1].

### **2.3. Nedostaci montažnog građenja**

Kao što sve ima svoje prednosti, tako naravno ima i nedostatke. Građevine koje se izgrađuju montažnim načinom građenja zahtijevaju dulje vrijeme projektiranja. Veća su početna ulaganja u pogone, specijalizirane radnike i kontrolu. Potrebna je obilnija tehnološka i tehnička priprema građenja i organizacija na visokom nivou [1].

S obzirom na brojnost spojeva montažnih elemenata smanjuje se monolitnost konstrukcije. Mogu se također desiti greške u izvedbi spojeva te je elemente teško ili nemoguće spojiti. Stoga je složenija kontrola u svim fazama građenja, što znači da je potrebna vrlo velika točnost izvođenja. U nedostatke se pribrajaju i veliki troškovi transporta elemenata na gradilište [1].

### **2.4. Tehnički propis za građevinske konstrukcije – predgotovljeni elementi**

Predgotovljeni element, prema Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije, je element koji je izrađen ili proizveden na mjestu različitom od konačnog mjesta u građevini. To podrazumijeva da može biti izgrađen na gradilištu ili u pogonu izvan gradilišta ili u tvornici predgotovljenih elemenata. Svojstva takvih elemenata i njihove bitne značajke provode se u skladu s projektom i moraju biti specificirana u projektu građevinske konstrukcije. Predgotovljeni element se označava na otpremnici i na samom elementu sukladno oznaci iz projekta. Za takvu vrstu elementa moraju se dokazati tehnička svojstva i ponašanje za cijeli životni ciklus. Životni ciklus predgotovljenog elementa podrazumijeva izradu, prijenos, odlaganje na odlagalištu, prijevoz do gradilišta, ugradnju, uporabu, održavanje i razgradnju. Ugradnja elementa je moguća nakon ocjene i provjere stalnosti svojstava građevinskih proizvoda namijenjenih za ugradnju, spojnih sredstava i zaštitnih sredstava koja se dokazuje na način određen projektom građevinske konstrukcije i Propisom. Isto tako rukovanje, skladištenje i zaštita predgotovljenog elementa treba biti u skladu sa zahtjevima iz projekta građevinske konstrukcije. Zadatak izvođača prije početka ugradnje je da provjeri usklađenost elementa sa zahtjevima iz projekta građevinske konstrukcije i da li su nastala kakva oštećenja ili promjene koje bi mogle utjecati na tehnička svojstva građevinske konstrukcije. Zatim slijedi posao nadzornog inženjera da provede provjere i dokumentira nalaze [5].



### **3. Materijali u izradi AB montažnih konstrukcija**

Montažne konstrukcije spoj su različitih materijala najboljih svojstava za ulogu u konstrukciji za koju se primjenjuju. Znanost je doprinijela građevinarstvu na način da svakom materijalu pronađe njegove prednosti i nedostatke. S obzirom na ta znanja, spajanje različitih materijala rezultira zadovoljavanjem zahtjeva i povećavanjem kvalitete elemenata, posljedično tome i kvalitete same građevine.

Sama građevina mora zadovoljavati temeljne zahtjeve propisane Zakonom o gradnji.

Ti zahtjevi su:

1. Mehanička otpornost i stabilnost
2. Sigurnost u slučaju požara
3. Higijena, zdravlje i okoliš
4. Sigurnost i pristupačnost tijekom uporabe
5. Zaštita od buke
6. Gospodarenje energijom i očuvanje topline
7. Održiva uporaba prirodnih izvora [6].

Smatram da za zadovoljavanje tih zahtjeva bitno je pomno odabirati materijale koji će se koristiti u izvedbi konstrukcije. Ukoliko se odaberu krivi materijali ili nekvalitetni materijali većina tih zahtjeva će biti narušena.

#### **3.1. Beton**

Beton je građevinski materijal koji se sastoji prvenstveno od veziva ( cementa ), vode i agregata. Pod pojmom agregat za izradu betona podrazumijeva se pijesak, šljunak ili drobljenac. Cement ( lat. Caementum – zidarski kamen ) je hidrauličko vezivo koje samostalno očvrstne na zraku i pod vodom [10].

Betonu se mogu dodavati različiti aditivi da bi mu se poboljšala svojstva obradivosti, smanjenja segregacije i izdvajanja vode, usporavanja ili ubrzivanja vezivanja te poboljšanja otpornosti na cikluse smrzavanja i odmrzavanja i slično [10].

Betonu možemo dodavati mineralne i kemijske dodatke. Mineralni dodaci su fino usitnjeni materijali kojima smanjujemo veličinu i količinu šupljina u betonu te tako povećavamo obradivost. Pod mineralne dodatke svrstavaju se punila i pigmenti, leteći pepeo i silicijska prašina [10].

Kemijske dodatke prema djelovanju dijelimo na plastifikatore, superplastifikatore, aerante, ubrzivače vezivanja, usporivače vezivanja itd. Upotrebom plastifikatora i superplastifikatora moguće je postići velike vrijednosti konzistencije slijeganje bez pojave segregacije. Takvi betoni se koriste i u tvornicama predgotovljenih elemenata i općenito kada se želi olakšati ugradnja. Primarna zadaća aeranata je poboljšanje otpornosti betona na cikluse zamrzavanja i smrzavanja betona [10].

Ugrađuje se svježi beton, te hidratacijom cementa i očvršćivanjem on prelazi u očvrsnuli beton. S obzirom da proces očvršćivanja traje duže vrijeme, mjerodavna starost betona za ispitivanja svojstva betona je 28 dana [10].

Čvrstoća betona se ispituje uzorku betona u obliku valjka 15/30 cm ili na kocki dimenzija 15 cm nakon 28 dana starosti betona. Beton ima dobru tlačnu, no lošu vlačnu čvrstoću. Beton ima oznaku npr. C25/30, te nam prva brojka označava da je tlačna čvrstoća na valjak 25 N/mm<sup>2</sup> dok nam druga brojka označava tlačnu čvrstoću na kocku od 30 N/mm<sup>2</sup>. Tlačna čvrstoća je zapravo otpor kojim se materijal suprotstavlja razaranju na jedinicu površine te se mjeri u MPa ili N/mm<sup>2</sup>. Preko tlačne čvrstoće procjenjujemo kvalitetu očvrsnulog betona. Što se tiče modula elastičnosti betona, on ovisi o modulima elastičnosti njegovih sastojaka [10].

Ukoliko je beton dugotrajno izložen tlačnim naprezanjima njegova tlačna čvrstoća će padati te posljedično tome nastaju mikropukotine koje dovode do sloma. Pojave koje su također svojstvene betonu su puzanje i skupljanje betona. Puzanje je linijska deformacija koja se javlja u smjeru djelovanja tlačnog opterećenja. Za razliku od puzanja, skupljanje ne ovisi o opterećenju nego je to volumna deformacija. Poznato je i raspucavanje betona pri pojavi značajnijih vlačnih naprezanja [9].

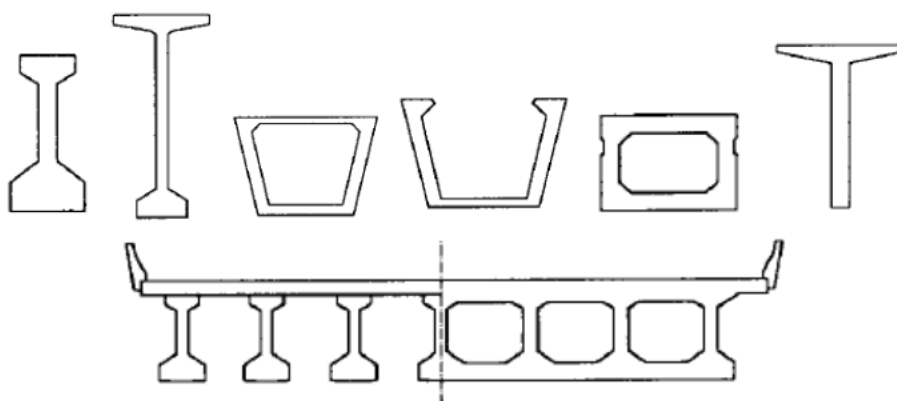
Beton u montažnim konstrukcijama koristi se u proizvodnji stupova, greda, ploča, lučnih armiranobetonskih predgotovljenih konstrukcija, temeljnih čaša i temelja i predgotovljenih stubišta [1].

Stupovi su predgotovljeni vitki armiranobetonski montažni elementi opterećeni pretežno uzdužnom silom. Najčešće su pravokutnog ili kružnog poprečnog presjeka. Glavni su nosioci vertikalnog opterećenja s obzirom da na njih nasjedaju krovni nosači, katne grede i slično. Minimalna dimenzija poprečnog presjeka stupa je 300x300 mm zbog spoja s gredom, dok je maksimalna 600x1200 mm [1].



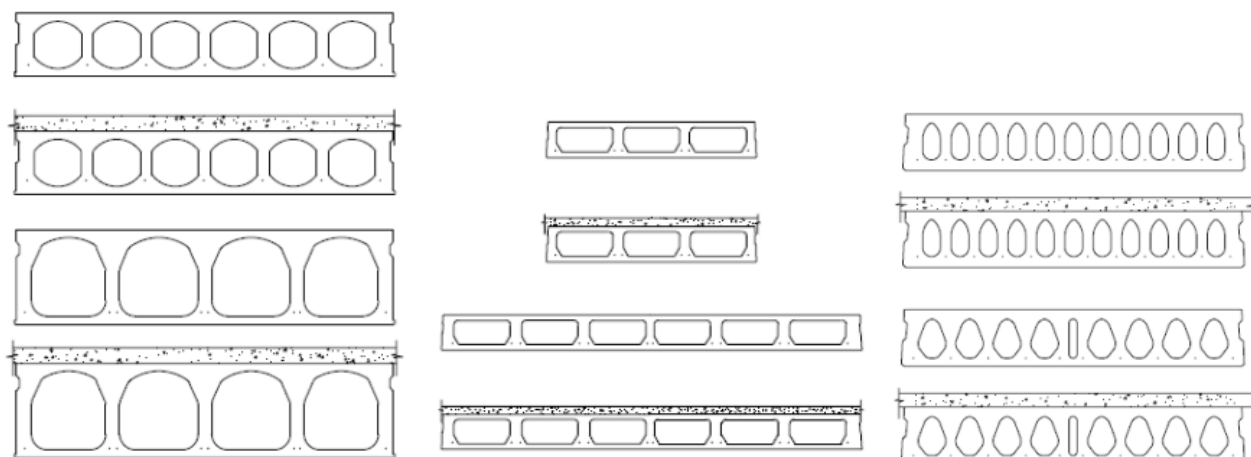
**Slika 1.1.** *Predgotovljeni AB stup*

Greda je konstruktivni horizontalni element poprečno opterećen s obzirom na svoju os. Grede pravokutnog poprečnog presjeka širine su barem 30 cm. S obzirom da imaju ulogu i prihvatiti ploče, većina ih ima proširenje s lijeve i desne strane na donjem dijelu presjeka. Ukoliko premašuju veliki raspon, njihov poprečni presjek je promjenljiv po dužini. Razlikujemo podne ili stropne grede i glavne nosače koji se koriste kod mostova i drugih teško opterećenih objekata [1].



**Slika 1.2.** *Primjeri različitih poprečnih presjeka greda*

Postoje razne vrste ploča u montažnom građenju. Jedna vrsta od njih jesu i šuplje ploče. Prednosti šupljih ploča su brojne. S obzirom da imaju praznine, po čemu su dobile naziv šuplje, njihova vlastita težina je mala u odnosu na pune ploče. Mogu premostiti velike raspone i osiguravaju brzu izvedbu konstrukcije. Imaju solidna toplinska i zvučna svojstva i dobru požarnu otpornost. Na slici 1.3. su prikazane šuplje ploče raznih oblika šupljina [1].



**Slika 1.3.** *Primjeri šupljih ploča*

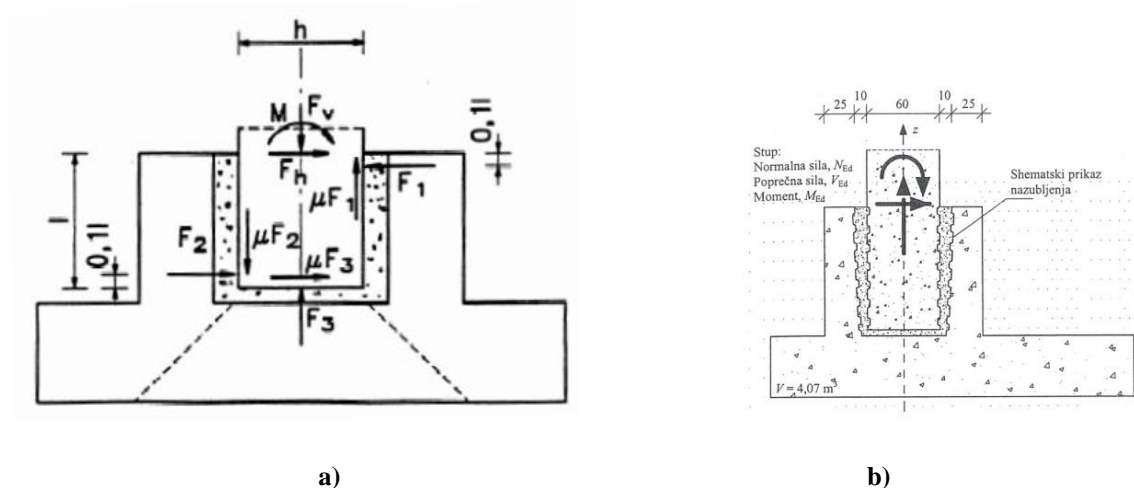
Još jedna vrsta ploča su paneli. Duljina panela je od 2,4 do 12 m. Oni također mogu pridonijeti horizontalnoj stabilnosti građevine kao i svaki drugi betonski zid. Često se izvode fasadni paneli od prednapregnutog betona da bi se ograničila vlačna naprezanja koja nastaju prilikom transporta i montaže elemenata [1].

Lučni predgotovljeni elementi koriste se u izvedbi mostova, hidrotehničkih objekata te industrijskih hala i hangara. Korištenjem takvog oblika elemenata moguće je uštediti i do 55 % količine betona te do 40 % količine armature. Jedan od primjera građevine s lučnim elementima je hangar za održavanje zrakoplova u Guamu izgrađen 2005. godine. Građevina je prilikom izgradnje bila izložena vjetrovima čija je brzina dostizala i do 250 km/h. Svijetli otvor hangara je 73.1 m dok je njegova svijetla visina 18.3 m. Hangar je prikazan na slici 1.4. [1].



**Slika 1.4.** Hangar za održavanje zrakoplova u Guamu

Predgotovljeni stupovi mogu se temeljiti na predgotovljenim temeljima, na čeličnim podložnim pločama i injektiranjem prethodno napravljenih kanala kroz koje prolazi armatura. Montažne temeljne čaše mogu biti sa glatkim i nazubljenim površinama. One moraju prenijeti vertikalna opterećenja, momente savijanja i horizontalne posmične sile sa stupa na tlo. Bitno je osigurati kvalitetnu betonsku ispunu oko i ispod stupa [1].



**Slika 1.5.** a) Montažna temeljna čaša s glatkim površinama  
 b) Montažna temeljna čaša s nazubljenim površinama

Predgotovljena armiranobetonska stubišta isplativa su kod ponavljanja istih vrsti elemenata u više etaža. S obzirom da je oblikovanje stubišta zahtjevno sve više se koriste predgotovljena stubišta. Mogu se razlikovati u obliku, postoje ravna i spiralna. Postoje stubišta koja su polugotov proizvod, te se na objektu finaliziraju i stubišta koja u tvornici poprime svoj gotovi izgled i kao takva se montiraju na objektu. Također se mogu montažne stube koristiti kao sjedala na stadionima ili u sportskim dvoranama [1].

Beton se koristi i u predgotovljenim stropnim konstrukcijama. Danas se u takvoj upotrebi koriste šuplje ploče, rebraste ploče, masivne ploče, kompozitne stropne konstrukcije, sitnorebrasti polumontažni stropovi te stropovi od gredica i blokova. Uporabom takvih sustava omogućava se brza izvedba bez uporabe oplata te se osigurava mala vlastita težina stropnih konstrukcija. Bitno je spomenuti i jednostavnu i ekonomičnu tvorničku izradu elemenata visoke čvrstoće i trajnosti i osiguranje visokog stupnja kvalitete. Ujedno nam se i omogućuje premošćenje velikih raspona [1].

Kad govorimo o AB montažnoj konstrukciji, elementi konstrukcije su nam predgotovljeni armiranobetonski elementi koji se izvide u tvornicama, a montiraju na gradilištu. Svi ranije navedeni elementi jesu elementi AB montažne konstrukcije.



**Slika 1.6.** *AB montažna konstrukcija*



**Slika 1.7.** *Montaža predgotovljenih panela*



**Slika 1.8.** Predgotovljeni element crkve „Prince of Peace“ Taylors u Južnoj Karolini u SAD - u

### 3.2. Čelik

Uporaba čelika u AB montažnim konstrukcijama je raznolika. Prije nego li opišem za što se sve koristi čelik u izgradnji takve vrste građevine i općenito u graditeljstvu, potrebno je reći malo više o čeliku i o njegovim svojstvima.

Prema njegovoj definiciji, čelik je legura željeza. Najveći utjecaj na mehanička svojstva čelika ima ugljik (C) čiji je udio u čeliku od 0,1% do 0,2%. Ostali prateći i planski legirajući elementi su mangan (Mn), silicij (Si), krom (Cr), nikal (Ni), volfram (W), vanadij (V), molibden (Mo), kobalt (Co), titan (Ti) i aluminijski. Razlika između pratećih elemenata i legirajućih elemenata je u tome što mi ne možemo utjecati na prateće elemente zbog toga što se oni pojavljuju u čeliku zbog tehnologije proizvodnje dok legirajuće elemente dodajemo s namjerom poboljšanja određenih svojstava čelika. Stoga se čelik dijeli na obične ugljične čelike kojima je postotak legura mali (svi građevinski čelici), niskolegirajuće kojima je postotak legura manji od 5% i visokolegirajuće među koje spada čelik sa postotkom legura većim od 5%. Kao što sam spomenula, prateći elementi se pojavljuju u procesu proizvodnje te mogu djelovati povoljno ili štetno za svojstva čelika. Povoljno djeluju mangan i silicij, a štetno fosfor, sumpor, kisik, dušik i vodik. Najštetniji su sumpor i fosfor na način da formiraju čestice fosfida i sulfida koji štetno djeluju na žilavost. Upravo zbog nepovoljnog utjecaja na svojstva čelika, postotak takvih elemenata u čeliku je ograničen [9].



Sumpor (S) < 0,05% do 0,06%

Fosfor (P) < 0,05% do 0,06%

Dušik (N) < 0,008% do 0,012%

Čelik je elasto–plastični materijal, no granica između ova dva stanja je jasno izražena. Da bi se odredila mehanička svojstva čelika, provodi se vlačno ispitivanje na uzorcima (epruvetama) tako da se oni razvlače sve do njihovog loma. Epruvete za takva ispitivanja su okrugle i proporcionalne standardizirane duljine i poprečnog presjeka. Iznimke su proporcionalne epruvete okruglog, kvadratnog ili pravokutnog oblika koje se izrađuju ukoliko nema dovoljno materijala za izradu standardne epruvete. Ovisno o rezultatima dobivenim ispitivanjem definira se većina mehaničkih svojstava, geometrijskih vrijednosti čelika i pojmova vezanih uz ponašanje čelika [3].

Mehanička svojstva koja se vežu uz čelik su modul elastičnosti, modul posmika, Poissonov broj, koeficijent linearnog toplinskog rastezanja i gustoća [3].

Modul elastičnosti ( $E$ ) je odnos između naprezanja i relativne deformacije, te je dogovoren za sve kvalitete čelika. Modul posmika je odnos između posmičnog naprezanja  $\tau$  i posmične relativne deformacije  $\gamma$  i označava se slovom  $G$ . Sljedeći je Poissonov broj  $\nu$  koji predstavlja odnos između relativne poprečne i relativne uzdužne deformacije [3].

Modul elastičnosti $E$	210 000 N/mm <sup>2</sup>
Modul posmika $G$	81 000 N/mm <sup>2</sup>
Poisson-ov broj $\nu$	0,3
Koeficijent toplinskog istežanja $\alpha$	12 10 <sup>-6</sup>
Zapreminska težina $\rho$	7850 kg/m <sup>3</sup>

Slika 2. Mehaničke karakteristike čelika

Čelici koji se koriste u graditeljstvu se zovu građevinski čelici. Građevinski čelici za nosive konstrukcije imaju postotak ugljika manji od 0,25%. Pojedine vrste građevinskih čelika i vrijednosti njihovih granica popuštanja i vlačne čvrstoće prikazani su u sljedećoj tablici [3].

Oznaka čelika	Debljina elementa $t$ [mm]			
	$t \leq 40,0$		$40 < t \leq 80,0$	
	$f_y$	$f_u$	$f_y$	$f_u$
S 235	235	$360 < f_u < 510$	215	$360 < f_u < 510$
S 275	275	$430 < f_u < 580$	255	$410 < f_u < 560$
S 275 N/NL	275	$370 < f_u < 510$	255	$370 < f_u < 510$
S 275 M/ML	275	$370 < f_u < 510$	255	$370 < f_u < 510$
S 355	355	$490 < f_u < 680$	335	$470 < f_u < 630$
S 355 N/NL	355	$470 < f_u < 630$	335	$470 < f_u < 630$
S 355 M/ML	355	$470 < f_u < 630$	335	$450 < f_u < 610$
S 420 N/NL	420	$520 < f_u < 680$	390	$520 < f_u < 680$
S 420 M/ML	420	$520 < f_u < 680$	390	$500 < f_u < 660$
S 460 N/NL	460	$540 < f_u < 720$	430	$540 < f_u < 720$
S 460 M/ML	460	$540 < f_u < 720$	430	$530 < f_u < 710$

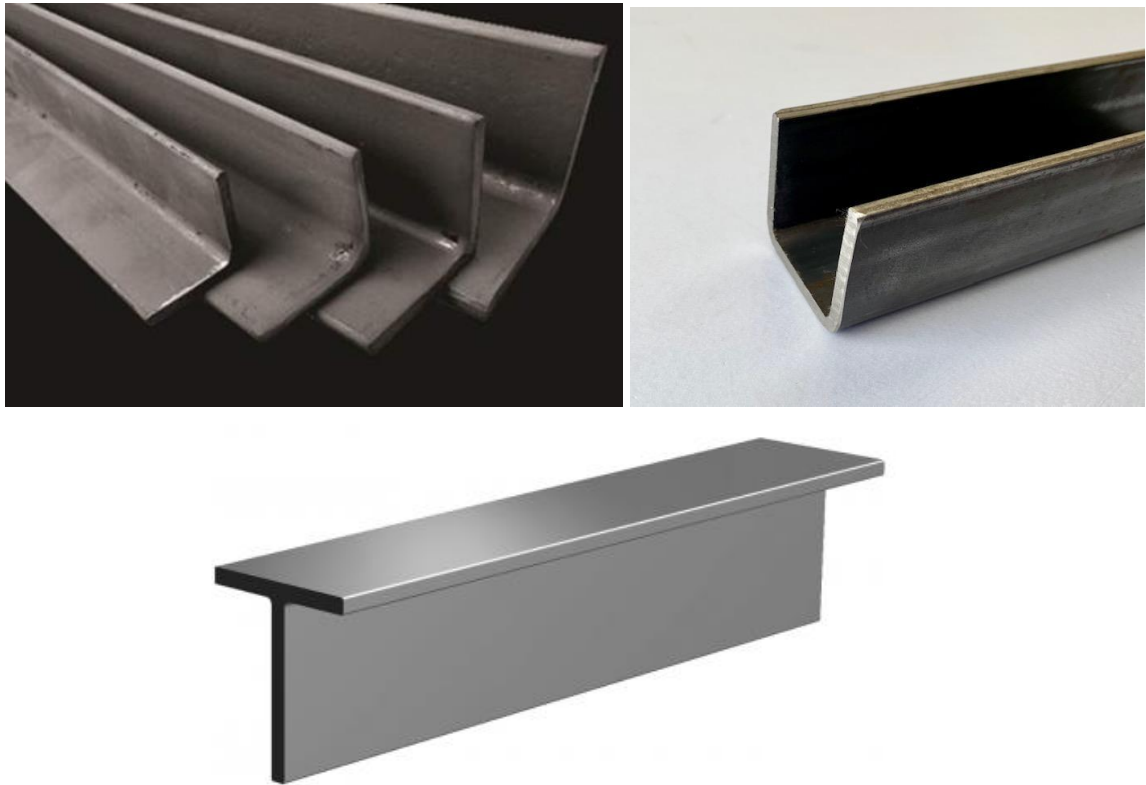
**Slika 2.1.** Nominalne vrijednosti građevinskih čelika

Što se tiče proizvoda od čelika koji se koriste u gradnji, nadalje ću opisati profile i limove. Upotrebljavaju se razne vrste profila, kao što su I profili, NP profili, IPE profili, HE-A, HE-B i HE-m profili. I profili se najviše koriste kao univerzalni nosači i stupovi. NP profili su uskopojasni profili s kosim pojasnicama, no danas su gotovo izbačeni iz uporabe te su njihovo mjesto zauzeli IPE profili. Za razliku od NP profila IPE imaju paralelne pojasnice. HE-A, HE-B i HE-m su širokopojasni I profili s razlikom u izvedbi. Slovo A označava lake izvedbe, B normalne izvedbe dok slovo m označava teške izvedbe.



**Slika 2.2.** IPE profili

Uz gore nabrojane profile, postoje profili raznih oblika poprečnog presjeka, razni šuplji profili i složeni profili od valjanih profila. Postojeći poprečni presjeci su u obliku slova U, L i T. U profili se koriste kao nosači, spregovi i štapovi rešetki, L profili kao spregovi i štapovi rešetki i T profili kao štapovi rešetki i moguća je njihova primjena kao nosača [9].



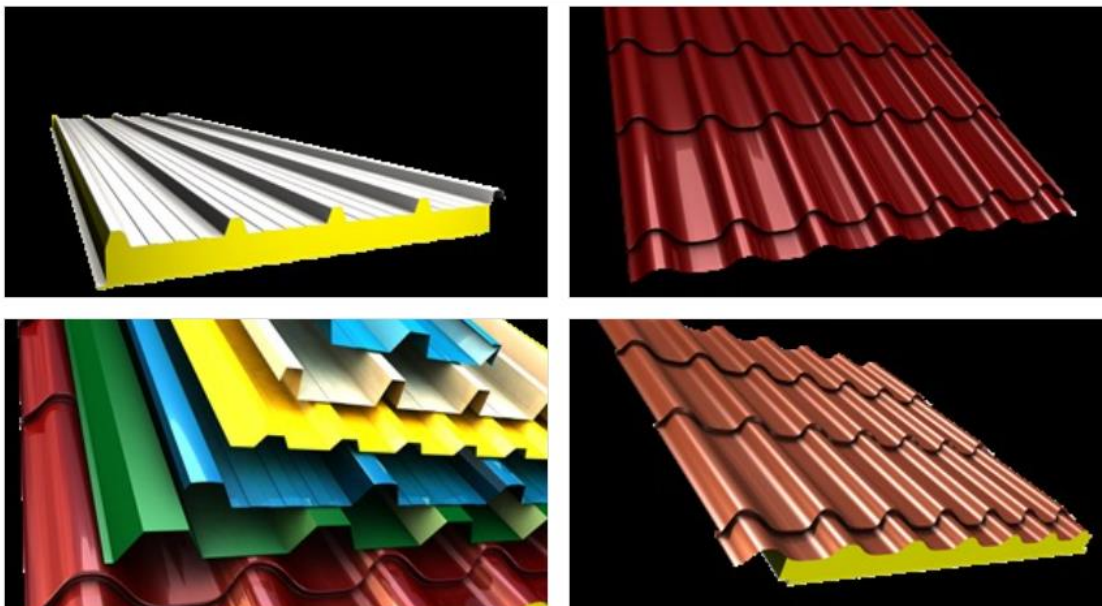
**Slika 2.3.** *L profili, U profil i T profil*

Šuplji profili također mogu biti različitog poprečnog presjeka. Razlikujemo kvadratne, pravokutne i okrugle šuplje profile. Poznati su kao odlični tlačni elementi te su prikazani na sljedećoj slici.



**Slika 2.4.** *Šuplji profili*

Sljedeći bitni proizvodi su nam profilirani limovi. Njihova je najčešća upotreba u pokrivanju ili pregrađivanju elemenata. Postoje pokrovni, zidni i pregradni limovi. U tu svrhu tržište nam nudi limove raznih izgleda i imitacija i limene panele koji imaju visoku toplinsku i zvučnu izolaciju [14].



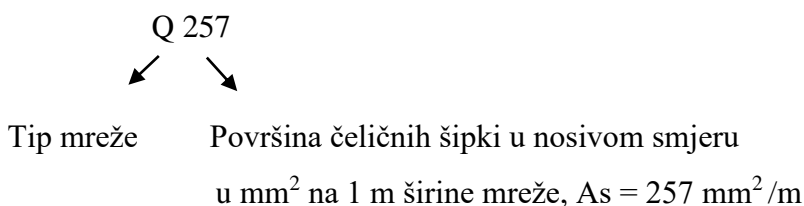
Slika 2.5. Limovi i limeni paneli

Čelik je poznat po dobroj vlačnoj čvrstoći, stoga je dobro poznata njegova primjena u betonu. Dodatkom čelika betonu koji ima vrlo malu vlačnu čvrstoću dobijemo vrlo dobar spoj i nama zadovoljavajući proizvod koji nam je poznat kao armirani beton. Čelik za armiranje ili armatura dolazi u raznim oblicima. Dijelimo ga prema profilu, mehaničkim karakteristikama, zavarljivosti, površinskoj obradi i vrsti obrade. Postoje žice, šipke, zavarene mreže i zavarene rešetke. Žice imaju  $\Phi$  manji od 12, a šipke veći. Šipke mogu biti glatke i rebraste [1].

Rebraste šipke bolje prijanjaju za beton i zato je njihova upotreba veća. Norma EN HRN 10080 određuje da se glatke šipke koriste samo za izradu zavarenih rešetki. Razlikujemo ih po promjeru  $\Phi$ , te svaka ima izraženu površinu poprečnog presjeka  $A_S$  (cm<sup>2</sup>) i linearnu masu  $g$  (kg/m) [1].

Zavarene mreže dijelimo na R-mreže i Q-mreže. R-mreže su mreže većih šipki i manjeg razmaka u pravcu dulje dimenzije. Naziv dolazi od njemačke riječi Rechteck - pravokutnik. One se koriste kod ploča i zidova koji nose u jednom smjeru na način da se u tom smjeru postavljaju šipke većeg promjera. Q-mreže su mreže istih šipki i razmaka u dva ortogonalna smjera. Također naziv dolazi od njemačke riječi, a u ovom slučaju je to riječ Quadrat – kvadrat. Kao što možemo zaključiti, koriste se kod ploča i zidova koji nose u dva ortogonalna smjera. Čelik se još može koristiti kod prednapregnutih konstrukcija za prednaprezanje [1].

Primjer oznake mreža:



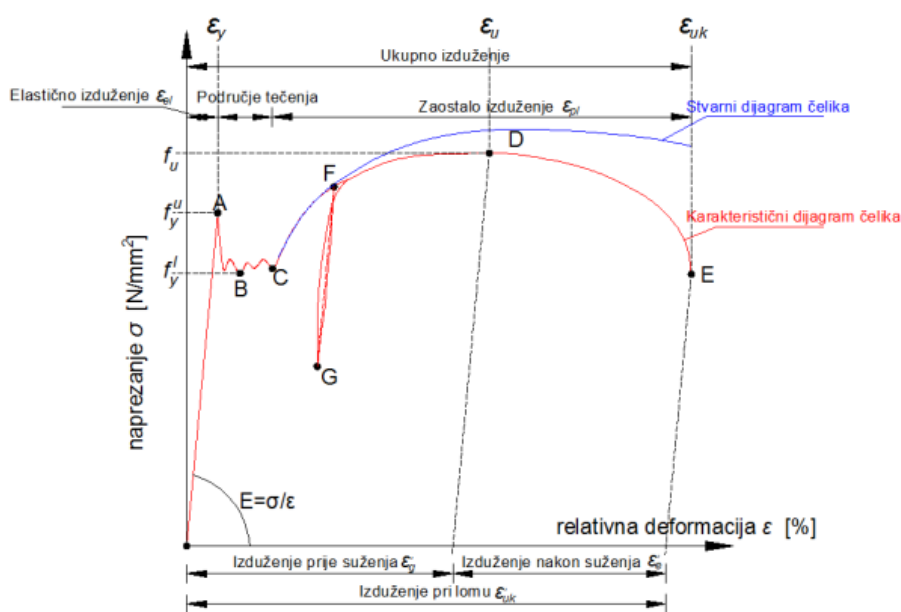
Oznake za čelik za armiranje su B500A, B500B i B450C.

B – oznaka za betonski čelik

500 i 450 – vrijednosti karakteristične granice popuštanja u N/mm<sup>2</sup>

A, B, C – razredi duktilnosti (obična, velika, vrlo velika) [1].

Za proračun AB konstrukcija koristi se proračunski dijagram čelika umjesto radnog dijagrama.



Slika 2.6. Radni dijagram čelika

S obzirom da se tema rada odnosi na AB montažnu konstrukciju, najvažnija je upotreba čelika kao armature u predgotovljenim armiranobetonskim elementima. Moguća je njegova primjena kao potkonstrukcije za fasadnu oblogu ili kao nosača za krov.



*Slika 2.7. Proizvodnja predgotovljenog armiranobetonskog elementa*



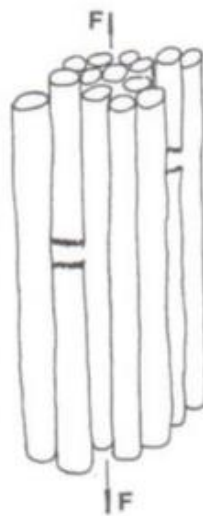
*Slika 2.7. Čelična krovna konstrukcija crkve „Prince of Peace“ Taylors u Južnoj Karolini u SAD - u*

### **3.3. Drvo**

Drvo je prirodni materijal koji također ima veliku primjenu u graditeljstvu. Građa drva je zanimljiva upravo zbog toga što ga nalazimo u prirodi. Drvo prilikom rasta formira koncentrične krugove oko sredine osi stabla. Jednom godišnje se formira prsten koji nazivamo god drva, i pomoću godova određujemo starost drva. Tijekom zime rast drva se prekida, a čim dođe proljeće stvaraju se najprije tankostijene stanice velikih otvora, koje označavaju rano drvo. Veličine tih

otvora posljedica su vegetacije. Kasno drvo ima deblje stijenke i manje otvore, te je upravo to posljedica godišnjih doba i vlage [2].

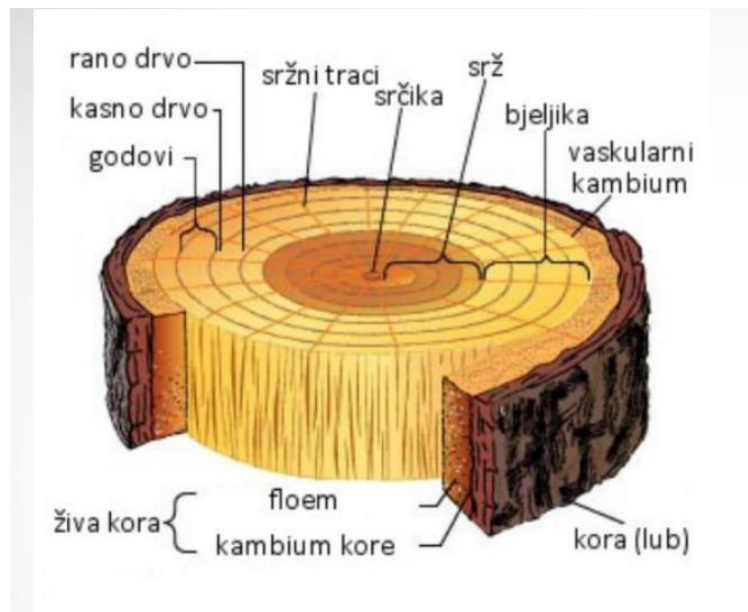
Uz drvo vežemo pojam anizotropije, koji označava da materijal ima različita svojstva u različitim smjerovima. Jedan od tih primjera je čvrstoća koja je različita poprečno ili okomito na vlakanca. Vlakance je stjenka stanice koja je osnovni element građe drva. Najslikovitiji prikaz građe drva bi bio da spojene stjenke stanica, tj. vlakna zamislimo kao priljubljene cjevčice kao što je to prikazano na slici 3.1. [2].



**Slika 3.1.** Idealizirani uzorak drva

Vlačnu čvrstoću koju ispitujemo na uzorku drva dijelimo na vlačnu čvrstoću paralelno s vlakancima, vlačnu čvrstoću okomito na vlakanca i vlačnu čvrstoću pod kutom na vlakanca. Na isti način dijelimo i tlačnu čvrstoću. S obzirom na prikazanu građu drva lako je zaključiti da će se uzorak najbolje odupirati vlatku paralelno s vlakancima, malo manje tlaku paralelno s vlakancima, a najslabije tlaku okomito na vlakanca [2].

S obzirom da građe elemenata u prirodi nisu idealizirane, na sljedećoj slici je prikazan poprečni presjek borovine s karakterističnim nazivima [2].



Slika 3.2. Poprečni presjek borovine

Elementarni sastav suhog drva čine ugljik (50%), kisik (43,45%), vodik (6,0%), dušik (0,2%) i pepeo (0,3%). Glavni sastojak drva je upravo lignin (lat. lignum: drvo) u postotku od 15% do 30% sastava. On je neugljikohidratni polifenolni polimer koji povezuje celulozna vlakna u vrlo čvrstu izvanstaničnu strukturu [9].

Svojstva drva su fizička, kemijska, fizičko – kemijska, mehanička, termička, električna, akustična i estetska. Za svaku vrstu drva i svako drvo pojedinačno su različita. S obzirom da je drvo kapilarni materijal ono se uvijek prilagođava stalno promjenjivim klimatskim uvjetima (relativnoj vlažnosti zraka). Postotak vlažnosti je kvocijent mase vode sadržane u uzorku i mase apsolutno suhog uzorka. Vlažnost možemo odrediti u laboratoriju sušenjem uzorka na  $103 \pm 2^\circ \text{C}$  ili pomoću vlagomjera. Za klasične konstrukcije vlažnost mora biti manja od 20% prije ugradnje, dok za lamelirane konstrukcije vrijedi od 9% do 12%, uz iznimku od 3%. Drvo ima sposobnost promjene volumena posljedično promjeni vlage. Termička svojstva drva ovise o gustoći, ukoliko je veća gustoća veća je i vodljivost drva, sadržaju vode koje ima nepovoljan utjecaj na izolacijska svojstva, temperaturi i smjeru vlakanca. Drvo bolje vodi toplinu s porastom temperature, i izolira duplo bolje poprijeko nego uzduž vlakanca [9].

Razvojem lameliranog drva, njegova primjena u graditeljstvu je uvelike porasla. BSH ili lamelirano drvo je najkvalitetniji oblik drvne građe. Sastavljen je od lamela jedne vrste drva lijepljenih paralelno s vlakancima. Lamelirane drvne grede mogu imati raspon i do 30 m. Većinom se proizvode od crnogoričnog drveća kao što su naprimjer borovi i cedrovi. Čvrstoća na savijanje im je od  $8 - 15 \text{ N/mm}^2$  [2,1].

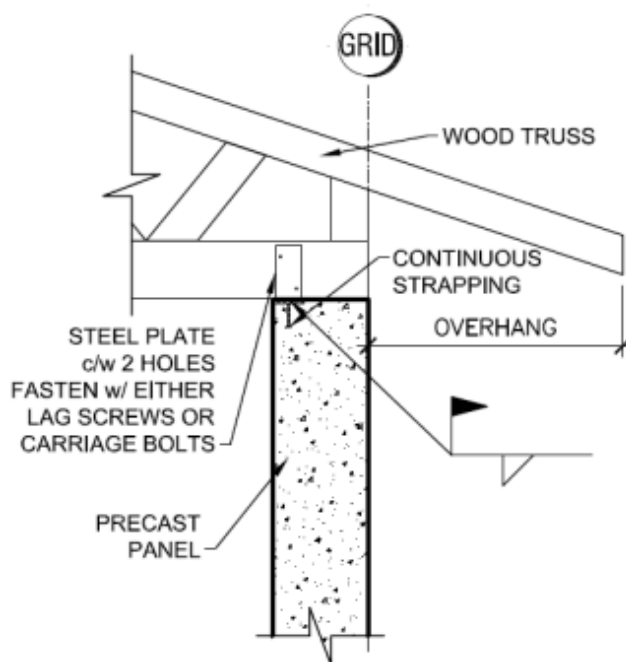


Koristi se najčešće kod visokih vizualnih, arhitektonskih i statičkih zahtjeva. Mogli bismo reći da je idealan materijal što se tiče stabilnosti oblika i dimenzija.



**Slika 3.3.** Lamelirane drvene grede

Što se tiče drva kao materijala za izvedbu AB montažne konstrukcije, njegova primjena je vidljiva kod krovnih konstrukcija koje su velikog raspona i gdje su korištene lake stropne konstrukcije. Možemo ga koristiti na način da napravimo laganu drvenu krovnu konstrukciju i položimo ju na predgotovljene stupove ili zidove ili možemo i predgotovljene ploče položiti na drvenu konstrukciju i stabilizirati drvene stupove predgotovljenim jezgrama. Na slici 3.4. prikazan je spoj koji se ostvaruje ugradnjom čelične ploče u betonski element na koju se zavaruje spojna ploča sa rupama za učvršćivanje drvenog elementa čavlima ili vijcima [1].



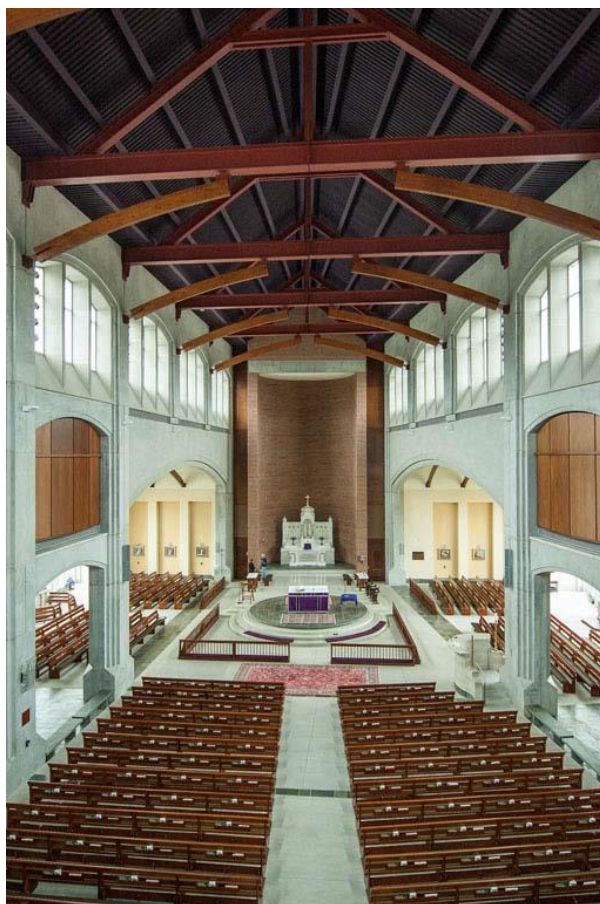
**Slika 3.4.** Detalj spoja drvene konstrukcije s predgotovljenim zidnim panelom

Kao podnu oblogu možemo koristiti laminat. Glavni sastojak laminata je drvo, no unatoč tome posebno je čvrst i otporan na izlaganje svjetlu. Na tržištu je moguće kupiti laminare raznih boja i dekora.



**Slika 3.4.** *Laminat*

Na sljedećoj slici je prikazana kombinacija predgotovljenih zidnih panela i krovne konstrukcije od čeličnih profila sa donjim kosnicima od lameliranih drvenih greda. Građevina na slici je crkva „Prince of Peace“ Taylors u Južnoj Karolini u SAD - u [1].

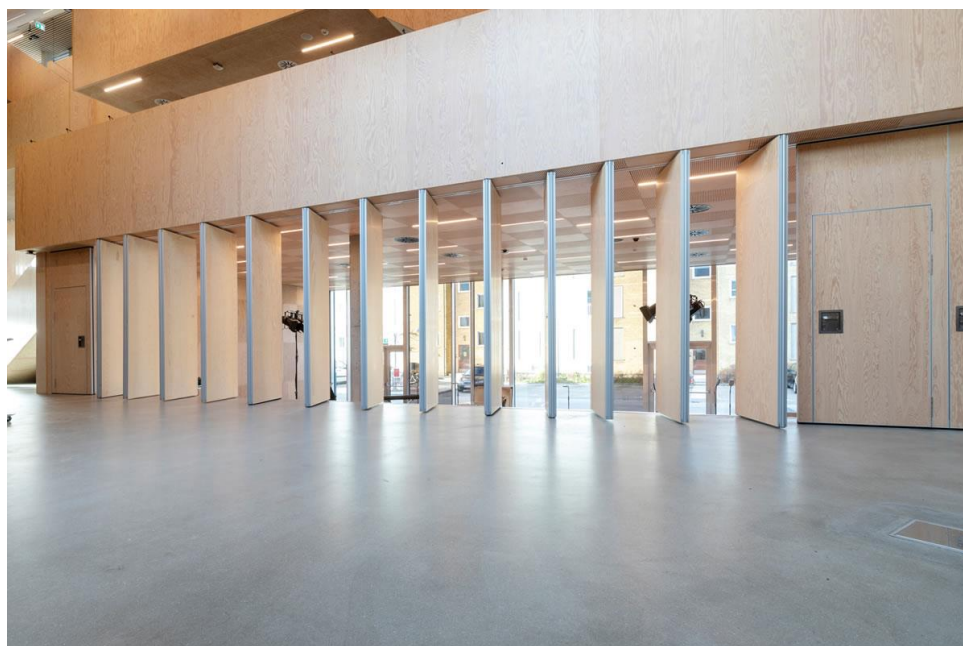


**Slika 3.5.** „*Prince of Peace*“ Taylors

Osim za krovne konstrukcije, drvo i piljena građa koriste se kao materijal za pregradne zidove. Pregradni zid možemo napraviti od letvica, a možemo ugraditi i pregradnu stijenu. Drvo se također koristi za izradu unutarnjih vrata.



**Slika 3.6.** *Pregradni element od drvenih letvica*



**Slika 3.7.** *Drveni pregradni paneli*

### 3.4. Aluminij

Aluminij je metalni element kemijskog simbola Al. Jezgra atoma aluminija sadrži 13 elektrona, 13 protona i 14 neutrona. Treći je najrasprostranjeniji element u Zemljinoj kori gdje ga ima 7,5%. Njegovo postojanje je 1808. godine utvrdio britanski znanstvenik Humphrey Davy. Nakon dugogodišnjih istraživanja uspješno je proizveden prvi komad aluminija na kojem su mogli otkriti neka posebna metalna svojstva kao što su lakoća i sjaj. Komad aluminija koji je tada proizveden moguće je vidjeti u muzeju Sveučilišta u Göttingen-u. On se u prirodi ne nalazi kao metal nego kao oksid pomiješan s oksidima željeza, silicija, vadanija, itd. Dobiva se iz rude boksita koja se prerađuje u glinicu, tj. aluminijev oksid  $Al_2O_3$ . Sam postupak odvajanja aluminija iz navedenog spoja je moguć jedino elektrolizom i iznimno je skup [4].



**Slika 4.1.** Aluminij

Kao materijal je atraktivan, lagan, čvrst i čist. Aluminij je 2,9 puta lakši od čelika i ima dobra mehanička svojstva pri niskim temperaturama. Pogodan je za korištenje u agresivnom okolišu s obzirom na njegovu otpornost na koroziju uz pomoć prirodne zaštite slojem oksida. Ujedno je neotrovan i bez negativnih utjecaja na okoliš. Dobro reflektira svjetlost i toplinu, nije magnetičan i nema iskrenja prilikom obrade. Jedino se čelik koristi više u građevinarstvu kao metal od aluminija. Usporedba njihovih fizikalnih svojstava je prikazana na slici 4.1. [11].

Fizička svojstva / Metal	Aluminij / Al legure	Čelik
Talište	660 °C	1425 - 1540 °C
Gustoća pri 20 °C	2700 kg/m <sup>3</sup>	7850 kg/m <sup>3</sup>
Toplinsko izduljenje	23·10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup>	12·10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup>
Specifična toplina	~ 920 J/kg °C	~ 440 J/kg °C
Toplinska provodljivost	~ 240 W/m °C	~ 54 W/m °C
Modul elastičnosti	70 000 N/mm <sup>2</sup>	210 000 N/mm <sup>2</sup>
Modul posmika	27 000 N/mm <sup>2</sup>	81 000 N/mm <sup>2</sup>
Poissonov koeficijent	0,3	0,3

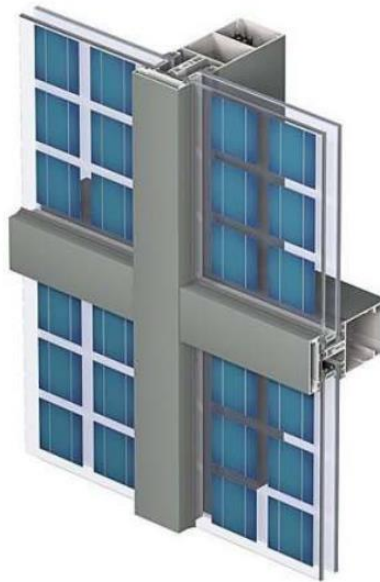
**Slika 4.2.** Usporedba osnovnih fizičkih svojstava aluminija i njegovih legura i čelika

Kao što aluminij ima prednosti u odnosu na čelik, ujedno ima i mana. Ima veliku deformabilnost, modul elastičnosti mu je 3 puta manji od čelika. Također jedna od velikih mana je veliko smanjenje nosivosti u zoni utjecaja topline prilikom zavarivanja i relativno velikoj osjetljivosti na djelovanje požara. Tehnički propis za građevinske konstrukcije navodi da se za priključke aluminijskih konstrukcija rabe mehanički spojni elementi tj. vijčani sklopovi, vijci i zakovice, dodatni materijal za zavarivanje i ljepila koja su navedena u normi HRN EN 1999-1-1. [5,4].

Aluminij se na AB montažnoj konstrukciji može naći u obliku aluminijske staklene fasade koju ugrađujemo na predgotovljeni armiranobetonski element ili kao fasadni aluminijski termopaneli. Primjer za oboje nam je Trgovački centar Pula II koji je izgradila tvrtka Palace d.o.o. [13].



**Slika 4.3.** Trgovački centar II Pula



**Slika 4.4.** *Aluminijska staklena fasada*

U kombinaciji sa staklom doprinosi estetici građevine, i često ga možemo vidjeti upravo na trgovačkim centrima, upravnim zgradama tvrtki, bankama itd. Aluminijske fasadne termopanele najčešće vidimo na proizvodnim halama, skladištima i takvim vrstama građevina. Jedan od mogućih fasadnih sustava koji se nudi na tržištu je i aluminijska kompozitna ploča. Kao što sam već spomenula, iznimno je otporna na hrđu i vremenske uvjete. Ima veliku čvrstoću na savijanje i otpornost na udarce. Može se također koristiti u svrhu podjele prostora kao pregradni zid. Može se primjenjivati u velikom temperaturnom rasponu a to je od  $-40$  do  $+80^{\circ}\text{C}$ . Teško je zapaljiva jer se sastoji od dva aluminijska lima a u sredini se nalazi FR jezgra. Lako se pričvršćuje uz pomoć vijaka, zakovica ili lijepljenjem [16].



**Slika 4.5.** *Aluminijska kompozitna ploča*

### 3.5. Staklo

Staklo je materijal za koji se prošlog stoljeća pričalo da je temeljni materijal suvremene arhitekture. Zbog svoje prozirnosti i raznih drugih svojstava posebno je zanimljiv arhitektima. Njegove prednosti su ujedno i visoka tlačna čvrstoća, razmjerno visoka vlačna čvrstoća, trajnost i otpornost na faktore okoliša. Kao manu, najbitnije je spomenuti njegovu krhkost. Pod opterećenjem vrlo lako dolazi do sloma stakla. Staklo je savršeno elastični i izotropni materijal. U građevinskoj industriji se najviše koristi natrij-kalcij-silikatno staklo koje se proizvodi upotrebom kvarcnog pijeska, otpadaka stakla i dodataka kao što su natrijev i kalcijev karbonat i topitelja u obliku oksida bora i olova. Standardne dimenzije proizvedenih staklenih ploča su 6,00 x 3,21 m no to ne isključuje mogućnost proizvodnje ploča s većom duljinom. Debljina stakla za građevinske primjene je najčešće 8, 10 i 12 mm. [7]

Na slici 5.1. prikazana su mehanička svojstva stakla koje se najčešće koristi u građevinarstvu [7].

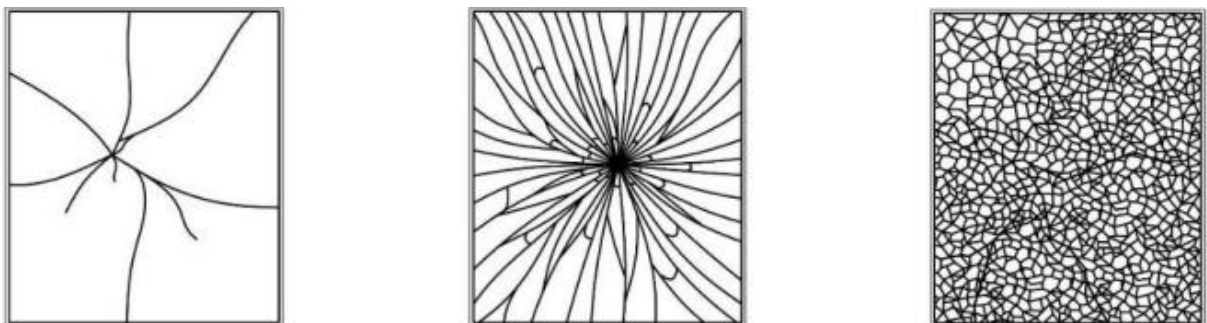
Svojstvo	Vrijednost
Gustoća	2500 kg/m <sup>3</sup>
Youngov modul	70 000 Mpa
Poissonov koeficijent	0,23
Karakteristična vlačna čvrstoća	45 Mpa
Koeficijent toplinskog širenja	9×10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>
Toplinska vodljivost	1 W×m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>

**Slika 5.1.** Osnovna svojstva natrij-kalcij-silikatnog stakla

Kao što možemo primijetiti, staklo ima gustoću sličnu armiranom betonu, a Youngov modul sličan aluminiju. Vlačna čvrstoća nema stalnu vrijednost jer ovisi o mnogim faktorima. Neki od tih faktora su stanje površine staklenog elementa, njegova veličina, povijest i trajanje opterećenja i radni uvjetu elemenata. Statički zamor je pojam koji označava postupno smanjenje čvrstoće stakla tijekom vremena. Staklo također korodira, te nam se može pojaviti zamućenje staklenih ploča ukoliko ih horizontalno skladištimo u uvjetima velike vlage ili ako su u stalnom kontaktu s vodom. Prirodna vlaga iz okoliša nagriza staklene površine koje su izložene stalnom naprezanju pogotovo ukoliko ono dugo traje. Na ubrzavanje tih procesa nagrivanja ujedno utječu veliko promjene temperature [7].

Za konstrukcijsku primjenu najčešće se koriste ove tri vrste stakla, žareno, termički ojačano i kaljeno staklo. Svaka od tih vrsta stakla ima karakteristična svojstva po pitanju nosivosti i razine sigurnosti konstrukcijskih elemenata. Karakteristična čvrstoća na savijanje žarenog stakla je 45 MPa. On je osnovni proizvod plutajućeg procesa i osjetljiv je na toplinski udar i neravnomjerno zagrijavanje ploče. Do takvog neravnomjernog zagrijavanja može doći prilikom zasjenjivanja jednog dijela staklene fasade po sunčanom danu, a posljedično tome nam se može dogoditi lom ili pukotine. Njegovo glavno obilježje je njegova savršeno ravna površina, što znači da ne pokazuje optička izobličenja niti anizotropiju. Specifičan je i njegov način loma, što je bitno za njegovu primjenu. Prilikom loma žareno staklo se razbija u velike komade s oštrim rubovima te zbog toga nije pogodno za primjenu u obliku monolitne ploče. Njegova čvrstoća se može povećati podvrgavanjem, staklene ploče procesu toplinske obrade koja podrazumijeva zagrijavanje ploče na temperaturu blisku temperaturi preoblikovanja stakla i brzo hlađenje strujom hladnog zraka. Time se stvaraju tlačna površinska naprezanja i vlačna naprezanja u sredini debljine. Upravo ovisno o vrijednosti naprezanja koje se uvodi u procesu toplinskog očvršćivanja razlikujemo dvije vrste stakla, toplinski ojačano staklo i kaljeno staklo [7].

Za termički ojačano staklo vrijednost površinskog tlačnog naprezanja se kreće između 40-80 MPa, dok za kaljeno staklo iznosi 80-120 MPa. Bitna razlika između te dvije vrste stakla je na koji se način ona lome. Kaljeno staklo se raspada na male komade i samim time je sigurnije za ljude u njegovoj blizini. Upravo se iz tog razloga obično naziva i sigurnosno staklo. Bitno je spomenuti da ukoliko bi tako slomljeno staklo palo s velike visine moglo bi prouzročiti teške tjelesne ozljede ljudima koji se nalaze ispod zbog toga što su komadići i dalje povezani te padaju kao zajednička masa. Što se tiče termički ojačanog stakla ono se lomi u obliku dugih odlomaka, što je ključno za osiguravanje krutosti lameliranog stakla nakon popuštanja. Jedne od karakteristika takve vrste stakla su optička izobličenja nastala kao posljedica procesa očvršćivanja [7].



**Slika 5.2.** Način loma žarenog stakla (lijevo), termički ojačanog stakla (sredina) i kaljenog stakla (desno)



Kako u graditeljstvu postoji lamelirano drvo, tako postoji i lamelirano staklo. Zbog krhkog ponašanja monolitnih ploča nakon loma i njihove nemogućnosti za izradu konstrukcijskih elemenata pojavila se potreba za proizvodnjom lameliranog stakla. Ono predstavlja složeni sustav koji se sastoji od najmanje dvije ploče stakla spojene posebnom polimernom folijom. Proces lameliranja se odvija u autoklavu pri temperaturi oko 140° C i tlaku od 14 bara. Prilikom loma takvog stakla, komadići stakla se drže za sloj i ostaju na svom mjestu. Mehanička svojstva lameliranog stakla ovise o vrsti stakla koje se koristilo za lameliranje. Veliku otpornost na lom pokazuju elementi od lameliranog stakla koji su izrađeni od žarenog ili termički ojačanog stakla. Istovremeno, pokazuju manju nosivost i otpornost na udarce u usporedbi s lameliranim staklom od kaljenih ploča. S druge strane, lamelirano staklo od kaljenih ploča karakterizira najveća nosivost no otpornost na lom kod takvog elementa je zanemariva. Materijal među slojevima također ima veliku ulogu na ponašanje lameliranog stakla nakon popuštanja. Polivinil-butiral (PVB) je najčešće korišten među sloj. Njegova nazivna debljina je 0,38 mm te se obično jedan sloj sastoji od dvije ili četiri folije. Mehanički parametri folije ovise o trajanju opterećenja i temperaturi. Kod lameliranog stakla s PVB folijom, na izloženim rubovima se može pojaviti raslojavanje koje dovodi do smanjenja nosivosti [7].

Korištenjem stakla na građevini korisniku zgrade se omogućuje vizualni pregled vanjskog okoliša bez napuštanja zgrade. U početku, staklo se koristilo najviše u prozorima drvenog ili čeličnog okvira. Današnja primjena stakla u građevinarstvu je velika. Koristi se i za staklene fasade i nosive građevinske elemente kao što su stakleni stupovi, grede, međukatne konstrukcije i rebra za ukrućivanje fasada. S obzirom na primjenu i ulogu stakla kao elementa potrebno je koristiti dobru vrstu stakla koja zadovoljava potrebne uvjete.

Naprimjer, horizontalno ugrađeni elementi u zgradama kao što su stakleni krov ili podna ploča, najčešće su izrađeni od termički ojačanog stakla zbog njegove krutosti nakon loma. Kaljeno staklo se najčešće koristi kod izrade staklenih fasada koje su točkasto učvršćene zbog koncentracije naprezanja na rupama [7].

Primjena stakla u izgradnji i završnoj obradi AB montažne konstrukcije također je raznovrsna. U konstrukciju se mogu montirati staklena stubišta, stakleni krov, staklena podna ploča, prozori, staklena fasada koju sam već spomenula u poglavlju 3.4., staklene stijene, staklene ograde na stubištima itd. Na sljedećim slikama slijedi prikaz moguće upotrebe stakla na AB konstrukciji [19].



**Slika 5.3.** *Klizna staklena stijena*



**Slika 5.4.** *Staklena stubišta, Staklorez Burić*



**Slika 5.5.** *Staklena fasada*



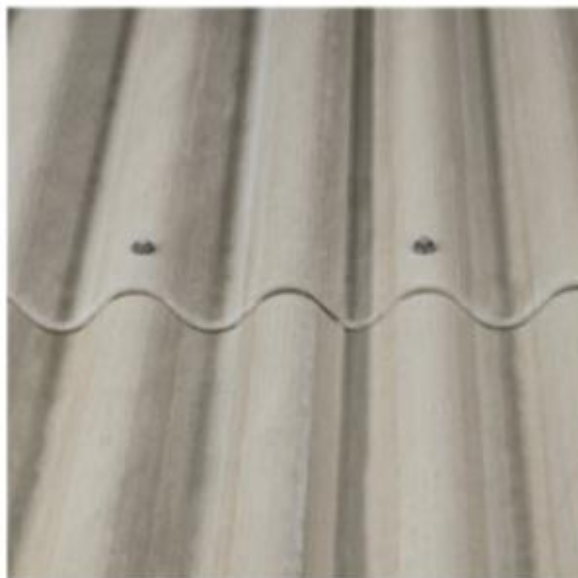
**Slika 5.6.** *Prozori*

### 3.6. Eternit na prirodnoj bazi

1950. godine u arhitekturu su uvedene obloge od vlaknocementnih ploča na ventiliranim fasadama. Osnovne osobine vlaknocementa su tanak, lagan, neuništiv i lijep. Dizajner Willy Guhl je 1954. godine napravio poznatu Loop chair od vlaknocementnog monolitnog odljevka. Vlaknocement je kompozitni materijal od cementa, celuloze i mineralnih tvari koje su ojačane mikro armaturom. Kod većine ploča se ta armatura uopće ne vidi. Vlaknasti cement je ekološki prihvatljiv materijal. Sirovina za njegovu proizvodnju trenutno ne nedostaje. Dolaze u raznim bojama i raznolikim teksturama i raznih oblika te je njihova primjena široka. Najčešće se primjenjuju na krovovima, fasadnim oblogama, balkonskim i vrtnim ogradama i za unutarnje oblaganje zidova. Preporučuju se za ugradnju na ventiliranim fasadama zbog svojih svojstava negorljivosti, otpornosti na vremenske uvjete, otpornosti na koroziju, očekivanog dugog životnog vijeka i minimalnog održavanja. Također je prednost što dolaze u širokoj paleti boja i moguće ih je oblikovati. Štite zgradu od kiše i vjetera, a zajedno s toplinskom izolacijom štite od pregrijavanja ljeti i hlađenja građevine zimi. Spajaju se zakovicama, vijcima ili ljepilima na potkonstrukciju [18].



**Slika 6.1.** *Vlaknocementne ploče za ventilirane fasade*



**Slika 6.2.** *Eternit valovita ploča*

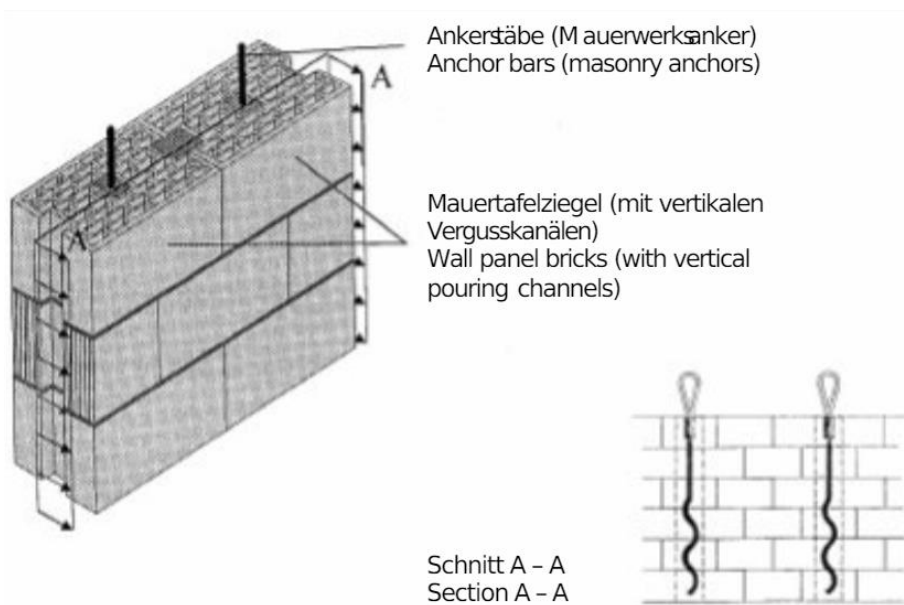
### **3.7. Opečni elementi**

Opeka se proizvodi od opekarske gline odnosno ilovače s dodacima. Najčešći dodaci su kremen i pijesak, vapnenac ili laporasta glina i željezni hidroksid. Za njezinu proizvodnju prvo se iskopa glina te se ona skladišti. Sirovine se miješaju i melju u mlinovima te se homogeniziraju u odležavalištu s dovoljno vlage. Naknadno se glina ponovno melje u finim mlinovima. Oblikovanje proizvoda se izvodi u vakumskoj preši koja daje beskonačnu traku koja se na posebnim rezačim stolovima reže napetim žicama. Sirova opeka se potom šalje u sušaru, a izlaskom iz sušare ide u peć.

Proizvodi od opeke koji najviše se koriste u graditeljstvu su opečni crijep i opečni zidni element koji nam je svima poznatiji kao cigla. Crijep služi za pokrivanje krovova na način da se slaže prema uputama proizvođača. Kao što postoji predgotovljeni betonski element, na taj način postoji i predgotovljeni opečni element predviđen za montažnu ugradnju. To su zidani ili podni elementi od opeke s posebnim oblikovanjem i injektiranjem betona. Njihova proizvodnja je slična kao kod predgotovljenih betonskih elemenata. Poput tradicionalnog načina zidanja, predgotovljeni opečni elementi su montažni sa opekama koje stoje uspravno i povezane su sa žbukom. Takvi predgotovljeni elementi smanjuju vrijeme izgradnje i brzo se montiraju. Na sebi imaju ugrađene sidrene šipke za spajanje elemenata. Možemo ih ugraditi kao nosive ili pregradne zidove na konstrukciji. Prikaz predgotovljenih zidnih opečnih elemenata nalazi se na slici niže [8].



**Slika 7.1.** *Crijep*



**Slika 7.2.** *Predgotovljeni opečni zidani element*



*Slika 7.3. Montaža predgotovljenog zidnog opečnog elementa*

### **3.8. Reciklirana guma**

Preradom starih automobilskih i kamionskih guma smanjujemo njihov negativan utjecaj na okoliš dok s druge strane dobivamo materijal koji možemo primjenjivati na razne načine. U graditeljstvu, reciklirana guma se dodaje asfaltu no nama su po pitanju teme, zanimljivije njezine druge primjene. Njezinu primjenu na AB montažnu konstrukciju možemo najbolje opisati kao oblogu. Može oblagati pod, fasadu i krov. Prilikom ulaska u teretanu ili odlaska na stadion, možemo vidjeti da je pod napravljen od reciklirane gume. Kao što sam već spomenula, ploče na fasadi također mogu biti napravljene od reciklirane gume, a kao primjer nam služi penjačka teretana Cortina d'Ampezzo gdje su ploče iz 100 % reciklirane SBR gume [21].



*Slika 8.1. Penjačka teretana Cortina d'Ampezzo*

Prednost reciklirane gume kao materijala je razna mogućnost u arhitektonskom i inženjerskom oblikovanju. Isto tako, guma ima visoki stupanj zvučne izolacije i vrlo učinkovito sprječava udarni zvuk. Prednost korištenja reciklirane gume kao materijala nam je naravno i uljepšavanje prirode i okoliša. Kao građevinari, dužni smo voditi brigu o okolišu i pomno odabirati materijale koje ćemo koristiti prilikom gradnje objekata [21].



*Slika 8.2. Gumene podne obloge na dječjem igralištu*

### **3.9. Kanadska šindra**

Kanadska šindra je krovni pokrov bitumeniziranim pločama staklenoga voala. Lagana je, čvrsta i izrađena od materijala koji se može reciklirati. Vrlo je otporna na vlagu i vjetar, što znači da je idealna za upotrebu u svim klimatskim uvjetima. Ima vrlo kvalitetnu toplinsku i zvučnu izolaciju. Zahvaljujući tome, smanjuje potrebe grijanja i hlađenja objekta. Jednostavno se montira i s lakoćom se mogu obaviti popravci na krovu. Ima prirodnu estetiku, s raznim bojama i uzorcima što omogućava da si svaki kupac pronađe određenu šindru idealnu za njegov krov. Otporna je i na snijeg i na led, na potres na vatru i na buku [20].





**Slika 9.1.** *Kanadska šindra*

### **3.10. Trespa**

Trespa ploče su dekorativni visokotlačni kompaktni laminati s integralnom površinom. Svestrane su obloge za inovativne i funkcionalne ventilirane fasadne sustave i balkone. Na tržištu su ploče dostupne u raznim bojama i raznih uzoraka i završnih obrada. Pridodaju estetici objekta na jedan moderan način. Proizvod je tvrtke Trespa [15].



**Slika 10.1.** *Trespa Meteor Metallics*



**Slika 10.2.** *Trespa Meteon Wood Decor*

## 4. Primjer AB montažne konstrukcije

Kao primjer završene montaže AB konstrukcije koristiti ću konstrukciju ELCOR u Grudama u susjednoj Bosni i Hercegovini. Montažu je izvršila kompanija Širbegović Inženjering. Na slikama su jasno vidljivi predgotovljeni AB stupovi, predgotovljene AB grede i predgotovljeni AB nosači. [17]



*Slika 4. Montirana AB konstrukcija*



*Slika 5. ELCOR, Grude*

## 5. Zaključak

Montažno građenje u velikoj je primjeni diljem svijeta. Montažno izgrađene objekte možemo vidjeti svuda oko nas, čak i prilikom odlaska u veliku trgovinu, prilikom vožnje itd. Brzi je i zanimljiv način gradnje, no zahtjeva dobru opremu, proizvodne pogone i mogućnost transporta. Sam taj način gradnje, montiranja tj. slaganja elemenata zajedno, me je zaintrigirao za temu materijala koji se koriste za te elemente.

S obzirom na veliki broj napisanih i opisanih materijala, iako ih ima još, možemo zaključiti da se raznorazni i mnogobrojni materijali mogu koristiti u primjeni na AB montažnom objektu. Od recikliranih materijala, kojima korištenjem štitimo okoliš, do kombinacije različitih materijala i njihovih svojstava da bismo dobili zadovoljavajući proizvod.

Smatram da bi svaki investitor, s obzirom na ponude na tržištu i napretkom suvremene građevine, mogao zaista dati izgraditi građevinu po svom ukusu. Kako je već navedeno u ovom radu, proizvodi mogu biti od različitih materijala, različitih boja i različitih dekora. Vjerujem da će u budućnosti takvih mogućnosti biti sve više i da će se u građevini pojaviti i neke nove vrste građenja.

## 6. Literatura

### Knjige:

- [1] D. Meštrović: Montažne armiranobetonske konstrukcije, Zagreb, 2016.
- [2] D. Čizmar, I. Volarić: Drvene konstrukcije: priručnik za vježbe
- [3] B. Baljkas, K. Pavković : Projektiranje čeličnih konstrukcija, Zagreb, 2016.
- [4] I. Boko, D. Skejić, N. Torić: Aluminijske konstrukcije, Split, 2016.

### Zakoni:

- [5] Tehnički propis za građevinske konstrukcije
- [6] Zakon o gradnji

### Pregledni radovi:

- [7] M. Kozłowski, A. Malewski, V. Akmadžić, A. Vrdoljak: Primjena stakla kao nosivog elementa, 2019.
- [8] Heinz-Werner Jedamzik: Ziegelmontagebau – Vorgefertigte Wand systeme nach neuer Norm

### Predavanja:

- [9] A. Crnoja: Predavanja iz kolegija Montažno građenje
- [10] Z. Cimbola: Predavanja iz kolegija Tehnologija betona

Časopisi:

[11] D. Skejić, I. Boko, N. Torić : Aluminij kao materijal za suvremene konstrukcije, Građevinar, 2015.

Završni rad:

[12] Z. Tomašek: Tehnološki proces montaže poslovno proizvodne zgrade „KOMET“, Varaždin, 2017.

Internet izvori:

[13] [Palace d.o.o. – Palace gradnja \(palace-cro.eu\)](http://www.palace-cro.eu)

[14] <https://www.lim-mont.hr/>

[15] <https://www.trespa.com/>

[16] <https://www.prefa.hr/katalog-proizvoda/fasadni-sustavi/aluminijska-kompozitna-ploca/>

[17] <https://sirbegovic.com/>

[18] <https://webgradnja.hr/specifikacije/1572/eternit-equitone>

[19] <https://staklorez-buric.hr/>

[20] <https://www.gerardkrovovi.hr/hr/proizvodi/gerard-kanadska-sindra/>

[21] A. Crnoja: Mogućnosti primjene recikliranih automobilskih guma u građevinarstvu

## Popis slika

Slika 1. Gradnja montažne kuće .....	3
Slika 1.1. Predgotovljeni AB stup .....	8
Slika 1.2. Primjeri različitih poprečnih presjeka greda .....	9
Slika 1.3. Primjeri šupljih ploča .....	9
Slika 1.4. Hangar za održavanje zrakoplova u Guamu .....	10
Slika 1.5. a) Montažna temeljna čaša s glatkim površinama .....	11
Slika 1.5. b) Montažna temeljna čaša s nazubljenim površinama .....	11
Slika 1.6. AB montažna konstrukcija .....	12
Slika 1.7. Montaža predgotovljenih panela .....	12
Slika 1.8. Predgotovljeni element crkve „Prince of Peace“ Taylors u Južnoj Karolini u SAD - u .....	13
Slika 2. Mehaničke karakteristike čelika .....	14
Slika 2.1. Nominalne vrijednosti građevinskih čelika .....	15
Slika 2.2. IPE profili .....	15
Slika 2.3. L profili, U profil i T profil .....	16
Slika 2.4. Šuplji profili .....	16
Slika 2.5. Limovi i limeni paneli .....	17
Slika 2.6. Radni dijagram čelika .....	18
Slika 2.7. Proizvodnja predgotovljenog armiranobetonskog elementa .....	19
Slika 2.8. Čelična krovna konstrukcija crkve „Prince of Peace“ Taylors u Južnoj Karolini u SAD - u .....	19
Slika 3.1. Idealizirani uzorak drva .....	20
Slika 3.2. Poprečni presjek borovine .....	21
Slika 3.3. Lamelirane drvene grede .....	22
Slika 3.4. Detalj spoja drvene konstrukcije s predgotovljenim zidnim panelom .....	22
Slika 3.5. Laminat .....	23
Slika 3.6. „Prince of Peace“ Taylors .....	23
Slika 3.7. Pregradni element od drvenih letvica .....	24
Slika 3.8. Drveni pregradni paneli .....	24
Slika 4.1. Aluminiij .....	25
Slika 4.2. Usporedba osnovnih fizičkih svojstava aluminiija i njegovih legura i čelika .....	26
Slika 4.3. Trgovački centar II Pula .....	26
Slika 4.4. Aluminijska staklena fasada .....	27

Slika 4.5. Aluminijska kompozitna ploča .....	27
Slika 5.1. Osnovna svojstva natrij-kalcij-silikatnog stakla .....	28
Slika 5.2. Način loma žarenog stakla (lijevo), termički ojačanog stakla (sredina) i kaljenog stakla (desno) .....	29
Slika 5.3. Klizna staklena stijena .....	31
Slika 5.4. Staklena stubišta, Staklovez Burić.....	31
Slika 5.5. Staklena fasada .....	32
Slika 5.6. Prozori .....	32
Slika 6.1. Vlaknocementne ploče za ventilirane fasade .....	33
Slika 6.2. Eternit valovita ploča .....	34
Slika 7.1. Crijep .....	35
Slika 7.2. Predgotovljeni opečni zidani element .....	35
Slika 7.3. Montaža predgotovljenog zidnog opečnog elementa .....	36
Slika 8.1. Penjačka teretana Cortina d` Ampezzo .....	36
Slika 8.2. Gumene podne obloge na dječjem igralištu .....	37
Slika 9.1. Kanadska šindra .....	38
Slika 10.1. Trespa Meteon Metallics .....	38
Slika 10.2. Trespa Meteon Wood Decor .....	39
Slika 4. Montirana AB konstrukcija .....	40
Slika 5. ELCOR, Grude .....	40





