



Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko



Laboratorij za avtomatiko
in kibernetiko

<http://msc.fe.uni-lj.si>

Tekmovanje za študente



SCADA²⁰²⁰
mojstri

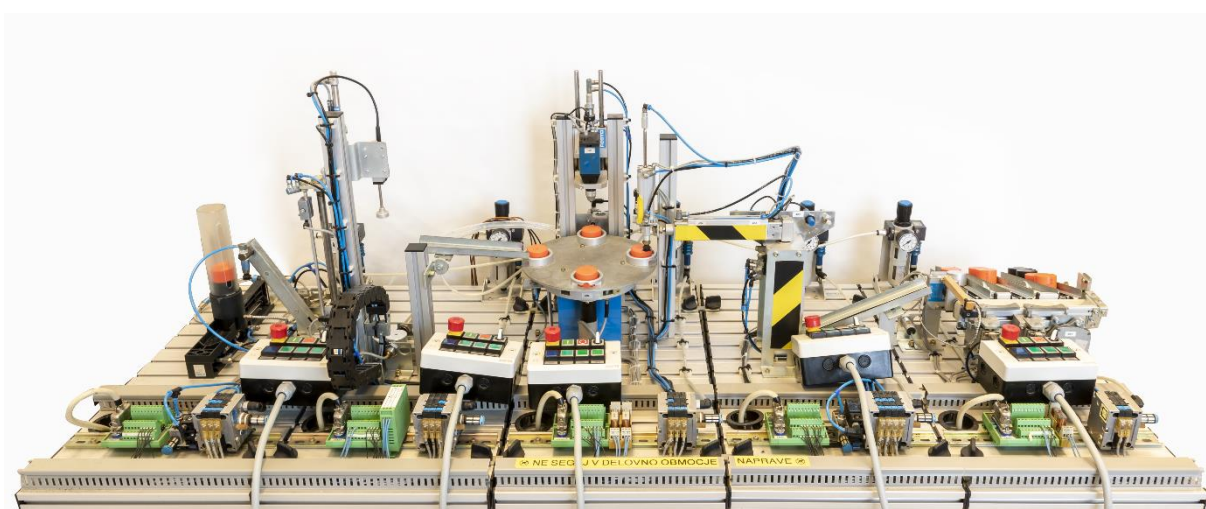
»Navodila«

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani
verzija pravil: 1.1; 26.2.2020

1 OPIS NALOGE

Izziv obravnava izdelavo sistema SCADA (ang. Supervisory Control and Data Acquisition) oziroma sistema za zajem, obdelavo in vizualizacijo podatkov, oz. vodenje in upravljanje industrijskih procesov preko računalnika, tablice ali celo mobilnega telefona. Sistem SCADA je zelo razširjen in nenadomestljiv del vsakega proizvodnega procesa v industriji. Omogoča lažje, varno in hitro upravljanje z veliko količino podatkov in s kompleksnimi procesi v industriji. Sisteme SCADA najdemo v avtomobilski in farmacevtski industriji, v energetiki, za nadzor prometa, v kemični industriji itd.

Cilj tekmovanja bo priprava sistema SCADA za modularni proizvodni sistem (MPS), ki je podrobno predstavljen v Poglavju 3. V okviru tekmovanja se bodo študenti na uvodnem tečaju seznanili s programskim orodjem zenon, podjetja COPA-DATA (več na www.copadata.com). Podrobno se bodo seznanili z vsemi komponentami, ki jih je potrebno vključiti v končni produkt.



Slika 1: Prikaz proizvodnega sistema MPS

Potek tekmovanja

- Uvoden brezplačni zenon tečaj (predvidoma v začetku februarja).
- Vsaka ekipa po uvodnem tečaju samostojno izdelava, testira in pripravi sistem SCADA za proces MPS, opisan v nadaljevanju dokumenta.
- Na dan tekmovanja (26. 3. 2020) vsaka ekipa v 15 minutah predstavi svoj produkt strokovni komisiji.
- Vsaka ekipa ima na voljo en 15 minutni poskus.

2 NAČIN TEKMOVANJA

Tekmovanje »SCADA mojstri« bo potekalo **26. 3. 2020** v avli Fakultete za elektrotehniko, Tržaška 25, Ljubljana. Natančen urnik tekmovanja bo objavljen naknadno na spletni strani www.dnevi-avtomatike.si. V primeru spremembe datuma tekmovanja bodo vse sodelujoče ekipe o tem pravočasno obveščene.

2.1 RAZVIJANJE SISTEMA SCADA

Vsaka ekipa bo dobila eno licenco programskega orodja [zenon](#), ki bo nameščena na enem od računalnikov v laboratoriju »LAK 2« ali na lastnem prenosniku ekipe. Vsaki ekipi bo omogočeno razvijanje in testiranje svojega sistema SCADA na modularnem proizvodnem sistemu, ki bo do dneva tekmovanja postavljen v laboratoriju »LAK 2«. Natančni termini dostopa bodo sporočeni na uvodnem tečaju (4 ure), ki je obvezen za vse sodelujoče ekipe.

2.2 TEKMOVANJE

Vsaka ekipa bo na dan tekmovanja imela na voljo 15 minut za predstavitev svojega produkta strokovni komisiji. Predstavitve sistema SCADA bo potekala neposredno na računalniku, ki bo povezan z realnim procesom MPS in eksperiment bo potekal »v živo«. Tako bo komisija imela vpogled tako v sistem SCADA, kot tudi v realni proces. Ocenjevale se bodo vse komponente sistema SCADA predvidene v Poglavju 4. Postopek ocenjevanja pa je razložen v Poglavju 5.

3 OPIS SISTEMA: MODULARNI PROIZVODNI SISTEM (MPS)

Model modularnega proizvodnega sistema (MPS) predstavlja fleksibilen sistem za prikaz delovanja komponent, enot, postaj in kompletnega postrojenja proizvodnega sistema. Predstavlja industrijsko linijo s petimi postajami, od podajanja in kontrole obdelovancev, obdelave, transporta do skladiščenja (SLIKA 1). Te funkcije so v industriji najbolj pogoste. Uporabljene komponente (senzorji, aktuatorji, ožičenje, krmilniki) so enake kot v industriji.

3.1 DELOVANJE MODULARNEGA PROIZVODNEGA SISTEMA

Obdelovanci posamezno vstopajo v sistem in potujejo od podajalne postaje preko postaje za razpoznavanje materiala in barve ter kontrolo dimenzij, postaje za obdelavo, na kateri je vrtilna enota in enota za kontrolo kvalitete obdelave, ter transportne postaje do postaje za sortiranje in skladiščenje.

Podajalni cilindri potisne obdelovanec, ki je padel iz vhodnega skladišča, v prevzemni položaj. Pnevmatični zasučni pogon zavrti ročico s prijemalom v prevzemni položaj ob vhodnem skladišču, kjer prijemalo s sesalno šobo prisesa obdelovanec. Obenem mora podajalni cilindri sprostiti obdelovanec, zato se začne pomikati nazaj. Zasučni pogon prestavi obdelovanec na ploščad dvigala kontrolne postaje in izklopi sesalno šobo na prijemalu. Izvede se razpoznavanje materiala (ali je obdelovanec kovinski, oziroma plastičen rdeče ali črne barve). Razpoznan obdelovanec dvigalo dvigne nad vrtilno mizo naslednje postaje, kjer se preveri njegova višina. Če je obdelovanec primerne višine, ga potisni cilindri potisne na drčo, po kateri obdelovanec zdrsne na vrtilno mizo obdelovalne postaje. Če je obdelovanec

previsok ali prenizek, se dvigalo spusti v začetni položaj, potisni cilindri pa potisne obdelovanec v skladišče odpada. Po prejemu obdelovanca se vrtilna miza zavrti in prenese obdelovanec do vrtilne enote. Tu se obdelovanec vpije z vpenjalnim cilindrom in vanj se izvrta luknja. Po vrtnanju se vrtilna miza zavrti naprej, da pride obdelovanec do enote za kontrolo kvalitete obdelave (ali je izvrtina ustrezna ali ne). Vrtilna miza prestavi nato obdelovanec do prevzemnega mesta. Roka transportne postaje se pomakne k prevzemnemu mestu, se iztegne, spusti prijemalo s sesalno šobo in prisesa obdelovanec, ga dvigne in se pokrči. Če je obdelovanec pravilno obdelan, se prenese na tekoči trak za sortiranje in skladiščenje. Če je pri kontroli kvalitete ugotovljeno, da je obdelovanec brez izvrtine, ga roka prenese in spusti v drčo za odpad. Glede na rezultat razpoznavanja materiala (kovina, rdeča ali črna plastika) se na tekočem traku vklopi ustrezen cilindri za usmerjanje obdelovancev v določeno skladišče.

IP-naslovi vseh krmilnikov so fiksni in so dodeljeni vsaki postaji posebej, kot sledi:

Krmilnik	Naslov krmilnika
1. Postaja	192.168.222.111
2. Postaja	192.168.222.112
3. Postaja	192.168.222.113
4. Postaja	192.168.222.114
5. postaja	192.168.222.115

1. Postaja: Prireditvena tabela podajalne postaje (IP: 192.168.222.111)					
	Opis spremenljivke	Tip	Oznaka	PLK Naslov	Mirovno stanje
VHODI	Podajalni cilindri zadaj	Bool	S1B1	%I0.0	NO
	Podajalni cilindri spredaj	Bool	S1B2	%I0.1	NO
	Roka pri skladišču	Bool	S1S3	%I0.2	NO
	Roka pri dvigalu	Bool	S1S4	%I0.3	NO
	Obdelovanec v skladišču	Bool	S1S1	%I0.5	NO
IZHODI	Podajalni cilindri naprej	Bool	A1Y1	%Q0.0	/
	Roka k skladišču	Bool	A1Y5	%Q0.1	/
	Roka k dvigalu	Bool	A1Y4	%Q0.2	/
	Izklop sesanja	Bool	A1Y3	%Q0.3	/
	Vklop sesanja	Bool	A1Y2	%Q0.4	/
NOTRANJA STANJA	START	Bool	START	%M5.7	NO
	STOP	Bool	STOP	%M6.0	NO
	RESET	Bool	RESET	%M6.1	NO
	Napaka_1	Bool	ERROR	%M6.2	NO

Legenda: mirovno stanje kontakta NZ – Normalno zaprto; NO – Normalno odprto

Tabela 1. Prireditvena tabela podajalne postaje

2. Postaja: Prireditvena tabela kontrolne postaje (IP: 192.168.222.112)					
	Opis spremenljivke	Tip	Oznaka	PLK Naslov	Mirovno stanje
VHODI	Merilnik visine	Int	S2A1	%IW66	0-10mm
	Obdelovanec na dvigalu	Bool	S2B6	%IO.1	NO
	Dvigalo spodaj	Bool	S2B2	%IO.3	NO
	Dvigalo zgoraj	Bool	S2B1	%IO.4	NO
	Potisni cilinder v mir. legi	Bool	S2B3	%IO.5	NO
	Merilnik višine spuščten	Bool	S2B4	%IO.6	NO
	Indikator kovine	Bool	S2B5	%IO.0	NO
	Indikator barve	Bool	S2B7	%IO.2	NO
IZHODI	Spust dvigala	Bool	A2Y1	%Q0.0	/
	Potisk cilindra na dvigalu	Bool	A2Y3	%Q0.2	/
	Pomik višinomera navzdol	Bool	A2Y4	%Q0.3	/
	Dvig dvigala	Bool	A2Y2	%Q0.1	/
NOTRANJA STANJA	START	Bool	START	%M6.3	NO
	STOP	Bool	STOP	%M6.4	NO
	RESET	Bool	RESET	%M6.5	NO
	Napaka_1	Bool	ERROR	%M6.6	NO

Legenda: mirovno stanje kontakta NZ – Normalno zaprto; NO – Normalno odprto

Tabela 2. Prireditvena tabela podajalne postaje

3. Postaja: Prireditvena tabela postaje obdelave (IP: 192.168.222.113)					
	Opis spremenljivke	Tip	Oznaka	PLK Naslov	Mirovno stanje
VHODI	Obd. na mestu	Bool	S3S1	%IO.0	NO
	Senzor premika 90	Bool	S3B7	%IO.1	NO
	Prij. umaknjeno	Bool	S3B6	%IO.2	NO
	Prij. iztegnjeno	Bool	S3B5	%IO.3	NO
	Vrt. dvignjen	Bool	S3B1	%IO.4	NO
	Vrt. spuscen	Bool	S3B2	%IO.5	NO
IZHODI	Pogon vrt.	Bool	A3M1	%Q0.1	/
	Pogon mize	Bool	A3M2	%Q0.2	/
	Spust vrt.	Bool	A3Y1	%Q0.3	/
	Dvig vrt.	Bool	A3Y2	%Q0.4	/
	Umik prij.	Bool	A3Y4	%Q0.5	/
NOTRANJA STANJA	START	Bool	START	%M6.4	NO
	STOP	Bool	STOP	%M6.5	NO
	RESET	Bool	RESET	%M6.6	NO

Legenda: mirovno stanje kontakta NZ – Normalno zaprto; NO – Normalno odprto

Tabela 3. Prireditvena tabela postaje obdelave

4. Postaja: Prireditvena tabela transportne postaje (IP: 192.168.222.114)					
	Opis spremenljivke	Tip	Oznaka	PLK Naslov	Mirovno stanje
VHODI	Obdelovanec prijet	Bool	S4S1	%IO.0	NO
	Roka je pri postaji razvrščanja	Bool	S4B3	%IO.1	NO
	Roka je pri obd. mizi	Bool	S4B2	%IO.2	NO
	Roka iztegnjena	Bool	S4B4	%IO.3	NO
	Roka pokrčena	Bool	S4B5	%IO.4	NO
	Prijemalo spuščeno	Bool	S4B6	%IO.6	NO
	Prijemalo dvignjeno	Bool	S4B7	%IO.5	NO
IZHODI	Popustitev prijema obdel.	Bool	A4Y6	%Q0.0	/
	Prijem obdelovanca	Bool	A4Y5	%Q0.1	/
	Spust prijema navzdol	Bool	A4Y7	%Q0.2	/
	Zasuk k skladišču	Bool	A4Y3	%Q4.2	/
	Zasuk k mizi	Bool	A4Y4	%Q4.3	/
	Pokrčenje roke	Bool	A4Y1	%Q4.0	/
	Izteg roke	Bool	A4Y2	%Q4.1	/
NOTRANJA STANJA	START	Bool	START	%M6.2	NO
	STOP	Bool	STOP	%M6.3	NO
	RESET	Bool	RESET	%M6.4	NO
	Napaka_1	Bool	ERROR	%M6.5	NO

Legenda: mirovno stanje kontakta NZ – Normalno zaprto; NO – Normalno odprto

Tabela 4. Prireditvena tabela transportne postaje

5. Postaja: Prireditvena tabela postaje razvrščanja (IP: 192.168.222.115)					
	Opis spremenljivke	Tip	Oznaka	PLK Naslov	Mirovno stanje
VHODI	Kret 1 NI aktivna	Bool	S8B1	%IO.0	NO
	Kret 1 JE aktivna	Bool	S8B2	%IO.1	NO
	Kret 2 NI aktivna	Bool	S8B3	%IO.2	NO
	Kret 2 JE aktivna	Bool	S8B4	%IO.3	NO
	Obdelovanca NI na traku	Bool	S8S1	%IO.4	NZ
	Obd. na poti v sklad.	Bool	S8S2	%IO.5	NO
IZHODI	Kretnica 1	Bool	A8Y1	%Q0.0	/
	Kretnica 2	Bool	A8Y2	%Q0.1	/
	Motor traku	Bool	A8M1	%Q0.2	/
NOTRANJA STANJA	Napaka_1	Bool	ERROR	%M3.5	NO
	START	Bool	START	%M3.6	NO
	STOP	Bool	STOP	%M3.7	NO
	RESET	Bool	RESET	%M4.0	NO
	ACKN	Bool	ACKN	%M4.1	NO
	AUTO/MAN	Bool	AUTO/MAN	%M4.2	NO
	Scada active	Bool	Scada active	%M4.3	NO

Legenda: mirovno stanje kontakta NZ – Normalno zaprto; NO – Normalno odprto

Tabela 5. Prireditvena tabela postaje razvrščanja

4 IZDELAVA SISTEMA SCADA

Vsaka ekipa mora pred pričetkom tekmovanja sestaviti in sprogramirati sistem SCADA s programskim orodjem zenon, podjetja COPA-DATA. Krmilniška logika delovanja sistema MPS je narejena s strani organizatorjev tekmovanja in bo enaka za vse tekmovalce (glej Poglavlje 3). Vsaka ekipa zgradi nadzorni sistem SCADA za upravljanje s procesom in vizualizacijo. Sistem SCADA omogoča naslednje funkcionalnosti upravljanja s sistemom MPS.

- **LOGIN**

Preko uvodnega zaslona se uporabni prijavi v sistem SCADA, kar mu omogoča nadaljnje upravljanje z procesom. Potrebno bo realizirati trije nivoje pravic uporabnikov:

1. Gost - Lahko preklaplja med različnimi zasloni, ne mora pa upravljati s procesom
2. Operater - Lahko upravlja s sistemom samo v avtomatskem režimu
3. Administrator - Imam popolne pravice nad vsemi funkcionalnostimi

- **VKLOP/IZKLOP SISTEMA**

Preko glavnega stikala »IZKLOP/ROČNO/AVTOMATSKO« lahko vklopimo oziroma izklopimo celoten proces MPS. Stikalo preprečuje možnost preklopa iz AVTOMATSKO v ROČNO in obratno. Ko je glavno stikalo v položaju IZKLOP, vse spremenljivke *STOP* postavimo na 1 (za čas pritiska gumba, tj. pozitivna fronta sproži zaustavitev). Splošni pogoj za vklop sistema je, da sistem ni v izpadu in so izpolnjeni drugi specifični pogoji za vklop sistema (potrjeni so vsi alarmi in napake na sistemu). Na prvih štirih postajah je možno izvesti tudi ponastavitev vseh spremenljivk in stanj s pritiskom gumba *RESET* (oz. s postavitvijo te spremenljivke na 1 za čas pritiska gumba).

V primeru preklopa glavnega stikala »IZKLOP/ROČNO/AVTOMATSKO« iz IZKLOP v AVTOMATSKO oziroma v ROČNO se tudi sistem SCADA preklopi v avtomatski oz. ročni način delovanja, kot je razloženo v nadaljevanju:

➤ **ROČNI REŽIM**

V ročnem režimu se nam pojavijo gumbi »START«, »STOP« in »RESET« za vsako postajo posebej. S temi gumbi lahko upravljamo postajo neodvisno od drugih postaj. Tukaj so na nivoju PLK že upoštevani varnostni pogoji za delovanje posameznih postaj.

Pomembno! V trenutku vklopa ene postaje so vse ostale ustavljene.

➤ **AVTOMATSKI REŽIM**

V avtomatskem režimu se nam na sistemu SCADA pojavijo vsaj trije gumbi: »START«, »STOP« in »RESET«. Vsak od teh gumbov postavi na 1 pripadajoče spremenljivke na vseh postajah. S pritiskom na »START« vse spremenljivke *START* postavimo na 1 (za čas pritiska gumba), s pritiskom na »STOP« vse spremenljivke *STOP* postavimo na 1 (za čas pritiska gumba) in s pritiskom na »RESET« vse spremenljivke *RESET* postavimo na 1 (za čas pritiska gumba).

- **IZRAČUN SKUPNE UČINKOVITOSTI OPREME (OEE)**

Skupna učinkovitost opreme se izračuna z uporabo naslednje enačbe:

$$OEE = \text{razpoložljivost} \times \text{zmogljivost} \times \text{kakovost}$$

Pri čemer je v našem primeru:

- **kazalnik razpoložljivosti** opredeljen kot razmerje med časom, ko je proizvodnja linija na voljo ter časom, ko dejansko obratuje. Z razpoložljivostjo merimo vpliv nenačrtovanih zastojev na učinkovitost opreme,
- **kazalnik zmogljivosti** je razmerje med dejanskim številom enot in idealnim številom enot. Z njim merimo vpliv zmanjšanja teoretične zmogljivosti opreme na njeno skupno učinkovitost, in
- **kazalnik kakovosti** je opredeljen z razmerjem med uporabnimi in vsemi proizvedenimi izdelki. Izračunavamo ga kot razmerje med številom dobrih izdelkov in številom vseh izdelkov.

Razpoložljivost:

A = Planiran proizvodni čas	
B = Dejanski proizvodni čas	Časovne izgube

Zmogljivost:

C = Planirano število izdelkov na minuto	
D = Dejansko število izdelkov na minuto	Izgube

Kakovost:

E = Planirano število dobrih izdelkov	
F = Dejansko število dobrih iz.	Izgube

Končna enačba za izračun skupne učinkovitosti opreme je:

$$OEE = \frac{B}{A} \times \frac{D}{C} \times \frac{F}{E}$$

! Dodatna navodila glede izračuna skupne učinkovitosti opreme bodo podana na tečaju SCADA.

- **SLEDLIVOST OBDELOVANECV**

Potrebno bo realizirati sledljivost obdelovancev po barvi. Na 2. postaji imamo trije senzorji (*Indikator kovine, Indikator barve in Obdelovanec na dvigalu*) s katerimi lahko zaznamo ali je obdelovanec črne barve, rdeče barve ali kovinski:

Obdelovanec	Vrednosti senzorjev		
	Indikator kovine	Indikator barve	Obdelovanec na dvigalu
Črna barva	0	0	1
Rdeča barva	0	1	1
Kovina	1	1	1

- **STATISTIKA**

Na nivoju sistema SCADA na 5. postaji je potrebno realizirati sistem štetja obdelovancev, ki padejo v posamezno drčo. Štejemo število obdelovancev kot tudi njihove karakteristike (višina in barva).

- **TRENDI/ZGODOVINA**

V sistem zgodovine beležimo in prikazujemo različne tipe podatkov. V tem primeru je odvisno od posamezne ekipe kaj želi pokazati. Na voljo so vsi signali iz Tabela 1 do Tabela 5.

- **ALARMNA LISTA**

V primeru katerekoli napake na sistemu, nadzorni sistem operaterja opozori z animacijo simbola elementa, ki je v napaki. Prav tako se alarm zapiše v alarmno listo. V naslednji tabeli so prikazani nekateri možni alarmi, kar se lahko pojavijo na sistemu MPS.

Oznaka	Opis	Postaja
PLK1_Napaka_1	Alarm v skladišču – Potisni cilinder ni uspel potisniti obdelovanca	Postaja 1
PLK2_Napaka_1	Alarm na dvigalu – Senzor ne zazna obdelovanca na dvigalu	Postaja 2
PLK3_Napaka_1	Alarm na roki – Med prenašanjem je obdelovanec izpadel	Postaja 4
PLK4_Napaka_1	Alarm v skladišču – Obdelovanec ni prišel v skladišče	Postaja 5

Tabela 6. Seznam možnih alarmov na sistemu MPS

Napake oziroma alarme potrjujemo preko tipke »Potrdi alarme«, potem ko smo napako na sistemu odpravili. V tem primeru postavimo pripadajočo spremenljivko *RESET* na 1, v odvisnosti od tega na kateri postaji je prišlo do alarma. Nato sledi ponoven start postaje (postavimo *START* na 1). Na koncu sledi potrjevanje alarmov še v alarmni listi, kar pomeni seznanitev z alarmom in ta akcija nima vpliva na delovanje sistema. Po potrditvi se neaktivni alarmi brišejo iz liste, aktivni pa dobijo status potrditve.

5 OCENJEVANJE

Strokovna komisija bo izbrala zmagovalne ekipe glede na naslednje kriterije:

- opis in predstavitev sistema SCADA,
- upoštevanje funkcionalnosti iz poglavja 4, in
- pravilnost delovanja.

6 NAGRADE

Poleg pridobitve novih znanj s področja procesne avtomatike, ki vam ga omogoča tekmovanje »SCADA mojstri«, bodo najboljše 3 ekipe prejele tudi denarne nagrade v vrednosti:

- **400 EUR** + priznanje za prvouvrščeno ekipo,
- **200 EUR** + priznanje za drugouvrščeno ekipo,
- **100 EUR** + priznanje za tretjeouvrščeno ekipo.

Po končanem tekmovanju in razglasitvi zmagovalca sledi pogostitev za vse udeležence dogodka »Dnevi Avtomatike«, ki bo v avli Fakultete za elektrotehniko.

7 PRIJAVE EKIP

Tekmovanje »SCADA mojstri« je namenjeno študentom Fakultete za elektrotehniko, Univerze v Ljubljani. Za sodelovanje na tekmovanju, se mora vsaka ekipa prijaviti preko obrazca

<https://goo.gl/forms/DjszqcnXBjuCj3fl2>, ki ga najdete tudi na spletni strani <http://dnevi-avtomatike.si>.

Ekipe je lahko sestavljena iz največ 3 tekmovalcev. Ob prijavi je potrebno navesti naslednje podatke:

- ime ekipe,
- imena in priimke vseh tekmovalcev,
- delujoči e-naslov tekmovalcev (za pošiljanje obvestil),
- letnik in smer študija (če je posamezen tekmovalec že vpisan na določeno smer študija),
- velikosti majic za vse tekmovalce.

Če je prijavljenih ekip več, kot je razpoložljivih licenc programske opreme zenon, imajo prednost prej prijavljene ekipe.

8 PREPOVEDI

V času priprav in med potekom tekmovanja je prepovedano:

- uničevanje in nasilno poseganje v proces MPS,
- neprimerno obnašanje in izražanje,
- žaljenje ostalih tekmovalcev, občinstva, sodnikov in organizatorjev ter ostalih udeležencev tekmovanja.

Kršitve povezane s to točko imajo za posledico takojšno izključitev ekipe iz nadaljnjega tekmovanja.

9 OSTALO

1. Ta pravila se lahko brez predhodne najave organizatorja dopolnijo in/ali spremenijo.