

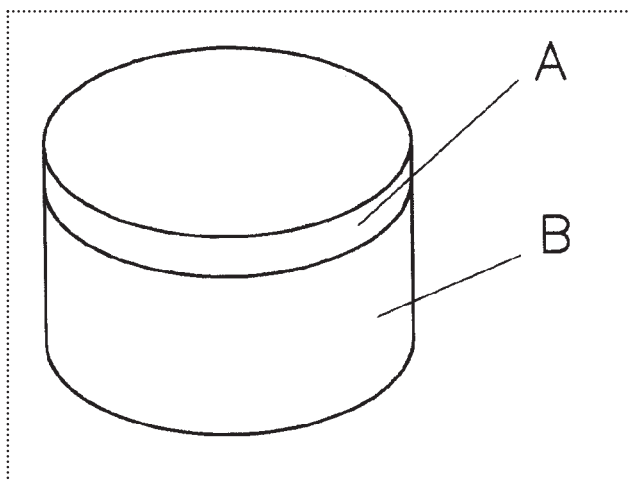
# ZNANJE *za prakso*

## Diamantno orodje v lesni industriji

### Uvod

Orodje, oploščeno s ploščicami PKD (polikristalnega diamanta; ISO - DP) so začeli uporabljati v proizvodnji orodja za lesno industrijo pred 15 in več leti. Sprva so orodje izdelovala samo specializirana podjetja, ki so proizvajala samo tovrstno orodje. Relativno naglo pa so se v proizvodnjo DIA - orodja vključili skoraj vsi znani svetovni proizvajalci orodja in drugih materialov za lesno industrijo. Razumljivo je, da so sprva uporabljali DIA - orodje le v nekaterih podjetjih, ki so imela na voljo ustrezne stroje, na katerih lahko to orodje uporabljamo, in tista podjetja, ki so obdelovala materiale, ki jih z drugačnimi vrstami orodja ne moremo obdelovati ali pa jih zelo težko obdelujemo.

DIA orodje zahteva pri uporabi posebno obravnavo, ki bi zadovoljila vsa podjetja. V minulem obdobju se je to orodje neprestano razvijalo. Povečala se je tudi poraba in so v mnogih obratih začeli uporabljati to orodje, ki ga prej niso. Prav gotovo se bo to orodje razvijalo naprej, s čimer bo seveda porasla tudi poraba. Zato naj ta prispevek poleg osnovnih informacij o PKD (DP) - o konstrukciji in lastnostih - prikaže nekatere pojme o uporabi orodja in razmere, v katerih ga uporabljamo. Da bi DIA orodje lahko s pridom uporabljali v lesni industriji, moramo upoštevati nekatere pogoje, ki jih bomo v članku skušali pojasniti.



Slika 1. Shematski prikaz ploščic PKD ; ISO = DP (polikristalnega diamanta)  
A - PKD (DP) - polikristalinski diamant, B - HW - karbidna trdina

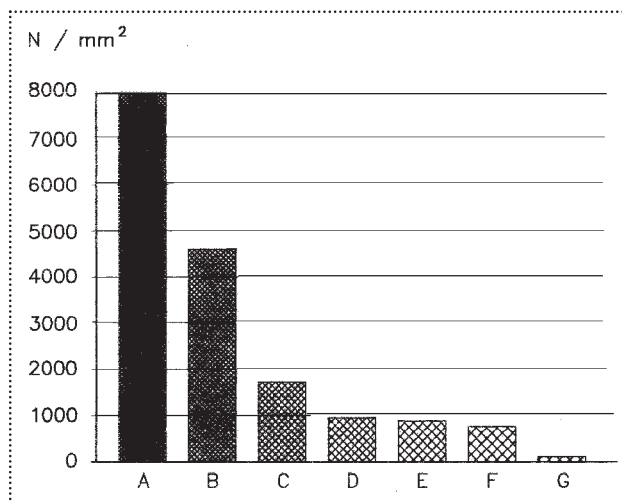
### 1. Ploščice PKD (polikristalnega diamanta)

Za proizvodnjo DIA orodja uporabljamo ploščice polikristalnega diamanta PKD, ki jih izdelujemo pri zelo visokem pritisku in ekstremno visokih temperaturah. Pri tem zrnca PKD sintramo na ploščice s karbidno trdino v slojih, debelih 0,5 do 0,7 mm (slika 1). Kobalt, ki se izloča iz karbidne trdine veže diamantna zrnca s ploščico iz karbidne trdine. Načelno jih izdelujemo v obliki valjev (tablet) ali delov valjev. Rezultat je izredno trd material, ki je zelo odporen proti obrabi. Na sliki 2 je predstavljen Knoopov diagram trdote različnih materialov, ki se uporabljajo za izdelavo rezil. Iz njega lepo vidimo, koliko trši je polikristalinski diamant (oz. PKD ploščica) od vseh drugih materialov. Zaradi boljšega razumevanja so v preglednici 1 prikazane fizikalne lastnosti različnih trdih materialov, ki se uporabljajo za proizvodnjo rezil za obdelavo lesa in drugih materialov v lesni industriji.

Zrnca izdelujejo v več velikostih. V preglednici 2 so prikazane tri, ki jih najpogosteje uporabljajo.

Preglednica 1. Fizikalne lastnosti nekaterih trdih materialov

Trdi material	Gostota (g/cm <sup>3</sup> )	Knoopova trdota (N/mm <sup>2</sup> )	Utripna dinamična trdnost B (N/mm <sup>2</sup> )	Faktor obrabe -krat
1. Karbidna trdina K 05 do K 10	14 do 15	16.000 do 17.000	1.700 do 1.800	2
2. PKD	3,5 do 4,2	50.000	390 do 460	250
3. Aluminijev oksid (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3,9 do 4,0	22.000 do 25.000	300 do 500	180



Slika 2. Knoopov diagram trdote - A) PKD (DP), B) borazon (kubični borovni nitrid), C) TM K20, D) HJ (hitrorezno jeklo), E) stelit, F) HCR - 65, G) HRB - 65

Preglednica 2. Velikosti zrn PKD

Mikron	Srednja velikost	Oznaka finosti zrnca ( m )
002	2	ekstra fino
010	10	fino
025	25	normalno (standardno)

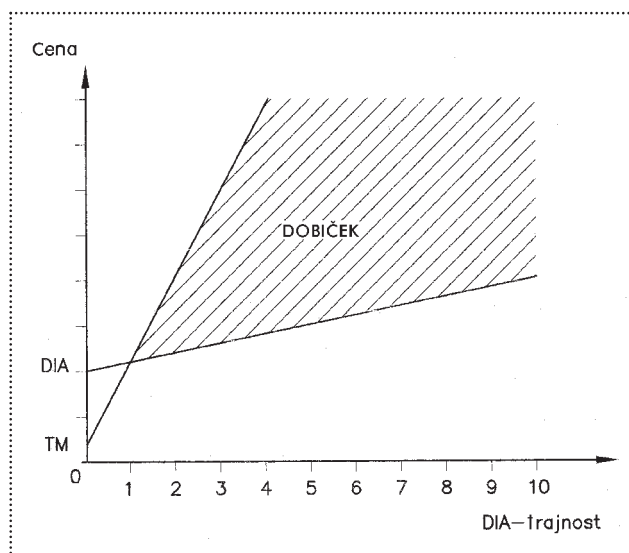
## 2. Lastnosti in karakteristike DIA orodja

Običajno izdelujejo rezkarje za nadmizni rezkalni stroj v oploščeni izvedbi, diskaste rezkarje prav tako v oploščeni izvedbi te glave. Diamant oz. PKD, ki se uporablja za oploščanje rezkarjev za obdelavo lesa in podobnih materialov, sodi, kot že omenjeno, med najtrše materiale na svetu. Primerjava fizikalnih lastnosti te trdote po Knoopu, kar prikazuje preglednica 1 na sliki 3, jasno kaže, oz. pojasnjuje veliko trajnost diamanta v primerjavi z drugimi običajnimi materiali, ki se uporabljajo za izdelavo orodja za obdelavo lesa in podobnih materialov. Podrobnejša pojasnila o konstrukciji orodja, oploščena s ploščicami PKD, bodo predmet obravnave v drugem delu tega prispevka. Tu bi omenili le nekatera dejstva, povezana s kvaliteto DIA orodja, dejstva, ki izhajajo iz prej navedenih lastnosti PKD ploščic.

Med drugim lahko za DIA orodje navedemo naslednje prednosti glede na druge materiale, posebno na ploščice iz karbidnih trdin; to so:

- \* 125 - kratna večja odpornost proti obrabi,
- \* dvakratna odpornost na pritisk,
- \* 5 - krat večja prevodnost toplote,
- \* 300 - krat višji faktor odpornosti proti obrabi,
- \* več kot štirikrat višja trdota.

Glede na velike razlike v odpornosti diamanta oziroma otopelosti lahko prikažemo ekonomičnost DIA orodja z dobičkom, ki ga lahko pričakujemo v primerjavi z orodjem s karbidno trdino (slika 3).



Slika 3. Diagram ekonomičnosti oz. dobička pri uporabi PKD ploščic

## 3. Material, ki ga obdelujemo

Pri odločitvi o nabavi DIA orodja namesto orodja, oploščena s karbidno trdino, ima odločilno vlogo ekonomičnost in ne nabavna cena orodja. Čeprav je DIA orodje večkratno dražje od orodja, oploščena s karbidno trdino, je vseeno bolj ekonomično. Ekonomičnost se pokaže v ogromni razliki v količini obdelanih elementov oziroma tekočih metrov, ki smo jih obdelali s tem orodjem, v primerjavi z orodjem, ki je oploščeno s karbidno trdino.

To pomeni, da je DIA orodje brez ozira na svojo nabavno ceno, ceno stroja in opreme bolj ekonomično zaradi daljše trajnosti rezila, oziroma zaradi manj ostrenja. Tipični primer uporabe DIA orodja je obdelava materiala, ki močno otopi orodje. Med take materiale sodijo epoksidna smola, umetni materiali GFK (materiali, ki so ojačani s steklenimi vlakni) ipd. Omenjeni materiali se uporabljajo za izdelovanje športnih naprav in opreme, laboratorijske opreme in za mnoge druge namene.

### 3.1. Dizajn in materiali za pohištvo

Kupci pohištva imajo radi proizvode, pri katerih uporabljamo dodatno profiliranje. Pri formatni obdelavi omenjenih materialov z drobilniki, predrezniki in za finejše polutorjenje je priporočljiva uporaba orodja s ploščicami PKD. Razen ekonomičnosti ima to orodje tudi prednosti v zvezi s kvaliteto. Obdelani oz. odrezani materiali imajo zelo dobre robove brez poškodb in neravnin. Rezkanji profili so zelo natančni, saj orodje ne otopi in tako omogoča izdelavo profilov, ki se po obliki in dimenzijah ne razlikuje od originala. Del omenjenih prednosti sicer lahko dosežemo tudi z orodjem, oploščena s karbidnimi trdinami, zato v večini primerov pri oceni kvaliteti pride v poštev ekonomičnost.

### 3.2. Sodobni koncept strojev

#### 3.2.1. Verižne naprave

Da bi varčevali pri ploščicah oz. da bi pospešili pretok materiala, so uvedeni verižni sistemi. Le-ti pri več strojih, nameščenih drug za drugim, pogojujejo delitev časa. Ker se pogosto v veliki meri ločijo časi menjave orodja pri posameznih strojih v verigi, se morajo ustaviti vsi stroji. Najmanj ugodno je to tedaj, kadar moramo menjati orodje med delovnim časom. Tako se v veliki meri zmanjšujejo kapacitete celotnega sistema. Da bi izboljšali omenjeno stanje, uvajamo delo v izmenah, nadurno delo ali pa nabavimo nov stroj oz. napravo. V teh primerih je uporaba DIA orodja zelo zanimiva, ne glede na to, da je nabavna cena orodja, oploščena s karbidnimi trdinami, neprimerno nižja. To ugotovitev uporabljamo vselej, kadar primerjamo nabavne cene DIA orodja s cenami standardnega orodja, oploščena s karbidno trdino.

### 3.3. CNC nadmizni rezkalni stroj

V zadnjih nekaj letih so se zelo razvili CNC nadmizni rezkalni stroji, ki so zelo produktivni in je zato potrebno

kvalitetno, visokovredno orodje. Ker imajo osi teh strojev zelo visoko število vrtljajev, lahko uporabljamo rezkarje z majhnim številom zob (1 ali 2). Zaradi tega so DIA rezkarji za nadmizni rezkalni stroj ugodnejši glede na ceno in se relativno hitro amortizirajo med uporabo.

#### 4. Pogoji uporabe DIA orodja glede na stroje

Načelno je DIA orodje priporočljivo za obdelavo na stacionarnih strojih. Velika občutljivost DIA orodja za udarce postavlja preden večje zahteve. Zato od strojev, na katerih želimo uporabiti DIA orodje, zahtevamo veliko natančnost, predvsem, da se orodje vrti brez vibracij. Prav tako mora biti vodenje obdelovanca natančno. Če teh pogojev ni, od DIA orodja ne moremo pričakovati optimalnih rezultatov. Na hobi strojih in na premičnih strojih DIA orodja ne moremo uporabljati.

#### 5. Metode obdelav, pri katerih lahko uporabljamo DIA orodje

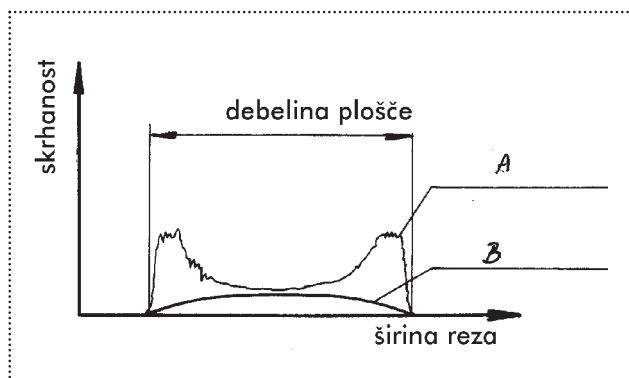
Načelno lahko DIA orodje uporabljamo pri vseh metodah, ki jih uporabljamo pri obdelavi lesa in podobnih materialov. Vendar je smotno, da opravimo od primera do primera preizkuse glede na obdelovani material, stroj in vrsto obdelave. Šele na osnovi objektivnega preizkusa lahko zanesljivo ugotovimo ekonomičnost uporabe DIA orodja za vsako konkretno vrsto obdelave. Pri tem je zelo važno, da izberemo za konkretni tehnološki postopek najugodnejše orodje v dogovoru s proizvajalcem DIA orodja.

#### 6. Področje uporabe DIA orodja

Načelno je tu pomembna tale ugotovitev: kolikor je krajša trajnost orodja, oploščenega s ploščicami iz karbidne trdine, toliko večja je trajnost DIA orodja. To potrjuje tudi slika 4.

##### 6.1. Umetne mase

Uporaba DIA orodja je priporočljiva za obdelavo materialov, ki močno vplivajo na otopitev orodja, npr. materialov, ki so ojačani s steklenimi vlakni (GFK), epoksidne smole in podobni materiali, ki jih z orodjem, oploščenim s karbidnimi trdinami, obdelujemo neekonomično ali pa zelo težko.



Slika 4. Primerjava trajnosti ploščic iz karbidne trdine in PKD med dvema ostrenjema:  
A - zamenljiva ploščica iz karbidne trdine K01 po obdelavi 500 m,  
B - rob rezila PKD (več vrst zob) po obdelavi 20.000 m obdelovancev.

#### 6.2. Oploščeni (obloženi) materiali

Danes so v uporabi posebni materiali za oblepljanje standardnih lesenih plošč. Folije za oblepljanje pogosto močno vplivajo na otopelost orodja. Omenjene materiale pa vse bolj uporabljamo v različne industrijske namene. S klasičnim orodjem, oploščenim s karbidno trdino, težko dosežemo optimalno končno obdelavo; z uporabo DIA orodja pa jo dosežemo brez kakršnih koli problemov.

#### 6.3. Masivni les

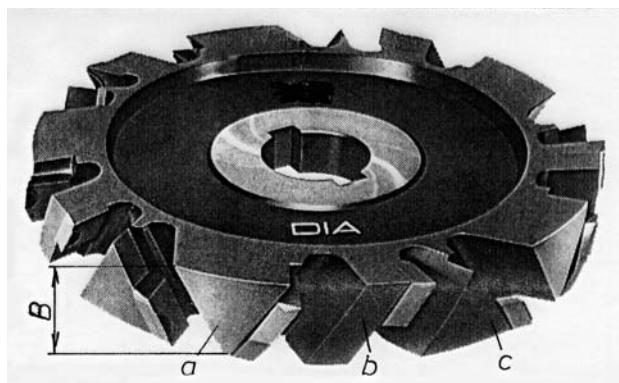
Ekonomičnost DIA orodja merimo z velikim številom obdelanih profilov, ki so skoraj identični, tj. nimajo niti najmanjših znakov spremembe oblike in dimenzij profila; teh sprememb ne zaznamo tudi po 100.000 obdelanih elementih. Masivni les uporabljamo v serijski proizvodnji npr. igrač ali športnih rekvizitov. Pri orodju uporabljamo novo, ustrezno geometrijo rezil.

#### 7. Vrste konstrukcij DIA orodja

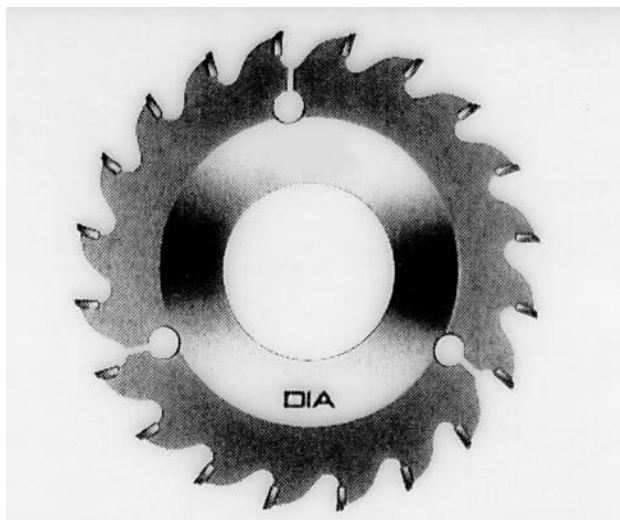
Ploščic PKD (polikristalinskega diamanta) ne moremo proizvajati v vseh mogočih oblikah in velikostih, kot je to pri ploščicah s karbidno trdino; zato moramo DIA orodje temu prilagoditi. To ima za posledico, da moramo orodje, ki bi moralo imeti ploščice 10 mm, razporediti na več zob (slika 5). Delitev enega roba rezila na več posameznih segmentov prinaša velike prednosti, to je deljeno obdelavo istega segmenta in možnost, da posamezna rezila postavimo z različnimi osnimi koti. To je zelo ugodno pri obdelavi "sendvič" materialov, ki različno vplivajo na rezilo. Na ta način dosežemo optimalne rezultate pri žaganju, kar se predvsem nanaša na obdelavo robov, ki so brez razpok in neravnin. V glavnem proizvajalci DIA orodja nudijo dve različni konstrukciji DIA orodja, in sicer rezkarje s pritrjenimi ploščicami in glave.

##### 7.1. Izvedba glav s pritrjenimi ploščicami

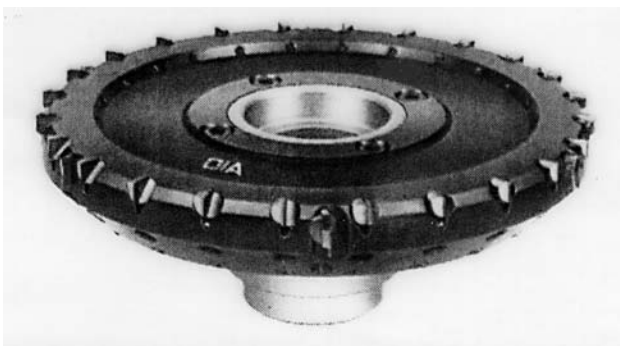
Pri tej vrsti orodja so ploščice PKD pritrjene na rezkarje z lepilom. V to vrsto izvedbe sodijo rezkarji za nadmizni rezkalni stroj (slika 6), krožni žagini listi (slika 7), drobilniki (slika 8), utorni rezkarji in nastavljivi utorni rezkarji (slika 9) pa tudi skobeljne glave (slika 10) in rezkalne profilne glave.



Slika 5. Obdelava določene površine z rezili različnih namenskih geometrij.  
B - širina rezkarja je razporejena na tri zobe a, b in c.



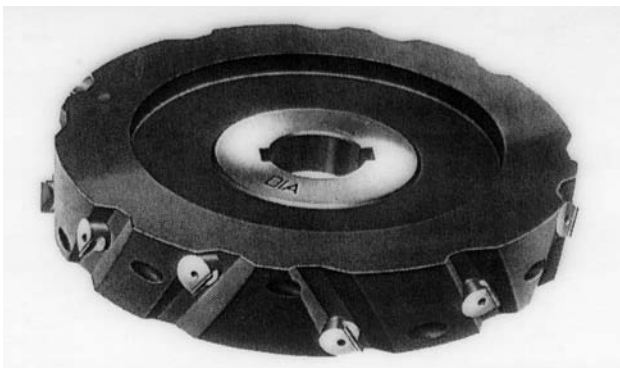
Slika 7. Krožni žagin list s PKD ploščicami



Slika 8. Drobilnik s PKD ploščicami



Slika 9. Nastavljivi utorni rezkar s PKD ploščicami



Slika 10. Rezkalna glava za spahovanje s PKD ploščicami

## 7.2. Izvedba glave

Vse druge tipe orodja, kot so profilni rezkarji, rezkarji za poravnavanje in drobilniki, v glavnem proizvajajo v obliki glave z zamenljivimi noži. Pri tej izvedbi ploščice lepimo na standardne nožičke, ki jih kasneje vstavimo v glavo (slika 10). S to izvedbo še izboljšamo ekonomičnost uporabe DIA orodja. Stopenjski pomik zagotavlja konstanten premer. Prednosti tega orodja oz. sistema so v tem, da lahko poškodbe posameznih elementov rezila parcialno odpravimo, ne da bi bilo potrebno ostrenje celotnega orodja.

## 7.3. Velikosti ploščic PKD in področja za naknadno ostrenje

DIA orodje načelno ostrimo na prosti površini, zato je področje za naknadno ostrenje odvisno od dveh činiteljev; to sta:

- velikost PKD ploščic za oploščanje in
- povišanje segmenta rezila nad glavo.

Pri ugotavljanju velikosti PKD ploščic za oploščanje orodja obdelamo rezkar za poravnavanje. Načelno vedno izhajamo od PKD ploščice okrogle oblike (kot tableta), ki jo lahko razdelimo na različne načine in vrste. Osnovne oblike so polovica kroga ali trije pasovi, izdelani iz polnega kroga. Vsi pomembnejši svetovni proizvajalci DIA orodja so se odločili za ploščice velikosti polkroga. Ta oblika in velikost zagotavljata ekonomično in zanesljivo orodje. Pri primerjavi velikosti področja za naknadno ostrenje ploščic velikosti polkroga in tretjine kroga, ima prednost orodje, oploščeno s polkrožno ploščico. Načelno znaša pri večini proizvajalcev področje za naknadno ostrenje 3 mm.

## 8. Povzetek

Pred določenim časom so bili doseženi prvi pozitivni rezultati v obdelavi lesa z DIA orodjem. Najbrž v prihodnosti ne bodo za izdelavo orodja uporabljeni nobeni drugi materiali. Čeprav so bili pri uporabi DIA orodja doseženi vidni rezultati, prav gotovo še niso izčrpane vse možnosti in se bo njegov prispevek v naslednjih letih stabiliziral. Kljub temu pa je tu potrebno jasno poudariti tudi negativne konotacije pri uporabi DIA orodja. Predvsem se to nanaša na visok faktor rizika zaradi loma zelo krhkih ploščic PKD, dalje na zelo majhne proizvodne serije orodja in precej hitre menjave dizajna pohištva, ki neprestano zahtevajo spremembe orodja.

V tem relativno kratkem pregledu ni bilo mogoče obdelati vseh prednosti in pomanjkljivosti pri uporabi DIA orodja. Zaradi tega predlagam potencialnim uporabnikom orodja, da se pri razmišljanju o problemih, ki so povezani z njegovo uporabo, predvsem pa z izbiro orodja, posvetujejo z eminentnim proizvajalcem, ki ima dovolj izkušenj z izdelavo in uporabo orodja. Izračun ekonomičnosti uporabe DIA orodja je potrebno narediti nepristransko in vestno, saj bomo le na ta način našli pravo rešitev.

Mag. **Vladimir NAGLIČ**  
dipl. ing. les. ind.

47000 Karlovac, Izidora Kršnjavoga 11 a