

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

**Izvedba ravne zelene strehe glede na nosilno
konstrukcijo – prizidek jedilnice OŠ Mladika**

Kandidat: Dušan Lorbek

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Gradbeništvo

Mentor predavatelj: Vladimir Dragorajac, univ.dipl. inž. grad.

Mentor v podjetju: Rok Lorenčič, dipl. inž. grad. (UN)

Lektor: Janja Zver Univ. dipl. prof. slov.

Maribor, 2022

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Dušan Lorbek sem avtor diplomskega dela z naslovom Izvedba ravne strehe glede na nosilno konstrukcijo – prizidek jedilnice, ki sem ga napisal pod mentorstvom Vladimirja Dragorajaca, univ. dipl. inž. grad.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli, kot moje lastne kaznivo po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah (Uradni list RS, št. 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/13, 56/15 in 63/16 – ZKUASP); prekršek pa podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32.a členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Nova vas pri Markovcih, september 2022

Podpis študenta:

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju g. Vladimirju Dragorajc za pomoč in podporo pri izdelavi diplomskega dela, vsem zaposlenim na visoki strokovni šoli Akademija, posebej bi se zahvali gospe Vidi Perko za moralno podporo in spodbudne besede skozi celoten čas študija.

Zahvala gre tudi Cestnemu podjetju Ptuj d.d., kjer sem zaposlen.

Zahvalil bi se tudi sodelavcu in mentorju v podjetju g. Roku Lorenčiču ter direktorju podjetja za vso pomoč in razumevanje v času trajanja študija.

Hvala tudi podjetju TMD invest za vso literaturo ter pomoč pri diplomskem delu.

Navsezadnje pa bi se rad zahvalil vsem mojim najbližjim, ki so me ves čas študija podpirali in mi stali ob strani.

POVZETEK

Les je naravni material. V gradbeništvu ga je kot konstrukcijski element možno uporabiti v obeh osnovnih konstrukcijskih elementih. Lahko ga uporabimo kot steber, ker ima dobro nosilnost po vertikali in lahko ga uporabimo kot nosilec, ker je dobro nosilen po horizontali. Največji problem lesu glede njegove obstojnosti ter posledično nosilnosti predstavljajo biološki škodljivci in izpostavljenost vlagi in suhemu zraku v izmenjujočem ciklu. Njegova glavna prednost je trdnost, primerjalno glede na njegovo majhno lastno težo. S sušenjem lesa do idealne relativne vlažnosti in njegovim lepljenjem pa lesu močno povečamo nosilnost in življenjsko dobo. Za izvedbo lesenih lameliranih nosilcev potrebujemo kvaliteten suh les, katerega vlažnost ne sme biti večja od 15 %. Ko iz tako primerno suhega lesa odstranimo še vse njegove nepravilnosti in izdelamo lamele, pridemo do osnove za izdelavo lameliranih lepjenih nosilcev. Lamelirani lepljeni nosilci – lepljenci pa nam kot konstrukcijski element nosilcev omogočajo premostitev večjih razponov. Z izdelavo lepljencev ohranimo osnovne karakteristike lesa in dobimo lep in trajen izdelek. Pri izdelavi lameliranih lepjenih nosilcev smo omejeni samo s tehnološkim postopkom lepljenja, možnostjo transporta in montaže. Beton kot konstrukcijski material ima veliko trdnost. Ima pa majhno nosilnost, katero betonu močno povečamo z uporabo armature ter tako dobimo armiran beton (AB). Zgodovina armiranega betona se začne leta 1824. Skozi leta pa se je izdelava armiranega betona še samo izboljševala, nenazadnje z dodajanjem raznih dodatkov, katere dodajamo pred ali med samim mešanjem in jih delimo v tri glavne skupine kemijski, mineralni in vlakna. Tako danes izdelujemo betone, kateri dosegajo visoke trdnosti in nosilnosti. S pravilnim projektiranjem armirano betonskih konstrukcij, obliko elementa ter armature in vrste betona, lahko z betonom dosežemo velike razpone. Prednost betona, katera daje betonu trajnost, je v njegovi možnosti recikliranja. Recikliran beton lahko uporabimo kot agregat za izdelavo nove betonske mešanice namesto naravnega agregata. Z naraščanjem uporabe betona zaradi njegove trdnosti, nosilnosti, vsestranske uporabnosti je beton danes veliko krat uporabljen kot osnovni konstrukcijski element, kar ga postavlja v vrh danes uporabljenih materialov. Vendar se je pričel trend spreminjati in se je ponovno pričela zelo velika uporaba lesa kot konstrukcijskega materiala. Tukaj je velik delež prispevalo varčevanje energije ter izvajanje gradnje objektov v pasivni izvedbi danes pa že v nizkoenergijsko izvedbi, kjer morajo biti nosilni elementi čimbolj izolativni zaradi doseganja zahtev normativov nizkoenergijske gradnje.

Ključne besede: nosilec, lepljeni nosilec, beton, armatura, reciklaža

ZUSAMMENFASSUNG

Errichtung eines begrünten Flachdaches im Verhältnis zum Tragwerk - Erweiterung des Esszimmers

Holz ist ein Naturmaterial. In der Bauindustrie kann es in beiden Grundkonstruktionselementen als Konstruktionselement eingesetzt werden. Wegen seiner vertikalen Tragfähigkeit kann man es als Säule einsetzen und wegen seiner horizontalen Tragfähigkeit kann man es als Träger einsetzen. Das größte Problem bei Holz hinsichtlich seiner Dauerhaftigkeit und der daraus resultierenden Belastbarkeit stellen biologische Schädlinge und die Einwirkung von Feuchtigkeit und trockener Luft in einem wechselnden Kreislauf. Sein Hauptvorteil ist die Härte im Vergleich zu seinem geringen Gewicht. Durch das Trocknen bis zu seiner idealen relativen Feuchtigkeit erhöhen wir die Belastbarkeit und die Lebensdauer des Holzes enorm. Für die Herstellung von Lamellenträgern benötigen wir hochwertiges trockenes Holz, dessen Luftfeuchtigkeit nicht größer als 15 % sein darf. Beim Entfernen von all seinen Unregelmäßigkeiten stellen wir Lamellen her, die als Grundlage für die Herstellung von Lamellen geklebten Stützen dienen. Leimholz - geklebt und für uns als Konstruktionselement der Träger ermöglicht die Überbrückung größerer Spannweiten. Durch die Herstellung von Leimholz bewahren wir die Grundeigenschaften von Holz und wir erhalten ein schönes und langlebiges Produkt. Bei der Herstellung von Brettschichtholz sind wir nur durch den technologischen Prozess des Klebens und der Möglichkeit des Transports und der Montage begrenzt. Beton als Konstruktionsmaterial hat eine große Festigkeit, aber eine geringe Tragfähigkeit, was man durch den Einsatz von Bewehrungsstahl stark erhöht, wodurch man Stahlbeton (SB) erhält. Die Geschichte von Stahlbeton begann 1824. Im Laufe der Jahre wurde die Produktion von Stahlbeton verbessert, durch die Zugabe verschiedener Zusatzstoffe, die man vorher oder bei der Ausarbeitung zugibt. Wir teilen sie in drei Hauptgruppen: Chemikalien, Mineralstoffe und Fasern. Heute produzieren wir Beton, der eine hohe Festigkeit und Tragfähigkeit erreicht. Mit richtigem Design von Stahlbetonkonstruktionen, der Form des Elements und des Stahls können mit Beton große Spannweiten erreicht werden. Der Vorteil liegt in seiner Dauerhaftigkeit und seinen Recyclingmöglichkeiten. Recycelter Beton kann als Zuschlagstoff für eine neue Betonmischung anstatt des Naturagregats genutzt werden. Mit der zunehmenden Verwendung von Beton. Aufgrund seiner Festigkeit, Tragfähigkeit und Vielseitigkeit wird Beton heute häufig als Hauptkonstruktionselement verwendet, das es an die Spitze der heute verwendeten Materialien stellt. Derzeit wendet sich der Trend und Holz wird immer mehr als Konstruktionsmaterial eingesetzt. Dazu hat die Energieeinsparung im Bau von Passivobjekten

viel beigetragen, wobei die tragenden Elemente so dämmend wie möglich sein müssen, um die Anforderungen der Niedrigenergiebaunormen zu erfüllen.

Stichworte: Balken, Lamellenträger, Beton, Stahl, Recycling

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	10
1.1	OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA	10
1.2	NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE	10
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE	12
1.4	UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE	12
2	DELO V PROJEKTNi SKUPINI.....	13
3	KROVNA TEMA – ETIKA V GRADBENiŠTVU	16
4	LESENI LEPLJENI NOSILCI IN TRAPEZNA PLOČEVINA.....	17
4.1	SPLOŠNO O LESNIH LEPLJENCIH.....	17
4.2	UPORABA LEPLJENIH NOSILCEV.....	19
4.3	UPORABA TRAPEZNE PLOČEVINE V SISTEMU RAVNIH STREH	21
4.4	DOLOČITEV DIMENZIJ LESNIH LEPLJENIH NOSILCEV	22
4.5	DOLOČITEV DIMENZIJ LAMELIRANIH LESNIH NOSILCEV IN TRAPEZNE PLOČEVNE NA OBJEKTU OŠ MLADIKA	23
4.6	PREDNOSTI IN SLABOSTI LAMELIRANIH LEPLJENIH NOSILCEV	27
4.7	ZAŠČITA LAMELIRANIH LEPLJENIH NOSILCEV	28
4.8	PROTI POŽARNA ZAŠČITA LAMELIRANIH LESENIH LEPLJENCEV	31
4.9	PREDRAČUN ZA IZVEDBO LAMELIRANIH LESENIH LEPLJENIH NOSILCEV IN MONTAŽO TRAPEZNE PLOČEVINE.....	32
4.10	TERMINSKI PLAN IZVEDBE LAMELIRANIH LESENIH LEPLJENIH NOSILCEV	33
5	ARMIRAN BETON	34
5.1	SPLOŠNO O ARMIRANEM BETONU	34
5.2	PROJEKTIRANJE BETONSKIH IN ARMIRANOBETONSKIH KONSTRUKCIJ	40
5.3	PROJEKTIRANJE ARMATURE V BETONSKIH IN ARMIRANOBETONSKIH KONSTRUKCIJAH	43
5.4	STATIČNI IZRAČUN AB PLOŠČE IN DIMENZIONIRANJE ARMATURE	48
5.4.1	<i>Analiza statičnega izračuna (NEMETSCHEK Scia).....</i>	<i>50</i>
5.5	PREDNOSTI IN SLABOSTI ARMIRANOBETONSKIH KONSTRUKCIJ	57
5.6	PREDRAČUN ZA IZVEDBO ARMIRANOBETONSKE PLOŠČE	58
5.7	TERMINSKI PLAN IZVEDBE AB STROPNE PLOŠČE NA PRIZIDKU JEDILNICE OŠ MLADIKA	59
6	SMISELNA IZBIRA STROPNE PLOŠČE V PRAKSI	60
7	PREVERBA HIPOTEZ IZVEDBE NOSILNE KONSTRUKCIJE IZ LESENIH LEPLJENCEV IN TRAPEZNE PLOČEVINE TER AB PLOŠČE.....	61
7.1	H1 – NOSILNA KONSTRUKCIJA IZ LESENIH LEPLJENCEV IN TRAPEZNE PLOČEVINE JE 30 % CENEJŠA OD AB NOSILNE KONSTRUKCIJE	61
7.2	H2 – MONTAŽNA GRADNJA NOSILNE KONSTRUKCIJE JE ZA 50% HITREJŠA OD MONOLITNE	62

7.3	H3 – STROŠKI VZDRŽEVANJA MONTAŽNE NOSILNE KONSTRUKCIJE SO VEČJI OD VZDRŽEVANJA MONOLITNE AB NOSILNE KONSTRUKCIJE ZA 10%	64
7.4	H4 - LESENE KONSTRUKCIJE Z VIDIKA ETIKE V GRADBENIŠTVU TER POMENA TRAJNOSTI, NAJBOLJ USTREZNA	65
8	SKLEP	66
9	VIRI, LITERATURA.....	69
10	PRILOGE.....	71

KAZALO SLIK

SLIKA 1: IZVEDBA NOSILNE KONSTRUKCIJE RAVNE ZELENÉ STREHE NA PRIZIDKU JEDILNICE OŠ MLADIKA PTUJ		
	VIR : LASTEN	13
SLIKA 2: BETONIRANJE ARMIRANO BETONSKE PLOŠČE		
SLIKA 3: PRIKAZ LAMELIRANEGA LESENEGA LEPLJENCA NA PRIZIDKU JEDILNICE OŠ MLADIKA PTUJ		
	VIR : LASTEN	18
SLIKA 4: NANAŠALNIK LEPILA GMC- ROČNI.....		
SLIKA 5 (NAJPOGOSTEJE UPORABLJEN PREREZ LESENEGA LEPLJENEGA NOSILCA -PRAVOKOTNI).....		
SLIKA 6 (OSTREŠJE HLEVA ZA PITANCE – BODONCI 2021).....		
SLIKA 7 (KATALOG NOSILNE TRAPEZNE PLOČEVINE DOBAVITELJA NORIK).....		
SLIKA 8 (NAJPOGOSTEJŠI RAVNINSKI STATIČNI SISTEMI LEPLJENIH LESENIH NOSILCEV ZA VELIKE RAZPETINE)		
SLIKA 9: PREČNI PREREZ JEDILNICE		
SLIKA 10: SEJALNA KRIVULJA IDEALNE MEŠANICE AGREGATA ZA $D_{\text{MAKS}} = 32 \text{ MM}$		
SLIKA 11: POGLED IN PREREZ PALICE REBRASTE ARMATURE		
SLIKA 12: VEZ REBRASNIH ARMATURNIH PALIC		
SLIKA 13: DELOVNI DIAGRAM BETONA		
SLIKA 14:DELOVNI DIAGRAM JEKLA		

KAZALO TABEL

TABELA 1: STATIČNI IZRAČUN LESENIH LEPLJENIH NOSILCEV.....	27
TABELA 2 : EVROPSKI RAZREDI IZPOSTAVLJENOSTI GLEDE NA MESTO UPORABE (SIST EN 335-1/2,1992)	30
TABELA 3: PRIBLIŽNE HITROSTI IZGOREVANJA	31
TABELA 4: PREDRAČUN IZVEDBE NOSILNE STREŠNE KONSTRUKCIJE IZ LAMELIRANIH LESENIH LEPLJENIH NOSILCEV IN TRAPEZNE PLOČEVINE	32
TABELA 5 : TERMINSKI PLAN IZVEDBE NOSILNE KONSTRUKCIJE IZ LAMELIRANIH LESENIH LEPLJENIH NOSILCEV IN TRAPEZNE PLOČEVINE.....	33
TABELA 6: GLAVNE VRSTE CEMENTOV PO SIST EN 197-1	35
TABELA 7: MASA AGREGATA ZA SEJANJE	36
TABELA 8: IDEALNA MEŠANICA AGREGATA $D_{MAX} = 32\text{MM}$	36
TABELA 9: NAJVEČJA VSEBNOST ŠKODLJIVIH SNOVI V VODI ZA IZDELAVO BETONA	37
TABELA 10: OSNOVNI PODATKI ARMATURE S500 GLEDE NA RAZRED DUKTILNOSTI A IN B.....	37
TABELA 11: TEŽA BETONKEGA ŽELEZA IZRAŽENA V KG NA TEKOČI METER	38
TABELA 12: ARMATURNE MREŽE TIPA R IN TIPA Q Z PODATKI VZDOLŽNIH IN PREČNIH PALIC RAZMIKOM MED NJIMI TER TEŽO	39
TABELA 13: STOPNJA IZPOSTAVLJENOSTI BETONA OKOLJU	41
TABELA 14: MEJNE VREDNOSTI SESTAVE IN LASTNOSTI BETONA PREGLEDNICA N.3 IZ STANDARDA SIST 1026:2016	41
TABELA 15: RAZREDI TLAČNE TRDNOSTI ZA NORMALNO TEŽEK IN TEŽEK BETON (SIST EN 2006).....	42
TABELA 16 NAJVEČJI PREMER PALICE Φ GLEDE NA OMEJITEV ŠIRINE RAZPOK.....	45
TABELA 17 NAJVEČJA MEDSEBOJNA RAZDALJA ARMIRNIH PALIC GLEDE NA OMEJITVE ŠIRINE RAZPOK.....	45
TABELA 18 OSNOVA RAZDALJA MED RAZPETINO IN STATIČNO VIŠINO ARMIRANO BETONSKIH ELEMENTOV BREZ TLAČNE OSNE SILE	46
TABELA 19 RAZVRSTITE NOSILNIH ELEMENTOV GLEDE NA RAZMERJE DIMENZIJ	48
TABELA 20: PREDRAČUN IZVEDBE NOSILNE KONSTRUKCIJE RAVNE STREHE Z AB PLOŠČO	58
TABELA 21: TERMINSKI PLAN IZVEDBE NOSILNE KONSTRUKCIJE IZ AB PLOŠČE.....	59
TABELA 22: STROŠKOVNA PRIMERJAVA IZVEDBE RAVNE STREHE Z LESENIMI LEPLJENCI IN TRAPEZNO PLOČEVINO Z STROŠKOM IZVEDBE AB PLOŠČE	62
TABELA 23: ČASOVNA PRIMERJAVA IZVEDBE RAVNE STREHE Z LESENIMI LEPLJENCI IN TRAPEZNO PLOČEVINO Z ČASOM IZVEDBE AB PLOŠČE	63

1 UVOD

Naslov diplomskega dela: **IZVEDBA RAVNE ZELENE STREHE GLEDE NA NOSILNO KONSTRUKCIJO – PRIZIDEK JEDILNICE OŠ MLADIKA**

1.1 Opis področja in opredelitev problema

Mestna občina Ptuj, Mestni trg 1, 2250 Ptuj, je kot investitor pristopila k rekonstrukciji in dozidavi OŠ Mladika, Žnidaričevo nabrežje 1, 2250 Ptuj, katera se je izvajala v II fazah. Po zaključku I. faze (energijska sanacija) je bil izveden razpis za izvedbo II. faze, kjer je bilo izbrano naše podjetje, Cestno podjetje Ptuj d.d.. II. faza je zajemala ureditev kleti, zunanjo ureditev in prizidavo jedilnice, katere del bom obravnaval tudi v svojem diplomskem delu. Pri izvedbi projekta sem sodeloval od začetka do konca. Projekt je bil zelo zahteven. Terminalni plan izvedbe je bil predviden 16 mesecev, vendar je naše podjetje uspelo dela dokončati v 10 – ih mesecih. S samo izgradnjo prizidka jedilnice in navezave na obstoječe šolsko poslopje smo bili omejeni na čas poletnih počitnic, cca 2 meseca. Na prizidku jedilnice je izvedena ravna streha z nosilno konstrukcijo iz lesenih lepljencev in trapezne pločevine kot polnila, na katero je kasneje izvedena zelena ravna streha v standardni sestavi. Ker je večji del montažna gradnja, je bila gradnja hitra in ekonomična, kar nam je glede na rokavne omejitve in nizke cene izvedbe ustrezalo. V svojem diplomskem delu bom potrdil, da je montažna gradnja ravne strehe, v mojem primeru leseni lepljenci in trapezna pločevina, hitrejša, ugodnejša in trajnostna glede na izvedbo klasične AB plošče.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen diplomskega dela je dokazati časovno, stroškovno in trajnostno opravičenost montažne izvedbe nosilne konstrukcije ravne strehe iz lesenih lepljencev in trapezne pločevine v primerjavi s klasično AB ploščo. Cilj je primerjava nosilne konstrukcije iz lesenih lepljencev in trapezne pločevine ter AB plošče. Osnovna trditev je, da je izvedba montažne nosilne konstrukcije iz lesenih lepljencev in trapezne pločevine bolj ugodna s finančnega vidika glede na izvedbo klasične AB plošče. Pod to trditev sem predpostavil **hipotezo H1**, katere naslov je »Nosilna konstrukcija iz lesenih lepljencev in trapezne pločevine je 30 % cenejša od AB nosilne konstrukcije«. Pod to hipotezo bom poskusil dokazati, da je montažna lesena gradnja nosilne konstrukcije stroškovno cenejša glede na klasično AB gradnjo nosilne

konstrukcije. To bom storil tako, da bom za objekt pripravil ponudbeni predračun s cenami iz pogodbenega predračuna za izvedbo AB plošče na objektu ter primerjal zneske med godbenim predračunom, kjer je zajeta nosilna konstrukcija iz lesenih lepljencev in trapezne pločevine. To hipotezo želim dokazati, ker se vedno pri gradnji pojavlja vprašanje, kaj je ceneje, kaj bi bilo ceneje itd.. **Hipoteza H2** pod naslovom »Montažna gradnja nosilne konstrukcije je za 50 % hitrejša od monolitne«. Cilj te hipoteze je dokazati, da je v našem primeru montažna gradnja časovno hitrejša glede na klasično monolitno AB gradnjo nosilne konstrukcije ravne zelene strehe. To hipotezo sem si zadal zato, ker smo na objektu bili močno omejeni s časom izvedbe. Na razpolago smo imeli slaba 2 meseca poletnih počitnic in predvidevam, da je montažna gradnja hitrejša. Primerjavo bom izvedel z izdelavo terminskega plana za obe nosilni konstrukciji ter jih na koncu glede na porabljene dni izvedbe primerjal. Predvideno prednost montažni gradnji daje dejstvo, da ni potrebno čakati, da konstrukcija doseže nosilnost, kot je to potrebno pri klasični AB gradnji. Druga prednost pa je ta, da je možno na objektu takoj pričeti z inštalacijskimi deli vezanimi na nosilno konstrukcijo strehe, razvodi el. inštalacij, prezračevanja, podkonstrukcija spuščene stropa. Ker je potrebno vsako konstrukcijo vzdrževati, bom poskušal tudi dokazati, da je vzdrževanje monolitne gradnje cenejše od montažne. To bom storil pod **Hipotezo H3**, z naslovom »Stroški vzdrževanja montažne nosilne konstrukcije so večji od vzdrževanja monolitne AB nosilne konstrukcije za 10 %«. Kot vzdrževanje nosilne konstrukcije imamo v mislih osnovno vzdrževanje – oplesk vsakih nekaj let. Pri tej hipotezi bom izvedel primerjavo stroškov opleska obeh konstrukcij s predpostavko, da je strošek opleska na m² enaka za obe konstrukciji. Tako bom primerjal kvadraturo potrebnega opleska obeh nosilnih konstrukcij ter tako ugotovil, katero vzdrževanje je ceneje. Kot zadnje bom dokazal, da je lesena gradnja gledano s stališča etike in trajnosti v gradbeništvu bolj ustrezna kot armirano betonska gradnja. **Hipoteza H4** je vezana na krovno temo etika v gradbeništvu, ter se glasi »Lesena konstrukcija je z vidika etike v gradbeništvu ter pomena trajnosti najbolj ustrezna«. Pod to hipotezo bom predstavil vidik etike v gradbeništvu splošno, kaj vse zavezuje vodjo gradbišča oz. mene kot bodočega inženirja k etičnosti in primerjal, kako je z vidika etike in trajnostne gradnje povezan naš objekt. Poskušal bom dokazati, da je les kot material najbolj primeren trajnostni material in da smo z uporabo lesa etični.

1.3 Predpostavke in omejitve

Pri izvedbi zgoraj omenjenega objekta je bila izvedba nosilne konstrukcije ravne zelene strehe hitrejša in bolj ekonomična glede na našo časovno omejitev in pogodbeno zahtevo, da mora biti prizidek dokončan do začetka novega šolskega leta, kar je bila tudi naša največja omejitev. Tako nam bo montažna gradnja v veliko pomoč, ker ni potrebno čakati, da konstrukcija doseže svojo trdnost in posledično potrebno nosilnost, kot je to potrebno pri AB plošči. Ko izvedemo montažno leseno konstrukcijo, lahko takoj pričnemo z inštalacijskimi deli ter izvedbo spuščene stropa ter tako pridobimo potreben čas, katerega nimamo veliko. Cca 70 koledarskih dni. Zaradi omejitev razpona klasične AB plošče nam je montažna gradnja bila tudi v veliko pomoč, kjer bi pri klasični AB plošči nastopili problemi zaradi razpona in bi bilo potrebno izvajati spuščene AB nosilce, kjer pa je spet problem čas zaradi izvedbe samega opaža, polaganja in vezanja armature, betoniranja. V pomoč pri tem mi bodo lastne delovne izkušnje, sodelovanje v vlogi delovodja na samem objektu med časom gradnje in sodelovanje pri že nekaterih montažnih gradnjah, na podlagi katerih bom lahko dokazal zgornje trditve.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Pri izdelavi diplomskega dela bom uporabil slovensko ter tujo strokovno literaturo iz področja nosilnih konstrukcij ravnih streh, literaturo pridobljeno v času študija na VSS Academia, razne prospekte uporabljenih materialov, gradbene revije, internetne strani s področja gradbeništva... Metoda raziskovanja, ki jo bom uporabil, je metoda deskripcije oz. opisovanja. Tako bom v diplomskem delu opisal obe vrsti nosilne konstrukcije splošno, nato pa za posamezno hipotezo izvedel posebej opis problema ter na koncu izdelal primerjavo ter zabeležil moje ugotovitve. Pri izvedbi primerjav si bom pomagal tudi z različnimi računalniškimi programi, predvsem za izdelavo terminskega plana (z MS Project) in izdelavo statičnega izračuna (z SCIA Engineer). Večino podatkov bom pridobil iz dokumentacije projekta in lastne evidence, ki sem jo zbral skozi čas gradnje. Primerjave bom poskušal čimbolj nazorno prikazati z izračuni prikazanimi v tabelah, za boljšo predstavbo in ponazoritev problema in rešitve oz. ugotovitve pa bom še ponazoril s priloženimi fotografijami.

2 DELO V PROJEKTNI SKUPINI

Preden smo pričeli kot posamezniki z izdelavo svojega diplomskega dela, smo imeli organizirano srečanje na sedežu višje strokovne šole Academia. To je bilo vodeno srečanje, kjer smo vsi bodoči diplomanti rešili Belbinov test in Myerssov test osebnosti. Na podlagi dobljenih rezultatov obeh testov smo bili razporejeni v projektne skupine. Skupino je sestavljalo več članov projekta. Meni je v naši skupini bila dodeljena naloga koordinatorja. Za koordinatorja je značilno, da je sposoben voditi ekipo in sodeluje bolje s sodelavci podobnega položaja.

Na prvem srečanju skupine sem jim najprej predstavil svoje diplomsko delo. Seznanil sem jih, da želim na projektu OŠ Mladika izvesti primerjavo stroškov in čas izvedbe ter na koncu stroškov vzdrževanja nosilne konstrukcije ravne zelene strehe na jedilnici OŠ Mladika. Na objektu se je po projektu izvedla nosilna konstrukcija ravne zelene strehe z nosilci lesenih lepljencev in kot polnilo trapezna pločevina, skupina pa je izvedla primerjavo, če bi enako streho izvedli iz klasično izvedene AB Plošče.



Slika 1: Izvedba nosilne konstrukcije ravne zelene strehe na prizidku jedilnice OŠ Mladika Ptuj

Vir : Lasten

Skupina je naprej raziskala zgodovino nosilnih konstrukcij in nosilcev kot konstrukcijskih elementov, nato izdelavo lesnih lepljencev, kasneje pa še armiranega betona skozi čas, od začetkov izdelave prvih betonov do izdelave armiranega betona.

V nadeljevanju smo najprej proučili nosilno konstrukcijo iz lesenih lepljencev in trapezne pločevine. Na podlagi cen iz ponudbenega predračuna smo prišli do vrednosti nosilne konstrukcije iz lesenih lepljencev in trapezne pločevine. Na podlagi časa, katerega smo imeli na razpolago, smo izdelali terminski plan. S pomočjo Giposovih norm in dobljenih količin ter pogodbenih cen smo oblikovali tudi ceno, stroške vzdrževanja nosilne konstrukcije iz lesa.

V naslednjem koraku smo izdelali statični izračun armirano betonske plošče, katera bi nadomestila montažno nosilno konstrukcijo. Na podlagi dobljenih podatkov smo prišli do potrebnih količin, izdelave opaža, količin betona ter dimenzij in posledično tudi količine armature. Tako smo lahko izdelali ponudbeni predračun za izvedbo armirano betonske plošče. Za oblikovanje cen ponudbenega predračuna za izvedbo armirano betonske plošče smo uporabili cene iz predračunskih postavk osnovnega, pogodbenega predračuna. Kasneje smo glede na čas, ki smo ga imeli na razpolago za izvedbo armirano betonske plošče, z uporabo normativov glede vezanja cementa ter posledico doseganja končne trdnosti betona z programom MS Project izdelali tudi terminski plan za izvedbo armirano betonske plošče.



Slika 2: Betoniranje armirano betonske plošče

Vir : Lasten

Nato smo proučili način ter potrebo vzdrževanja obeh konstrukcij. Ugotovitve skupine so pripeljale do zaključka, da se vzdrževanje obeh konstrukcij izvaja z opleskom le-te. Glede na to smo uporabili cene kar iz pogodbenega predračuna. Glede na pridobljene cene smo izvedli še primerjavo stroškov vzdrževanja nosilne konstrukcije ravne zelene strehe na jedilnici OŠ Mladika.

Kot zadnjo hipotezo, katero smo morali predstaviti in izvesti primerjavo, je bila etičnost in trajnost gradnje glede na uporabljen material in tehnologijo.

Glede na zbrane in pridobljene podatke smo izvedli primerjavo, kot smo si jo zastavili v hipotezah. Najprej smo izvedli finančno primerjavo glede na strošek izvedbe, kjer smo prišli ravno do nasprotnega rezultata kot smo predpostavili v hipotezi. Tako je po detajlno izvedeni analizi rezultat: da je za cca 20 % izvedba armirano betonske plošče cenejša kot izvedba nosilne konstrukcije iz lesnih lepljencev. Ugotovitev skupine je, da je prva hipoteza ovržena. Enako smo storili tudi za ostale hipoteze, kjer smo ugotovili, da je terminska izvedba armirano betonske plošče kljub potrebnem času doseganja končne trdnosti betona hitrejša od suho montažne gradnje nosilne konstrukcije. Primerjava analize vzdrževanja pa nas je pripeljalo do zaključka, da je tudi vzdrževanje armirano betonske konstrukcije ceneje kot vzdrževanje montažne nosilne konstrukcije izvedene ravne strehe na OŠ Mladika.

Kot zadnje smo izvedli primerjavo glede etike in trajnosti izvedene nosilne konstrukcije. Tukaj pa je proučevanje obeh nosilnih konstrukcij pripeljalo do ravno nasprotnega zaključka od ostalih treh hipotez. To pomeni, da je lesena nosilna konstrukcija bolj etična in trajnostna kot beton, kateri je dan danes zaradi količine raznih dodatkov manj ekološki material kot les, ki je popolnoma naraven.

Delo v projektni skupini je bilo zanimivo in zelo uspešno, vloge so bile primerno razporejene. Kljub temu, da je vsak član skupine imel točno določeno nalogo, smo večino problemov reševali skupaj in kot uspešno izveden projekt dokazali tudi rek » več glav več ve«. Projekt smo s skupnimi močmi in posvetovanjem ter sodelovanjem med seboj uspešno zaključili. Skozi projekt smo prišli tudi do ugotovitev ter zaključkov, kateri so bili osredja tema diplomskega dela.

3 KROVNA TEMA – ETIKA V GRADBENIŠTVU

Etika je veja moralne filozofije, katera vključuje v prvi vrsti načela vodenja ter priporočanja vodenja. Že od antične grške filozofije etika temelji na vprašanjih, kaj je najboljši način za življenje ljudi in kakšna dejanja so v določenih okoliščinah pravilna ali narobe. Splošno etika obravnava vprašanja dobrega in zla, pomanjkanja in vrline, pravičnosti in kriminala. Je tudi ključni vidik družbene odgovornosti podjetja, kjer podjetja pri svoji organizaciji vodenja dajo vedno večji poudarek na trajnosti in okoljskih vidikih gradnje. Kot inženirji gradbeništva se moramo zavedati pomembnosti etičnosti v gradbeništvu, naše odločitve so velikokrat zelo pomembne in dolgoročne za okolje in ljudi. Poklicna etika kot vodja del oz. pooblaščenega inženirja v gradbeništvu zavezuje, da vedno skrbi za obveznosti javnega interesa, za obveznosti do naročnika, obveznosti do inženirske zbornice, disciplinske kršitve in disciplinske sankcije. Eno izmet etičnih načel je tudi skrb, da je gradnja trajnostna. Trajnostna gradnja se je zelo uveljavila in dobila velik pomen z montažno gradnjo, kjer s pravilno izbiro materialov dosegamo za okolje glede obremenitev dobre rezultate, predvsem ko govorimo o izvedbi nizkoenergijske ali ničelne gradnje objekta. Eden izmed teh in najpogostejše uporabljenih materialov je les. Les zagotavlja trajnostno gradnjo na vseh segmentih. Tako ima izdelava in uporaba lameliranih lesnih lepljencev zelo majhen vpliv na okolje in je iz tega stališča trajnostna. Trajnostna gradnja se pri pridobivanju lesa in izdelavi lameliranih lesnih lepljencev izkazuje z malo porabo energije pri sami izdelavi le-teh, prav tako les med uporabo nima nobenega vpliva na okolje in ljudi. Ko pa ga več ne uporabljamo, je njegova razgradnja-reciklaža zelo ekološka in nima nobenega negativnega vpliva na okolje. S stališča etike je skrb za dobro klimo in kvalitetno okolje, kjer bivajo ljudje, osnova etičnosti. Vsak vodja del oz. pooblaščen inženir, kateri podpira in spodbuja uporabo lesa v nosilni konstrukciji objekta ter pri gradnji objekta, upošteva poklicno etiko, se vede etično, s tem pa tudi skrbi, da je gradnja takšnega objekta trajnostna. (EkoGLOBAL.net, 2022) (Cosummit Construction, 2022)

4 LESENI LEPLJENI NOSILCI IN TRAPEZNA PLOČEVINA

4.1 *Splošno o lesnih lepljencih*

Les je največje naravno bogastvo v Sloveniji in ponuja neprecenljive možnosti razvoja naše dežele. Lahko bi rekli, da imamo surovino sedanjosti in prihodnosti. V preteklosti so bili na veliko žalost veliko bolj cenjeni energetsko potratni gradbeni materiali, kot so jeklo, beton, plastika, les pa so uporabljali večji del za kurjavo. Vendar je iz lesa mogoče narediti visoke objekte, visoko tehnološko oblikovane izdelke, celulozo in papir, možno pa ga je tudi uporabiti kot surovino za številne kemične snovi. Les je najbolj razširjena masa v biosferi, je popolnoma naravni material, katerega pridobivamo iz različnih drevesnih vrst. Slovenija je prekrita s 60 % gozdov, zato je les v Sloveniji nacionalna surovina. Ima specifično zgradbo in lastnosti, narejen je iz vode, zraka in sonca, je organski material, njegova sestava je v osnovi razporejena na 40-50% celuloze, 25-35% polioze in 20-30% lignina pektina, tanina, terpenskih derivatov, kot so eterična olja, smole, alkaloidi, barvila in pepel. Je eden najstarejših materialov v gradbeništvu. Prednosti uporabe lesa kot gradbenega materiala so v njegovi toplotni izolativnosti, uravnavanju zračne vlage, trajnosti, prijaznosti do okolja ter za njegovo obdelavo je potrebno malo energije. Glede na material ga od drugih loči v prvi vrsti njegova toplota in obnovljivost. Les je hidroskopična, anizotropna, vlaknasta, porozna in biološko razgradljiva snov. Ima estetski videz, zavidljive mehanske in uporabne lastnosti, njegova posebna lastnost je biološka razgradljivost, ki bistveno pripomore k varovanju okolja med njegovo predelavo in uporabo. Pri njegovi uporabi pa včasih naletimo tudi na njegove negativne lastnosti, nehomogenost, mehanska in krčitvena anizotropija, dimenzijska nestabilnost, omejenost dimenzij itd. Slednjih ne moremo popolnoma odpraviti, lahko pa jih omilimo s sušenjem, povečanjem dimenzij z lepljenjem, zaščito pred zunanjimi vplivi in različnimi škodljivci. Gradbeni les ločimo glede na stopnjo obdelave na obli les, tesan les, žagan les. Iz slednjega nastajajo prefabricirani lesni elementi, med katere spadajo tudi leseni lepljeni nosilci.



Slika 3: Prikaz lameliranega lesenega lepljenca na prizidku jedilnice OŠ Mladika Ptuj

Vir : Lasten

Za izdelavo lesnih lepljencev potrebujemo tudi lepilo. Razvoj lepila sega daleč nazaj. Tako so prva lepila bila verjetno iz blata ilovice, temu so sledila lepila iz voskov in smol, pozneje iz krvi, jajc in mleka ter kož in kosti. 4000 let pred n.š. so že uporabljali smole in bitumenski cement, danes so v praksi nadomestili naravna lepila s številnimi vrstami sintetičnih lepil. Vse več je namenskih lepil, katere so namenjene točno določenim zahtevam lepljenja. Zahteve na področju lepljenja današnjega ter prihodnjega časa bi lahko strnili v tri besede: hitreje, ceneje, čisteje. Pomembne lastnosti lepil, katera uporabljamo za izdelavo lesnih nosilcev oz. lepljencev, so : vezivna trdnost, da so kemijsko čimbolj čista in ne povzročajo spremembe barve lesa, da so utrjena, dovolj elastična ter se tako prilagodijo delovanju lesa, da čim manj obrabljajo orodja za nadaljnjo obdelavo, da imajo čim daljši čas uporabnosti lepilne mešanice, da so zdravju neškodljiva med lepljenjem in tudi pri kasnejši uporabi lepljencev in da v posameznih primerih izpolnjujejo zahteve kot so : odpornost proti vlagi in vodi, toploti, mrazu, staranju in odpornosti proti določenim kemikalijam.



Slika 4: Nanašalnik lepila GMC- Ročni

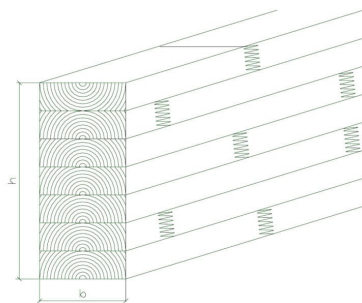
Vir: (<https://www.lestroj.si/si/ostali-pripomocki/20706-19636-nanasalniki-lepila-gmc.html>)

Z razvojem kemijskih lepil se je pričela tudi uporaba lepljenega lesa. S tem se je lesu povečala njegova trdnost in nosilnost.

Z lepljenjem lesa dosežemo večje razpone, dimenzijsko postane les stabilnejši, manj se deformira, izboljšajo pa se mu tudi mehanske lastnosti, sej nima več napak. Leseni lepljeni nosilci imajo naslednje dobre lastnosti: visoka trdnost in nizka teža konstrukcije, z lepljenimi lesnimi nosilci tudi pospešimo gradnjo. Dobra lastnost lepljenega lesa je njegova ognje varnost, saj prevaja toploto 300-400 krat počasneje kot jeklo. Pri uporabi lesa za izdelavo lesnih lepljenih nosilcev uporabljamo kvaliteten suh les, vlažnost mora biti manj kot 15%. Najpogosteje uporabljen les je les smreke, ker je les predhodno že osušen. Pri samem staranju nosilcev ne prihaja do razpok. Poznamo različne smeri lepljenja: vzdolžno, poševno in čelno lepljenje. Pri izdelavi lesenih nosilcev se uporablja metoda vzdolžnega in čelnega spajanja oz. lepljenja. Najpogosteje se uporabljajo brezbarvna lepila, tako da so spoji med posameznimi lesnimi deli skoraj popolnoma nevidni. Izvedba nosilne konstrukcije iz lameliranih lesnih lepljenih nosilcev je tudi dosti hitrejša od izvedbe klasične nosilne konstrukcije. Gradnja je čista, suha in takoj dosežemo maksimalno nosilnost. Življenjska doba pa je ob primerni zaščiti primerljiva z AB konstrukcijo. (Vladimir Stegne, 2015) (Jože Resnik, 1995)

4.2 Uporaba lepljenih nosilcev

Les kot konstrukcijski material ima že v osnovi veliko upogibno nosilnost, katero z njegovo obdelavo, odstranitvijo napak in z njegovim lepljenjem samo še povečamo. Lepljen les in s tem lesene lepljene nosilce v gradbeništvu uporabljajo v najrazličnejše namene, od izdelave konstrukcij nadstreškov, izdelave ostrešja, mostov ter raznih drugih infrastrukturnih elementov. Uporabimo ga lahko za izdelavo stanovanjskih blokov, poslovnih stavb, industrijskih objektov. Z lepljenjem lesa omogočamo premostitev večjih razponov. V osnovi ga delimo na konstrukcijski les – uporabljen za nosilne elemente, ter lepljen les za nenosilne elemente. V to skupino spadajo razne lepljene plošče in stavbno pohištvo. Lesni lepljenci, kot jih poznamo danes, so se pričeli za patentom 1906, ki ga je pridobil Otto Hetzer. Zgodnja primera nosilnih konstrukcij predstavljata strešni konstrukciji železniških postaj v Švedskih mestih Malmö, zgrajena leta 1922 in Stockholmu zgrajena 1925, katera še sedaj služita svojemu namenu. Glede na obliko lepljenih nosilcev se tudi večja njihov razpon, ki ga lahko premostijo. Osnovni in največkrat uporabljen je pravokotni prerez.



Slika 5 (Najpogostejše uporabljen prerez lesenega lepljenega nosilca -pravokotni)

Vir (https://hrovat.net/dslc_templates/lepljena-smreka-za-konstrukcije)

Ker z lepljenjem posameznih lamel izboljšamo trdnostne lastnosti in togost lesa, je z njimi možno premoščati razpone tudi do 100 m. Uporabnost lesnih nosilcev pa se je povečala z razvojem več nosilnih sistemov. Z izvedbo prostorskih paličij in okvirjev iz lameliranega lepljenega lesa lahko dosegamo razpone tudi do 150 m, kar močno poveča njihovo uporabo. Trenutno so v porastu izvedbe industrijskih objektov predvsem za kmetijsko dejavnost in skladiščne prostore, kjer z njimi dosežemo velike razpone brez potrebnega podpiranja. Primer take prakse je pri nas podjetje Haas Dom, katero v zadnjem času izdeluje veliko kmetijskih objektov, predvsem hlevov in skladiščnih prostorov, kjer so ostrešja iz lameliranih lepljenih nosilcev, pogosto pa je kar celoten objekt izveden iz lesnih lepljencev. (Resnik, 1997)



Slika 6 (Ostrešje hleva za pitance – Bodonci 2021)

Vir (<https://www.haas-dom.si/hlev-za-goveje-pitance-in-skladisce-bodonci-2021/>)

4.3 Uporaba trapezne pločevina v sistemu ravnih streh

Z upogibanjem in pregibanje pločevine ter s tem izdelavo raznih reber (različnih širin in višin) smo klasični pločevini povečali njeno nosilnost in sposobnost premostitve večjih razponov. Z izdelavo in uporabo trapezne pločevine smo pospešili gradnjo, katera je z njeno uporabo popolnoma montažna, dosti čistejša od klasičnih metod izvedbe litih AB konstrukcij, posledično pa tudi hitrejša. Z uporabo nosilne trapezne pločevine smo zelo zmanjšali težo nosilne konstrukcije, katera je potrebna za izvedbo samega ostrešja. Pri doseganju zahtev po določeni obremenitvi je potrebno tudi upoštevati debelino osnovne pločevine, iz katere kasneje izdelujemo nosilno trapezno pločevino. Pri izvedbi montažnih ravnih streh se zaradi premostitve večjih razponov uporablja kot podkonstrukcija med nosilnimi elementi strehe nosilna profilirana trapezna pločevina. Uporaba trapezne pločevine je hitra in enostavna, zato je njena uporaba v porastu. Zaradi svoje oblike prenese velike obremenitve, zato je tudi primerna kot podkonstrukcija za izvedbo zelenih ravnih streh, kjer so obremenitve nekoliko večje zaradi nadaljne sestave zelene strehe. Dimenzije profilov in debelina uporabljene pločevine je odvisena od zahtevanih razponov in obremenitev, katerim mora zadovoljevati.

Nosilne pločevine

Opa proizvoda	Dimenzije	Debljina pločevine (mm)	Teža (kg/m ²)	Najveća dožnja brz. (m/s)	Namena uporabe
85/280		0,75	0,0789	22,00	Strešno
		0,88	0,0925		
		1,00	0,1051		
96/250		0,75	0,0863	22,00	Strešno
		0,88	0,1036		
		1,00	0,1178		
135/310		0,75	0,0990	22,00	Strešno
		0,88	0,1114		
		1,00	0,1286		
150/280		1,13	0,1425	22,00	Strešno
		1,25	0,1583		
		1,50	0,1899		
160/250		0,75	0,1051	22,00	Strešno
		0,88	0,1234		
		1,00	0,1402		
200/420		1,13	0,1584	24,00	Strešno
		1,25	0,1752		
		1,50	0,2103		

Legenda:

dobavljačvo zadržano ali bambasano

dobavljačvo za akustični perforirani profil

dobavljačvo za svetlobne pločice

dobavljačvo s protokondenziranim fluom

dobavljačvo s akustičnim fluom

proizvođačvo u Njemačkoj

proizvođačvo u Mađarskoj

proizvođačvo u Poljskoj

proizvođačvo u Rumunjskoj

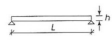
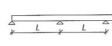
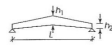
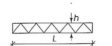
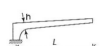
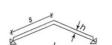
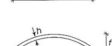
Slika 7 (Katalog nosilne trapezne pločevine dobavitelja NORIK)

Vir : (<https://www.norik.si/files/arcelor-trapezna-plocevina-2019.pdf>)

(Norik, 2022)

4.4 Določitev dimenzij lesnih lepljenih nosilcev

Z lameliranimi lesnimi lepljenci lahko glede na njihovo obliko prereza, (najpogosteje uporabljen je pravokotni) izdelave paličij, ukrivljanjem lamel pred samo izdelavo nosilcev in posledično tudi ukrivljanjem nosilcev premostimo večje razpone. Po potrebi lahko tudi spreminjamo njihovo višino, s katero pridobimo večjo obremenitev na upogib. Kot sisteme najbolj uporabnih prostoležečih nosilcev poznamo: raven prostoležeči nosilec z enakomernim prečnim prerezom; kontinuirni; sedlasti-prostoležeči iz teh osnovnih sistemov nosilcev pa nato izdelujemo še ostale sestavljene sisteme prikazane na spodnji fotografiji.

Statični sistem	Označba	Dovoljeni naklon v stopinjah	Običajna razpetina L v m	Višina elementa h
1 	prostoležeči	0	10–30	$h \sim L/17$
2 	kontinuirani	0	10–25	$h \sim L/20$
3 	sedlasti – prostoležeči (spodnji rob je lahko raven)	3–15	10–30	$h_1 \sim L/16$ $h_2 \sim L/30$
4 	mrežasti – palični	0	30–60	$h \sim L/13$ $- L/10$
5 	konzolni	0–10	5–15	$h \sim L/10$
6 	lomljeni nosilec (opornik ali natezna vez)	12	15–50	$h \sim S/20$ $- S/18$
7 	2- ali 3-členski lok (opornik ali natezna vez)	$f = 0, 135 L$	20–100	$h \sim L/50$

Slika 8 (Najpogostejši ravninski statični sistemi lepjenih lesenih nosilcev za velike razpetine)

Vir: (Gradbeni priročnik, peta dopolnjena izdaja)

Osnovo za projektiranje lesenih konstrukcij predstavljajo standardi, ki določajo trdnostne razrede masivnega in lepjenega lameliranega lesa. Leta 2008 se je v Sloveniji pričelo redno uporabljati sodobne standarde za projektiranje nosilnih konstrukcij imenovane Evrokodi. Za projektiranje lesenih stavb in gradbenih inženirskih objektov je namenjen Evrokod 5, (SIST EN 1995). Uporablja se skupaj s SIST EN 1990 (Evrokod – Osnove projektiranja konstrukcij) SIST EN 1991 (Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije) ter v primeru gradnje lesenih konstrukcija na potresnih območjih še SIST EN 1998 (Projektiranje protipotresnih konstrukcij). Se pa standart Evrokod 5 navezuje še na vrsto drugih standardov o lastnostih, kakovosti, trajnosti in zaščiti materialov, zahtev za uporabo, preizkušanje, določitev karakterističnih vrednosti in podobno. Za evrokode so izdani tudi nacionalni dodatki, njihove končne verzije so bile izdane pred leti (večji del 2004), vedno pa prihajajo popravki oz. njihova dopolnila. (Davorin Žitnik, 2012)

4.5 Določitev dimenzij lameliranih lesnih nosilcev in trapezne pločevne na objektu OŠ Mladika

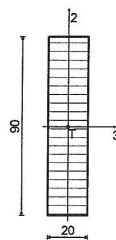
Na objektu prizidava jedilnice na OŠ Mladika je investitor izvedel samostojen prizidek k obstoječemu objektu, poseg ni vplival na obstoječo globalno in lokalno nosilnost in stabilnost obstoječih objektov. Čeprav gre za konstrukcijsko samostojen prizidek je v skladu z 20. členom » Pravilnika o tehnični dokumentaciji » (U.L. RS št. 55/2008) izvedena statična presoja obstoječega objekta, s katero je ugotovljena primernost nameravane gradnje. Prizidek je izveden kot kombinacija jeklenih, lesenih in AB konstrukcij. Strešna konstrukcija je izvedena iz jeklene samonosilne trapezne pločevine, katere obremenitev se prenaša na glavne lesene lepljene strešne nosilce. Glavni lepljeni strešni nosilci so podprti z AB stebri, vpeti v jeklene čvelje, stebri pa so temeljeni točkovno v os 4 ter pasovno v osi 5a. Kontrola objekta je izvedena na predpisane obtežbe po EC0, EC1, in EC8. Izvedena je tudi kontrola na horizontalno obtežbo s potresom $a/a_g = 0.125$ in veter referenčne hitrosti 20 m/s. Izračuni za posamezne sklope so bili izvedeni s pomočjo računalniškega programa » Tower 7 » in » GEO5 ». Elementi so dimenzionirani v skladu z EC1, EC2, EC3, EC7 in EC8. Izveden svetli razpon primarnih nosilnih lameliranih lesnih lepjenih nosilcev znaša 8,80 metra, njihova dobavljena dolžina zaradi naleganja znaša 9,50 m. S statičnim izračunom je bil določen prerez 20/90. Krajni sekundarni nosilci v osi 5a so dimenzionirani na prerez 20/60. Glede na zahtevan razpon in potrebno naleganje so dobavljeni v naslednjih dolžinah 2kom - 5,00 m; 2kom - 4,13m; 1kom - 3,14m. Upoštevana obtežba za izračun trapezne strešne pločevine, upoštevana kot enopoljni nosilec razpona 5,25 m je bilo zajeto:

- lastna teža	0,20 kN/m ²
- kritina + vegetacijski sloj	0,70 kN/m ²
- sneg + veter	1,30 kN/m ²
- instalacije + obešen strop	0,40 kN/m ²
Skupaj	<u>2,60 kN/m²</u>

Iz podatkov proizvajalca trapezne pločevine je bila izbrana trapezna pločevina tipa, kot na primer Fisher oznaka FI 144/287/1.00 – »negativlage«, pri kateri je za enopoljni nosilec razpona 5,25m dovoljene obtežba 3,04 kN/m² . (Ramšak, 2018)

PALICA 1-2

Lepljen lameliran les - GL24h
v smeri zgornjega roba palice
Debelina lamele 2,00 cm
Eksploatacijski razred 1
EUROCODE



[cm]

FAKTORJI IZKORIŠČENOSTI PO KOMBINACIJAH OBEŽB

3. $\gamma = 0.61$ 4. $\gamma = 0.54$ 6. $\gamma = 0.43$
5. $\gamma = 0.29$

KONTROLA NORMALNIH NAPETOSTI

(obtežni primer 3, na 455.2 cm od začetka palice)

Prečna sila v smeri osi 2 $T_2 = -3.922$ kN
Upogibni moment okoli osi 3 $M_3 = -222.92$ kNm

KONTROLA NAPETOSTI - UPOGIB

Vrsta obtežbe: @1@osnovno - srednjetrojno

Korekcijski koeficient

 $K_{mod} = 0.800$

Parcialni koef. za karakteristike materiala

 $\gamma_m = 1.250$

Dodatek za elemente z malimi dimenzijami - os 2

 $K_{h_2} = 1.100$

Dodatek za elemente z malimi dimenzijami - os 3

 $K_{h_3} = 1.000$

Faktor oblik (za pravokotni prerez)

 $k_m = 0.700$

Karakteristična upogibna trdnost

 $f_{m,k} = 24.000$ MPa

Računska upogibna trdnost - os 2

 $f_{m,2,d} = 16.896$ MPa

Računska upogibna trdnost - os 3

 $f_{m,3,d} = 15.360$ MPa

Odpornostni moment

 $W_3 = 27000$ cm³

Normalna upogibna napetost okoli osi 3

 $\sigma_{m,3,d} = 8.256$ MPa

$$\sigma_{m,3,d} \leq f_{m,3,d} \quad (8.256 \leq 15.360)$$

Izkoriščenost prereza je 53.8%

DOKAZ BOČNE STABILNOSTI

Vrsta obtežbe: @1@osnovno - srednjetrojno

Korekcijski koeficient

 $K_{mod} = 0.800$

Parcialni koef. za karakteristike materiala

 $\gamma_m = 1.250$

Razmak pridržanih točk pravokotno na smer osi 2

 $l_{ef} = 950.00$ cm

5% fraktil modula E paralelno z vlakni

 $E_{0.05} = 9400.0$ MPa

5% fraktil strižnega modula G

 $G_{0.05} = 480.00$ MPa

Torzijski vztrajnostni moment

 $I_{tor} = 2.08e+5$ cm⁴

Vztrajnostni moment

 $I_2 = 60000$ cm⁴

Odpornostni moment

 $W_3 = 27000$ cm³

Kritična napetost uklona

 $\sigma_{m,crit} = 29.063$ MPa

Relativna vitkost za uklon

 $\lambda_{rel} = 0.909$

Koeficient

 $k_{krit} = 0.878$

Normalna upogibna napetost okoli osi 3

 $\sigma_{m,3,d} = 8.256$ MPa

$$\sigma_{m,3,d} \leq k_{krit} \times f_{m,3,d} \quad (8.256 \leq 13.493)$$

Izkoriščenost prereza je 61.2%

KONTROLA STRIŽNIH NAPETOSTI

(obtežni primer 3, začetek palice)

Prečna sila v smeri osi 2 $T_2 = -94.121$ kN

KONTROLA NAPETOSTI - STRIG

Vrsta obtežbe: @1@osnovno - srednjetrojno

Korekcijski koeficient

 $K_{mod} = 0.800$

Parcialni koef. za karakteristike materiala

 $\gamma_m = 1.250$

Karakteristična strižna napetost

 $f_{v,k} = 2.700$ MPa

Računska strižna trdnost

 $f_{v,d} = 1.728$ MPa

Površina prečnega prereza

 $A = 1800.0$ cm²

Dejanska strižna napetost(os 2)

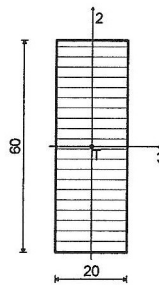
 $\tau_{2,d} = 0.784$ MPa

$$\tau_{2,d} \leq f_{v,d} \quad (0.784 \leq 1.728)$$

Izkoriščenost prereza je 45.4%

PALICA 1-2

Lepljen lameliran les - GL24h
v smeri zgornjega roba palice
Debelina lamele 2.00 cm
Eksploatacijski razred 1
EUROCODE



[cm]

FAKTORJI IZKORIŠČENOSTI PO KOMBINACIJAH OBTEŽB

5. $\gamma=0.09$	8. $\gamma=0.09$	7. $\gamma=0.09$
10. $\gamma=0.08$	4. $\gamma=0.08$	6. $\gamma=0.07$
14. $\gamma=0.06$	9. $\gamma=0.06$	11. $\gamma=0.04$
12. $\gamma=0.04$	13. $\gamma=0.04$	

KONTROLA NORMALNIH NAPETOSTI

(obtežni primer 5, na 262.5 cm od začetka palice)

Upogibni moment okoli osi 2	M2 =	-4.134 kNm
Upogibni moment okoli osi 3	M3 =	-8.734 kNm

KONTROLA NAPETOSTI - UPOGIB

Vrsta obtežbe: @1@osnovno - srednjetravno

Korekcijski koeficient

Kmod = 0.800

Parcialni koef. za karakteristike materiala

$\gamma_m = 1.250$

Dodatek za elemente z malimi dimenzijami - os 2

Kh_2 = 1.100

Dodatek za elemente z malimi dimenzijami - os 3

Kh_3 = 1.000

Faktor oblik (za pravokotni prerez)

km = 0.700

Karakteristična upogibna trdnost

f_{m,k} = 24.000 MPa

Računska upogibna trdnost - os 2

f_{m,2,d} = 16.896 MPa

Računska upogibna trdnost - os 3

f_{m,3,d} = 15.360 MPa

Odpornostni moment

W₂ = 4000.0 cm³

Normalna upogibna napetost okoli osi 2

$\sigma_{m,2,d}$ = 1.034 MPa

Odpornostni moment

W₃ = 12000 cm³

Normalna upogibna napetost okoli osi 3

$\sigma_{m,3,d}$ = 0.728 MPa

$$km \times (\sigma_{m,3,d} / f_{m,3,d}) + \sigma_{m,2,d} / f_{m,2,d} \leq 1 \quad (0.094 \leq 1)$$

Izkoriščenost prereza je 9.4%

$$\sigma_{m,3,d} / f_{m,3,d} + km \times (\sigma_{m,2,d} / f_{m,2,d}) \leq 1 \quad (0.090 \leq 1)$$

Izkoriščenost prereza je 9.0%

KONTROLA STRIŽNIH NAPETOSTI

(obtežni primer 4, začetek palice)

Prečna sila v smeri osi 2	T2 =	-7.639 kN
Prečna sila v smeri osi 3	T3 =	1.890 kN

KONTROLA NAPETOSTI - STRIG

Vrsta obtežbe: @1@osnovno - srednjetravno

Korekcijski koeficient

Kmod = 0.800

Parcialni koef. za karakteristike materiala

$\gamma_m = 1.250$

Karakteristična strižna napetost

f_{v,k} = 2.700 MPa

Računska strižna trdnost

f_{v,d} = 1.728 MPa

Površina prečnega prereza

A = 1200.0 cm²

Dejanska strižna napetost(os 2)

$\tau_{2,d}$ = 0.095 MPa

Dejanska strižna napetost(os 3)

$\tau_{3,d}$ = 0.024 MPa

Superpozicija vplivov prečne sile

(2)

$\tau_{2,d} / f_{v,d} = 0.055$

(3)

$\tau_{3,d} / f_{v,d} = 0.014$

$$(2)^2 + (3)^2 \leq 1 \quad (0.004 \leq 1)$$

Izkoriščenost prereza je 0.4%

DOKAZ STABILNOSTI ELEMENTA
(obtežni primer 4, na 262.5 cm od začetka palice)

Upogibni moment okoli osi 2	M2 =	-2.481 kNm
Upogibni moment okoli osi 3	M3 =	-10.026 kNm

DOKAZ BOČNE STABILNOSTI

Vrsta obtežbe: @1@osnovno - srednetrajno	
Korekcijski koeficient	Kmod = 0.800
Parcialni koef. za karakteristike materiala	γm = 1.250
Razmak pridržanih točk pravokotno na smer osi 2	
5% fraktil modula E paralelno z vlakni	l _{ef} = 525.00 cm
5% fraktil strižnega modula G	E _{0.05} = 9400.0 MPa
Torzijski vztrajnostni moment	G _{0.05} = 480.00 MPa
Vztrajnostni moment	I _{tor} = 1.27e+5 cm ⁴
Odpornostni moment	I ₂ = 40000 cm ⁴
Kritična napetost uklona	W ₃ = 12000 cm ³
Relativna vitkost za uklon	σ _{m,crit} = 75.403 MPa
Koeficient	λ _{rel} = 0.564
Normalna upogibna napetost okoli osi 3	k _{krit} = 1.000
	σ _{m3,d} = 0.835 MPa

$$\sigma_{m,3,d} \leq k_{krit} \times f_{m,3,d} \quad (0.835 \leq 15.360)$$

Izkoriščenost prereza je 5.4%

Tabela 1: Statični izračun lesenih lepjenih nosilcev

Vir : PGD – Načrt gradbenih konstrukcij št.24092-17K/GK-3

(Ramšak, 2018)

4.6 Prednosti in slabosti lameliranih lepljenih nosilcev

Les je zahteven gradbeni material. Še posebej velja to za konstrukcijski les in izdelke iz lesa, ki so izpostavljeni neugodnim klimatskim razmeram. Glavna prednost lesa kot gradbenega materiala je predvsem njegova trdnost glede na majhno lastno težo, po drugi strani pa je les naravni material in ni odporen proti biološkim škodljivcem in vremenskim vplivom.

Prednosti sta v svobodi oblikovanja njegove geometrije tako prečnega prereza kot tudi vzdolžnega poteka elementa. Višino je možno pri njegovi izdelavi spreminjati vzdolž njegove osi. Tukaj smo omejeni samo s tehnološkim postopkom lepljenja, možnostmi transporta in montaže. Ukrivljeni elementi se izdelujejo s prav tako predhodno ukrivljenimi lamelami, možno pa je pri ukrivljenih elementih ob enem spreminjati njegovo višino. Z lepljenjem izboljšamo tudi lastnosti trdnosti in togosti, če je potrebno lahko tudi na izpostavljenih mestih uporabimo kvalitetnejši les in s tem še dodatno povečamo njegove lastnosti glede trdnosti in togosti. Omogočena je tudi večja natančnost izdelave elementa. Naslednja zelo velika prednost lameliranih lepljenih nosilcev je v odstopanju geometrije v času njihove uporabe, zaradi večje stabilnosti dimenzij pri spremembi vlažnosti. To dosežemo z uporabo zelo kvalitetnega suhega lesa, katerega vlažnost ne sme presežati 15 % . S tem drastično

zmanjšamo delovanje lepljenega lesa glede na masivni les. Zaradi spremenljive geometrije, ki nam omogoča samo lepljenje, lahko zagotovimo tudi premostitev večjih razponov, kar je najbolj uporabno pri izvedbi strešnih konstrukcij in raznih infrastrukturnih elementov v cesto gradnji kot so npr. mostovi. Izgled konstrukcije izdelane iz lameliranih lesnih lepljenih nosilcev je lep in dober.

Slabosti izvirajo predvsem iz kemičnih snovi, katere vnesemo v elemente, zaradi v prvi vrsti njihove izdelave, kasneje pa zaradi zaščite pred zunanjimi vplivi in insekti. Fungicidna in insekticidna zaščita lesa ter sintetična lepila so zdravju škodljiva. Za izdelavo in lepljenje se uporabljajo največkrat sintetična lepila na osnovi fenol-rezocinskih in melaminskih smol. Pri dvokomponentnih lepilih pa se v trdilcu kot potrebno sredstvo za sintezo smol uporablja Formaldehid, ki se sprošča kot brezbarvni plin ostrega vonja. Formaldehid obremenjuje okolje, draži sluznico, kožo, otežuje dihanje in navsezadnje je tudi rakotvoren. Naslednja slaba lastnost je neodpornost na biološke škodljivce in vremenske vplive. Biološki škodljivci, ki lahko napadejo nezaščiten in tako škodljivcem izpostavljen les, so lesni insekt, kateri z vrтанjem rogov trajno in močno poškodujejo les. Najnevarnejši so tisti, ki napadejo vgrajen suh les. Na drugi strani pa imamo tu glive, katere živijo v simbiozi z lesnimi insekti. Lesne glive les poškodujejo na način, da ga najprej okužijo s trosi, iz katerih kasneje pri pogojih vlažnost nad 20 % vznikne podgobje, katero lesa mehansko ne poškoduje, povzroča pa barvne spremembe. Popolnoma pa lahko uničijo les glive razkrojevalke, katere uničujejo lignin ali pa celulozo. (Žarnić, 2003) (Gradimo.com, 2022) (Lepljen les, 2022)

4.7 Zaščita lameliranih lepljenih nosilcev

Lesene konstrukcije so izpostavljene raznim vremenskim vplivom, vlagi, svetlobi in raznim glivam in insektom. Z željo, da leseni konstrukciji podaljšamo življenjsko dobo jo je potrebno pravilno zaščititi. Lesene lamelirane lepljene nosilce lahko ščitimo na tri načine:

- konstrukcijska zaščita (preprečevanje stika z vodo),
- keminjska zaščita (impregnacija),
- površinska zaščita (zaščitna in dekorativna vloga).

Konstrukcijska zaščita je predvsem zaščita pred stikom z vodo. Z raznimi konstrukcijskimi rešitvami zagotavljamo, da ostane les ves čas suh, saj je zračno suh les zaščiten pred raznimi glivami in insekti, ki napadajo vlažen les.

Konstruksijska zaštita lesa je:

- zaštita fasade in stavbnega pohištva z napušči,
- preprečevanje vdora vode v les in njegovi izpostavitvi za daljši čas,
- omogočiti čimprejšnje odtekanje vode ter čimprejšnje sušenje,
- preprečevanje naglega navlaženja in sušenja,
- s pokrivanjem čelnih površin,
- s pomočjo konstrukcije poskrbimo, da les ni v neposrednem stiku s tlemi,
- preprečimo zastajanje vode v eventuelno nastalih špranjah,
- z vgrajenimi zračniki na fasadi poskrbimo, da so nosilci v stenah primerno prezračevani,
- z zračnimi kanali na strehi,
- namestitev oken čimbolj na notranjo stran stene.

Keminjska in površinska je druga najpomembnejša zaštita. Izvajamo jo z različnimi premazi. Med površinske spadajo lazurni premazi, barve in emalji, med kemijske pa luženje, impregnacija lesa in impregnacija s sredstvom (CCB). Glede na mesto uporabe poznamo naslednje Evropske razrede izpostavljenosti lesa, glede na katere izberemo potrebno zaščito.

-lazurni premazi : les delno obarvajo vendar je skozi nanos še vedno vidna struktura lesa, letnice, grče in druge nepravilnosti. Lesu lahko vdahne izbrani odtenek ali pa je popolnoma brezbarven. Les izpostavljen soncu je potrebno zaščititi z lazurnim premazom, kateri vsebuje zaščito za UV-žarke. Lazurne premaze nanašamo v treh slojih.

-barve in emalji : barvanje lesa, z barvami in emalji povsem prekrijemo strukturo lesa. Pri izbiri emajla je pomembno, da vemo, da je večina emajlov primerna tako za barvanje lesa kot kovine in da je potrebno uporabiti drug temeljni premaz za les kot kovino. Osnovni premaz pri lesu, ki je izpostavljen vlagi, mora biti izveden z biocidnim sredstvom. Ko se ta posuši, nanesemo temeljni premaz za les. S tem zapremo biocidno sredstvo in pripravimo les na končni nanos, ki je nujno potreben, če želimo les popolnoma zaščititi. Med posameznimi sloji les obrusimo z smirkovim papirjem, da odstranimo dvignjena lesna vlakna. Les, ki je zunaj, moramo pravtako zaščititi s končnim premazom, ki je UV obstojen. Najpogosteje uporabljeni so: nitrocelulozni, poliuretanski, vodni in akrilni laki.

-luženje: lužila so sredstva, ki vsebujejo barvila in pigmente. Luženje je tehnološki postopek, s katerim spremenimo naravno barvo lesa ob enem pa ne prekrijemo strukture lesa. Z luženje lahko poživimo naravno barvo lesa ali imitiramo barvo žlahtnih drevesnih vrst ali pa les navidezno postaramo. Nanašamo jih s čopičem, gobo ali vpojnim blagom. Nanos izvedemo v smeri vlaken in preden se posuši ga v smeri vlaken tudi obrišemo.

-impregnacija lesa: to je kemična zaščita lesa, predvsem iglavcev, kateri se uporabljajo na prostem in so v stiku z zemljo. Za izvedbo impregnacije je potrebna 30 % vlažnost lesa. Postopek poteka v kotlih pod visokim pritiskom in doseže najglobljo kemično zaščito lesa. Najprej se les v posebnih kotlih izpostavi vakumu, da se mu odprejo lesne celice, nato v ta kotel dovajamo kemično zaščito, to je vodna raztopina anorganskih snovi. S povišanjem tlaka dosežemo, da se raztopina vpije v les, med vpijanem prodre v lesne celice, kjer se veže na le te, les trajno zaščiti in se iz njega ne izpira.

-impregnacijsko sredstvo (CCB): CCB je kombinacija soli, bakra, kroma in bora. Les je po izvedbi te vrste impregnacije rjavo-zelene barve. Pripravek se je v praksi izkazal za zelo dobrega in se uporablja še dan danes. Uporablja se v številnih državah. Življenska doba lesa zaščenega s CCB metodo v stiku z zemljo je med 30-50 let. Odpadni les zaradi vsebnosti strupenih težkih kovin štejemo med nevarni odpadki. Sežiganje prav tako ni dovoljeno. Globinska zaščita ga obvaruje pred lesnimi škodljivci, za zaščito pred vremenskimi vplivi pa ga lahko kasneje zaščitimo z lazurami, lak-lazurami v katerem koli odtenku. Glede na evropske razrede uporabe lesa in njegove izpostavljenosti izberemo potrebno zaščito:

Razred izpostavljenosti	Mesto uporabe	Vlaženje	Vsebnost vlage
I.	Nad tlemi pokrito	Stalno suho	Pod 20 %
II.	Nad tlemi pokrito nevarnost močenja	Občasno močenje	Občasno nad 20 %
III.	Nad tlemi nepokrito	Pogosto močenje	Stalno nad 20 %
IV.	V tleh ali vodi	Stalno izpostavljen močenju	Stalno nad 20 %
V.	V morski vodi	Stalno izpostavljen morski vodi	Stalno nad 20 %

Tabela 2 : Evropski razredi izpostavljenosti glede na mesto uporabe (SIST EN 335-1/2,1992)

Vir: Uporabimo les, (Vladimir Stegne, 2015) (Žarnić, 2003)

4.8 Proti požarna zaščita lameliranih lesenih lepencev

Zaščito lesa pred gorenjem izvajamo z različnimi protipožarnimi premazi različnih proizvajalcev, ki so na trgu. Vendar les kljub temu, da je gorljiv, obdrži v požaru dobre mehanske lastnosti. Pri požaru, ko se temperature dvigne na 100 - 150 °C, se prične termični razkroj ali piroliza lesa. Ostanek pirolize je sloj oglja, ki je zelo dober izolator in močno upočasni izgorevanje lesa. Ker pa je les že sam po sebi dober izolator, ostaja pod slojem pirolize nepoškodovan in ohranja vse svoje mehanske lastnosti. Hitrost je odvisna od vrste ter posledično gostote lesa, večja je gostota, počasneje izgoreva.

Hitrosti izgorevanja so približno takšne:

Lesna vrsta	Hitrost izgorevanja
Hrast	0,5 mm/min
Smreka	0,65 mm/min
Iverne plošče	0,8 mm/min
Porozne plošče iz lesnih vlaken	2,0 mm/min

Tabela 3: Približne hitrosti izgorevanja

Vir: Uporabimo les, Vladimir Stegne, Boštjan Bračič, 2015

Natančne vrednosti so odvisne od same kakovosti lesa. Manj ima les razpok, boljše so njegove lastnosti v požaru. Ker lepljen les nima razpok, prenaša požar veliko bolje kot rezan les. (Vladimir Stegne, 2015)

4.9 Predračun za izvedbo lameliranih lesenih lepljenih nosilcev in montažo trapezne pločevine

C.	OBRATNIŠKA DELA			
I.	TESARSKA DELA	količina	Cena na enoto	skupaj
1.	Izdelava, dobava in montaža strešnih nosilcev iz lepljenega lameliranega lesa, kvalitete GL24h, debelina lamele 4 cm. Nosilci preseka po statičnem izračunu. Kompletno z vsem pritrdilnim materialom in vso potrebno FE konst. (nabava, dobava in montaža) ! Konstrukcija sestavljena iz primarnih in sekundarnih (krajnih) nosilcev -primarni nosilci prereza 20/90cm dolžina nosilca 9,50 m -sekundarni krajni nosilci 20/60cm nosilci dolžine 5,00m nosilci dolžine 4,13m nosilci dolžine 3,41m Vsa FE konst. Antikorozijsko zaščitena in barvana. Lesena konst. Pritrjena na izvedeno AB konst. Spojna in pritrdilna sredstva, ter druga pomožna dela. Leseni deli morajo biti finalno obdelani in barvni z lazurnimi premazi (ker ostanejo vidni), barva po izboru projektanta. Izbrani izvajalec mora v sklopu ponujene storitve ponuditi tudi izdelavo delavniške dokumentacije glede na osvojeno tehnologijo dela. Nosilna konstrukcija strehe nad jedilnico mora izpolnjevati REI90			
a/	Primarni lepljeni nosilci prer. 20/90cm na osnem razmiku 3,66 in 5,25m na višini od 2,89 do 308 cm nad gotovim podom kom	4,00	1.702,80	6.811,20
b/	Krajni lepljeni nosilci prer. 20/60 cm Na višini 340 cm nad gotovim podom dolžine 5,00m kom dolžine 4,13m kom dolžine 3,41m kom Dobava in montaža jeklene konst. ki je potrebna: jeklo S235	2,00	564,30	1.128,60
		2,00	465,30	930,60
		1,00	356,40	356,40
c/	Sidra za fiksiranje lesenih nosilcev na stebre iz FE S235. Sidra fi 20, dolž. Cca 30 cm. Oz po navodilih izbranega izvajalca ! kom	8,00	123,75	990,00
d/	Čevlji za fiksiranje manjših lesenih nosilcev (stransko) kom	10,00	59,40	594,00
II.	KROVSKO-KLEPARSKA DELA:			
e/	Dobava in vgradnja nosilne trapezne strešne pločevine FI 144/287/1.00 »negativlage«, kot nosilni element za kritino, položen na nosilne lesene lepljene strešne nosilce, stransko je naleganje na AB vez. Pritrjevanje po navodilu statika Vključno z vsem pomožnim in pritrdilnim materialom, deli in transporti m²	210	27,72	5.821,20
	SKUPAJ BREZ DDV			16.632,00
	DDV 22 %			3.659,04
	SKUPAJ Z DDV			20.291,04

Tabela 4: Predračun izvedbe nosilne strešne konstrukcije iz lameliranih lesenih lepljenih nosilcev in trapezne pločevine

Vir: Lasten

4.10 Terminski plan izvedbe lameliranih lesenih lepljenih nosilcev

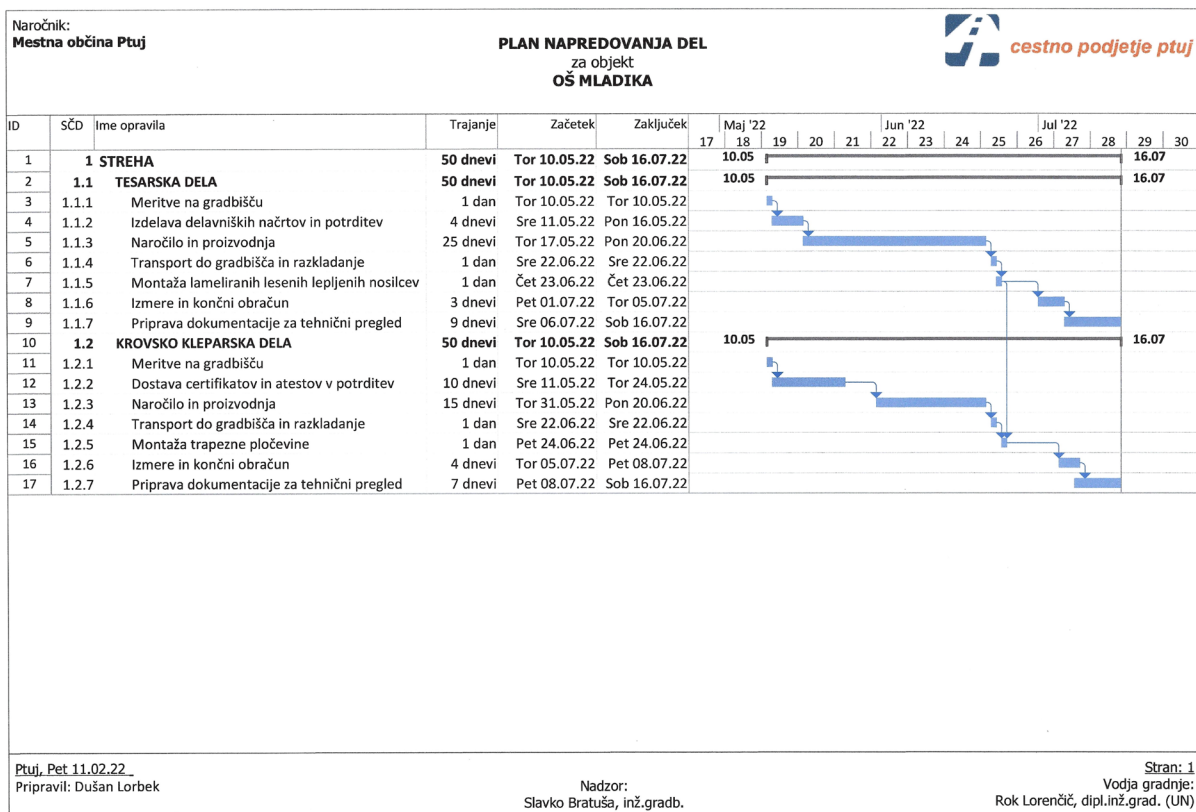


Tabela 5 : Terminski plan izvedbe nosilne konstrukcije iz lameliranih lesenih lepljenih nosilcev in trapezne pločevine

Vir: Lasten

5 ARMIRAN BETON

5.1 *Splošno o armiranem betonu*

Zgodovina armiranega betona se začne leta 1824, ko je angleški gradbeni podjetnik Josip Aspdin odkril portland cement. Mnogi so že desetletja pred njim poskušali, vendar jim ni uspelo ustvariti »hidravličnega« lepila, ki bi se strdilo na zraku in v vodi. Aspdinu je končno uspelo mešati gašeno apno in glino pri visoki temperaturi in tako dobiti lepilo, katero je popolnoma ustrezalo zgornjim zahtevam. Ime je dobilo po majhnem polotoku na jugu Anglije imenovanem Portland. Najprej so iz njega izdelovali umetni kamen, v katerega so vlagali železne palice in žico. Nekje leta 1855 so v teh krajih že iz cementa izdelovali stebre nosilce in plošče. 1867 je nek Francoz po poklicu vrtnar prijavil svoj prvi patent za proizvodnji vrtnih posod in rezervoarjev iz armiranega betona, v njega je takrat vlagal navadno železno žico. Matija Koenen je leta 1886 prvi postavil znanstveno podprto teorijo za statični izračun armiranega betona. Pri teh poizkusih je ugotovil, da je treba armirano betonske konstrukcije pravilno konstruirati, tako da se armatura vstavi v natezno cono, tlak pa prevzame beton. Po teh temeljnih ugotovitvah se je razvoj armiranega betona naglo razvijal v Nemčiji, Avstriji, Švici, Belgiji in Franciji. Še posebej v Franciji je bil razvoj armiranega betona uspešen, poglavitne zasluge za to ima F. Hennebique, kateri je prvi razdelil monolitsko armiranobetonsko konstrukcijo v sistem plošč in nosilca. Pri nas so armiranobetonske konstrukcije do konca prve svetovne vojne izdelovala izključno samo nemška podjetja. Razvoju v naših krajih pa je veliko pripomogel dr. ing. M. Kasal., kateri nam je vzgojil lepo število tehničnega osebja, ki so vodili velikanska dela in tako pripomogli pri utrditvi armiranega betona na našem območju.

Sestavine armiranega betona so cement, pesek in gramoz, voda in železo oz. jeklo.

Cement je lepilo, kateri veže posamezna zrna peska in gramoza v trdno gmoto, katero imenujemo beton. Surovina je mešanica različnih mineralov. Levji delež prispevajo naravni laporji, apnenec in glina, kateri se najprej drobijo v surovinsko moko. Surovinsko moko z vlaženjem spremenimo v trde granule premera približno 15mm . Te granule žgemo v rotacijski peči pri temperaturi 1400 C°. Produkt žganja je cementni klinker, katerega, ko se ohladi, zmeljemo v fin prah, mu dodamo različne dodatke, kateri dajo cementu končne lastnosti in tako dobimo končni produkt Portland cement. Najpogostejši dodatki cementu so: sadra, žlindra, naravni in umetni pucolani, apnenec, elektrofilterski pepel. Sestavine

portlandcementsa so naslednje 65% apnenca (CaO), 25% kremenčeve kisline (SiO_2), 7% gline (Al_2O_3) in 3% železovega oksida (Fe_2O_3) Prostorninska teža v razsutem stanju je 1100-1500 kg/m^3 , za izračun njegove teže običajno računamo s 1200 kg/m^3 . Splošno primeren za uporabo v betonu je cement, ki je skladen s SIST EN 197-1:2011. Po tem standardu poznamo 5 glavnih različnih vrst cementa.

CEM I	portlandski cement
CEM II	portlanski cement z mineralnimi dodatki
CEM III	žlindrin cement
CEM IV	pucolanski cement
CEM V	mešani cement

Tabela 6: Glavne vrste cementov po SIST EN 197-1

Vir: Literatura, Academia predmet Gradiva

Naslednja sestavina betona, oz. če dodamo armaturo armiranega betona, sta pesek in gramoz ali kot to imenujemo drugače, agregat. Agregatu moramo posvetiti veliko pozornost, saj mora biti dovolj trd oz. mora zagotavljati potrebno trdnost in bit odporen proti škodljivim vplivom vremena. Od agregata je najbolj odvisna kvaliteta končnega betona. Enakomerno porazdeljene primesi, kot so zemlja, glina in prah, betonu ne škodujejo vendar omenjene primesi ne smejo presegati 2% agregata. Pesek je kamniti material do 7mm, gramoz pa od 7-70mm. Za armirane betone ne smeta biti pesek in gramoz večje frakcije kot 20-30mm. Glede na pridobivanje razlikujemo rečni, jamski in drobljeni gramoz iz kamnolomov. Ker so agregati večinoma naravnega izvora, je potrebno za visoko kvalitetne betone uporabiti čiste in frakcionirane agregate, ki jih pripravljamo v industrijskih obratih z mešanjem, sejanjem, drobljenjem in pranjem. Primerni agregati za beton ne smejo spreminjati svojih fizikalnih in kemijskih lastnosti. Za zahtevnejše in važnejše betonske konstrukcije, če želimo doseči zahtevano trdnost betona, moramo granulometrično sestavo agregata pripraviti. Mešanica med peskom in gramozom mora biti takšna, da fina zrnca zapolnijo votline med grobimi zrnji. S tem dobimo najgostejši beton, kateri ima največjo trdnost. Primerno zrnnavost agregata dobimo s sejanjem, pri čemer je masa agregata potrebna za sejanje odvisna od velikosti največjega zrna v agregatu. Vrednosti so prikazane v tabeli spodaj.

Največje zrno (mm)	Najmanjša masa agregata (kg)
1	0,2
2	0,4
4	0,8
8	1,5
16	8
32	16

Tabela 7: Masa agregata za sejanje

Vir: Gradbeni priročnik, peta, dopolnjena izdaja

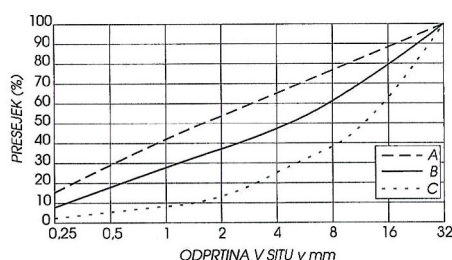
Zrnavost agregata je možno prikazati tudi grafično s sejalno krivuljo, kjer na abscisno os nanesemo velikost odprtine sita, na ordinato pa presejek v %. Naravno mešanico ločimo na naslednje frakcije 0-4, 4-8, 8-16, in 16-32. Glede na predpis, koliko zrn mora zastopati posamezno frakcijo, dobimo ustrezen agregat za izdelavo betona. Predpisane imamo 3 sejalne krivulje A, B in C. Idealno kombinacijo potrebnih frakcij dobimo takrat, kadar se potrebna frakcija agregata nahajaja med krivuljo A in B. Največkrat uporabljen beton je frakcije maksimalnega zrna $d_{\text{maks}} = 32$ mm, katerega idealno mešanico agregata lahko vidimo v spodnji tabeli.

Oznaka idealne mešanice	Presejek skozi sito z odprtino d (mm) v %							
	0,25	(0,5)	1	2	4	8	16	32
A	2	(5)	8	14	25	38	62	100
B	8	(18)	28	37	47	62	80	100
C	15	(29)	42	53	65	77	89	100

Tabela 8: Idealna mešanica agregata $d_{\text{max}} = 32$ mm

Vir : Gradbeni priročnik, Peta, dopolnjena izdaja

Tabelo dobimo na podlagi odčitkov sejalne krivulje iz spodnje priložene slike



Slika 10: Sejalna krivulja idealne mešanice agregata za $d_{\text{maks}} = 32$ mm

Vir: Gradbeni priročnik, peta, dopolnjena izdaja

Naslednja najpomembnejša sestavina betona je voda. Voda se uporablja pri vseh vrstah gradbenih gradiv. Je pa tudi eden najpomembnejših dejavnikov, kateri imajo vpliv na korozijo gradiva. Vodo delimo na več skupin. Glede na njeno poreklo jo delimo na atmosferske,

površinske, podzemne, glede na uporabo pa na pitno, industrijsko, odpadno ter kemično čisto vodo. Lahko pa jo delimo tudi na vsebnost mineralov na mehko in trdo vodo. Za izdelavo betona je primerna vsaka voda, ki ustreza zahtevam v spodnji tabeli.

vrednost pH	4,5-9,5
vsebnost sulfatov (SO_4^{2-}), največ	2700 mg/l
vsebnost kloridov (Cl^-), za armiran beton največ	300 mg/l
vsebnost kloridov (Cl^-), za prednapeti beton največ	100 mg/l
vsebnost organski snovi (kalijev permanganat KMnO_4)	200 mg/l
skupna količina soli, največ	5000 mg/l

Tabela 9: Največja vsebnost škodljivih snovi v vodi za izdelavo betona

Vir: Gradbeni priročnik, peta, dopolnjena izdaja

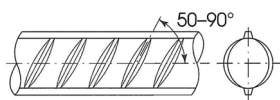
Betonu povečamo nosilnost in prenašanje nateznih obremenitev z dodajanjem armature, tako dobimo armirano betonske konstrukcije, katere prenesejo tudi večje razpone od nearmiranega betona, ki prenese samo tlačne obremenitve. Armaturo izdelujemo iz železove rude po posebnem postopku. V železarnah najprej dobimo iz železove rude surovo železo, iz katere po Siemens-Martinovem postopku v tako imenovanih »martinovkah« dobimo plavno železo. Vsako plavno železo, ki vsebuje največ 0,3 % ogljika, imenujemo jeklo. Za armiranje betonskih konstrukcij ter elementov uporabljamo rebrasto jeklo. Njegove lastnosti so odvisne od načina obdelave. Če je jeklo obdelano vroče ali hladno se razlikuje glede na duktilnost. To je razmerje med mejo trdnosti in mejo plastičnosti. Mehka jekla imajo duktilnost 1,8 trda pa 1,1. Po Evrokodih pa je za armaturna jekla zahtevana duktilnost $\geq 1,2$. Glede na njegovo duktilnost delimo jeklo v dva razreda, to sta 500A in 500B.

Armatura	E_s (kN/cm ²)	f_{yk} (kN/cm ²)	f_{yd} (kN/cm ²)	$\sigma_s(\sigma_s = \epsilon_{ud})$ (kN/cm ²)	ϵ_{ud} 0/00	$\epsilon_{yd} = f_{yd}/E_s$ 0/00
S500A	20.000	50	43,5	45,4	22,5	2,17
S500B	20.000	50	43,5	46,6	45,0	2,17

Tabela 10: Osnovni podatki armature S500 glede na razred duktilnosti A in B

Vir: Gradbeni priročnik, peta, dopolnjena izdaja

Za armiranje betonski konstrukcij in elementov uporabljamo rebrasto jeklo in mrežasto armaturo. Rebraste palice poznamo v standardnih dimenzijah prereza d mm od 6 – 40 mm.



Slika 11: Pogled in prerez palice rebraste armature

Vir: Gradbeni priročnik, Peta, dopolnjena izdaja



Slika 12: Vez rebrastih armaturnih palic

Vir: <https://sl.versal-wood.com/491-fittings-weight-and-length-ratio-and-calculations-in-construction-works/>

Armaturne mreže pa delimo na dva tipa, prvi je tip R drugi pa tip Q. Mreže tipa R imajo nosilne palice v vzdolžni smeri, medtem ko imajo armaturne mreže tipa Q nosilne palice v obeh smereh.

TEŽA ZA BETONSKO ŽELEZO (KG ZA 1 TEKOČI METER)		GLADKO (kg/m)	REBRASTO (kg/m)		GLADKO (kg/m)	REBRASTO (kg/m)
	Ø 6	0,222	0,222	Ø 20	2,466	2,450
	Ø 8	0,395	0,409	Ø 22	2,984	3,092
	Ø 10	0,617	0,649	Ø 25	2,742	3,951
	Ø 12	0,888	0,920	Ø 28	4,834	4,956
	Ø 14	1,208	1,252	Ø 32	5,549	6,474
	Ø 16	1,998	1,638	Ø 36	6,313	8,200
	Ø 18		1,998	Ø 40	7,990	10,117
	Ø 19		2,306			

Tabela 11: Teža betonskega železa izražena v kg na tekoči meter

Vir : <https://www.inpos.eu/gradbeni-profil-betonsko-zelezo-in-armaturne-mreze>

ARMATURNE MREŽE											
nosilna armatura v vzdolžni smeri, razdelilna armatura po širini											
Tip	Masa / kg		vzd mm	pre mm	vzd mm	pre mm	dolžina mm	širina mm	kos(vez	kg/vez	
R 92	12,68	gladka	150	250	4,20	4,20	5000	2150	100	1286,00	
R 139	16,68	gladka	100	250	4,20	4,20	5000	2150	50	834,00	
R 131	21,81	rebričena	150	250	5,00	5,00	6000	2150	50	1090,50	
R 189	27,93	rebričena	150	250	6,00	5,00	6000	2150	50	1393,50	
R 196	28,27	rebričena	100	250	5,00	5,00	6000	2150	50	1413,50	
R 283	37,25	rebričena	100	250	6,00	5,00	6000	2150	50	1862,50	
R 335	43,5	rebričena	150	250	8,00	5,00	6000	2150	50	2175,00	
R 385	47,81	rebričena	100	250	7,00	5,00	6000	2150	40	1912,40	
R 424	56,37	rebričena	150	250	9,00	6,00	6000	2150	40	2254,80	
R 503	60,09	rebričena	100	250	8,00	5,00	6000	2150	30	1802,70	
R 524	66,99	rebričena	150	250	10,00	6,00	6000	2150	30	2009,70	
R 636	77,32	rebričena	100	250	9,00	6,00	6000	2150	25	1933,00	
R 785	97,03	rebričena	100	250	10,00	7,00	6000	2150	20	1940,60	

ARMATURNE MREŽE											
nosilna armatura v prečni in vzdolžni smeri											
Tip	Masa / kg		vzd mm	pre mm	vzd mm	pre mm	dolžina mm	širina mm	kos(vez	kg/vez	
Q 139	23,71	gladka	100	100	4,20	4,20	5000	2150	50	1185,50	
Q 131	27,10	rebričena	150	150	5,00	5,00	6000	2150	50	1355,00	
Q 189	39,07	rebričena	150	150	6,00	6,00	6000	2150	50	1953,50	
Q 196	40,19	rebričena	100	100	5,00	5,00	6000	2150	50	2009,50	
Q 226	45,55	rebričena	125	125	6,00	6,00	6000	2150	40	1822,00	
Q 257	53,15	rebričena	150	150	7,00	7,00	6000	2150	40	2126,00	
Q 283	57,94	rebričena	100	100	6,00	6,00	6000	2150	25	1448,50	
Q 308	61,97	rebričena	125	125	7,00	7,00	6000	2150	25	1549,25	
Q 335	69,45	rebričena	150	150	8,00	8,00	6000	2150	25	1736,25	
Q 385	78,82	rebričena	100	100	7,00	7,00	6000	2150	25	1970,50	
Q 424	87,82	rebričena	150	150	9,00	9,00	6000	2150	20	1756,40	
Q 503	102,99	rebričena	100	100	8,00	8,00	6000	2150	20	2059,80	
Q 524	108,59	rebričena	150	150	10,00	10,00	6000	2150	20	2171,80	
Q 636	130,24	rebričena	100	100	9,00	9,00	6000	2150	15	1953,60	
Q 785	160,92	rebričena	100	100	10,00	10,00	6000	2150	10	1609,20	

Tabela 12: Armaturne mreže tipa R in tipa Q z podatki vzdolžnih in prečnih palic razmikom med njimi ter težo

Vir: <https://www.inpos.eu/gradbeni-profil-betonsko-zelezo-in-armaturne-mreze>

(INPOS, 2022)

Na zadnje pa so še v nekaterih betonih tudi sestavni del betona in armiranega betona razni dodatki, proizvodi, ki jih v zelo majhnih količinah dodajamo betonu pred ali med samim mešanjem, da izboljšamo njegove lastnosti tako v svežem kot v trdnem stanju. Poznamo tri glavne skupine dodatkov kemijski, mineralni in vlakna. S kemijskimi dodatki spreminjamo tako svežo mešanico kot mešanico strjenega betona. Z njimi pomembneje vplivamo na proces hidratacije, jo pospešujemo ali zavlačujemo. Kemijske dodatke delimo na dve glavni skupini: plastifikatorji in superplastifikatorji – vplivajo na vodocementno razmerje in aerati – v beton vnesejo primerno majhne mehurčke in posledično s tem povečajo odpornost betona na zmrzovanje in tajanje. Naslednji so mineralni dodatki, kateri se po standardu SIST EN 206

ločijo v dve skupini: mineralni dodatki tipa I – mineralna polnila, pigmenti ter mineralni dodatki tipa II – (elektro) filterski pepel, mikrosilika, mleta granulirana plavžna žindra. Zadnji dodatek so vlakna, katera v osnovi zopet delimo v dve skupini, to so: sintetična in kovinska. (Žarnić, 2003) (Davorin Žitnik, 2012)

5.2 Projektiranje betonskih in armiranobetonskih konstrukcij

Betonske in armiranobetonske konstrukcije projektiramo, izvajamo in vzdržujemo ob pogojih in zahtevah veljavnega pravilnika za te vrste konstrukcij. Načrtovalec je v skladu s slovensko zakonodajo dolžan projektirati, izvajalec pa element oz. betonsko konstrukcijo izvesti v skladu z Evrokodi. Slovenska zakonodaja predpisuje bistveno zahtevo, ki jo mora objekt izpolnjevati, da ustreza mehanski odpornosti in stabilnosti. Mogoče jo je izpolniti samo po *Pravilniku o mehanski odpornosti in stabilnosti objektov*. To pa lahko dosežemo s projektiranjem in gradnjo v skladu s pravili in načeli evrokodov. Projektiranje betonskih konstrukcij podrobneje obravnavajo standardi iz skupine Evrokod 2.

Načrtovanje in proizvodnjo betona obravnavata standarda :

- SIST EN 206:2013 Beton – Specifikacije, lastnosti, proizvodnja in skladnost;
- SIST 1026:2016 Beton – Specifikacije, lastnosti, proizvodnja in skladnost – Pravila za uporabo SIST EN 206

Izvedbo betonskih konstrukcij pa naslednja standarda:

- SIST EN 13670:2010 Izvajanje betonskih konstrukcij;
- SIST EN 13670:2010/A101 Izvajanje betonskih konstrukcij – Nacionalni dodatek

Betonu mora načrtovalec določiti izpostavljenost betona okolju – se pravi, da mu mora določiti stopnjo izpostavljenosti.

Standarda SIST EN 206 in SIST 1026 klasificirata vpliv okolja v naslednje stopnje izpostavljenosti :

X0	ni nevarnosti korozije ali agresivnega delovanja
XC	nevarnost korozije zaradi karbonatizacije
XD	nevarnost korozije zaradi kloridov, ki ne izvirajo iz morske vode
XS	nevarnost korozije zaradi kloridov iz morske vode
XF	zamrzovanje/taljenje s sredstvi za tajanje ali brez njih
XA	kemijsko agresivno okolje
XM	površina betona je izpostavljena obrabi oz. mehanskim

Tabela 13: Stopnja izpostavljenosti betona okolju

Vir: Literatura, Academia predmet Gradiva

Pri skupini vplivov okolja z oznakami X0, XC, XD in XS so agresivni vplivi povezani s korozijo armature v betonu, pri skupini z oznakami XF in XA s propadanjem samega betona, pri razredu XM pa z obrabo površine.

Ko poznamo stopnjo izpostavljenosti betona okolju in namen uporabe betona, se lahko lotimo projektiranja sestave. Standard SIST 1026:2016 za posamezne stopnje izpostavljenosti zahteva mejne vrednosti za sestavo betona in lastnosti betona, prikazane v spodnji tabeli povzeti iz zgoraj navedenega standarda.

	Stopnje izpostavljenosti																					
	Ni nevarnosti korozije ali agresivnega delovanja	Korozija zaradi karbonatizacije				Korozija zaradi kloridov						Zmrzovanje - tajanje				Kemijsko agresivna okolja			Odpornost proti obrabi površine			
						Morska voda			Drugi kloridi													
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2	XM3
v/c ^a največ		0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,55	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	
Trdnostni razred najmanj	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37*	C30/37*	C35/45*	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37*	C35/45*	C30/37*	C30/37*	C35/45*
Vsebnost cementa ^c kg/m ³ najmanj		260	280	280	300	300	320	340	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360	320	340	360	
Vsebnost zračnih por, % najmanj													4,0 ^{a,d}		4,0 ^{a,d}							
PV			PV-I	PV-I	PV-II	PV-I	PV-II	PV-III	PV-I	PV-II	PV-III	PV-I	PV-I	PV-II	PV-II	PV-I	PV-II	PV-III	PV-I	PV-II	PV-III	
NOZT														NOZT-150								
OPZT														OPZT-510		OPZT-525						
OO																			OO-1	OO-2	OO-3	
Druge zahteve												Agregati z zadovoljivo odpornostjo proti zmrzovanju/tajanju po EN 12620					Sulfatno odporni cementi ^b					

^a Kadar beton ni aeriran, je obnašanje betona treba preveriti s primerno preskusno metodo. Odpornost betona proti zmrzovanju in tajanju se za posamezno stopnjo izpostavljenosti ugotavlja primerjalno z betonom, za katerega je dokazana ustrezna odpornost.

^b V sulfatnem okolju, ki pomeni stopnjo izpostavljenosti XA2 in XA3 je nujna uporaba sulfatno odpornih cementov skladnih z EN 197-1 ali drugimi nacionalnimi standardi SIST.

^c Pri uporabi koncepta k-vrednosti se največje vodocementno razmerje in najmanjša vsebnost cementa izračunata v skladu s točko 5.2.5.2.

^d Glej opombo v dodatku F.

* Pri uporabi aeriranega betonain ob označevanju betona tudi s stopnjo izpostavljenosti XF, je trdnostni razred lahko za en razred nižji.

Tabela 14: Meje vrednosti sestave in lastnosti betona preglednica N.3 iz standarda SIST 1026:2016

Vir: (Zduženje za beton Slovenije - ZBS, 2016)

Zgornja tabela je za projektiranje betona z življenjsko dobo betona 50 let (če pa projektiramo za življenjsko dobo daljšo od 50 let, pa moramo zmanjšati v/c za 0,05).

Beton mora ne glede na uporabo in zgornje zahteve v projektu imeti oznako trdnostnega razreda betona po veljavnem standardu, kateri je označen z razmerjem $f_{ck}/f_{ck,cube}$, kjer pomeni

f_{ck} – karakteristična tlačna trdnost 28 dni starega betona, določena na valju (MPa), $f_{ck,cube}$ – karakteristična tlačna trdnost 28 dni starega betona, določena na kocki (MPa)

RAZRED TLAČNE TRDNOSTI	MINIMALNA KARAKTERISTIČNA TRDNOST VALJA $f_{ck,avg}$ N/mm ²	MINIMALNA KARAKTERISTIČNA TRDNOST KOCKE $f_{ck,cube}$ N/mm ²
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60
C55/67	55	67
C60/75	60	75
C70/85	70	85
C80/95	80	95
C90/105	90	105
C100/115	100	115

Tabela 15: Razredi tlačne trdnosti za normalno težek in težek beton (SIST EN 2006)

Vir: Literatura, Academia predmet Gradiva

Glede na poznavanja standardov, ki določajo projektiranje betona, določimo sestavo betona za objekt, prizidek jedilnice na OŠ Mladika in sicer, konstrukcijski element je plošča nad jedilnico, katera je obenem nosilna konstrukcija za izvedbo zelene ravne strehe. Sestavo izberemo po zgornji tabeli N.3 standarda SIST 1026:2016.

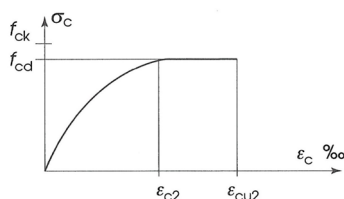
- Trdnostni razred $\geq C25/30$
- $V/C \leq 0,60$
- Vsebnost cementa $\geq 280 \text{ kg/m}^3$
- Prodor vode PV I

Projektirani beton opišemo s specifikacijo betona, podatki, ki jih mora vsebovati specifikacija, so določeni s standardom SIST EN 206. (Žarnić, 2003) (Davorin Žitnik, 2012)

5.3 Projektiranje armature v betonskih in armiranobetonskih konstrukcijah

Za prevzem nateznih napetosti v betonu skrbi ustrezna armatura, katera mora biti pravilno sprojektirana in imeti pravilno lego glede na natezne sile v betonu. Zelo pomemben je tudi zaščitni sloj betona, kateri ščiti armaturo pred njenim propadanjem oz. korozijo. Armaturo določimo največkrat po mejnem stanju nosilnosti, pri tem upoštevamo porušitev betona in jekla ter upoštevamo naslednje predpostavke:

- deformacije prerezov so linearne,
- beton v natezni coni pri porušitvi ne prevzema nateznih sil,
- napetosti v betonu in jeklu so razdeljene po računskih napetostno-deformacijskih diagramih betona in jekla.

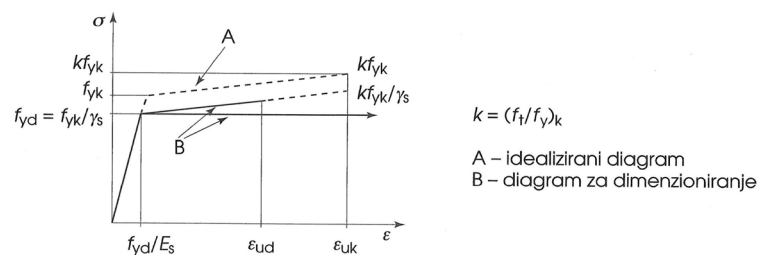


Slika 13: Delovni diagram betona

Vir : Gradbeni priročnik, peta, dopolnjena izdaja

Oznake diagrama imajo naslednji pomen:

- ϵ_{c2} deformacija pri doseženi največji napetosti betona
- ϵ_{cu2} mejna deformacija betona
- f_{cd} projektna tlačna trdnost betona
- f_{ck} karakteristična tlačna trdnost 28 dni starega betona na valju



Slika 14: Delovni diagram jekla

Vir: Gradbeni priročnik, peta, dopolnjena izdaja

Oznake diagrama imajo naslednji pomen :

- f_{yk} karakteristična napetost pri tečenju
- ϵ_{ud} , ϵ_{uk} mejna deformacija
- f_{yd} projektna natezna trdnost jekla ($=f_{yk}/\gamma_s$)
- E_s modul elastičnosti armature ($=200$ GPa)

Armature v armiranobetonskem prerezu pa lahko določimo tudi glede na mejno stanje uporabnosti. Pri takšnem določanju armature v armiranobetonskih elementih preverjamo: napetosti v betonu in armaturi, širino razpok in pomike. Količine izračunamo glede na uporabno obtežbo (varnostni faktor je 1). Upoštevamo linearne konstitutivne zakone materialov, če pa so napetosti v betonu manjše od $0,45 f_{ck}$ (t_0), pa upoštevamo linearno teorijo lezenja.

Omejitve napetosti Evrokod 2 predvideva omejitve tlačnih napetosti betona in nateznih napetosti v armaturi (glede na vpliv karakteristične kombinacije obtežb), pri tem vzdolžne razpoke preprečujemo s tlačnimi napetostmi v betonu, manjšimi od $0,6 f_{ck}$. Nespremenljive razpoke in pretirano deformacijo pa preprečujemo z natezno napetostjo v armaturi, ki ne sme presegati vrednosti $0,8 f_{yk}$.

Omejitve razpok še dovoljene računske širine razpok w_{maks} so predvsem odvisne glede na stopnjo agresivnosti in vrsto konstrukcije. Evrokod določa dovoljeno širino razpok v naslednjih mejah 0,2, 0,3, 0,4 mm. Širino razpok omejujemo z ustreznim premerom armaturne palice in njihovo ustrezno medsebojno razdaljo med posameznimi palicami.

Napetost jekla (MPa)	Največji premer palice (mm)		
	w=0,4mm	w=0,3mm	w=0,2mm
160	40	32	16
200	32	20	12
240	20	16	10
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	5
400	8	6	4
450	6	5	-

Tabela 16 Največji premer palice Φ glede na omejitve širine razpok

Vir: Gradbeni priročnik, peta, dopolnjena izdaja

Napetost jekla (MPa)	Največji premer palice (mm)		
	w=0,4mm	w=0,3mm	w=0,2mm
160	40	32	16
200	32	20	12
240	20	16	10
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	5
400	8	6	4
450	6	5	-

Tabela 17 Največja medsebojna razdalja armirnih palic glede na omejitve širine razpok

Vir: Gradbeni priročnik, peta, dopolnjena izdaja

Omejitev povesov v tem primeru ne sme deformacija nosilnih konstrukcij presegati vrednosti katere lahko prenesejo ostali elementi povezani z nosilno konstrukcijo (predelne stene, zasteklitve, obloge, inštalacije in zaključni sloji). Splošna uporabnost ter videz se poslabšata, če računski poves presega vrednost 1/250 razpetine. Po končani gradnji povesi naj ne bodo večji od 1/500 razpetine. Evrokod določa dokazovanje mejnega stanja povesov z omejitvijo razmerja med razpetino in statično višino konstrukcije in s primerjavo izračunanega povesa z mejno vrednostjo.

Statični sistem	Visoka napetost betona $\rho = 1,5 \%$	Nizka napetost betona $\rho = 0,5 \%$
Prostoležeči nosilci in vrtljivo podprte plošče, nosilne v eni ali obeh smereh	14	20
Končno polje kontinuiranih nosilcev in plošč, nosilnih v eni ali dveh smereh, ki so neprekinjene vzdolž ene stranice	18	26
Notranje polje nosilca ali plošč, nosilnih v eni ali dveh smereh	20	30
Plošča na stebrih brez nosilcev (glede na večjo razpetino)	17	24
Konzolne plošče	6	8

(ρ – stopnja armiranja z natezno armaturo)

Tabela 18 Osnova razdalja med razpetino in statično višino armirano betonskih elementov brez tlačne osne sile

Vir: Gradbeni priročnik, peta, dopolnjena izdaja

Za dobro in kvalitetno ter racionalno armiranje je zelo pomembna oblika armature, katera vpliva na stroške in kakovost izvršenih armirano betonskih del. Tukaj imajo pomembno vlogo armaturni načrti z izvlečki armature. Iz njih je razvidno rezanje, krivljenje, polaganje in vezanje armature. Armaturo krivimo s primernim premerom vretena, kateri preprečuje razpoke v sami krivini palice ter posledično porušitev betona v tej isti krivi. Najmanjši premer vretena je za palice $\Phi \leq 16 \text{ mm}$ je $4 \times \Phi$ za palice $\Phi > 16 \text{ mm}$ pa je najmanjši premer vretena za krivljenje $7 \times \Phi$. Armatura v betonu uspešno prenaša natezne napetosti in poveča trajnost armirano betonske konstrukcije. Če je dovolj zaščitena ali oblita z betonom, to imenujemo krovni sloj betona. Potreben krovni sloj betona, mora biti naveden na armaturnih načrtih. Določimo ga glede na predvideno uporabo, projektno življenjsko dobo, vpliv okolja in obtežbe ter program vzdrževanja. Krovni sloj je razdalja med površino armature in betonske površine vključno z vso pripadajočo armaturo, zajema tudi stremena in montažno armaturo. Najmanjši krovni sloj mora zagotoviti varno sidranje palic in ščititi jeklo pred korozijo in požarom. Določen je kot najmanjši krovni sloj, kateri je povečan za projektno odstopanje, Δc_{dev} :

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

Tako je debelina krovnega sloja pri pogoju sprijemnosti za posamezne palice $c_{\min} = \Phi$, če pa imamo armaturo v svežnjih pa je $c_{\min} = \Phi_n$, kjer je $\Phi_n = \Phi \cdot n_b \geq 55 \text{ mm}$ kjer je n_b – število palic v svežnju in velja pravilo $n_b \leq 4$ v ostalih primerih $n_b \leq 3$. Glede na trajnost pa je debelina krovnega sloja $c_{\min} = 10-55 \text{ mm}$, kar je odvisno glede na razvrstitev betona izpostavljenosti pogojem okolja in razredu konstrukcije. Standard pa tudi posebej predpisuje pogoje za morebitno povečanje ali zmanjšanje krovnega sloja. Pri izdelavi armaturnih načrtov in kotiranju armature v njih moramo upoštevati predpisane krovne sloje. Med polaganjem mora izvajalec poskrbeti za ustrezen položaj armature in da se ta med betoniranjem ne premakne. Za ta namen se uporabljajo različni distančniki, kateri med drugim poskrbijo tudi za potreben krovni sloj betona. Ko sprojektiramo armaturo, ki je glede na statični izračun potrebna za določen prerez, moramo upoštevati pravilno razdaljo med palicami, kjer svetla razdalja med posameznimi palicami vodoravno in navpično ne sme biti manjša od vrednosti, katere dobimo po naslednji enačbi.

$$\begin{aligned} e &= k_1 \cdot d \\ e &= d_g + k_2 \text{ (mm)} \\ e &= 20 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pomen uporabljenih besed v enačbo :

d-premer palice

d_g -premer največjega zrna agregata

k_1 -1 (priporočena vrednost)

k_2 -5 mm (priporočena vrednost)

Pri polaganju armature je tudi zelo pomembna sidrna dolžina armature in stikovanje armature. Sidrna dolžina je odvisna od kakovosti jekla, kakovosti betona, premera palice in položaja palice v prerezu med samim betoniranjem. Stikovanja palic s preklapljanjem se, če je le možno, izogibamo. V primeru, ko pa je to potrebno, pa palice preklapljamo v območji njihove najmanjše obremenitve. Mesta preklopov določimo izmenično, v enem prerezu pa ne stikujemo več kot $\frac{1}{4}$ skupne natezne armature. Dolžina preklopov je identična sidrni dolžini armature. Armaturo stikovano z vari lahko stikujemo kjer koli, vendar moramo v tem primeru uporabiti armaturno jeklo, katero je primerno za varjenje.

Vsaka betonska konstrukcija je sestavljena iz posameznih nosilnih elementov, katere razvrstimo glede na njihovo vlogo in razmerje dimenzij, ki so prikazane v spodnji tabeli.

Vrsta elementa	Razmerja	Pomen oznak
nosilec	$l/h > 3$	l – razpetina elementa h – višina prečnega prereza b – širina prečnega prereza
stenasti nosilec, membrana	$l/h < 3$	l – razpetina elementa b – višina prečnega prereza
plošča oziroma strop	$l_{eff}/h > 5$ $b/h > 5$	l_{eff} – učinkovita razpetina elementa h – debelina elementa b – širina prečnega prereza
steber	$h/b < 4$ $l/h > 3$	l – dolžina oz. višina elementa h – višina prečnega prereza b – širina prečnega prereza $h > b$
stena	$h/b > 4$ ali $l/h > 3$	l – dolžina oz. višina elementa h – višina prečnega prereza b – širina prečnega prereza

Tabela 19 Razvrstite nosilnih elementov glede na razmerje dimenzij

Vir: Gradbeni priročnik, peta, dopolnjena izdaja

Kot armaturo za plošče uporabljamo največkrat rebrasto jeklo in varjene armaturne mreže. Razmik med palicami glavne armature v conah največjih napetosti ne sme biti pri enakomerni obtežbi večji od $2d$ pri točkovni obtežbi pa $1,5d$, kjer je d debelina plošče. V prerezih, kjer so momenti manjši in je posledično potreba po glavni armaturi manjša, razmik vseeno ne sme biti večji od 40 cm. Čisti razmik med palicami glavne armature pa ne sme biti manjši od 4 cm. Pri ploščah, katere prenašajo obtežbo samo v eni smeri, moramo palice glavne armature povezati z razdelilno armaturo, pri čemer moramo upoštevati, da za zvezno obtežbo razmik palic razdelilne armature ne sme biti večji od $4d$ in $3d$ za točkovno obtežbo. V nobenem primeru pa razdalja med razdelilno armaturo ne sme biti večja od 30 oz. 40 cm. Ploščam nosilnim v dveh smereh armaturo določimo za obe strani s statičnim izračunom. (Davorin Žitnik, 2012)

5.4 Statični izračun AB plošče in dimenzioniranje armature

Za izračun statike AB plošče in pridobitev potrebnih podatkov za določitev potrebne armature sem uporabil program Scia. Dimenzije plošče, katero dimenzioniramo kot AB konstrukcijo, so 9,55 x 22,70. Izračun s programom nam pokaže, da je potrebna debelina plošče 30 cm, kvaliteta betona C25/30 in med stebri v osi 5a, kateri so dimenzije 40/40, je potrebno izvesti AB nosilce zaradi problema s prebojem. Izberem nosilce 40/40, kateri zadostujejo in zmanjšajo nevarnost preboja.

Glede na izračune sil in momentov s programom dobimo naslednje preseke armature: spodaj v krajši (x) smeri je presek armature, kateri zadovoljuje izračunu $9,04 \text{ cm}^2/\text{m}$, kar pomeni da določimo palice $\text{fi}12/12,5 \text{ cm}$, ter daljši (y) smeri je presek, ki zadovoljuje izračunu $4,00 \text{ cm}^2/\text{m}$, in vzamemo palice $\text{fi}8/12,5\text{cm}$.

V zgornji coni pa nam v obe smeri zadostujejo palice $\text{fi}8/10$ ali armaturna mreža Q503. Armiranje z armaturnimi mrežami je hitrejše, vendar je pri tej vrsti armiranja dosti izgube v kilogramih armature zaradi preklapov in odpada, ker so kosi armaturnih mrež, ki ostanejo tako majhni, da niso več uporabni zaradi potrebnih preklapov. Mi bomo zaradi časa izvedbe objekta zgornjo cono armirali z Armaturnimi mrežami Q503. Ker pa mora biti plošča nekako zaključena, moramo dodati po robovih plošče palice krivljene v U $\text{fi}8/20\text{cm}$. Na podlagi zgornjih izračunov potrebnih presekov določimo količino armature, ki je naslednja:

$$\text{Spodnja cona(x)} \text{fi}12, L=9,5\text{m}; 22,7\text{m}/0,125\text{m}=182\text{kom} \times 0,91\text{kg/m} \times 9,5\text{m} = \underline{1573,39\text{kg}}$$

$$\text{Spodnja cona(y)} \text{fi}8, L=12\text{m}; 9,55\text{m}/0,125\text{m}=76\text{kom} \times 2=152 \text{ kom} \times 0,41\text{kg/m} \times 12\text{m} = \underline{747,84\text{kg}}$$

Zgornja cona (x in y) = $\text{fi}8/10\text{cm}$ uporabimo armaturno mrežo Q503 potrebujemo naslednje odrezne dolžine: $20\text{kom} \times 6,00\text{m} \times 2,20\text{m} = 13,2\text{m}^2 \times 20\text{kom} = 264 \text{ m}^2$

$$5\text{kom} \times 1,30\text{m} \times 2,20\text{m} = 2,86\text{m}^2 \times 5\text{kom} = 14,3 \text{ m}^2$$

$$1\text{kom} \times 6,00\text{m} \times 1,65\text{m} = 9,9\text{m}^2 \times 1\text{kom} = 9,9 \text{ m}^2$$

$$1\text{kom} \times 1,30\text{m} \times 1,65\text{m} = 2,15\text{m}^2 \times 1\text{kom} = 2,15 \text{ m}^2$$

$$\text{Skupaj: } \underline{290,35 \text{ m}^2}$$

$$\text{Armaturnih mrež je tako potrebnih } 290,35 \text{ m}^2 \times 7,90 \text{ kg/m}^2 = \underline{2293,77 \text{ kg}}$$

Dodatna armatura U po robu plošče, ima odrezano dolžino je $1,04\text{m}$

($40\text{spodaj}+24\text{višina}+40\text{zgoraj cm}$) obseg plošče je $64,5\text{m}$ položimo 5kom na 1m , kar pomeni:

$$64,5\text{m} / 0,20 = 323 \text{ kom} \times 1,04\text{m} \times 0,41\text{kg/m} = \underline{137,73 \text{ kg}}$$

$$\text{Armatura v palicah do fi 12 skupaj : } 2458,96 \text{ kg}$$

$$\text{Armaturne mreže Q 503 skupaj : } 2293,77 \text{ kg}$$

$$\text{Armatura (palice+mreže) skupaj: } 4752,73 \text{ kg}$$

$$\text{Beton : } 65,03 \text{ m}^3 \text{ razmerje med armaturo in betonom} = 73,08 \text{ kg/m}^3 \text{ betona}$$

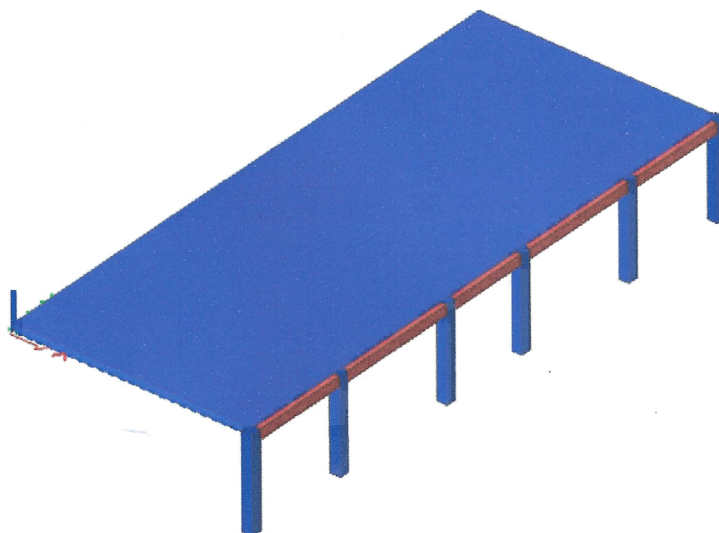
5.4.1 Analiza statičnega izračuna (NEMETSCHEK Scia)

	Naročnik	Cestno podjetje Ptuj d.d.
	Projekt	betonska plošča 9,55 m x 22,70 m, debeline 30 cm
	Izvajalec	Cestno podjetje Ptuj d.d.
	Avtor	Dušan Lorbek

1.Project

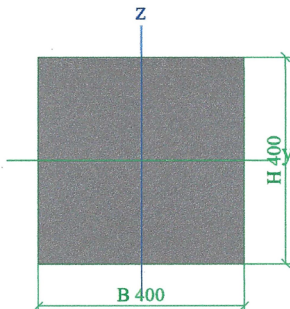
Licence name	Fibera
National code	EC - EN
Structure	General XYZ
No. of nodes :	14
No. of beams :	11
No. of slabs :	1
No. of used profiles :	1
No. of load cases :	3
No. of used materials :	2
Project filename	plošča_diploma_mladika.esa
Project	Mladika,diploma
Part	Dušan Lorbek
Description	betonska plošča 9,55 m x 22,70 m, debeline 30 cm
Date	15.7.2022
Acceleration of gravity [m/sec²]	9,810
Version	Scia Engineer 9.0.158
Functionality	Initial stress Subsoil Soilin Nonlinearity Initial deformations and curvature II. order - geometrical nonlinearity Beam local nonlinearity Support nonlinearity Friction support Physical non-linearity for reinforced concrete Analysis after analysis Stability Climatic loads Pipelines Structural model Parameters Mobile loads
Load description	Wind pressure according to EC1 V bo 26.20 basic wind velocity ... m/s C dir 1.00 directional factor C season 1.00 season factor C or 1.00 orography factor k l 1.00 turbulence factor C prob 1.00 probability factor ro 1.25 kg/m3 air density Probability p 2.00 [%] probability p for an annual exceedence K 0.20 shape factor n 0.50 exponent Roughness - category 0 Kr 0.156 z 0 0.003 z min 1.00 Internal pressure - no internal pressure depth 100.00 m depth of the building height z0 0.00 m reference level of terrain EC code snow description Sk 1.00 kN/m2 characteristic value of snow load Ce 1.00 exposure coefficient Ct 1.00 thermal coefficient Cesl 2.00 exceptional snow coefficient
Combi description	Load combination factors :

	Naročnik	Cestno podjetje Ptuj d.d.
	Projekt	betonska plošča 9,55 m x 22,70 m, debeline 30 cm
	Izvajalec	Cestno podjetje Ptuj d.d.
	Avtor	Dušan Lorbek
Partial factor permanent action - unfavourable 1.35 Partial factor permanent action - favourable 1.00 Partial factor for prestress action - favourable 1.00 Partial factor for prestress action - unfavourable 1.20 Partial factor leading variable action 1.50 Partial factor accompanying variable action 1.50 Reduction factor 0.85 Partial factor for shrinkage action 1.00		



2. Cross-sections

Name	CS1	
Type	Rectangle	
Detailed	400; 400	
Item material	C25/30	
Fabrication	concrete	
Buckling y-y, z-z	b	b
FEM analysis	x	

	Naročnik	Cestno podjetje Ptuj d.d.	
	Projekt	betonska plošča 9,55 m x 22,70 m, debeline 30 cm	
	Izvajalec	Cestno podjetje Ptuj d.d.	
	Avtor	Dušan Lorbek	
Picture			
A [m²]	1,6000e-01		
A _{y, z} [m²]	1,3333e-01	1,3333e-01	
I _{y, z} [m⁴]	2,1333e-03	2,1333e-03	
I _w [m⁶], t [m⁴]	0,0000e+00	3,5994e-03	
W _{el y, z} [m³]	1,0667e-02	1,0667e-02	
W _{pl y, z} [m³]	1,6000e-02	1,6000e-02	
d _{y, z} [mm]	0	0	
c _{YLCS, ZLCS} [mm]	200	200	
alpha [deg]	0,00		
AL [m²/m]	1,6000e+00		

3.Materials

Name	Type	Unit mass [kg/m ³]	E mod [kPa]	Poisson - nu	G mod [kPa]	Thermal exp [m/mK]	Characteristic compressive cylinder strength f _{ck} (28) [MPa]
C30/37	Concrete	2500,00	3,2800e+07	0,2	1,3667e+07	0,00	30,00
C25/30	Concrete	2500,00	3,1500e+07	0,2	1,3125e+07	0,00	25,00

4.Load cases

Name	Action type	LoadGroup	Load type	Spec	Direction	Duration	Master load case
lastna t	Permanent	LG1	Self weight		-Z		
dodatna	Permanent	LG1	Standard				
sneg+vet	Variable	sneg+vet	Static	Standard		Medium	None

5.Combinations

Name	Type	Load cases	Coeff. [-]
ULS	EN - ULS (STR)	lastna t dodatna sneg+vet	1,00 1,00 1,00
ULS1	Envelope - ultimate	lastna t dodatna	1,35 1,35
ULS2	Envelope - ultimate	lastna t dodatna	1,00 1,00
ULS3	Envelope - ultimate	lastna t dodatna sneg+vet	1,35 1,35 1,50
ULS4	Envelope - ultimate	lastna t dodatna sneg+vet	1,00 1,00 1,50
SLS	EN-SLS Char.	lastna t dodatna sneg+vet	1,00 1,00 1,00

		Naročnik	Cestno podjetje Ptuj d.d.
		Projekt	betonska plošča 9,55 m x 22,70 m, debeline 30 cm
		Izvajalec	Cestno podjetje Ptuj d.d.
		Avtor	Dušan Lorbek
SLS1	Envelope - serviceability	lastna t	1,00
		dodatna	1,00
SLS2	Envelope - serviceability	lastna t	1,00
		dodatna	1,00
		sneg+vet	1,00

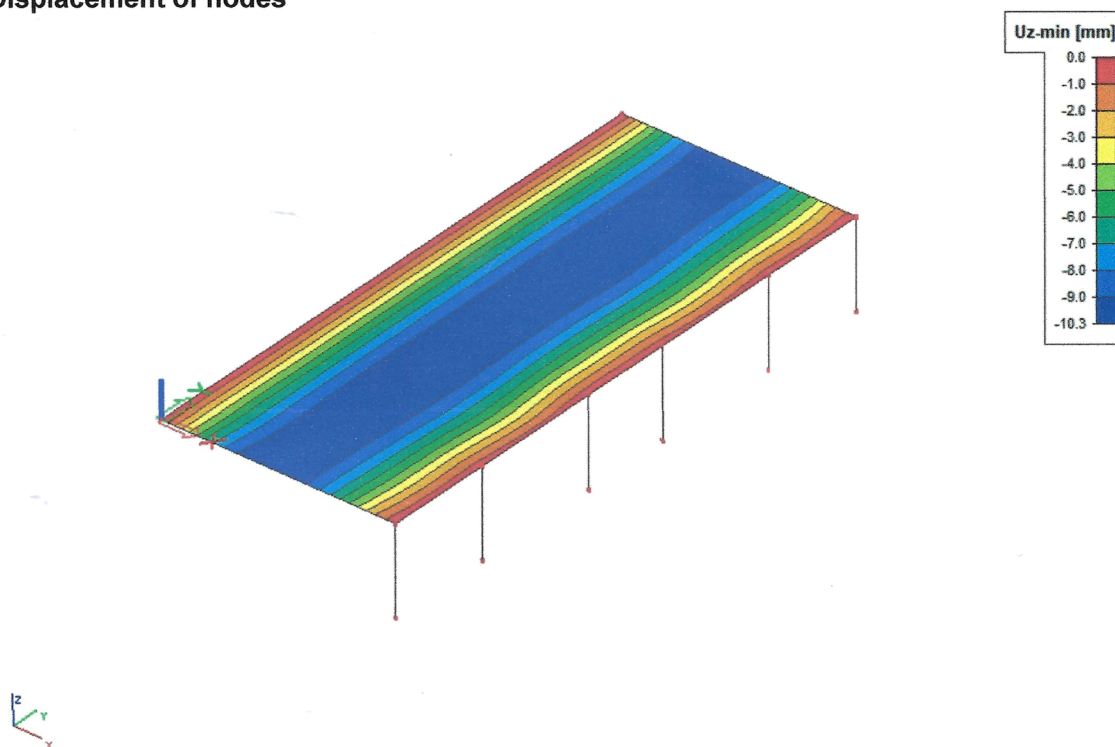
6.Member 2D

Name	Material	Th. [mm]	Thickness type	Type	Layer
S1	C25/30	300	constant	plate (90)	Layer1

7.Forces on surface

Name	Dir	Type	Value [kN/m ²]	2D member	Load case	System
SF1	Z	Force	-1,10	S1	dodatna	LCS
SF2	Z	Force	-1,30	S1	sneg+vet	LCS

8.Displacement of nodes



Linear calculation, Extreme : Global

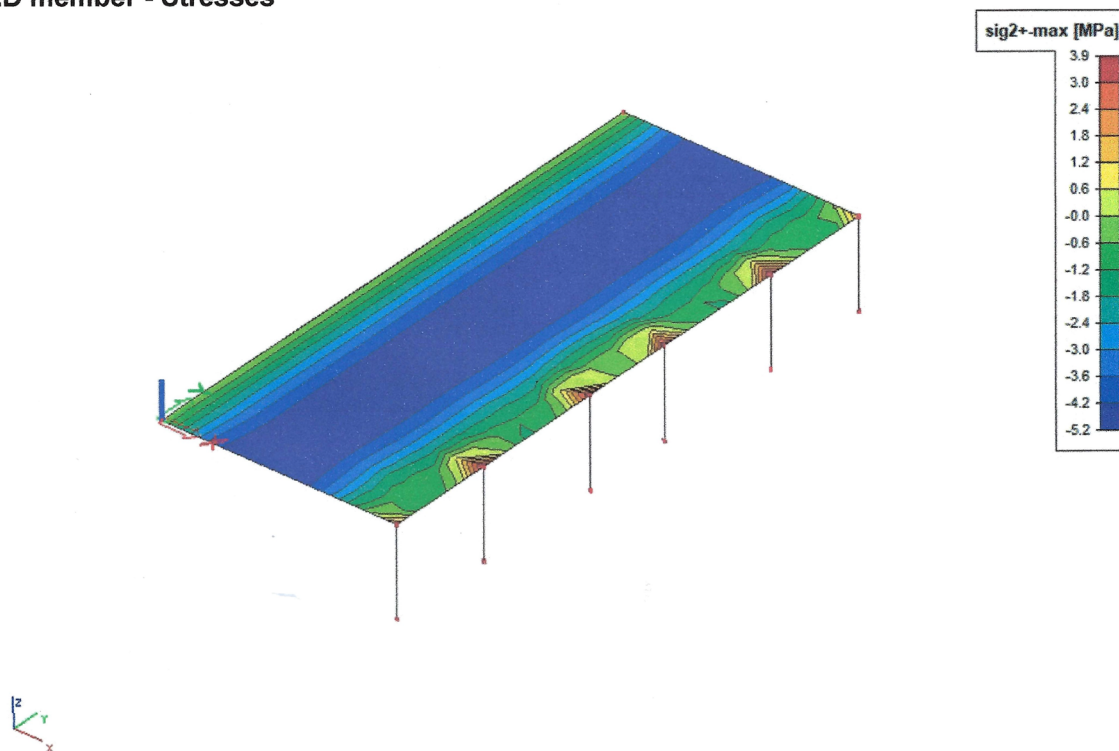
Selection : All

Class : SLS

Case	Member	Node	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	Fix [mrad]	Fiy [mrad]	Fiz [mrad]
SLS	S1	N1	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	0,0
SLS	S1	29	1,0	0,0	-2,5	-0,2	-2,6	0,0
SLS	S1	263	0,8	-0,1	-2,3	-0,5	-2,9	0,0
SLS	S1	47	0,9	0,1	-2,0	0,5	-2,5	0,0
SLS	S1	143	0,5	0,0	-10,3	-0,3	-0,4	0,0
SLS	S1	29	0,8	0,0	-2,8	-0,3	-3,0	0,0
SLS	S1	N4	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7	0,0

			Naročnik		Cestno podjetje Ptuj d.d.				
			Projekt		betonska plošča 9,55 m x 22,70 m, debeline 30 cm				
			Izvajalec		Cestno podjetje Ptuj d.d.				
			Avtor		Dušan Lorbek				
SLS	S1	N2	0,6	0,0	-0,1	-0,2	-1,5	-0,1	
SLS	S1	N3	0,7	0,0	-0,1	0,2	-1,3	0,1	

9.2D member - Stresses



Linear calculation, Extreme : Global

Selection : All

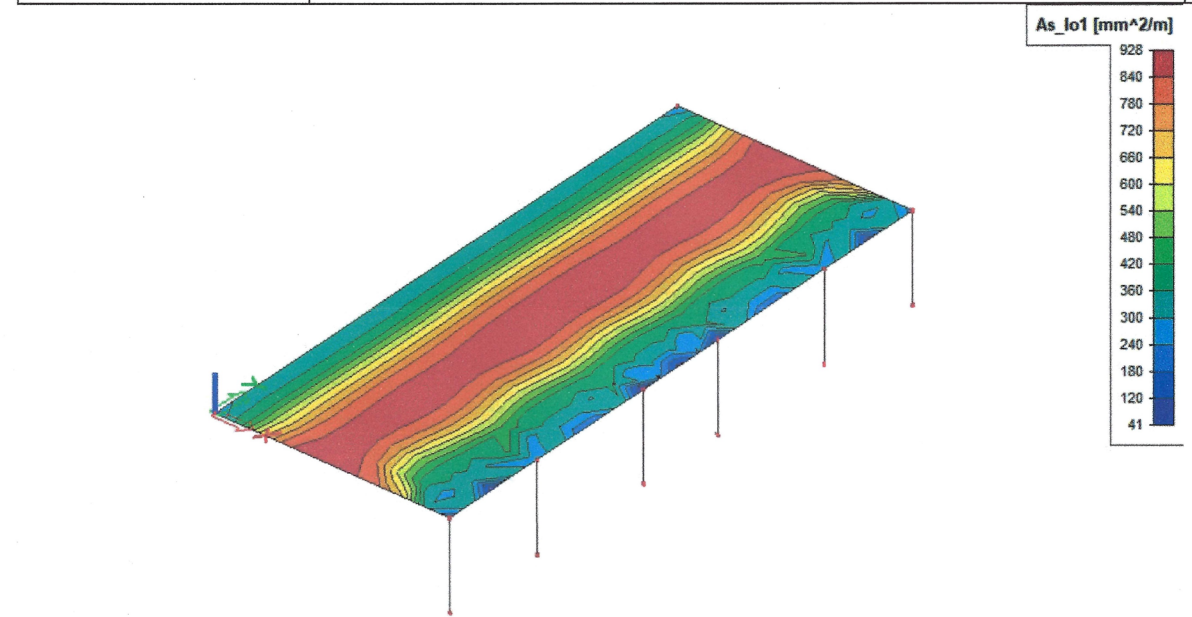
Class : ULS

Basic magnitudes. In nodes, avg..

Case	Member	Node	X [m]	Y [m]	Z [m]	sigx+ [MPa]	sigy+ [MPa]	sigxy+ [MPa]	sigx- [MPa]	sigy- [MPa]	sigxy- [MPa]
ULS	S1	167	3,800	22,800	0,000	-8,2	-0,1	0,0	5,0	0,1	0,0
ULS	S1	N3	9,500	22,800	0,000	16,3	4,0	5,5	-10,9	-3,0	-3,7
ULS	S1	268	9,500	6,400	0,000	0,1	-2,0	-0,2	-0,2	0,7	0,3
ULS	S1	N2	9,500	0,000	0,000	16,2	4,0	-3,5	-10,9	-3,0	5,9
ULS	S1	N2	9,500	0,000	0,000	10,3	2,5	-5,5	-17,2	-4,8	3,7
ULS	S1	N3	9,500	22,800	0,000	10,3	2,5	3,5	-17,2	-4,8	-5,9
ULS	S1	167	3,800	22,800	0,000	-5,2	-0,1	0,0	7,9	0,1	0,0
ULS	S1	127	4,750	7,035	0,000	-4,9	-1,1	0,0	7,5	1,7	0,0

10.Member 2D - design - required areas

	Naročnik	Cestno podjetje Ptuj d.d.
	Projekt	betonska plošča 9,55 m x 22,70 m, debeline 30 cm
	Izvajalec	Cestno podjetje Ptuj d.d.
	Avtor	Dušan Lorbek



Linear calculation, Extreme : Global

	Naročník	Cestno podjetje Ptuj d.d.
	Projekt	betonska plošča 9,55 m x 22,70 m, debeline 30 cm
	Izvajalec	Cestno podjetje Ptuj d.d.
	Avtor	Dušan Lorbek

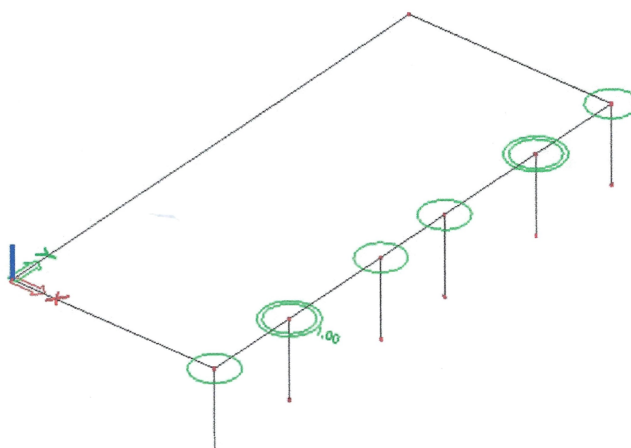
Selection : All

Class : ULS

Required reinforcement

Case	Node	A _{s_up1} [mm ² /m]	A _{s_up2} [mm ² /m]	A _{s_up3} [mm ² /m]	A _{s_lo1} [mm ² /m]	A _{s_lo2} [mm ² /m]	A _{s_lo3} [mm ² /m]	A _{ss} [mm ² /m ²]	Td [MPa]	TR1 [MPa]
ULS	16	0	0	0	345	345	0	0	0,09	0,34
ULS	N3	4156	1496	0	209	379	0	2172	2,52	0,85
ULS	N13	3210	1661	0	252	112	0	1935	2,21	0,51
ULS	N1	436	407	0	221	169	0	0	0,39	0,46
ULS	N11	3102	1659	0	41	246	0	1849	2,16	0,48
ULS	143	3	17	0	928	345	0	0	0,10	0,46
ULS	36	588	591	0	353	717	0	544	0,63	0,26
ULS	N2	4155	1496	0	200	378	0	2175	2,52	0,85
ULS	127	0	0	0	866	345	0	0	0,02	0,42

11.Punching check



Linear calculation, Extreme : Global

Selection : All

Class : ULS

Check maximum shear resistance

Node	Case	Per.	l _{x_col} [m]	l _{y_col} [m]	u ₀ [m]	Ξ [-]	V _{Ed0} [MPa]	V _{Rd,max} [MPa]
N7	ULS	1	0,520	0,520	1,180	1,00	1,71	4,50

Load in critical section

Node	Case	f _d [kN/m ²]	R _{Ed} [kN]	M _{Edx} [kNm]	M _{Edy} [kNm]
N7	ULS	-13,56	374,60	-219,91	-50,74

Check punching shear resistance and design shear reinforcement

Node	Case	Per.	d [mm]	u [m]	V _{Ed} [MPa]	V _{Rd,c} [MPa]	A _{sw/u} [mm ² /m]	V _{Rd,s} [MPa]	Check	Check value [-]	W/E
N7	ULS	1	260	2,833	0,68	0,63	85	0,68	OK	1,00	226

Explanation of warnings and errors

226	The punching check satisfied for design shear reinforcement.
-----	--

5.5 Prednosti in slabosti armiranobetonskih konstrukcij

Armiran beton, izveden kot monolitna konstrukcija, je zelo priljubljen material. Uporabljen je skoraj vsepovsod, pri gradnji nakupovani centrov, večnadstropnih stavb in objektov individualne gradnje. Monolitno ojačan beton ali pogovorno armiran beton je izveden iz armature, katera je oblita ali prelita z betonom. Gradnja z monolitnim armiranim betonom zagotavlja vzdržljivost in zanesljivost ob enem pa zmanjša tudi stroške gradnje. Pri vsem tem pa ima monolitni armiran beton okolju prijazne komponente, kar povečuje njegovo priljubljenost. Glavne njegove prednosti so: požarna odpornost, možnost samoproizvajanja, ima enako proizvodno tehnologijo za drugačen cikel, ne zahteva veliko dela, sposobnost odpornosti proti koroziji in oksidaciji, hitrost gradnje, možnost uporabe različnih oblik gradbenih elementov. Zaradi majhnega števila spojev pri izvedbi monolitne strukture ima monolitna betonska gradnja veliko odpornost na mehanske obremenitve. Monolitna betonska gradnja ima dolgo življenjsko dobo zaradi zaščitnega sloja betona, ki prekriva armaturo in tako preprečuje njeno korozijo. Armaturo v konstrukciji pa betonu omogoča natezno nosilnost in je tako zelo pomembna pri premostitvenih objektih, kot so nosilci, plošče.

Največja slabost izvedbe armirano betonske konstrukcije je izvedba potrebnega opaža, saj je opaž zahteven, dolgotrajen in težek proces. Naslednja slabost armiranobetonske konstrukcije je visoka toplotna prevodnost materiala, zaradi katere je potrebna dodatna toplotna izolacija. Njegova velika slabost je tudi izdelava monolitne betonske konstrukcije pri nizkih temperaturah. Izvajanje takih del zahteva ogrevanje betona ali dodajanje dodatkov, kateri preprečujejo njegovo zmrzovanje v času procesa vezanja, saj če nam betonska mešanica zmrzne v času vezanja izgubi svojo sposobnost tlačne trdnosti, katera je njegova osnovna lastnost. Poskrbeti moramo za ustrezno negovanje betona, ker lahko zaradi prehitre hidratacije pride posledično do razpokanosti betona, kar je tudi ena od njegovih slabosti, katero pa lahko s primernimi ukrepi omilimo. Nastanek razpok je mogoč zaradi različnih vzrokov. Osnovna dva sta razpokanost zaradi krčenja pri sušenju ali oviranih deformacijah zaradi temperaturnih sprememb in razpokanost zaradi mehanskih obremenitev. Razpokanost zaradi krčenja pri sušenju je lasten betonu neizogiben pojav, kjer lahko širino razpok zmanjšamo s klasičnim armiranjem ali mikroarmiranjem z jeklenimi ali polimernimi vlakni. Razpokanost zaradi

prehitre hidracije pa omilimo z vlaženjem, močenjem ali pokrivanjem s pvc folijo, kar je eden izmed klasičnih načinov negovanja betona. Potreba po pravilnem negovanju je tudi ena izmed njegovih slabosti, saj nam povzroča dodatno delo in strošek. (Davorin Žitnik, 2012) (Radosavljević, 1990) (Gillmanbuilders, 2022)

5.6 Predračun za izvedbo armiranobetonske plošče

C.	OBRATNIŠKA DELA			
I.	TESARSKA DELA	količina	Cena na enoto	skupaj
1.	Izdelava opaža ravne AB stropne plošče nad jedilnico z opažnimi ploščami s podporami do 4,50 m, vključno z vsemi deli vertikalnimi in horizontalnimi prenosi, opaženjem, razopaženjem, čiščenjem in zlaganjem	197,65m ²	14,72 €	2.909,41 €
2.	Naprava in odstranitev enostranskega opaža robov stropne plošče s prenosom materiala, čiščenjem lesa in vsemi pomožnimi deli - opaž višine do 30 cm.	41,46 m ¹	3,00 €	124,38 €
II.	BETONSKA DELA:			
1.	Kompletna izdelava, dobava in vgrajevanje betona C25/30 (MB 30), v armirane konstrukcije, vključno z vsemi pomožnimi deli in transportom do mesta vgrajevanja: AB stopna plošča deb. 30cm	65,03 m ³	87,16 €	5.668,02 €
2.	Dobava, rezanje, krivljenje, vezanje in polaganje armature ter polaganje armaturnih mrež kompletno po armaturnem načrtu, z vsemi pomožnimi deli in prenosi, do mesta vgraditve. Navedena količina je povzeta iz armaturnih načrtov.			
	palice	2458,96 kg	1,08 €	2.655,68 €
	mreže	2293,77 kg	1,11 €	2.546,09 €
	SKUPAJ BREZ DDV			13.903,58 €
	DDV 22 %			3.058,78 €
	SKUPAJ Z DDV			16.962,36 €

Tabela 20: Predračun izvedbe nosilne konstrukcije ravne strehe z AB Ploščo

Vir: Lasten

5.7 Terminski plan izvedbe AB stropne plošče na prizidku jedilnice OŠ Mladika

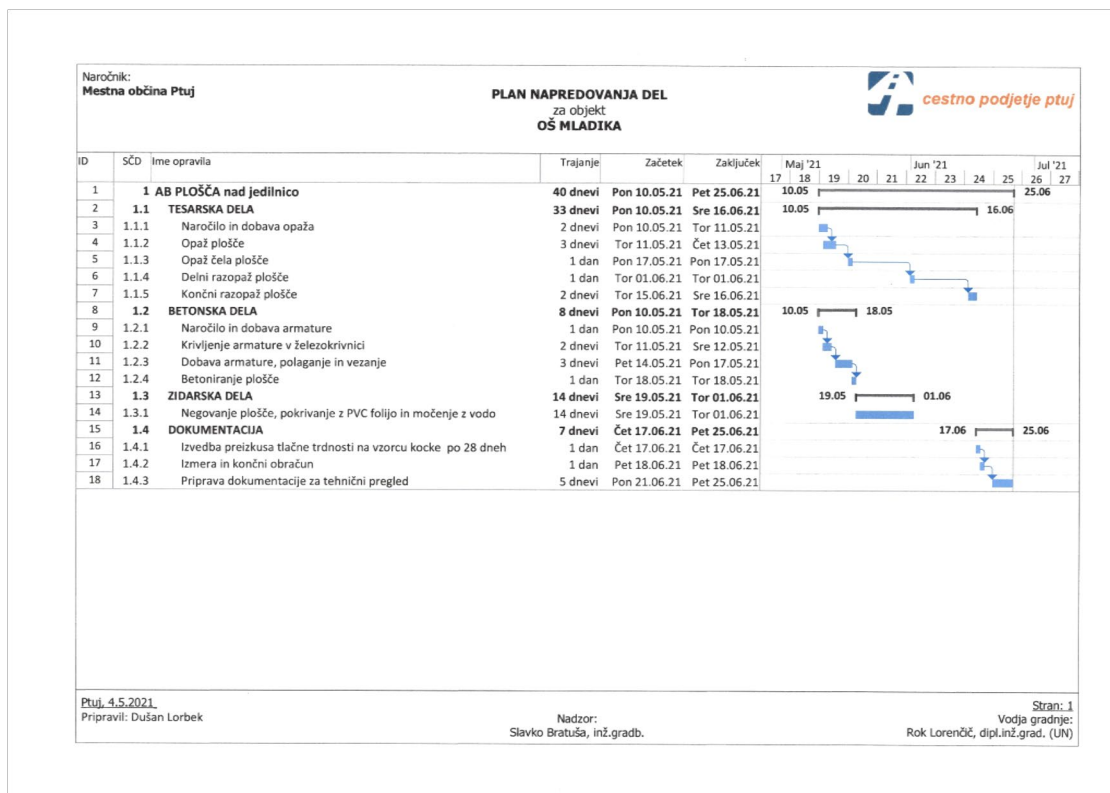


Tabela 21: Terminski plan izvedbe nosilne konstrukcije iz AB Plošče

Vir: Lasten

6 SMISELNA IZBIRA STROPNE PLOŠČE V PRAKSI

Pri gradnji prizidka jedilnice smo skladno s projektom izvedli ravno streho iz lesenih lepljencev ter kot sekundarno kritino uporabili trapezno pločevino, na katero smo kasneje izvedli sestavo zelene ravne strehe. Sama gradnja je bila hitra, čista in na koncu so leseni lepljenci dodali nek estetski videz v samo notranjosti objekta. Z izvedbo lesenih lepljencev smo tudi pripomogli k trajnostni gradnji, ker smo uporabili okolju prijaznejši naravni material – les. Glede same požarne zaščite pa je bilo potrebno izvesti spuščeni proti požarni strop, zaradi požarne zaščite trapezne pločevine. Ta poseg je samo investicijo podaljšal in posledično tudi podražil. Pri izvedbi betonske plošče je stvar v začetku dolgotrajnejša in zahtevnejša, predvsem zaradi izvedbe opaža ter priprave armature in njenega polaganja. Zaradi doseganja končne tlačne trdnosti AB plošče in s tem njenega popolnega razopaža, smo tudi omejeni z nadaljevanje del, kot so slikopleskarska in montažna dela, ki so neposredno vezana na AB ploščo. Prednost, ki pa jo v prvi vrsti v našem primeru ima izvedba AB plošče, pa je ta, da ni potrebno posebej izvajati požarne zaščite, ker je beton sam po sebi dovolj požarno odporen.. Tako odpade prej potreben spuščeni požarni strop. To nam v primeru izvedbe AB plošče investicijo poceni ter skrajša čas izvedbe, katerega smo že nekaj porabili oz. izgubili zaradi izvedbe AB plošče (Opaž, armatura, čas vezanja oz. doseganje končne trdnosti.).

V dotično našem primeru je bila izvedba montažne plošče v sistemu lesenih lepljencev in trapezne pločevine nad novo jedilnico OŠ Mladika smiselna izbira v prvi vrsti zaradi časa izvedbe. Ker smo bili omejeni s časom izvedbe na čas poletnih počitnic v trajanje cca 2 meseca koledarskih dni, je bilo potrebno izvesti in dokončati jedilnico, v primeru izvedbe AB plošče nemogoče, že ob upoštevanju predpostavke, da beton potrebuje 28 dni za doseganje končne tlačne trdnosti. Nato pa še izvedba slikopleskarskih del vezanih na strop ter izvedbe fino montaže, elektro in strojnih inštalacij, katera so neposredno vezane na strop. Ker pa je trapezno pločevino potrebno zaščititi pred požarom, je to izvedbo nekaj podaljšalo in povzročilo dodatne stroške, katerih pri izvedbi AB Plošče nimamo. V primeru objekta OŠ Mladika je glede kasnejšega vzdrževanja, trajnosti in ognje varnosti boljša AB konstrukcija. Glede časa izvedbe in v našem primeru potrebi po hitrem dokončanju del, pa je lesena konstrukcija v kombinaciji za sekundarno konstrukcijo iz trapezne pločevine boljša izbira. Prednost lesene konstrukcije je tudi v tem, ker lahko enostavneje izvedemo nosilno

konstrukcijo večjih razponov kot pri AB nosilni konstrukciji, kjer bi morali izvesti lite nosilce ali nabavit prednapeto AB konstrukcijo. To bi zaradi velikih transportnih stroškov ali izvedbe litih AB nosilcev na licu mesta bistveno podražilo investicijo in podaljšalo čas izvedbe. Glavnino pa sigurno odigra teža konstrukcije, kjer je les v kombinaciji s trapezno površino dosti lažji od AB. Tako da je pri manjših razponih, kjer je potrebna velika požarna zaščita, bolje izvesti AB ploščo. Kjer pa so razponi večji, pa je objekt bolje izvesti z lepljenimi lesenimi nosilci in sekundarno kritino iz trapezne pločevine, v prvi vrsti zaradi hitrosti gradnje ter predvsem teže konstrukcije

7 PREVERBA HIPOTEZ IZVEDBE NOSILNE KONSTRUKCIJE IZ LESENIH LEPLJENCEV IN TRAPEZNE PLOČEVINE TER AB PLOŠČE

7.1 H1 – nosilna konstrukcija iz lesenih lepljencev in trapezne pločevine je 30 % cenejša od AB nosilne konstrukcije

Pogodbeni predračun za izvedbo ravne zelene strehe na prizidku jedilnice OŠ Mladika Ptuj sem primerjal s pridobljenim predračunom za izvedbo AB Plošče kot nosilne konstrukcije, katerega sem naredil na podlagi izvedenega statičnega izračuna in tako pridobljenih količin. Ugotovitve, do katerih sem prišel, so me presenetile, ker dokazujejo ravno nasprotno od tega, kar sem jaz predvidel oz. mislil, da je dejansko res. To pomeni da je izvedba AB Plošče kot nosilne konstrukcije za 3.328,68 € cenejša od izvedbe nosilne konstrukcije iz lesenih lepljencev in trapezne pločevine. Procentualno gledano je to 16,40 % ceneje od izvedbe nosilne konstrukcije iz lesenih lepljencev in trapezne pločevine. Predpostavljen kriterij oz. hipoteza je bila, da je nosilna konstrukcija iz lesenih lepljencev in trapezne pločevine 30 % cenejša od AB nosilne konstrukcije. Prvi kriterij primerjave glede finančnega stroška med izvedbo nosilne konstrukcije iz lesenih lepljencev in trapezne pločevine ali izvedba le-te iz AB plošče je tako ovržena in ne drži. To je tudi razvidno iz spodnjih tabel obeh predračunov.

C.	OBRATNIŠKA DELA			
I.	TESARSKA DELA	količina	Cena na enoto	skupaj
1.	Izdelava, dobava in montaža strešnih nosilcev iz lepljenega lamelnega lesa, kvalitete GL24b, debelina lamel 4 cm. Nosilci preseka po statičnem izračunu. Kompletno z vsem pritrdilnim materialom in vso potrebno FE konst. (nabava, dobava in montaža)! Konstrukcija sestavljena iz primarnih in sekundarnih (krajnih) nosilcev -primarni nosilci prereza 20/90cm dolžina nosilca 9,50 m -sekundarni krajni nosilci 20/60cm nosilci dolžine 5,00m nosilci dolžine 4,13m nosilci dolžine 3,41m Vsa FE konst. Antikoruzijsko zaščitena in barvana. Lesena konst. Pritrjena na izvedeno AB konst. Spojna in pritrdilna sredstva, ter druga pomočna dela. Leseni deli morajo biti finalno obdelani in barvani z lazurnimi premazi (ker ostanejo vidni), barva po izboru projektanta. Izbrani izvajalec mora v sklopu ponujene storitve poskrbeti tudi izdelavo delavniške dokumentacije glede na ovsajeno tehnologijo dela. Nosilna konstrukcija strehe nad jedilnico mora izpolnjevati RE90			
a/	Primarni lepljeni nosilci prer. 20/90cm na osnem razmaku 3,66 m 5,25m na višini od 2,89 do 308 cm nad gotovim podom kom	4,00	1.702,80	6.811,20
b/	Krajni lepljeni nosilci prer. 20/60 cm Na višini 340 cm nad gotovim podom dolžine 5,00m kom dolžine 4,13m kom dolžine 3,41m kom Dobava in montaža jeklene konst. ki je potrebna: jeklo S235	2,00 2,00 1,00	564,30 465,30 356,40	1.128,60 930,60 356,40
c/	Sidla za fiksiranje lesenih nosilcev na strehe iz FE S235. Sidla fi 20, dolž. Cca 30 cm. Oz po navodilih izbranega izvajalca! kom	8,00	123,75	990,00
d/	Čevlji za fiksiranje manjših lesenih nosilcev (stransko) kom	10,00	59,40	594,00
II.	KROVSKO-KLEPARSKA DELA:			
e/	Dobava in vgradnja nosilne trapezne strešne pločevine FI 144/287/1,00 (negativlagaev, kot nosilni element za kritino, položen na nosilne lesene lepljene strešne nosilce, stransko je naleganje na AB vez. Pritrjevanje po navodilu statika Vključno z vsem pomožnim in pritrdilnim materialom, deli in transporti m²	210	27,72	5.821,20
SKUPAJ BREZ DDV				16.632,00
DDV 22 %				3.659,04
SKUPAJ Z DDV				20.291,04

C.	OBRATNIŠKA DELA			
I.	TESARSKA DELA	količina	Cena na enoto	skupaj
1.	Izdelava opaža ravne AB stropne plošče nad jedilnico z opažnimi ploščami s podporami do 4,50 m, vključno z vsemi deli vertikalnimi in horizontalnimi prenosni, opaženjem, razopaženjem, čiščenjem in zlaganjem	197,65m ²	14,72 €	2.909,41 €
2.	Naprava in odstranitev enostranskega opaža robov stropne plošče s prenosom materiala, čiščenjem lesa in vsemi pomožnimi deli - opaž višine do 30 cm.	41,46 m ²	3,00 €	124,38 €
II.	BETONSKA DELA:			
1.	Kompletna izdelava, dobava in vgrajevanje betona C25/30 (MB 30), v armirane konstrukcije, vključno z vsemi pomožnimi deli in transporti do mesta vgrajevanja: AB stropna plošča deb. 30cm	65,03 m ²	87,16 €	5.668,02 €
2.	Dobava, rezanje, krivljenje, vezanje in polaganje armature ter polaganje armaturnih mrež kompletno po armaturnem načrtu, z vsemi pomožnimi deli in prenosni, do mesta vgraditve. Navedena količina je povzeta iz armaturnih načrtov.			
	palice	2458,96 kg	1,08 €	2.655,68 €
	mreže	2293,77 kg	1,11 €	2.546,09 €
SKUPAJ BREZ DDV				13.903,58 €
DDV 22 %				3.058,78 €
SKUPAJ Z DDV				16.962,36 €

Tabela 22: Stroškovna primerjava izvedbe ravne strehe z lesenimi lepljenci in trapezno pločevino z stroškom izvedbe AB Plošče

Vir: Lasten

7.2 H2 – montažna gradnja nosilne konstrukcije je za 50% hitrejša od monolitne

Na podlagi terminskega plana realne izvedbe nosilne konstrukcije iz lesenih lepljencev in trapezne pločevine sem v istem času po vseh normativih in rokih dobave, ter upoštevanju doseganja končne trdnosti betona izdelal tudi terminski plan za izvedbo AB Plošče kot nosilne konstrukcije. Ugotovitev, do katere sem prišel, me je presenetila, ker bi dejansko AB plošča bila končana 10 dni prej, preden smo mi končali izvedbo ravne strehe v dejansko suho montažni izvedbi iz lesenih lepljencev in trapezno pločevino. Glede na dejansko izvedbo nosilne konstrukcije iz lesenih lepljencev in trapezne pločevine, bi časovno izvedli AB Ploščo 20 % prej kot projektirano nosilno konstrukcijo. Kriterij, ki sem ga prepostavil, je bil, da je montažna gradnja nosilne konstrukcije 50% hitrejša od monolitne. Tako tudi drugi kriterij oz. hipoteza ne drži. Spodnje tabele terminskih planov potrjujejo moje ugotovitve.

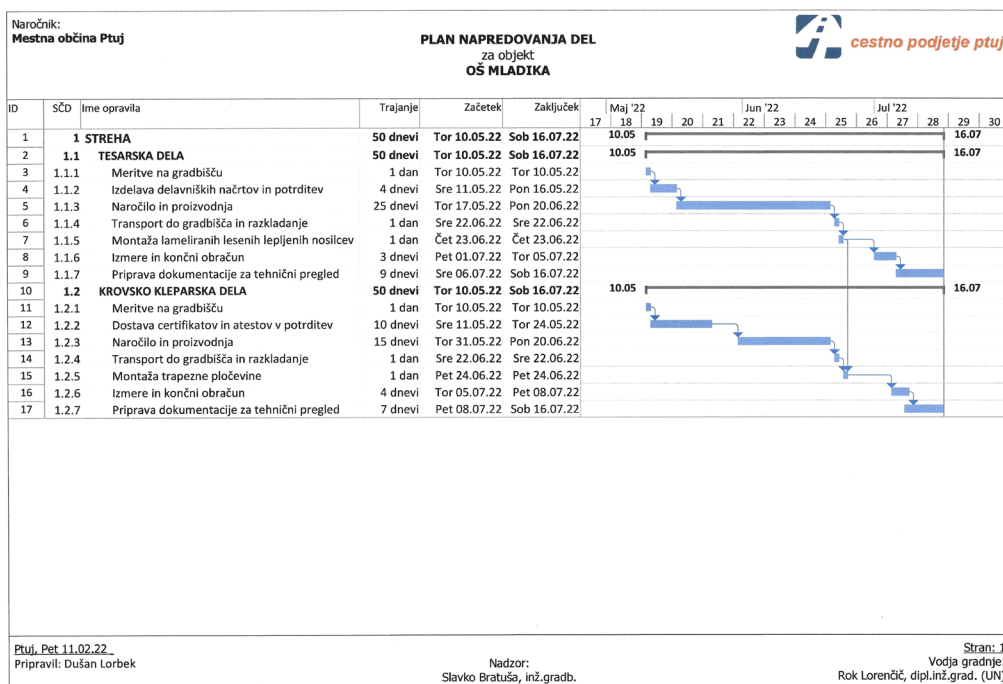
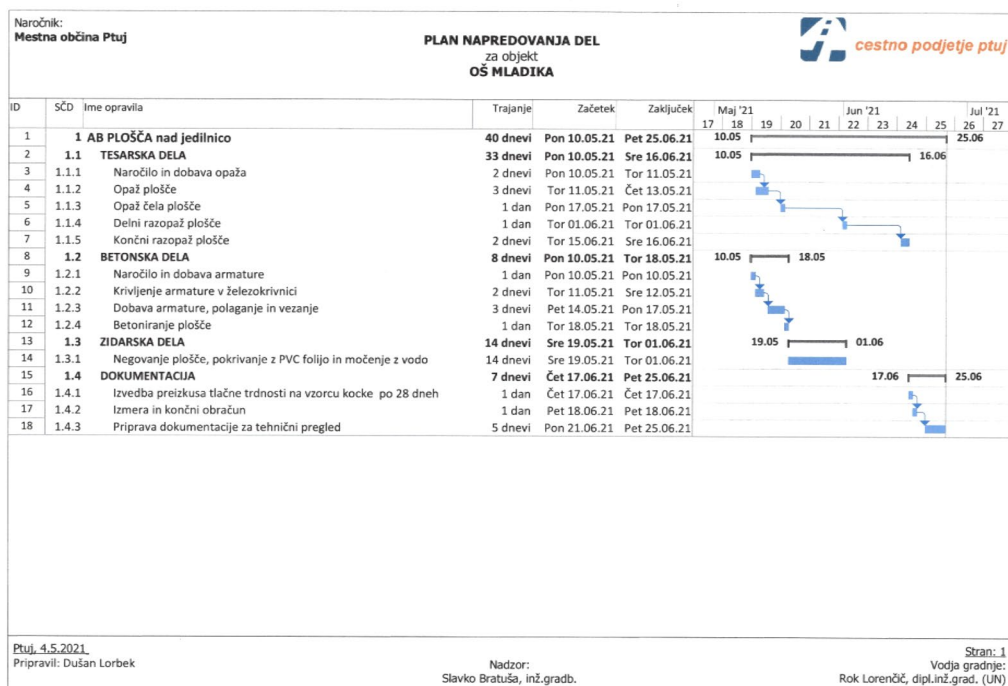


Tabela 23: Časovna primerjava izvedbe ravne strehe z lesenimi lepljenci in trapezno pločevino z časom izvedbe

AB Plošče

Vir: Lasten

7.3 H3 – stroški vzdrževanja montažne nosilne konstrukcije so večji od vzdrževanja monolitne AB nosilne konstrukcije za 10%

Kot vzdrževalna dela v našem primeru mislimo izvedbo opleska le-te. Če predpostavimo, da je cena izvedbe opleska kitane AB plošče enakovredna oplesku kitanega spuščene mavčno kartonskega stropa in lesenih lepljencev, pomeni, da je vzdrževanje nosilne konstrukcije pogojeno s kvadrato. V našem primeru je AB plošče 197,65 m², kar je razvidno iz predračunske postavke C.I.1 za opaž AB plošče. Razvita širina montažnega stropa iz lesenih lepljencev in razvita širina vidnega dela lesenih lepljencev, vidna pa je v tlorisu pritličja in prerezu B-B. Iz teh dveh načrtov izračunamo naslednje:

Širina jedilnice je 8,80m

Polja med lepljenci so širine 2 x 3,95m

$$2 \times 4,85\text{m}$$

$$1 \times 3,26\text{m}$$

to pomeni, da je kvadratura spuščene požarnega mavčno kartonskega stropa med lesenimi lepljenci naslednja:

$$(8,80 \times 3,95 \times 2) + (8,80 \times 4,85 \times 2) + (8,80 \times 3,26) = 69,52 + 85,36 + 28,69 = \underline{183,57 \text{ m}^2}$$

K tej kvadraturi še prištejemo razvito širino vidnega dela lesenega lepljenca, kar pomeni, da je obseg vidnega dela lepljenca 0,74 + 0,2 + 0,74 = 1,68 m in njegova kvadratura 1,68 x 8,80m = 14,78 m², kar pomnožimo s številom lepljencev 4kom.

$$14,78 \text{ m}^2 \times 4 \text{ kom} = \underline{59,14 \text{ m}^2}$$

Končna razvita kvadratura projektiranega montažnega stropa je:

$$183,57\text{m}^2 + 59,14\text{m}^2 = \underline{242,71 \text{ m}^2}$$

Glede na izračunano posamezno kvadrato pridem do naslednje ugotovitve: da je montažnega stropa iz lesenih lepljencev za 45,06 m² več od stropa iz nosilne konstrukcije AB plošče. To pomeni, da je ob predpostavki, da je cena opleska enotna, vzdrževanje stropa iz lesenih lepljencev in trapezne pločevine za 18,56 % dražje od vzdrževanja nosilne konstrukcije izvedene kot klasična AB plošča. Tako predpostavljen kriterij-hipoteza, da je vzdrževanje montažne konstrukcije od AB plošče dražje za samo 10 %, ne drži in je hipoteza ovržena.

7.4 H4 - lesene konstrukcije z vidika etike v gradbeništvu ter pomena trajnosti, najbolj ustrezna

Les kot konstrukcijski material poznamo že stoletja. Les je bil prvi material, katerega je človek uporabljal kot nosilni element in iz lesa izhaja današnji konstrukcijski element nosilec. Skozi stoletja ga je človek nadgrajeval in tako so nastali današnji lepljenci, s katerimi se je lesu povečala nosilnost in trajnost, saj se z izdelavo lepljencev iz lesa odstranil vse, kar zmanjšuje njegovo nosilnost ter kar bi lahko povzročalo njegovo propadanje. Betonu se je kasneje z dodajanjem armature močno povečala nosilnost. Beton je sicer material, ki je sicer sestavljen iz naravnih materialov, (gramoz, cement, voda, železo), vendar so za izdelavo betona v osnovi na razpolago surovine, iz katerih je najprej potrebno izdelati posamezni sestavni del za izdelavo betona. Pri izdelavi tega obremenjujemo okolje predvsem s CO₂. Tukaj govorimo, da je recimo gramoz potrebno presejati ali zmleti, da dobimo ustrezno granulacijo, da dobimo cement je potrebno kamnino žgati, mleti in tako komaj dobimo cement, ki je uporaben za beton. Armaturo je tudi potrebno izdelati iz železove rude. Vsi ti postopki za pridobivanje surovin za izdelavo betona močno obremenjujejo okolje. Z uporabo vsakega kubičnega metra lesa v končnem izračunu prispevamo k znižanju izpusta CO₂ za dve toni. Za primerjavo pa s proizvodnjo železa sprostimo v ozračje 15 ton CO₂. Iz vseh teh zgoraj navedenih razlogov je les trajnostni material, ker z njegovo uporabo dosti manj obremenjujemo okolje. Les je povsem naraven material, je obnovljiv vir, njegova razgradnja ne obremenjuje okolja.

Les pridobivamo iz gozdov, vendar z nekontrolirano sečnjo oz. intenzivnim krčenjem gozdov lahko povzročimo negativen učinek na okolje. S tem povzročamo izumiranje določenih živalskih in rastlinskih vrst, zmanjšuje pa se tudi zemljina sposobnost absorpcije CO₂ in proizvodnje kisika. Da se to nebi dogajalo, obstaja svet skrbnikov gozdov, kateri nadzirajo razvoj ekosistemov, vodovja, živali in dreves. Sečnja v takšnih gozdovih se izvaja na način, da lahko drevo iz preostanka v zemlji na novo zraste. Svet skrbnikov gozdov (FSC – Forest Stewardship Council) je neodvisna neprofitna organizacija, ki dela na tem, da je ravnanje z gozdovi odgovorno. Razvili so tudi certifikat, s katerim se dokazuje, da je nek določen kos lesa pridobljen iz trajnostnega gozda. Trend montažne gradnje, kjer je nosilna konstrukcija iz lesa, je v porastu. Z vidika etike v gradbeništvu je takšna konstrukcija najbolj etična oz. načelna, zaradi varčevanja z energijo tako pri pridobivanju konstrukcijskih surovin, med samo gradnjo in kasneje pri uporabi objekta. To nas privede do tega, da je les za gradnjo

nizkoenergijskih objektov vedno bolj uporabljen kot konstrukcijski element. S tem postaja les trajnostni material. Vendar je beton, kateri je izdelan iz agregata, kateri vsebuje v celoti agregat iz recikliranega betona tudi trajnostni material in ima možnost ponovne uporabe. A kljub temu beton ne zadostuje načelom etičnosti v gradbeništvu, ker z njegovo vgradnjo ne moremo zagotoviti energijski zahtev pri nizkoenergijski in ničelno energijski gradnji, katerim pa les kot popolnoma naravni material brez težav zadostuje. (Priročnik DOM za družine, 2022)

8 SKLEP

Skozi diplomsko delo sem poskušal čimbolj nazorno prikazati časovno in stroškovno upravičenost uporabe montažne konstrukcije glede na klasično AB gradnjo. Izvedel sem tudi primerjavo glede vzdrževanja ter na koncu, katera od nosilnih konstrukcije je bolj etična in posledično skrbi za bolj trajnostno gradnjo. Za vodenje skozi raziskavo sem si pomagal z zastavljenimi hipotezami, katere so:

- H1 nosilna konstrukcija iz lesenih lepljencev in trapezna pločevina je 30 % cenejša od AB nosilne konstrukcije;
- H2 montažna gradnja nosilne konstrukcije je za 50 % hitrejša od monolitne;
- H3 stroški vzdrževanja montažne nosilne konstrukcije so večji od vzdrževanja monolitne AB nosilne konstrukcije za 10 %;
- H4 lesena konstrukcija je z vidika etike v gradbeništvu ter pomena trajnosti, najbolj ustrezna.

Prvi cilj, katerega sem želel dokazati, mi je predstavljal izziv. Cilj je bil dokazati, da je montažna gradnja za tretjino cenejša od klasične gradnje. Najprej sem izvedel statični izračun za AB ploščo in tako prišel do potrebnih količin. Na podlagi dobljenih količin sem pripravil ponudbeni predračun. Cene za posamezne postavke sem povzel iz pogodbenega predračuna ter ga primerjal s ponudbenim predračunom izvedbe montažne nosilne konstrukcije iz lesenih lepljencev. Ko sem izvedel primerjavo, me je dobljen rezultat presenetil. Pokazalo se je, da bi klasična monolitna gradnja nosilne konstrukcije v našem primeru bila za cca 16 % cenejša od montažne nosilne konstrukcije. Rezultat me je presenetil predvsem iz razloga, ker je montažna gradnja hitrejša in sem predvideval, da bo zaradi tega prihranek pri izvedbi montažne nosilne konstrukcije večji, kot pa se je v resnici izkazalo. Da pa je rezultat takšen

kot je, pa je poskrbelo ta, da je cena dobave in montaže lesa oz. lesnih lepljencev in trapezne pločevine cenovno dražja od dobave betona in armature, katera sta osnova za izvedbo monolitne gradnje. Tako da porabljen čas izvedbe opaža, polaganja in vezanja armature in na koncu dobava in vgradnja betona izniči oz. je premajhna razlika, da bi bila montažna gradnja cenejša.

Pri izvedbi projekta sem sodeloval osebno v vlogi delovodje in največji izziv je bil doseči zastavljeni rok dokončanja del. Sama gradnja se je navezovala z gradbenimi preboji in navezavo strojnih ter el. inštalacij na obstoječi del objekta. Poseg v ta del je bil možen samo v času poletnih počitnic, tako da je izvedba objekta bila omejena od zadnjega šolskega pa do prvega šolskega dne, kateri je 1. septembra. Vse aktivnosti glede jedilnice smo morali izvesti v roku nekaj več kot dveh mesecev. Kot izvajalec smo bili prepričani, da nam bo to uspelo predvsem zaradi izvedbe ravne strehe na način montažne gradnje. V projektni dokumentaciji je bila izvedba nosilne konstrukcije projektirana iz lesenih lepljencev in trapezna pločevine, kar je max. pospešilo gradnjo. Vendar je primerjava z izvedbo AB plošče za enak objekt pokazala popolnoma drugačno sliko. Terminski plan oz. dejanski čas gradnje montažne nosilne konstrukcije sem primerjal z izdelanim, terminski planom upoštevajoč vse normative izvedbe AB plošče. Ugotovitve so me šokirale, ker je bila moja predpostavka in miselnost, da je montažna gradnja hitrejša, popolnoma napačna. Raziskava je pokazala, da če je vse idealno in vsi roki dobave zagotovljeni je monolitna nosilna konstrukcija, v našem primeru AB plošča, hitrejša od montažne gradnje. Kadar govorimo o času gradnje, kljub predpostavki da je montažna gradnja, ko je zmontirana že popolnoma nosilna in takoj uporabna, pri izvedbi AB plošče pa moramo ko, AB ploščo zabetoniramo od dneva betonaže upoštevati 28 dni za doseganje končne trdnosti betona in šele takrat lahko začnemo konstrukcijo uporabljati v polni meri ter nadaljevati z obremenitvami (izvedba sestave ravne strehe, izvedba spušenega stropa, montaža el. in strojnih inštalacij vezanih neposredno na konstrukcijo).

Vsak objekt in njegovi elementi, konstrukcijski ali nekonstrukcijski, potrebujejo vzdrževanje. Tako tudi potrebuje vzdrževanje nosilna konstrukcija ravne zelene strehe. Kot vzdrževanje sem upošteval, da se na konstrukciji vsake toliko časa izvede oplesk, kateri ščiti samo konstrukcijo pred propadanjem. Kot strošek omenjenega problema sem vzel ceno opleska na m² iz pogodbenega predračuna in predpostavil, da je cenovno enako, če izvajaš oplesk mavčnega stropa in lesenih lepljencev ali pa izvajaš opleska AB plošče. Ker je zaradi vidnih spušenih lesenih lepljencev pri montažni izvedbi posledično razvita širina stropa, katerega je

potrebno opleskati več m², je tudi vzdrževanje dražje. Ugotovitev je pokazala, da je za 20 % vzdrževanje montažne gradnje dražje od vzdrževanja AB plošče.

Kot zadnje sem želel dokazati, da je les uporabljen za izvedbo nosilne konstrukcije bolj etičen in trajnosten material kot beton. Kot bodoči inženir gradbeništva se zavedam, da bodo moje odločitve večkrat pomembne in dolgoročne za okolje in ljudi in da se s tem zavezujem etičnosti. Poklicana etika v gradbeništvu nas kot bodoče inženirje gradbeništva zavezuje, da vedno skrbimo za obveznosti javnega interesa, za obveznosti do naročnika, obveznosti do inženirske zbornice, skrb za disciplinske kršitve in disciplinske sankcije. Na podlagi teh etičnih načel moramo tudi skrbeti, da spodbujamo in skrbimo za čimbolj trajnostno gradnjo. Trajnostno gradnjo najlažje uveljavljaš z uporabo naravnih materialov ter materialov, kateri imajo čim manjši vpliv na okolje že pri pridobivanju, nato pri gradnji z njimi, prav tako pri uporabi in kasneje pri reciklaži oz. z odstranitvijo tega materiala iz okolja. Zato je v našem primeru montažna nosilna konstrukcija iz lesa bolj trajnostna kot betona. Z uporabo lesa pri gradnji zadovoljimo vsem zahtevam etičnosti in trajnosti gradnje. Tako sem potrdil zastavljeno hipotezo in z njo dokazal, da je uporaba lesa etična in trajnostna glede na uporabo betona.

9 VIRI, LITERATURA

10 BIBLIOGRAFIJA

- Academia. (18. december 2015). *Gostujoče predavanje sodelavcev časopisa Večer*. Pridobljeno iz Academia Novice: <http://academia.si/novice/gostujoce-predavanje-sodelavcev-casopisa-vecer/>
- Bučar, F. (2012). *Rojstvo države*. Ljubljana: Didakta.
- Cosummit Construction. (28. avgust 2022). Pridobljeno iz <https://slv.cosummitconstruction.com/ethics-construction-30954>
- Davorin Žitnik, d. S. (2012). *GRADBENIŠKI PRIROČNIK Peta, dopolnjena izdaja*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije d.d.
- EkoGLOBAL.net. (7. avgust 2022). Pridobljeno iz <https://ekoglobal.net/kako-trajnosten-je-les-v-resnici/>
- Gillmanbuilders. (7. Marec 2022). Pridobljeno iz <https://slv.gillmanbuilders.com/monolitnyj-zh-b>
- Gradimo.com. (9. Januar 2022). Pridobljeno iz <http://www.gradimo.com/gradnja/gradbeni-materiali/ostresja/gradbeni-les>
- INPOS. (20. Februar 2022). Pridobljeno iz <https://www.inpos.eu/gradbeni-profil-betonsko-zelezo-in-armaturne-mreze>
- Jože Resnik, S. B. (1995). *Visokofrekvenčno segrevanje in lepljenje lesa*. Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, 1995.
- Lepljen les. (2022. Januar 2022). Pridobljeno iz http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/KMLK/Drago/PNKSI/PNKSI_2017_2018/Lepljen%20les%20-%20teorija_DS.pdf
- Miroslav Premrov, P. D. (2008). *LESENE KONSTRUKCIJE*. Fakulteta za gradbeništvo.
- Norik. (25. Januar 2022). Pridobljeno iz <https://www.norik.si/files/arcelor-trapezna-plocevina-2019.pdf>

- Peruzzi, S. (1956). *Armiran beton: Tabele in slike*. Ljubljana: Državna založba Slovenije.
- Priročnik DOM za družine*. (8. julij 2022). Pridobljeno iz <https://prirocnikdom.si/lesena-gradnja-izbor-lesa-vzdrzevanje-pravilna-vgradnja/>
- Radosavljević, Ž. (1990). *ARMIRAN BETON; Knjiga 1, Šesto izdanje*. Beograd: Novi dani.
- Ramšak, J. (2018). *Gradbene konstrukcije*. Ptuj: TMD Invest d.o.o.
- Resnik, J. (1997). *Lepila in lepljenje lesa*. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, oddelek za lesarstvo.
- Slovenije, G. i. (1973). *GNG: Gradbene norme GIPOSS*. Gradbena industrijska poslovna skupnost Slovenije.
- Vladimir Stegne, B. B. (2015). *Uporabimo les*. Ljubljana: ČZD Kmečki glas.
- Zduženje za beton Slovenije - ZBS*. (16-20. oktober 2016). Pridobljeno iz <https://www.zabeton.si/search/?p=6&s=coti%C4%87>
- Žarnić, R. (2003). *LASTNOSTI GRADIV*. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za preskušanje materialov in konstrukcij.

11 PRILOGE

Priloga 1: Izvedba nosilne konstrukcije ravne zelene strehe na prizidku jedilnice OŠ Mladika Ptuj



Priloga 2: Betoniranje armirano betonske plošče



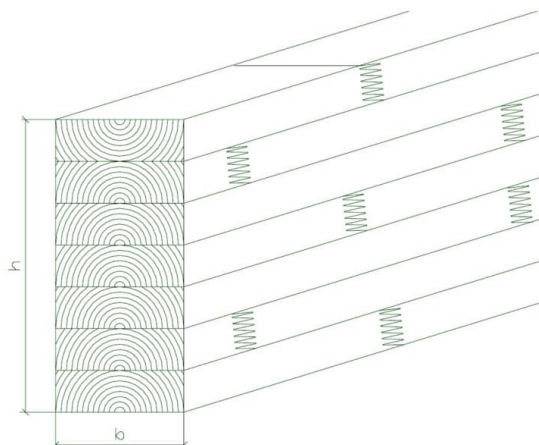
Priloga 3: Leseni lamelirani lepljenec na prizidku jedilnice OŠ Mladika Ptuj



Priloga 4: Nanašalnik lepila GMC-ročni



Priloga 5: Najpogosteje uporabljen prerez lesenega lepljenega nosilca – pravokotni



Priloga 6: Ostrešje hleva za pitance izdelano iz lesenih lameliranih lepljencev – Bodonci 2021



Priloga 7: Katalog nosilne trapezne pločevine dobavitelja NORIK

Nosilne pločevine				
Opis proizvoda	Dimenzije	Debelina pločevine (mm)	Teža (kg/m ²)	Najveća dužina (m)
85/280 		0,75	0,0789	22,00
		0,88	0,0925	
		1,00	0,1051	
		1,25	0,1314	
96/250 		0,75	0,0883	22,00
		0,88	0,1036	
		1,00	0,1178	
		1,25	0,1472	
135/310 		0,75	0,0950	22,00
		0,88	0,1114	
		1,00	0,1266	
		1,13	0,1425	
150/280 		0,75	0,1051	22,00
		0,88	0,1234	
		1,00	0,1402	
		1,13	0,1584	
160/250 		0,75	0,1178	22,00
		0,88	0,1382	
		1,00	0,1570	
		1,13	0,1767	
200/420 		0,75	0,1051	24,00
		0,88	0,1234	
		1,00	0,1402	
		1,13	0,1584	
		1,25	0,1752	
		1,50	0,2103	

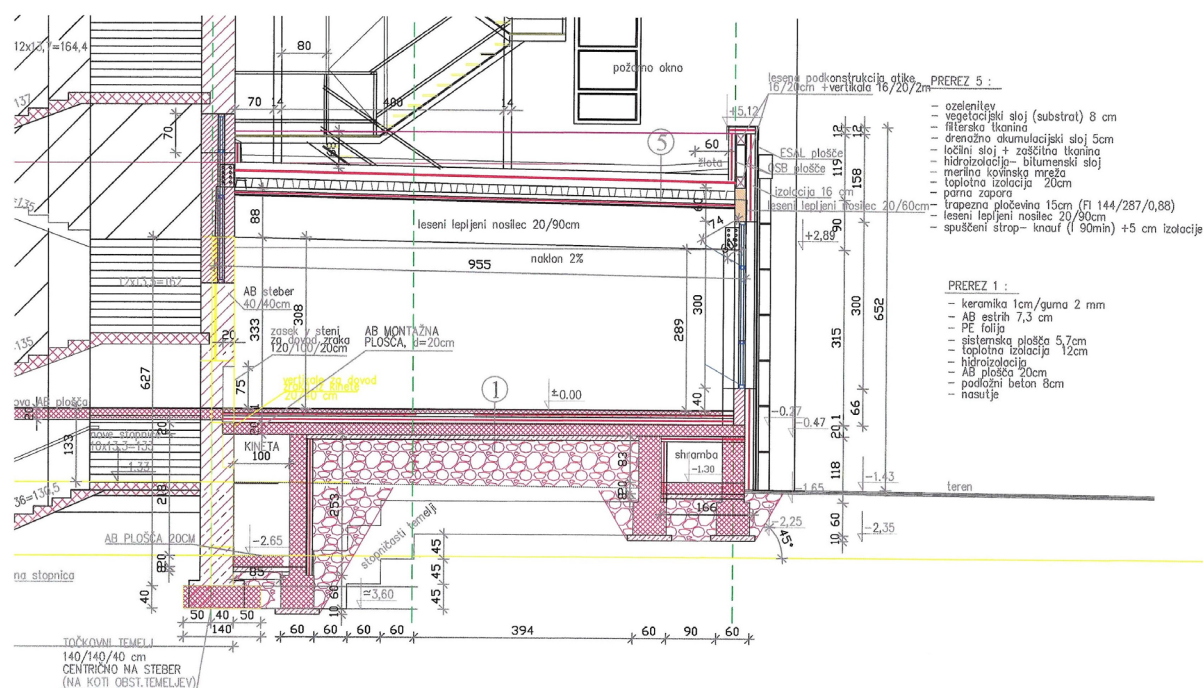
Legenda:

- dobavlivo zaobljeno ali bombirano
- dobavlivo kot akustični perforirani profil
- dobavlivo kot svetlobne plošče
- dobavlivo s protikondenznim filcom
- dobavlivo z akustičnim filcom
- proizvodnja v Nemčiji
- proizvodnja v Belgiji
- proizvodnja na Poljskem
- proizvodnja v Franciji

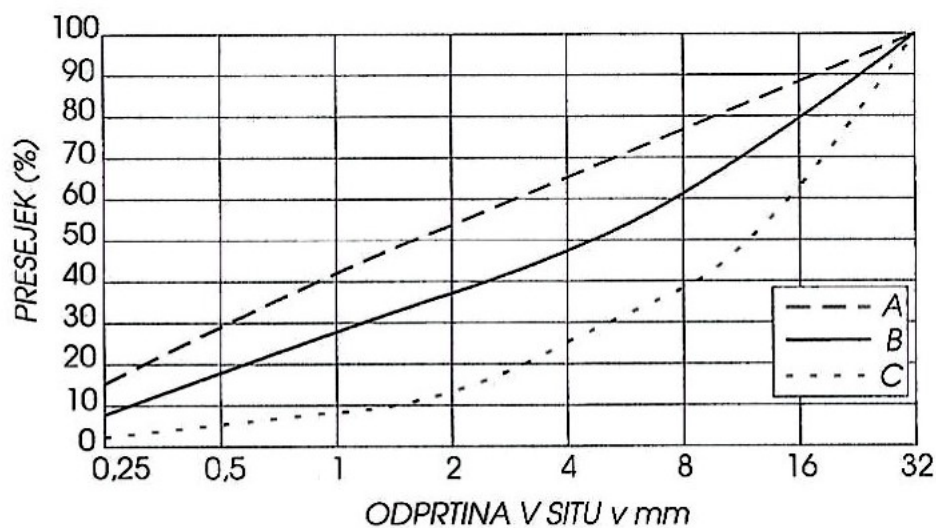
Priloga 8 Najpogosteje uporabljeni statični sistemi lepljenih lesenih nosilcev za velike razpetine

Statični sistem	Označba	Dovoljeni naklon v stopinjah	Običajna razpetina L v m	Višina elementa h
1	prostoležeči	0	10–30	$h \sim L/17$
2	kontinuirani	0	10–25	$h \sim L/20$
3	sedlasti – prostoležeči (spodnji rob je lahko raven)	3–15	10–30	$h_1 \sim L/16$ $h_2 \sim L/30$
4	mrežasti – palični	0	30–60	$h \sim L/13$ $- L/10$
5	konzolni	0–10	5–15	$h \sim L/10$
6	lomljeni nosilec (opornik ali natezna vez)	12	15–50	$h \sim S/20$ $- S/18$
7	2- ali 3-členski lok (opornik ali natezna vez)	$f = 0, 135 L$	20–100	$h \sim L/50$

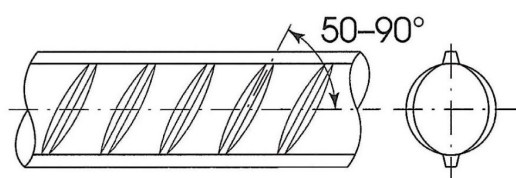
Priloga 9: Prečni prerez jedilnice iz PZI projekta



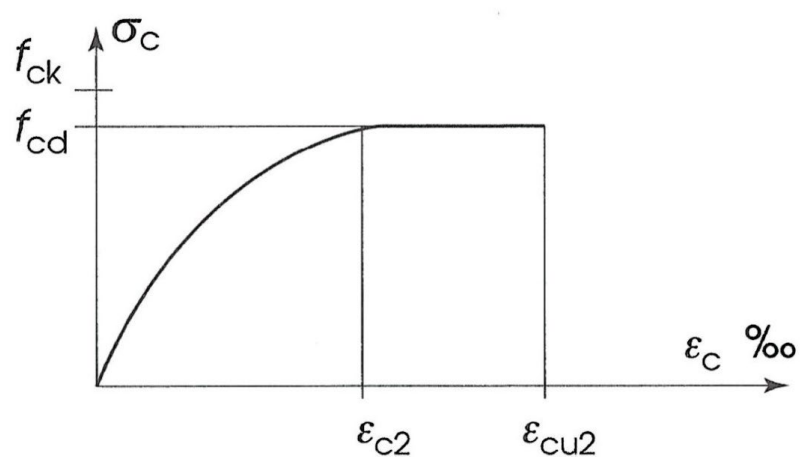
Priloga 10: Sejalna krivulja idealne mešanice agregata za $D_{max}=32mm$



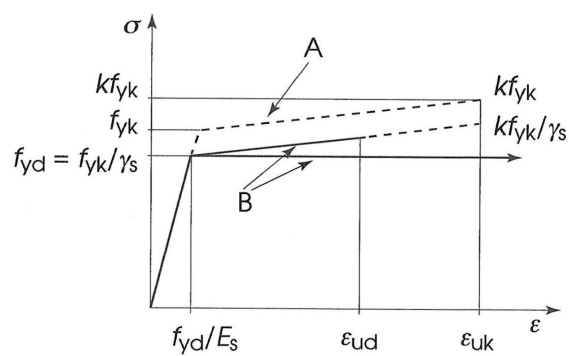
Priloga 11: Pogled in prerez palice rebraste armature in vez rebrastih armaturnih palic



Priloga 12: Delovni diagram betona



Priloga 13: Delovni diagram jekla



$$k = (f_t/f_y)_k$$

A – idealizirani diagram
B – diagram za dimensioniranje

Priloga 14: Pogled na objekt OŠ Mladika pred izgradnjo prizidka jedilnice



Priloga 15: Pogled na objekt OŠ Mladika po izgradnji prizidka jedilnice

