

# Utjecaj odabira ispitnih na pci vrijednost betonskog kolnika

---

**Pelivanović, Matea**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:406966>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-09**

*Repository / Repozitorij:*

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





Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Matea Pelivanović

**UTJECAJ ODABIRA ISPITNIH UZORAKA NA PCI  
VRIJEDNOST BETONSKOG KOLNIKA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2024.



Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Matea Pelivanović

**UTJECAJ ODABIRA ISPITNIH UZORAKA NA PCI  
VRIJEDNOST BETONSKOG KOLNIKA**

DIPLOMSKI RAD

izv. prof. dr. sc. Josipa Domitrović

Zagreb, 2024.



University of Zagreb

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Matea Pelivanović

**INFLUENCE OF THE SELECTION OF SAMPLE  
UNITS ON THE PCI VALUE OF CONCRETE  
PAVEMENT**

MASTER THESIS

izv. prof. dr. sc. Josipa Domitrović

Zagreb, 2024.

## ZAHVALA

Veliko hvala mentorici izv. prof. dr. sc. Josipi Domitrović na trudu i strpljenju tijekom pisanja diplomskog rada.

Hvala obitelji i dečku Luki na podršci koju su mi pružali od samog upisa pa sve do završetka fakultetskog obrazovanja.

## SAŽETAK

Prilikom planiranja i projektiranja kolničkih konstrukcija definira se određeni vijek trajanja konstrukcije nakon ili tijekom kojeg slijedi sanacija i obnova. Održavanje je važan faktor u analizi troškova i koristi. Stanje kolnika na uzletno-sletnoj stazi opisuje se pomoću indeksa stanja kolnika (eng. *Pavement Condition Index - PCI*), a izračun se provodi prema normi ASTM D5340-20. Prema normi operativne površine zračne luke se dijele na ogranke, dionice i ispitne uzorke. Za izračun PCI nije potrebno napraviti vizualni pregled svih ispitnih uzoraka. Ispitni uzorci koji se pregledavaju određuju se slučajnim odabirom, a njihov broj ovisi o željenom intervalu pouzdanosti rezultata. U ovom diplomskom radu provedena je ocjena stanja betonskog kolnika s obzirom na dvije metode izračuna broja i dva slučajna odabira ispitnih uzoraka koje je potrebno pregledati. Za svaku dionicu dobivene su četiri ocjene stanja kolnika. Analiza rezultata je pokazala da na ocjenu stanja kolnika veći utjecaj ima broj nego li nasumični odabir ispitnih uzoraka koji se pregledavaju. U slučaju kada je broj ispitnih uzoraka odabran na način da je interval pouzdanosti rezultata 95% nasumični odabir ispitnih uzoraka ne utječe na ocjenu stanja kolnika.

**Ključne riječi:** indeks stanja kolnika; betonski kolnik; ispitni uzorci; dionice; ogranci; uzletno-sletna staza

## SUMMARY

When planning and designing pavement, a certain service life of the structure is defined after or during which rehabilitation and renovation will follow. Maintenance is an important factor in the cost-benefit analysis, and as such it is a part of the project. The condition of the pavement on the runway is described using the Pavement Condition Indeks - PCI. Calculation is carried out according to ASTM D5340-20. According to the standard, the operational areas of the airport are divided into branches, sections and sample units. In order to calculate the PCI, it is not necessary to carry out a visual inspection of all sample units. The sample units to be inspected are determined by a random selection, and their number depends on the desired confidence level of the results. In this thesis, an assessment of the concrete pavement condition was carried out with regard to two methods for calculating the number of sample units to be inspected and two random selections. Four pavement condition indexes were calculated for each section. The results of the analysis show that the pavement condition index is more influenced by the number than by the random selection of sample units to be inspected. If the number of sample units is selected so that the confidence level of the results is 95%, the random selection of the sample units has no influence on the pavement condition index.

**Key words:** pavement condition index; concrete pavement; sample unit; sections; branches; runway

## SADRŽAJ

ZAHVALA.....	i
SAŽETAK.....	ii
SUMMARY.....	iii
SADRŽAJ.....	iv
<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. METODE I TEHNIKE RADA.....</b>	<b>2</b>
<b>3. OŠTEĆENJA BETONSKOG KOLNIKA.....</b>	<b>3</b>
3.1. Denivelacija ploča (eng. <i>Blowup</i> ).....	3
3.2. Lom kuta ploče (eng. <i>Corner break</i> ).....	4
3.3. Uzdužne, poprečne i dijagonalne pukotine (eng. <i>Longitudinal, transverse and diagonal cracks</i> ).....	5
3.4. "D" pukotine (eng. <i>Durability "D" cracking</i> ).....	6
3.5. Oštećenje ispune spoja (eng. <i>Joint seal damage</i> ).....	7
3.6. Zakrpe (eng. <i>Patching</i> ).....	8
3.7. Ispadanje zrna agregata (eng. <i>Popouts</i> ).....	9
3.8. Istiskivanje vode (eng. <i>Pumping</i> ).....	10
3.9. Ljuštenje (eng. <i>Scaling</i> ).....	11
3.10. Slijeganje ili rasjedanje (eng. <i>Settlement or faulting</i> ).....	11
3.11. Lom ploče (eng. <i>Shattered slab</i> ).....	12
3.12. Pukotine nastale procesom skupljanja (eng. <i>Shrinkage cracks</i> ).....	13
3.13. Odlamanje betona duž spoja (poprečni spojevi, uzdužni spojevi) (eng. <i>Spalling (Transversal and longitudinal joints)</i> ).....	13
3.14. Odlamanje betona kuta ploče (eng. <i>Spalling (Corner)</i> ).....	15
3.15. Alkalno silikatna reakcija (eng. <i>Alkali silica reaction</i> ).....	15
<b>4. IZRAČUN INDEKSA STANJA KOLNIKA PREMA ASTM D5340-20.....</b>	<b>17</b>
4.1. Izračun broja i razmaka ispitnih uzoraka.....	18
4.2. Izračun PCI vrijednosti.....	20
<b>5. OCJENA STANJA PRAGOVA UZLETNO-SLETNE STAZE.....</b>	<b>24</b>
5.1. Određivanje broja i razmaka ispitnih uzoraka na pragovima uzletno-sletne staze.....	27
5.2. Izračun PCI vrijednosti pragova uzletno-sletne staze.....	29
5.2.1. Slučajan odabir I.....	34



---

5.2.2. Slučajan odabir II.....	35
<b>6. ANALIZA REZULTATA.....</b>	<b>36</b>
<b>7. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>40</b>
<b>POPIS LITERATURE.....</b>	<b>41</b>
<b>POPIS SLIKA.....</b>	<b>43</b>
<b>POPIS TABLICA.....</b>	<b>44</b>
<b>PRILOG 1.....</b>	<b>45</b>
<b>PRILOG 2.....</b>	<b>46</b>
<b>PRILOG 3.....</b>	<b>47</b>
<b>PRILOG 4.....</b>	<b>85</b>

## 1. UVOD

Zrakoplovna industrija bilježi izvanredan rast u posljednjih nekoliko godina. Zbog sve većeg broja niskobudžetnih aviokompanija prijevoz zrakoplovom dostupan je i sve većem broju ljudi. Iz razloga velike potražnje naglašena je potreba za održavanjem postojećih kao i izgradnjom novih zračnih luka. Glavni cilj sustava za održavanje kolnika zračne luke predstavlja učinkovito održavanje ili poboljšanje stanja kolnika unutar predviđenog proračuna. Na taj način osigurava se zahtijevana sigurnost i produljuje životni vijek kolnika, što rezultira smanjenim troškovima održavanja. Najčešće korištena metoda koja se koristi u procesu donošenja odluka o tome kada i kako će se održavanje provoditi je korištenje indeksa stanja kolnika PCI (eng. *Pavement Condition Index*). PCI je razvijen 80-ih godina prošlog stoljeća od strane Udruženja inženjera Sjedinjenih Američkih Država (eng. *United States Corps of Engineers*) [1], a temelji se na ocjeni oštećenja površine kolnika. Procjena stanja kolnika koja uključuje procjenu oštećenja, hrapavosti i trenja jedna je od važnijih komponenti kod obnove i održavanja kolnika. U Iranu je predstavljen pokušaj razvoja alternativne metode određivanja indeksa stanja kolnika uz korištenje genetskog programiranja. To može pomoći u pouzdanoj aproksimaciji pokazatelja PCI-a u budućnosti. Alternativa navedenom pristupu je korištenje PCI vrijednosti u procjeni preostalog životnog vijeka (eng. *Remaining Service Life*) kao parametra koji određuje sadašnje i procjenjuje buduće stanje kolnika zračne luke [2]. U Italiji je provedena studija u kojoj su razvijeni novi pokazatelji stanja kolnika na temelju postojećeg PCI-a [3]. Dodane su dvije vrste oštećenja i napravljena je nova krivulja gustoće prilagođena njihovim potrebama i stanju površine kolnika. U Indiji su razvijene metode ocjenjivanja kolnika temeljene na indeksu ukupnog stanja kolnika [4]. Takav model uključuje indeks oštećenja kolnika, indeks hrapavosti, indeks nosivosti konstrukcije kolnika i otpornost na klizanje. Unutar [5] definiran je način ocjene stanja kolnika uz pomoć PCI vrijednosti za zračne luke u Koreji. Prema [6] dokazano je da pravilno odabrana ocjena PCI-a rezultira adekvatnim održavanjem kolnika i proračunom troškova. Iskustva mnogih zemalja potvrđuju da pravilno upravljanje cestovnom infrastrukturom zračnih luka ovisi o trenutnim informacijama o stanju površine kolnika.

U ovom je radu na temelju vizualnog pregleda pragova uzletno-sletne staze proveden izračun PCI vrijednosti betonskog kolnika. U obzir su uzete dvije metode izračuna broja ispitnih uzoraka, te dva načina slučajnog odabira ispitnih uzoraka kako bi se utvrdilo na koji način odabir ispitnog uzorka može utjecati na ocjenu trenutnog stanja kolnika te u konačnici na donošenje odluke o nužnosti popravaka odnosno većeg održavanja ili rekonstrukcije u narednom uporabnom razdoblju.

## 2. METODE I TEHNIKE RADA

U ovom radu kao podloga za ocjenu stanja kolnika pragova uzletno-sletne staze metodom PCI korišteni su podaci vizualnog pregleda (fotografije, karta oštećenja) prikupljeni od strane Zavoda za prometnice Građevinskog fakulteta u Zagrebu 2013. godine. Postupak izračuna proveden je u skladu s normom ASTM D5340-20 (Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys). Prema navedenoj normi za potrebe izračuna PCI vrijednosti vizualni pregled se ne provodi na čitavoj manevarskoj površini već samo na slučajno odabranim ispitnim uzorcima čiji je broj definiran primjenom sljedeće dvije metode:

- Metoda 1 - izračunom prema jednadžbi pri čemu je definiran interval pouzdanosti od 95%;
- Metoda 2 - određivanjem broja ispitnih uzoraka ovisno o ukupnom broju ispitnih uzoraka na dionici pri čemu je interval pouzdanosti manji od 95%.

Odabir između navedenih metoda ovisi o tome radi li se o ocjeni stanja kolnika na razini projekta te se u tom slučaju koristi metoda 1 ili na razini mreže kada se koristi metoda 2.

Normom je definiran i razmak između slučajno odabranih ispitnih uzorka na kojima se provodi vizualni pregled, ali nije definirano koji ispitni uzorci se pregledavaju već je njihov odabir nasumičan.

Postupak izračuna PCI vrijednosti za potrebe ocjene stanja betonskog kolnika proveden je za obje metode određivanja broja ispitnih uzoraka te dva načina slučajnog odabira ispitnih uzoraka.

### 3. OŠTEĆENJA BETONSKOG KOLNIKA

Na uzletno-sletnim stazama i ostalim manevarskim površinama zračnih luka na kojima prometuju zrakoplovi i druga vozila neizbježno je da tijekom uporabe dolazi do nastanka različitih oštećenja. Oštećenja variraju od malih mikropukotina, do većih pukotina s odlomljenim rubovima uslijed čega postoji opasnost oštećenja stranim tijelima FOD (eng. *Foreign Object Debris*) te koje se moraju što prije sanirati.

Normom ASTM D5340-20 [7] definirano je petnaest različitih tipova oštećenja betonskog kolnika, armiranog i nearmiranog.

Stupanj oštećenja betonskog kolnika, rangira se ocjenama od niskog prema visokom i dodjeljuju mu se oznake L, M ili H, pri čemu je:

L – nizak stupanj oštećenja (eng. *Low*),

M – srednji stupanj oštećenja (eng. *Medium*) i

H – visoki stupanj oštećenja (eng. *High*).

U nastavku su opisane vrste oštećenja na betonskim kolnicima prema ASTM D5340-20 [7].

#### 3.1. Denivelacija ploča (eng. *Blowup*)

Denivelacija ploča je oštećenje koje nastaje u vrijeme ljetnih mjeseci kada su temperature visoke. Pretežno se pojavljuje na poprečnim pukotinama ili spojevima koji nisu dovoljno široki da dopuštaju prirodno širenje betonskih ploča. Za potrebe ocjene stanja kolnika, kada se denivelacija ploča javlja na pukotini računa se kao da je zahvaćena jedna ploča, dok se u slučaju denivelacije na spoju računa kao da zahvaća obje ploče između kojih se predmetni spoj nalazi. Takva pojava mora se odmah popraviti kako ne bi predstavljala opasnost za zrakoplove koji prometuju kolnikom.

Prema [8] ukoliko izdizanje dijelova ploče nije rezultiralo da je kolnik neuporabljiv a nastale izbočine uzrokuju povremena poskakivanja tijekom vožnje što se ne odražava na kvalitetu vožnje, stupanj oštećenja je nizak (L). Ukoliko nastale izbočine uzrokuju značajna poskakivanja tijekom vožnje što se odražava na kvalitetu vožnje radi se o srednjem stupnju oštećenja (M). Ukoliko je došlo do oštećenja kolnika u mjeri da je neuporabljiv (postoji opasnost od FOD), izbočine izazivaju velika poskakivanja vozila što se značajno odražava na

kvalitetu vožnje, sigurnost, oštećenje guma i zrakoplova radi se o visokom (H) stupnju oštećenja. Na slici 1 prikazano je jedno takvo oštećenje kolnika.



Slika 1. Denivelacija betonske ploče visokog stupnja oštećenja [9]

### 3.2. Lom kuta ploče (eng. *Corner break*)

Lom kuta ploče predstavlja pukotinu koja presijeca spojeve na udaljenosti manjoj ili jednako pola duljine ploče na obje strane, mjereno od kuta ploče [8]. Za potrebe ocjene stanja kolnika oštećenje se pripisuje jednoj ploči ako:

- a.) sadrži jedan lom kuta,
- b.) sadrži više od jednog loma istog stupnja oštećenja,
- c.) sadrži dva ili više lomova različitog stupnja oštećenja (relevantan je najviši stupanj oštećenja).

Ako oko pukotine nema tragova odlamanja i sve dok nije šira od 3 mm, stupanj oštećenja je nizak, L. Navedeno se odnosi na pukotinu bez ispune jer ispunjena pukotina može biti bilo koje širine, no tada materijal ispune mora biti u zadovoljavajućem stanju. Stanje je srednjeg stupnja oštećenja kada je ispunjena ili neispunjena pukotina djelomično odlomljena tako da stvara prepreku na kolniku; kada je širine između 3 mm i 25 mm; kada ispunjena pukotina nije odlomljena, no ispunjena je u lošem stanju; te kada u području između loma kuta i spoja postoje pukotine sa odlomljenim dijelovima kolnika [8]. Hitna sanacija je obavezna u slučaju kad pukotina ima odlomljene dijelove koji predstavlja prepreku na kolniku, ako je neispunjena pukotina šira od 35 mm čime se stvara mogućnost oštećenja gume zrakoplova

i drugih vozila, te ukoliko u području između loma i spoja postoji znatan broj pukotina. Na slikama su prikazani nizak, L (lijevo) i srednji, M (desno) stupanj oštećenja loma kuta ploče.



Slika 2. Nizak (lijevo) i srednji (desno) stupanj oštećenja kuta ploče [8]

### 3.3. Uzdužne, poprečne i dijagonalne pukotine (eng. *Longitudinal, transverse and diagonal cracks*)

Navedene pukotine dijele ploču na dva ili tri dijela, a nastaju kombinacijom kontinuiranog opterećenja, savijanja i procesa skupljanja. Stupnjevi oštećenja odnose se na nearmirani betonski kolnik.

Nizak stupanj oštećenja je sličan kao i kod loma kutova ploče; pukotine se ne odlamaju ili je odlamanje svedeno na minimum pri čemu ne predstavljaju prepreku na kolniku. Ako ne sadrži ispunu, mora biti manja od 3 mm. Stanje je srednjeg stupnja oštećenja kada je ispunjena ili neispunjena pukotina dijelom odlomljena tako da stvara prepreku na kolniku; kada je pukotina bez ispune srednje širine između 3 mm i 25 mm; kada ispunjena pukotina nije odlomljena, no ispunjena je u lošem stanju; te kada je ploča podijeljena na tri dijela, a sadrži dvije ili više pukotina. Visokim stupnjem oštećenja ocjenjuje se odlomljena pukotina koja predstavlja prepreku na kolniku; ako je neispunjena pukotina šira od 25 mm čime se otvara mogućnost oštećenja gume zrakoplova i drugih vozila; te ukoliko je ploča podijeljena na tri dijela s dva ili više oštećenja od kojih je barem jedno srednjeg stupnja oštećenja [8].

Nakon što se utvrdi stupanj oštećenja, kod ocjene stanja kolnika uzima se u obzir kao jedna oštećena ploča. Oštećenje je tada nužno zakrpati uskom zakrpom širine od 100 mm do 250

mm i time svesti na zadovoljavajuću razinu. Na slikama su prikazani stupnjevi oštećenja od L prema H gledajući slijeva na desno.



Slika 3: Nizak, srednji i najviši stupanj oštećenja uzdužnih i poprečnih pukotina [8]

### 3.4. "D" pukotine (eng. *Durability "D" cracking*)

"D" slovo u nazivu skraćeno je od engleske riječi za trajnost (*Durability*). Takvo oštećenje nastaje kada beton ne može, nakon nekog vremena upotrebe, više podnijeti cikluse smrzavanja i odmrzavanja [8]. Primjetna je tamna promjena boje oko pukotina uslijed sadržaja kalcij hidroksida. Za potrebe ocjene stanja kolnika, kada se odredi stupanj oštećenja, ono se promatra kao oštećenje na jednoj ploči. Ako na istoj ploči postoji više različitih stupnjeva, kao referentna vrijednost uzima se najviši stupanj oštećenja.

"D" pukotine koje se pojavljuju samo na određenom mjestu na ploči, u jednom ili dva kuta ili duž jednog spoja ploča ne predstavljaju preveliku opasnost na kolniku. Međutim, ukoliko se nalaze preko većeg dijela ploče i uz prisutno odlamanje ili se nalaze samo na određenom dijelu ploče, ali je došlo do odlamanja, opasnost se povećava na srednji stupanj oštećenja. Najozbiljniji slučaj je kada se pukotine nalaze preko velikog dijela ploče te je vidljivo odlamanje. Na slici 4 prikazano je oštećenje srednjeg stupnja.



Slika 4. "D" pukotina srednjeg stupnja oštećenja [10]

### 3.5. Oštećenje ispune spoja (eng. *Joint seal damage*)

Oštećenje ispune spoja je svako oštećenje koje omogućava nakupljanje čvrstih čestice (zemlja, prašina) unutar spoja odnosno omogućava prodor vode u spoj. Nakupljanje čvrstih čestica unutar spoja sprječava širenje ploča što može dovesti do njihovog izdizanja, lomljenja i nastanka pukotina. Pri tome može doći do sljedećih oštećenja ispune: ispadanje ispune, izdizanje ispune, rast korova, oksidacija ispune, gubitak veze između ispune i ruba ploče i spoj sa nedovoljno ili bez ispune. Sanacija spojeva izvodi se takozvanim "fugiranjem" brtvilima. Oštećenje ispune spoja ne broji se za pojedinačne ploče, već se promatra stanje ispune na čitavom uzorku.

Stupnjevi oštećenja prema [8] su:

L – ispuna je u dobrom stanju uz manja oštećenja,

M – ispuna je u zadovoljavajućem stanju uz jedno ili više oštećenja umjerenog stupnja te ju je potrebno zamijeniti unutar dvije godine,

H – ispuna je u lošem stanju s jednim ili više oštećenja visokog stupnja te ju je potrebno odmah zamijeniti.





Slika 5. Oštećena ispuna spoja visokog stupnja oštećenja [9]

### 3.6. Zakrpe (eng. *Patching*)

Zakrpe su površine na kojima je prvobitni kolnik uklonjen i zamijenjen, a dijele se na male zakrpe (manje od 0.5 m<sup>2</sup>) i velike zakrpe (veće od 0.5 m<sup>2</sup>).

Za potrebe ocjene stanja kolnika ukoliko postoji jedna ili više manjih zakrpa istog stupnja oštećenja na jednoj ploči, uzima se u obzir oštećenje samo jedne ploče. Ukoliko ta ista ploča sadrži više različitih zakrpa drugačijih stupnjeva oštećenja, u obzir se uzima najviši stupanj oštećenja. Isto tako, ako je prvobitna pukotina popravljena sa zakrpom širine 100 mm do 250 mm, kod ocjene se u obzir uzima sanirana pukotina, a ne zakrpa [8].

Stanje je niskog stupnja oštećenja kada je zakrpa kvalitetno izvedena i tijekom vremena nije došlo do njenog oštećenja. Srednjim stupnjem oštećenja ocjenjuje se zakrpa sa vidljivim oštećenjima ili pukotinama na rubovima, a koja može predstavljati prepreku na kolniku i potrebno ju je sanirati. U slučaju visokog stupnja oštećenja potrebna je potpuna zamjena zakrpe nakon znatnog oštećenja i pojave pukotina oko i unutar zakrpa. Na slikama 6 i 7 prikazani su slučajevi srednjeg stupnja oštećenja male (slika 6) i velike (slika 7) zakrpe.



Slika 6. Mala zakrpa srednjeg stupnja oštećenja [8]



Slika 7. Velika zakrpa srednjeg stupnja oštećenja [8]

### 3.7. Ispadanje zrna agregata (eng. *Popouts*)

Oštećenje u vidu ispadanja zrna agregata se odnosi na manje komade kolnika koji se odvoje ("iskoče") sa površine zbog djelovanja ciklusa smrzavanja i odmrzavanja. Veličinom variraju od 25 mm do 100 mm promjera i dubinom od 13 mm do 50 mm [8].

Kod oštećenja ispadanja zrna agregata za potrebe ocjene stanja kolnika ne postoje stupnjevi oštećenja, već ih mora biti dovoljan broj na određenoj površini kako bi se uzelo u obzir. Ako postoje više od tri mjesta ispadanja zrna agregata na kvadratnom metru na čitavoj površini ploče. Na slici 8 vidljivo je oštećenje ispadanja zrna agregata.

Ispadanje zrna agregata ne utječe na uporabljivost kolnika, no krhotine ukoliko se pravovremeno ne uklone sa površine mogu predstavljati opasnost oštećenja stranim

tijelom (FOD-a). Površinu koja je u velikoj mjeri zahvaćena ispadanjem zrna agregata potrebno je sanirati izvedbom zakrpe ili zamjenom cijele ploče.



Slika 8. Ispadanje zrna agregata na površini betonskog kolnika [9]

### 3.8. Istiskivanje vode (eng. *Pumping*)

Proces izgleda tako da se s vodom istiskuje materijal kroz spojeve ili pukotine. Voda pri tome sa sobom nosi čestice šljunka, pijeska i gline. Prvi pokazatelji ovog oštećenja su promjena boje površine i oštećenje ispune spoja.

Broj ploča koje su zahvaćene se određuje na sljedeći način [8]:

- a.) istiskivanje se pojavilo na jednom spoju između dvije ploče (broje se obje ploče),
- b.) istiskivanje se pojavilo i na ostalim spojevima oko ploče (broji se po jedna ploča dodatno za svaki oštećeni spoj).



Slika 9. Promjena boje površine uzrokovana istiskivanjem vode [11]

### 3.9. Ljuštenje (eng. *Scaling*)

Na ljuštenje utječu prvenstveno kvaliteta materijala i čimbenici okoliša, a vidljivo je kao raslojavanje ili dezintegracija površine ploče. Ljuštenje može nastati zbog pretjerane obrade površine, dodavanja vode tijekom završne obrade, nedostatnog negovanja, pokušaja površinskih popravaka svježeg betona mortom, smrzavanja betona prije nego je dosegnuo zadovoljavajuću tlačnu čvrstoću, te utjecaj čimbenika okoliša [8].

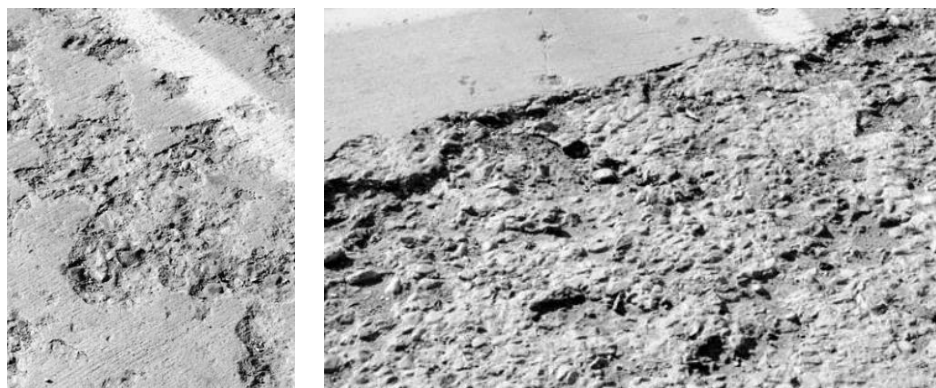
Prema [8] stupnjevi ozbiljnosti oštećenja su sljedeći:

L – minimalni gubitak površinskog sloja,

M – određeni gubitak površinskog sloja tj. potencijalna opasnost na kolniku,

H – značajan gubitak površinskog sloja i očekivani nastavak pogoršanja zbog uvjeta okoliša.

Kod ocjene stanja kolnika ako na jednoj ploči postoje dva ili više različitih stupnjeva oštećenja, kao referentni se odabire najviši. Na slici 10 lijevo vidljivo je ljuštenje srednjeg stupnja, a na slici desno visokog stupnja oštećenja.



Slika 10. Srednji stupanj oštećenja kolnika ljuštenjem (lijevo) i visoki stupanj oštećenja (desno) [9]

### 3.10. Slijeganje ili rasjedanje (eng. *Settlement or faulting*)

Obje pojave odnose se na proces izdizanja ili slijeganja ploča. Stupnjevi oštećenja definirani su visinskom razlikom na spoju, a koja utječe na kvalitetu i sigurnost vožnje. U tablici 1 prikazani su stupnjevi oštećenja s obzirom na visinsku razliku i mjesto nastanka. Visinska razlika mjeri se ravnalom.

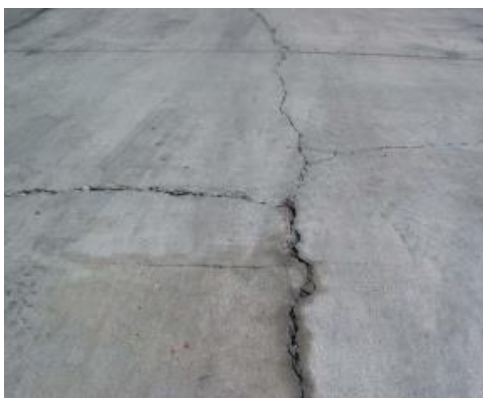
Tablica 1. Stupanj oštećenja s obzirom na visinsku razliku i mjesto nastanka [8]

	Uzletno-sletna staza/Rulna staza	Stajanka
L	< 6 mm	3 mm – 13 mm
M	6 mm – 13 mm	13 mm – 25 mm
H	> 13 mm	> 25 mm

Prilikom brojanja oštećenja, slijeganje ili rasjed između dvije ploče, računa se kao jedna oštećena ploča.

### 3.11. Lom ploče (eng. *Shattered slab*)

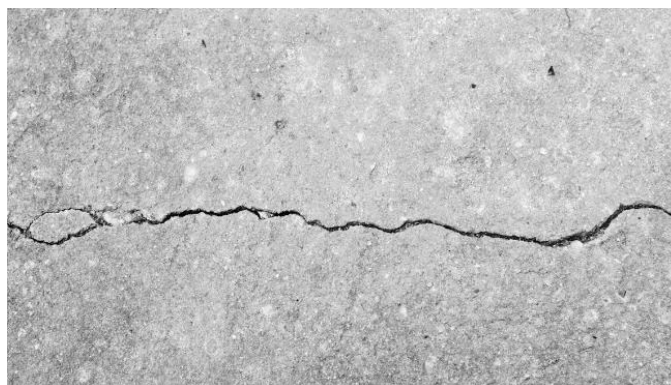
Pukotine nastale na ploči se međusobno presijecaju i lome ploču na četiri ili više dijelova. U skladu sa [8] niski stupanj oštećenja se dodjeljuje kada je ploča izlomljena na četiri ili pet dijelova sa preko 85% pukotina niskog stupnja oštećenja. U slučaju kada se ploča prelomi na četiri ili pet dijelova s preko 15% pukotina srednjeg stupnja oštećenja i/ili preko 85% niskog stupnja govori se o srednjem stupnju oštećenja. Visoki stupanj oštećenja dodjeljuje se u slučaju kada je ploča razlomljena na preko šest dijelova s preko 15% pukotinama visokog stupnja oštećenja odnosno u slučaju kada je ploča izlomljena na četiri ili pet dijelova sa svim pukotinama visokog stupnja oštećenja. Slika 11 prikazuje visoki stupanj oštećenja tipa lom ploče.



Slika 11. Visoki stupanj oštećenja tipa lom ploče [8]

### 3.12. Pukotine nastale procesom skupljanja (eng. *Shrinkage cracks*)

Pukotine u armiranobetonskim pločama koje su širine manje od 3 mm računaju se kao pukotine nastale skupljanjem (eng. *Shrinkage cracks*) [7]. Širina pukotina mjeri se između okomitih stijenki pukotina. Pukotine koje su šire od 75 mm predstavljaju veliki problem i nužno ih je popraviti bez obzira na stanje. Pukotine nastaju tijekom vezivanja i njege betona. Ne prodiru duboko unutar ploče i ne rasprostiru se cijelom njenom površinom. Za ovaj tip oštećenja nisu definirani stupnjevi oštećenja već je dovoljno utvrditi njihovo postojanje.



Slika 12. Pukotina nastala procesom skupljanja betona [12]

U slučaju postojanja jedne ili više pukotina nastalih procesom skupljanja za potrebe ocjene stanja broji se kao oštećenje na jednoj ploči.

### 3.13. Odlamanje betona duž spoja (poprečni spojevi, uzdužni spojevi) (eng. *Spalling (Transversal and longitudinal joints)*)

Odlamanje betona duž spoja je posljedica prekomjernih naprezanja na mjestu spoja. Uzrok nastanka ove pojave je prisutnost nestišljivih materijala u spoju, loša kvaliteta betona i zamor materijala u kombinaciji s prometnim opterećenjem [8]. Prilikom ocjene stanja u obzir se uzima oštećenje na jednoj ploči ako je odlamanje prisutno uz rub jedne ploče, a dvije ako je odlamanje prisutno oko rubova dviju susjednih ploča. Međutim, ako je odlamanje betona duž spoja dovoljno malo da ga je moguće popraviti brtvilom, ne uzima se u obzir kao oštećenje.



Slika 13. Pukotina duž spoja [9]

Tablica 2. Stupnjevi oštećenja za odlamanje betona duž spoja prema [8]

	Duljina pukotine	Opis
L	< 600 mm	razlomljena pukotina;
	> 600 mm	pukotina razlomljena na više od tri dijela, spoj djelomično oštećen
M	< 600 mm	razlomljena pukotina sa dijelovima koji se mrve
	> 600 mm	pukotina razlomljena na više od tri dijela, spoj vidljivo oštećen
H	> 600 mm	pukotina razlomljena na više od tri dijela, spoj jako oštećen

### 3.14. Odlamanje betona kuta ploče (eng. *Spalling (Corner)*)

Odlamanje betona kuta ploče je lom na ploči udaljen otprilike 600 mm od kuta ploče. Razlika između odlamanja betona kuta ploče i prethodno navedenog loma kuta ploče u potpoglavlju 3.2. je u tome što se lom kuta nastavlja okomito kroz ploču. Uzroci nastanka ovog tipa oštećenja su isti kao u slučaju oštećenja odlamanja betona duž spoja.

Kod ocjene stanja ako jedno ili više oštećenja odlamanja betona kuta ploče ima isti stupanj oštećenja a nalaze se na istoj ploči, oštećenje se računa na jednoj ploči. Ako postoji više različitih stupnjeva oštećenja na istoj ploči, kao referentni se uzima najviši stupanj oštećenja. Odlamanje betona kuta ploče ima stupanj oštećenja L kada je kut izlomljen na jedan ili dva dijela, M kada je izlomljen na dva ili više dijelova od kojih su neki potpuno odlomljeni, te H kada odlomljeni dijelovi betona kuta ploče stvaraju opasnost za odvijanje prometa i prepreku na kolniku. Na slici 14 je prikazano oštećenje odlamanja betona kuta ploče visokog stupnja.



Slika 14. Visoki stupanj oštećenja odlamanja betona kuta ploče[8]

### 3.15. Alkalno silikatna reakcija (eng. *Alkali silica reaction*)

Alkalno silikatna reakcija (ASR) uzrokovana je kemijskom reakcijom između lužine i silicijevog minerala prilikom koje nastaje gel [8]. Gel upija vodu i prouzrokuje širenje koje oštećuje beton.

Vizualne naznake postojanja ASR oštećenja su nastanak pukotina, pojava bijelih, smeđih ili sivih mrlja, ispadanje zrna agregata i ekspanzija betona. Stupnjevi oštećenja alkalno silikatne reakcije za potrebu ocjene stanja betonskog kolnika prikazani su u tablici 3.



Tablica 3. Stupnjevi oštećenja za ASR [8]

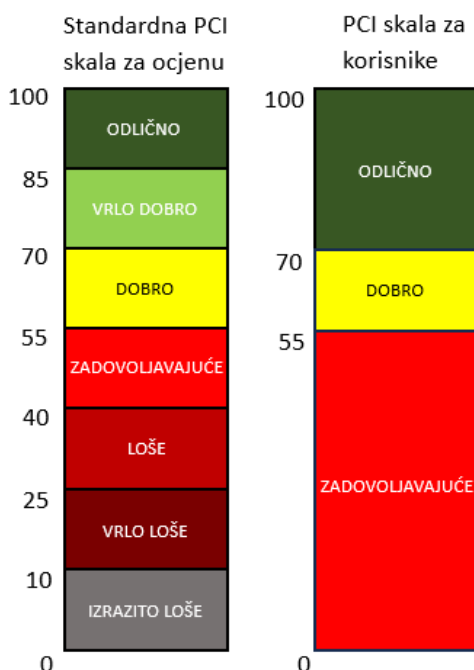
	Opis
L	pukotine na površini manje ili jednake 1 mm
M	pucanje ploče, izbočenja betona, pukotine veće ili jednake 1 mm
H	odlomljeni dijelovi betona, nužan je hitan popravak kolnika

## 4. IZRAČUN INDEKSA STANJA KOLNIKA PREMA ASTM D5340-20

Indeks stanja kolnika (eng. *Pavement Condition Index – PCI*) je numerička vrijednost koja se koristi za ocjenu stanja kolnika, a bazira se na procijeni vrste i stupnja oštećenja površine kolnika temeljem vizualnog pregleda. Metoda određivanja indeksa stanja kolnika na operativnim površinama zračne luke definirana je u normi ASTM (eng. *American Society for Testing and Materials*) D5340-20.

Za proračun PCI-a potrebno je operativnu površinu zračne luke podijeliti na ogranke, dionice i ispitne uzorke. Ogranak je prepoznatljivi dio operativne površine zračne luke koji ima posebnu namjenu (uzletno-sletna staza, stajanka, staza za vožnju i sl.). Dionica je dio ogranaka s ujednačenom kolničkom konstrukcijom, održavanjem, poviješću korištenja, stanjem kolnika i prometnim opterećenjem. Dionice se dijele na ispitne uzorke. Jedan ispitni uzorak betonskog kolnika sastoji se od 20 uzastopnih ploča ( $\pm 8$  ploča ako ukupan broj ploča ne može biti ravnomjerno raspodijeljen ili se treba prilagoditi uvjetima na terenu) [7].

Metoda se temelji na vizualnom pregledu kolnika i izračunu PCI vrijednosti za odabrani ispitni uzorak unutar dionice. PCI vrijednost dionice dobiva se kao ponderirana aritmetička sredina PCI vrijednosti odabranih ispitnih uzorka s obzirom na površinu. PCI vrijednost dionice se naposljetku koristi za planiranje održavanja prema skali prikazanoj na slici 15.



Slika 15. Skale koje se koriste za ocjenjivanje PCI vrijednosti [13]

Skala za ocjenu kreće se od 0 do 100 gdje vrijednost 0 predstavlja potpuno oštećen kolnik, a vrijednost 100 kolnik bez oštećenja. Kod kolnika s PCI vrijednosti većom od 70 nije potrebno planirati veće održavanje u bližoj budućnosti (1 do 5 godina). Kod kolnika s PCI od 55 do 70 veće održavanje se planira u periodu 1 do 5 godina, dok kod kolnika s PCI ispod 55 održavanje treba planirati u sljedećoj godini [13].

#### 4.1. Izračun broja i razmaka ispitnih uzoraka

Nakon podjele operativne površine na područja različitih namjena te podjele na ogranke, dionice i ispitne uzorke, određuje se broj ispitnih uzoraka na kojima se provodi vizualni pregled, a koji predstavlja ulazni parametar pri izračunu PCI vrijednosti ispitnih uzoraka odnosno dionice. Svaki ispitni uzorak može sadržavati od 12 do 28 betonskih ploča ovisno o načinu podjele dionice i uvjetima na terenu.

Prema metodi 1 najmanji broj ispitnih uzoraka ( $n$ ) koji mora biti pregledan unutar određene dionice kako bi rezultati bili unutar intervala pouzdanosti od 95% računa se prema [7]:

$$n = \frac{Ns^2}{\left(\left(\frac{e^2}{4}\right)(N-1) + s^2\right)} \quad (1)$$

gdje je:

$e$  – prihvatljiva pogreška procjene ( $\pm 5$  PCI bodova),

$s$  – standardna devijacija,

$N$  – ukupan broj ispitnih uzoraka na dionici.

Minimalni broj ispitnih uzoraka koje je potrebno pregledati zaokružuje se na prvi veći cijeli broj.

Standardna devijacija  $s$  je prosječno srednje kvadratno odstupanje vrijednosti od njihove aritmetičke sredine. Prilikom prvog pregleda kolnika za standardnu devijaciju pretpostavlja se vrijednost 15 za betonske kolnike [7]. Za naknadne preglede kolnika potrebno je izvršiti provjeru stvarne standardne devijacije prema jednadžbi [7]:

$$s = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(PCI_i - PCI_f)^2}{(n-1)}} \quad (2)$$

gdje je:

$PCI_i$  – PCI vrijednost ispitnog uzorka  $i$ ,

$PCI_f$  – prosječna PCI vrijednost ispitnih uzoraka,

$n$  – ukupan broj pregledanih uzoraka.

Kod naknadnih pregleda kolnika prema jednadžbi (1) izračunava se najmanji broj uzoraka koji se pregledava, a prema jednadžbi (2) pripadajuća standardna devijacija. Ako je broj dobiven jednadžbom (1) veći od broja uzoraka koji su već ispitani, odabire se i ispituje dodatni nasumični uzorak [7]. Postupak se ponavlja sve dok ukupan broj ispitanih uzoraka nije jednak ili veći od najmanjeg broja uzoraka dobivenog jednadžbom (1).

Druga metoda za odabir broja ispitnih uzoraka, a koja je definirana u normi koristi se kada postizanje razine pouzdanosti od 95% nije nužno. Prema ovoj metodi broj ispitnih uzoraka koji se pregledava ovisi o ukupnom broju ispitnih uzoraka a podijeljen je u pet kategorija prema tablici 4.

Tablica 4. Određivanje broja ispitnih uzoraka koji se trebaju pregledati prema metodi 2 [7]

N	n
1 – 5	1
6 – 10	2
11 – 15	3
16 – 40	4
> 40	10 %

Kad se odredi broj ispitnih uzoraka, izračunava se njihov razmak  $i$  koristeći postupak slučajnog uzorkovanja. Uzorci su na jednakom razmaku na cijeloj dionici pri čemu je prvi ispitni uzorkak koji se pregledava definiran slučajnim odabirom. Isto se proračunava u skladu sa [7], a rezultat se zaokružuje na prvi manji cijeli broj:

$$i = \frac{N}{n} \quad (3)$$

gdje je:

N – ukupan broj ispitnih uzoraka na dionici,

n – broj ispitnih uzoraka koji se pregledavaju.

Za svaku kombinaciju oštećenja unutar nekog ispitnog uzorka određuje se referentni stupanj oštećenja i zbraja broj ploča na kojima se pojavljuju [7]. Navedeni zbroj se dijeli s ukupnim brojem ploča u ispitnom uzorku i množi sa 100.

## 4.2. Izračun PCI vrijednosti

Kao što je ranije rečeno izračun PCI vrijednosti temelji se na vizualnom pregledu stanja površine kolnika tijekom kojeg se identificiraju vrste i stupanj oštećenja. Brojčane oznake vrsta oštećenja prema [7] opisanih u radu, a koji se koriste prilikom proračuna su:

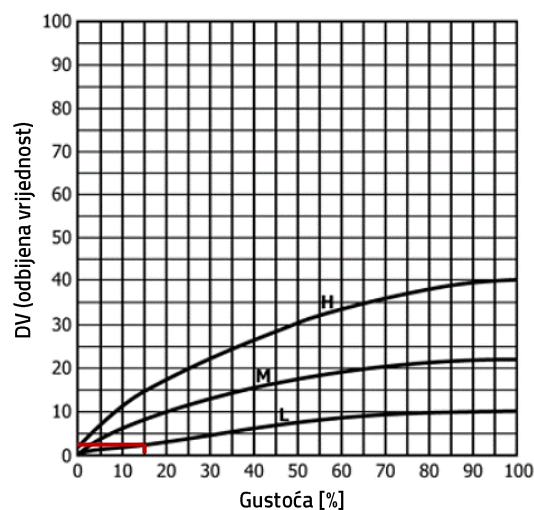
1. Denivelacija ploča (eng. *Blowup*)
2. Lom kuta ploče (eng. *Corner break*)
3. Uzdužne, poprečne i dijagonalne pukotine (eng. *Long, trans. and diagonal cracks*)
4. "D" pukotine (eng. *Durability cracks*)
5. Oštećenje ispune spoja (eng. *Joint seal damage*)
6. Mala zakrpa (eng. *Small Patch*)
7. Velika zakrpa (eng. *Patching*)
8. Ispadanje zrna agregata (eng. *Popouts*)
9. Istiskivanje vode (eng. *Pumping*)
10. Ljuštenje (eng. *Scaling*)
11. Slijeganje ili rasjedanje (eng. *Settlement or faulting*)
12. Lom ploče (eng. *Shattered slab*)
13. Pukotine nastale procesom skupljanja (eng. *Shrinkage cracks*)
14. Odlamanje betona duž spoja (eng. *Spalling-joints*)
15. Odlamanje betona kuta ploče (eng. *Spalling corner*)
16. Alkalno silikatna reakcija (eng. *Alkali silica reaction*)

Postupak izračuna PCI vrijednosti objašnjen je na primjeru u nastavku. U tablici 5 dani su podaci prikupljeni vizualnim pregledom stanja betonskog kolnika za jedan ispitni uzorak. Vrsta i stupnjevi oštećenja odgovaraju onima opisanim u poglavlju 3. Gustoću označava postotak ploča zahvaćenih određenim tipom oštećenja od ukupnog broja ploča u

promatranom ispitnom uzorku. Na primjer za vrstu oštećenja 6 (mala zakrpa) i nizak stupanj oštećenja vizualnim pregledom je utvrđeno da su navedenom vrstom oštećenja zahvaćene 3 ploče od 20 ploča u ispitnom uzorku pa je gustoća oštećenja 15%. Za određivanje odbijene vrijednosti DV (eng. *Deduct Value*) koriste se grafovi koji se nalaze u dodatku norme [7]. Grafovi su definirani za svaku pojedinu vrstu oštećenja, a prikazuju ovisnost odbijene vrijednosti o gustoći i stupnju oštećenja. Za vrstu oštećenja mala zakrpa graf je prikazan na slici 16. Kao ulazni parametri koriste se gustoća, vrsta i stupanj oštećenja.

Tablica 5. Prikaz primjera pregleda stanja betonskog kolnika

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
5	H	20	100	12
6	L	3	15	2
8	-	1	5	5
14	L	5	25	7



Slika 16. Određivanje odbijene vrijednosti za oštećenje 6. Mala zakrpa [7]

Nakon što je određena odbijena vrijednost za sve vrste oštećenja potrebno je odrediti i najveći dozvoljeni broj odbijenih vrijednosti  $m$  koji se proračunava prema formuli [7]:

$$m = 1 + (9/95)(100 - HDV) \leq 10 \quad (4)$$

gdje je:

HDV – najveća pojedinačna odbijena vrijednost (eng. *Highest Individual Deduct Value*)

Za razmatrani primjer najveća pojedinačna odbijena vrijednost iz tablice 5 iznosi 12, te je izračunom prema formuli (4) dobiveno da najveći broj odbijenih vrijednosti iznosi 9,3.

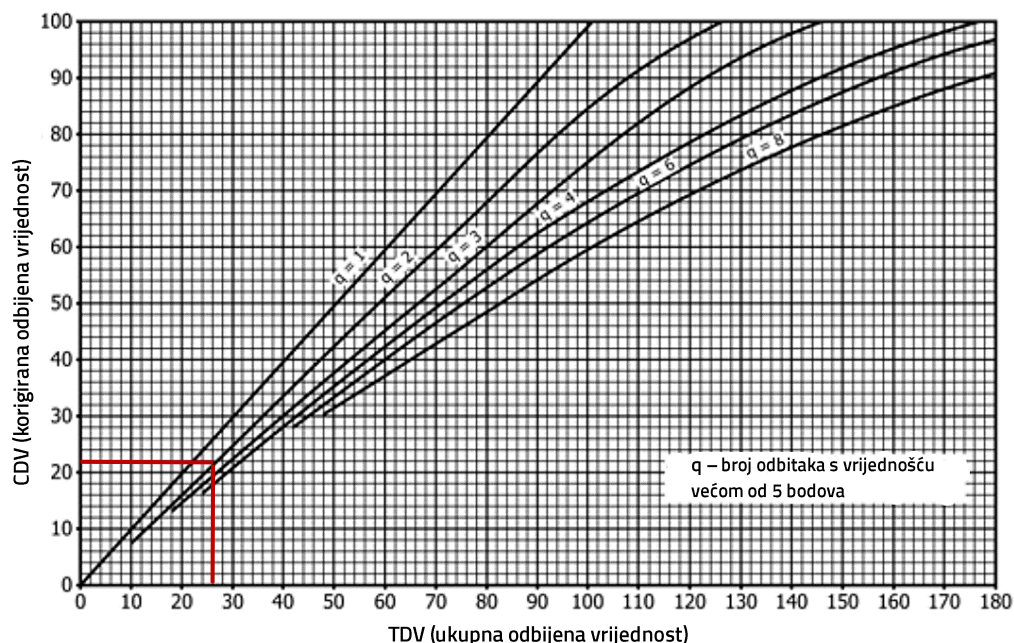
Ako nije nijedan ili je samo jedan pojedinačni DV veći od 5, u proračun PCI-a uzima se zbroj pojedinačnih DV-ova, a ako ih je više koji su veći od broja 5 traži se korigirana odbijena vrijednost CDV (eng. *Corrected Deduct Value - CDV*).

Iz primjera je vidljivo da je broj odbijenih vrijednosti manji od najvećeg broja zbog čega se u obzir uzimaju sve odbijene vrijednosti iz tablice 5. Vrijednosti DV se upisuju u tablicu za proračun korigirane odbijene vrijednosti (tablica 6) od najveće do najmanje i izračunava se njihov zbroj. Za određivanje CDV potreban je i  $q$  tj. broj odbijenih vrijednosti većih od 5 bodova. Na primjeru u tablici 6 brojevi 12 i 7 veći su od broja 5 iz čega se zaključuje da broj vrijednosti većih od pet iznosi dvije vrijednosti. Proračun završava kada se u stupcu  $s$  vrijednosti  $q$  upiše broj 1. Korigirana odbijena vrijednost očitava se na temelju ukupne odbijene vrijednosti  $i$  i vrijednosti  $q$  sa grafikona prikazanog na slici 17.

Tablica 6. Primjer proračuna CDV vrijednosti za betonski kolnik

	DV				UKUPNO	q	CDV
1	12	7	5	2	26	2	22
2	12	5	5	2	24	1	24

PCI vrijednost pojedinog ispitnog uzorka računa se na način da se od broja 100 oduzima najveća korigirana odbijena vrijednost iz stupca CDV tablice za proračun korigirane odbijene vrijednosti.



Slika 17. Grafikon za određivanje korigirane odbijene vrijednosti za betonski kolnik [7]

Za razmatrani primjer najveća korigirana odbijena vrijednost iz tablice 6 iznosi 24, te se izračunom dobiva da je indeks stanja kolnika ispitnog uzorka 76.

Postupak se ponavlja za svaki odabrani ispitni uzorak. Nakon izračuna PCI vrijednosti svakog pojedinačnog odabranog ispitnog uzorka pristupa se proračunu ukupnog PCI-a pojedine dionice na temelju čega se određuje sveukupno stanje kolnika na dionici i ogranku.

Postupak se provodi prema jednadžbi iz [7]:

$$PCI_S = \overline{PCI}_r = \frac{\sum_{i=1}^n (PCI_{ri} \cdot A_{ri})}{\sum_{i=1}^n A_{ri}} \quad (5)$$

gdje je:

$PCI_S$  – ponderirani PCI dionice,

$\overline{PCI}_r$  – ponderirani PCI slučajno odabranog ispitnog uzorka,

$PCI_{ri}$  – PCI slučajno odabranog uzorka  $i$ ,

$A_{ri}$  – površina slučajno odabranog uzorka  $i$ ,

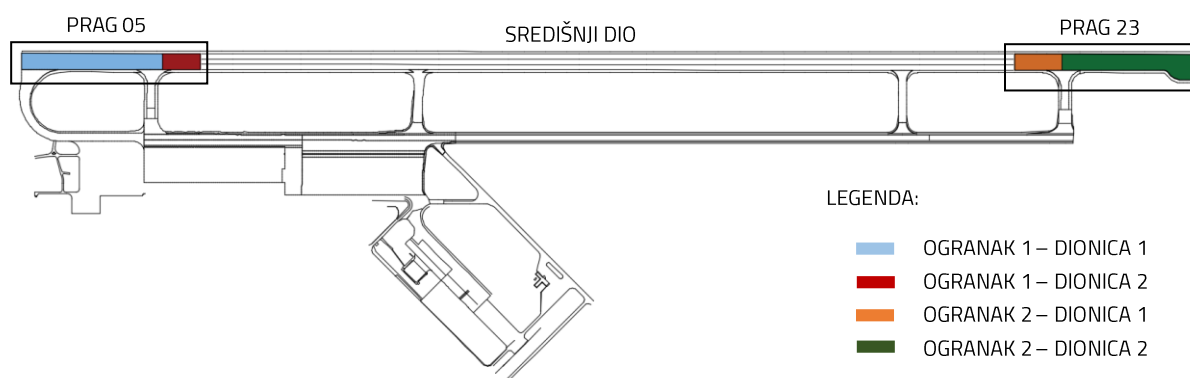
$n$  – broj ispitanih slučajnih uzoraka.



## 5. OCJENA STANJA PRAGOVA UZLETNO-SLETNE STAZE

U okviru diplomskog rada dat će se ocjena stanja betonskog kolnika uzletno-sletne staze zračne luke temeljem PCI vrijednosti izračunane u skladu s normom ASTM D5340-20. PCI vrijednost je izračunana na temelju karte oštećenja prikazane u Prilogu 1.

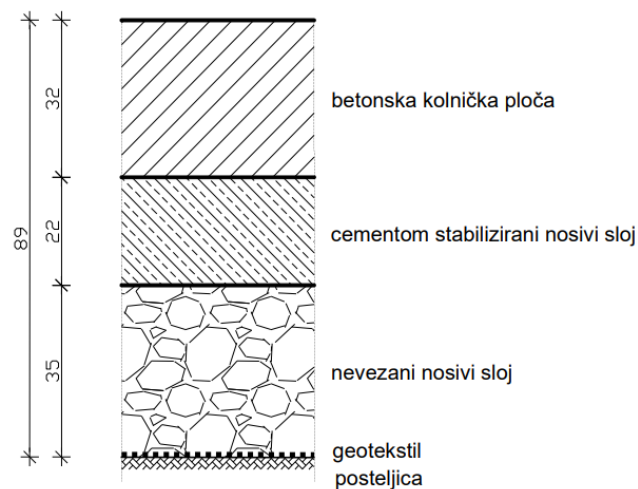
Uzletno-sletna staza izvedena je 1942. godine s kolničkom konstrukcijom koja se sastojala od betonskih ploča debljine 14 cm na podlozi od šljunka [13]. 1953. godine preko postojećeg kolnika izrađene su nove betonske ploče debljine 18 do 20 cm pri čemu je uzletno-sletna staza produžena s obje strane. 1966. preko betonskih ploča izveden je asfaltni nadsloj debljine između 9 i 15 cm. Drugi asfaltni nadsloj debljine 16 cm izveden je 1974. godine kada je produžena i betonska kolnička konstrukcija na pragu 05. Na središnjem dijelu uzletno-sletne staze u širini od 30 m, 1989. godine nakon uklanjanja postojećeg, izveden je novi habajući sloj. 2010. godine je rekonstruiran prag 05 pri čemu je izrađena nova betonska kolnička konstrukcija i obnovljen središnji dio staze širine 30 m kojem je uklonjen postojeći i ugrađen novi asfalt. Kolnička konstrukcija pragovala 05 (praga 05 dužine 495,93 m) i 23 (dužine 494,30 m) je betonska. Na slici 18 prikazana je shema uzletno-sletne staze s podjelom pragovala na ogranke i dionice. U Prilogu 1 i Prilogu 2 vidljivo je da su ploče označene rimskim brojem koji označava red u kojem se pojedina ploča nalazi i pripadajućim arapskim brojem kojim se definira broj ploče unutar reda gledajući s lijeva na desno.



Slika 18. Shematski prikaz uzletno-sletne staze s podjelom na ogranke i dionice

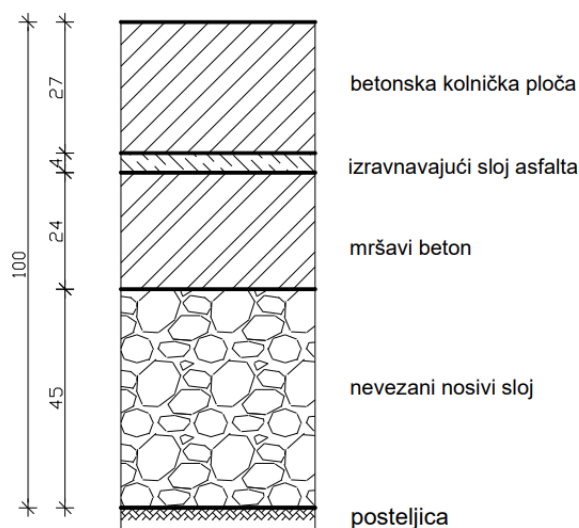
Uzletno-sletna staza podijeljena je na tri ogranke: prag 05, središnji dio i prag 23. S obzirom da se na središnjem dijelu uzletno-sletne staze nalazi asfaltni kolnik, u okviru ovog diplomskog rada izračun PCI vrijednosti proveden je samo za pragove.

U skladu sa postupkom opisanim u poglavlju 4, prag 05 (ogranak 1) podijeljen je na dvije dionice s obzirom na različitu starost kolnika, različit sastav i debljinu slojeva kolničke konstrukcije i različite postupke održavanja. Prva se dionica rasprostire od stacionaže km 0-390,00 m do km 0+000,00 m, a druga od km 0+000,00 m do km 0+105,93 m. Prema [13] kolnička konstrukcija na ogranku 1, dionici 1 sastoji se od nearmiranih betonskih ploča. Betonske ploče izvedene su na cementom stabiliziranom nosivom sloju ispod kojeg je mehanički zbijeni nosivi sloj od drobljenog kamena. Presjek kolničke konstrukcije na ogranku 1, dionici 1 prikazan je na slici 19.



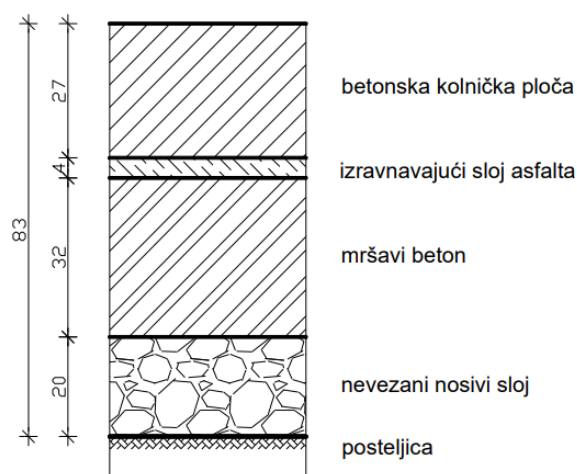
Slika 19. Shematski prikaz kolničke konstrukcije praga 05 od km 0-390,00 m do km 0+000,00 m [13]

Ogranak 1, dionica 2 za kolničku konstrukciju ima armirane betonske ploče, te izravnavajući sloj asfalta ispod kojeg je mršavi beton položen na nosivi sloj od šljunčanog materijala kao što je vidljivo na slici 20.

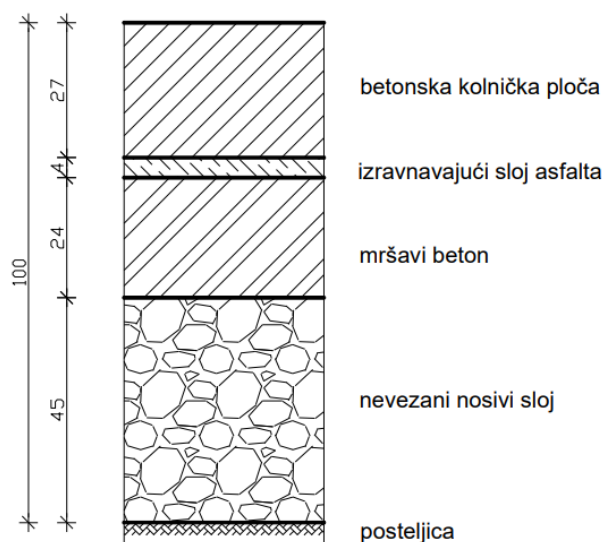


Slika 20. Shematski prikaz kolničke konstrukcije praga 05 od km 0+000,00 m do km 0+105,93 m [13]

Prag 23 (ogranak 2) je s obzirom na različite sastave i debljine slojeva kolničkih konstrukcija podijeljen na dvije dionice. Dionica 1 rasprostire se od stacionaže km 2+368,13 m do stacionaže km 2+501,31 m, dok se dionica 2 rasprostire od km 2+501,31 m do km 2+862,43 m. Kolnička konstrukcija ogranka 2, dionice 1 sastavljena je od armirano betonske ploče sa jednakim slojevima kao i ogranak 1, dionica 2 praga 05 (slika 20). Dionica 2 na ogranku 2 izvedena je od nearmiranih betonskih ploča položenih na asfaltni sloj ispod kojeg se nalazi sloj mršavog betona i mehanički stabilizirani nosivi sloj od šljunka (slika 21).



Slika 21. Shematski prikaz kolničke konstrukcije praga 23 od km 2+368,13 m do km 2+501,31 m [13]



Slika 22. Shematski prikaz kolničke konstrukcije praga 23 od km 2+501,31 m do km 2+862,43 m [13]

Podjela pragova uzletno-sletne staze na ogranke, dionice i ispitne uzorke prikazana je u Prilogu 1.

### 5.1. Određivanje broja i razmaka ispitnih uzoraka na pragovima uzletno-sletne staze

Broj i razmak ispitnih uzoraka koji se trebaju pregledati određen je u skladu s metodologijom objašnjenom u poglavlju 4. Dionica 1 na ogranku 1 podijeljena je na 32 ispitna uzorka. Dionica 2 na ogranku 1 i dionica 1 na ogranku 2 podijeljene su na 12 ispitnih uzoraka. Dionica 2 ogranka 2 podijeljena je na 39 ispitnih uzoraka. U tablici je prikazan izračunani broj uzoraka koji je potrebno ispitati prema metodi 1 i metodi 2.

Tablica 7. Najmanji broj ispitnih uzoraka koji se pregledavaju

	Metoda 1	Metoda 2
Ogranak 1 Dionica 1	18	4
Ogranak 1 Dionica 2	10	3
Ogranak 2 Dionica 1	10	3
Ogranak 2 Dionica 2	19	4

Prema metodi 2 je broj uzoraka koji se pregledavaju znatno manji nego onaj dobiven metodom 1. Za ogranak 1 i dionicu 1 od 32 ispitna uzorka prema metodi 1 minimalni broj ispitnih uzoraka koje je potrebno pregledati iznosi 18 što čini 56% ukupnog broja ispitnih uzoraka, a prema metodi 2 taj broj je 4 što iznosi 13%. Od ukupno 12 ispitnih uzoraka na dionici 2 ogranka 1, te dionici 1 ogranka 2 i minimalni broj ispitnih uzoraka koje je potrebno pregledati prema metodi 1 je 10 što čini 83%, dok prema metodi 2 iznosi 3 ispitna uzorka odnosno 25%. Za ogranak 2 i dionicu 2 od 39 ispitnih uzoraka minimalni broj ispitnih uzoraka koje je potrebno pregledati je 19 prema metodi 1 što čini 49%, a prema metodi 2 je 4 tj. 10% od ukupnog broja uzoraka.

Razmak između ispitnih uzoraka koje je potrebno pregledati određen je u skladu s metodologijom objašnjenom u podpoglavlju 4.1., a prikazan je u tablici 8. Ukoliko pridržavajući se dobivenog razmaka između ispitnih uzoraka nije moguće ispoštivati broj ispitnih uzoraka koji se treba pregledati, prednost se daje najmanjem broju uzoraka koji se trebaju pregledati n.

Tablica 8. Razmak između odabranih ispitnih uzoraka

	<i>i</i>
Ogranak 1 Dionica 1	1
Ogranak 1 Dionica 2	1
Ogranak 2 Dionica 1	1
Ogranak 2 Dionica 2	2

## 5.2. Izračun PCI vrijednosti pragova uzletno-sletne staze

Izračun PCI vrijednosti opisan u poglavlju 4 provodi se za sve ispitne uzorke prikazane na karti oštećenja u Prilogu 1. Postupak izračuna prikazan je u Prilogu 3, a pregledni rezultati sa vrijednosti indeksa stanja kolnika i ocjenom kolnika prema skali za korisnike prikazanoj na slici 15 za sve ispitne uzorke dani su u tablicama 9, 10, 11 i 12.

Tablica 9. Rezultati izračuna PCI vrijednosti ispitnih uzoraka za ogranak 1 i dionicu 1

Ispitni uzorak	Površina ispitnog uzorka [m <sup>2</sup> ]	PCI	Ocjena
1	56,99	76	ODLIČNO
2	56,33	94	ODLIČNO
3	56,43	77	ODLIČNO
4	56,22	67	DOBRO
5	56,35	75	ODLIČNO
6	56,26	85	ODLIČNO
7	56,43	87	ODLIČNO

8	56,20	87	ODLIČNO
9	56,30	80	ODLIČNO
10	56,29	89	ODLIČNO
11	56,22	89	ODLIČNO
12	56,21	92	ODLIČNO
13	56,22	97	ODLIČNO
14	56,17	84	ODLIČNO
15	56,17	95	ODLIČNO
16	33,26	88	ODLIČNO
17	56,93	66	DOBRO
18	56,31	78	ODLIČNO
19	56,58	79	ODLIČNO
20	56,44	86	ODLIČNO
21	56,05	83	ODLIČNO
22	56,21	86	ODLIČNO
23	56,19	85	ODLIČNO
24	56,45	92	ODLIČNO
25	56,25	88	ODLIČNO
26	56,29	93	ODLIČNO
27	56,28	85	ODLIČNO
28	56,38	93	ODLIČNO
29	56,38	98	ODLIČNO
30	56,19	82	ODLIČNO
31	56,62	98	ODLIČNO
32	33,64	100	ODLIČNO

Dionica 1 na ogranku 1 ukupne je površine 1757,24 m<sup>2</sup> od koje je 94% ispitnih uzoraka ocijenjeno ocjenom odlično, 6% ocjenom dobro i niti jedan ispitni uzorak nije ocijenjen ocjenom zadovoljavajuće.

Tablica 10. Rezultati izračuna PCI vrijednosti ispitnih uzoraka za ogranak 1 i dionicu 2

Ispitni uzorak	Površina ispitnog uzorka [m <sup>2</sup> ]	PCI	Ocjena
1	41,46	95	ODLIČNO
2	45,06	70	DOBRO
3	45,05	42	ZADOVOLJAVAJUĆE
4	26,92	38	ZADOVOLJAVAJUĆE
5	41,54	67	DOBRO
6	45,16	66	DOBRO
7	45,09	38	ZADOVOLJAVAJUĆE
8	27,07	19	ZADOVOLJAVAJUĆE
9	41,29	84	ODLIČNO
10	45,22	81	ODLIČNO
11	44,94	65	DOBRO
12	26,87	84	ODLIČNO

Dionica 2 na ogranku 1 ukupne je površine 475,67 m<sup>2</sup>. Jedna trećina ispitnih uzoraka tj. 33% ispitnih uzoraka ocijenjeno je ocjenom odlično, 33% ocjenom dobro i 33% ocjenom zadovoljavajuće.

Tablica 11. Rezultati izračuna PCI vrijednosti ispitnih uzoraka za ogranak 2 i dionicu 1

Ispitni uzorak	Površina ispitnog uzorka [m <sup>2</sup> ]	PCI	Ocjena
1	63,00	66	DOBRO
2	44,96	44	ZADOVOLJAVAJUĆE
3	44,61	68	DOBRO
4	47,02	55	ZADOVOLJAVAJUĆE
5	63,16	34	ZADOVOLJAVAJUĆE



6	44,98	42	ZADOVOLJAVAJUĆE
7	44,44	58	DOBRO
8	47,06	44	ZADOVOLJAVAJUĆE
9	63,12	77	ODLIČNO
10	44,96	57	DOBRO
11	44,51	76	ODLIČNO
12	47,09	53	ZADOVOLJAVAJUĆE

Dionica 1 na ogranku 2 površinom iznosi 598,91 m<sup>2</sup> gdje je 17% ispitnih uzoraka ocijenjeno ocjenom odlično, 33% ocjenom dobro i 50% ispitnih uzoraka ocjenom zadovoljavajuće.

Tablica 12. Rezultati izračuna PCI vrijednosti ispitnih uzoraka za ogranak 2 i dionicu 2

Ispitni uzorak	Površina ispitnog uzorka [m <sup>2</sup> ]	PCI	Ocjena
1	46,19	76	ODLIČNO
2	44,97	84	ODLIČNO
3	44,88	85	ODLIČNO
4	44,89	75	ODLIČNO
5	45,16	89	ODLIČNO
6	45,12	89	ODLIČNO
7	45,01	70	DOBRO
8	44,87	65	DOBRO
9	45,24	86	ODLIČNO
10	44,93	86	ODLIČNO
11	45,12	89	ODLIČNO
12	44,76	70	DOBRO
13	46,20	37	ZADOVOLJAVAJUĆE
14	45,15	70	DOBRO

15	44,91	69	DOBRO
16	44,77	69	DOBRO
17	44,92	73	ODLIČNO
18	45,18	66	DOBRO
19	44,96	91	ODLIČNO
20	44,98	84	ODLIČNO
21	45,45	94	ODLIČNO
22	45,16	83	ODLIČNO
23	45,08	56	DOBRO
24	44,77	53	ZADOVOLJAVAJUĆE
25	46,45	56	DOBRO
26	45,18	83	ODLIČNO
27	45,08	53	ZADOVOLJAVAJUĆE
28	44,77	68	DOBRO
29	44,91	72	ODLIČNO
30	45,23	58	DOBRO
31	44,97	67	DOBRO
32	45,08	69	DOBRO
33	45,33	84	ODLIČNO
34	44,97	75	ODLIČNO
35	44,98	63	DOBRO
36	44,64	60	DOBRO
37	35,92	46	ZADOVOLJAVAJUĆE
38	47,12	52	ZADOVOLJAVAJUĆE
39	47,01	36	ZADOVOLJAVAJUĆE

Dionica 2 na ogranku 2 ukupne je površine 1754,31 m<sup>2</sup> od koje je 46% ispitnih uzoraka ocijenjeno ocjenom odlično, 39% ocjenom dobro i 15% ispitnih uzoraka ocijenjeno ocjenom zadovoljavajuće.

Za potrebe izračuna PCI vrijednosti dionice prema jednadžbi (5) izvršena su dva slučajna odabira ispitnih uzoraka. Isti uzorci su odabrani za izračun PCI vrijednosti dionice za broj uzoraka određen prema metodi 1 i metodi 2. Slučajnim odabirom definirani ispitni uzorci, za odabir I i odabir II grafički su prikazani u Prilogu 2.

### 5.2.1. Slučajan odabir I

Ispitni uzorci za prvi slučajni odabir odabrani su nasumično vodeći računa o najmanjem potrebnom broju uzoraka  $n$  i razmaku  $i$ . Odabrani ispitni uzorci za prvi slučajni odabir prikazani su u Prilozima 2.1. i 2.3. za prag 05 odnosno prag 23., a rezultati izračuna PCI vrijednosti su prikazani u tablici 13.

Tablica 13. PCI vrijednost za odabir I

Odabir I	PCI - metoda 1	PCI - metoda 2
Ogranak 1 Dionica 1	86,4	87,5
Ogranak 1 Dionica 2	59,2	66,9
Ogranak 2 Dionica 1	55,4	52,0
Ogranak 2 Dionica 2	70,3	78,5

### 5.2.2. Slučajan odabir II

Uzorci za drugi slučajni odabir također su odabrani nasumično pazeći na najmanji potrebni broj uzoraka za pregled  $n$ , te razmak  $i$ . Odabrani ispitni uzorci su prikazani u Prilozima 2.2. i 2.4. za prag 05 odnosno prag 23, a rezultati izračuna PCI vrijednosti nalaze se u tablici 14.

Tablica 14. Izračunana PCI vrijednost za odabir II

Odabir II	PCI - metoda 1	PCI - metoda 2
Ogranak 1 Dionica 1	85,3	90,0
Ogranak 1 Dionica 2	62,7	81,7
Ogranak 2 Dionica 1	58,7	50,8
Ogranak 2 Dionica 2	70,9	64,5

## 6. ANALIZA REZULTATA

Analiza rezultata je provedena s obzirom na utjecaj slučajnog odabira te s obzirom na utjecaj broja pregledanih ispitnih uzoraka na PCI vrijednosti dionice.

Usporedba rezultata PCI vrijednosti i ocjene stanja kolnika pojedinih dionica za slučajni odabir I i II te broj ispitnih uzoraka dobiven u skladu s metodom 1 prikazana je u tablici 15.

Tablica 15. Usporedba PCI vrijednosti i ocjene stanja za metodu 1 te slučajni odabir I i II

	PCI – odabir I	PCI – odabir II
Ogranak 1 Dionica 1	86,4 (odlično)	85,3 (odlično)
Ogranak 1 Dionica 2	59,2 (dobro)	62,7 (dobro)
Ogranak 2 Dionica 1	55,4 (dobro)	58,7 (dobro)
Ogranak 2 Dionica 2	70,3 (odlično)	70,9 (odlično)

Kao što je vidljivo u tablici 15, veće razlike u PCI vrijednosti dobivene su za ogranak 1 i dionicu 2 (3,5 boda) te ogranak 2 i dionicu 1 (3,3 boda) nego li za ogranak 1 i dionicu 1 (1,1 bod) te ogranak 2 i dionicu 2 (0,9 bodova). Neovisno o odabiru slučajnih ispitnih uzoraka dobivene su jednake ocjene stanja betonskog kolnika za razmatrane ogranke i dionice čime se može zaključiti da primjenom metode 1 odabir ne utječe na ocjenu stanja kolnika. Izračunom broja ispitnih uzoraka koje je potrebno pregledati prema metodi 1 za oba slučajna odabira dobiveno je da na 76,6% površine praga nije potrebno planirati veće održavanje u bližoj budućnosti, dok je na 23,4% površine praga potrebno planirati održavanje u periodu od 1 do 5 godina.

Usporedba rezultata PCI vrijednosti i ocjene stanja pojedinih dionica za slučajni odabir I i II te broj ispitnih uzoraka dobiven u skladu s metodom 2 prikazana je u tablici 16.

Tablica 16. Usporedba PCI vrijednosti i ocjena stanja za metodu 2 te slučajni odabir I i II

	PCI – odabir I	PCI – odabir II
Ogranak 1 Dionica 1	87,5 (odlično)	90,0 (odlično)
Ogranak 1 Dionica 2	66,9 (dobro)	81,7 (odlično)
Ogranak 2 Dionica 1	52,0 (zadovoljavajuće)	50,8 (zadovoljavajuće)
Ogranak 2 Dionica 2	78,5 (odlično)	64,5 (dobro)

Najveća razlika PCI vrijednosti iznosi 14,8 bodova za ogranak 1 i dionicu 2 gdje su dobivene i različite ocjene stanja kolnika, dobro za odabir I i odlično za odabir II. Na ogranku 2 i dionici 2 razlika PCI vrijednosti iznosi 14 bodova te su također dobivene različite ocjene stanja kolnika, odlično za odabir I i dobro za odabir II. Razlika u PCI vrijednostima za ogranak 1 i dionicu 1 iznosi 2,5 bodova, te 1,2 boda za ogranak 2 i dionicu 2, a za oba slučajna odabira dobivena je ista ocjena stanja kolnika. S obzirom na dobivene rezultate možemo zaključiti da kada se broj ispitnih uzoraka koje je potrebno pregledati određuje prema metodi 2 redoslijed odabira ispitnih uzoraka može imati utjecaj na ocjenu stanja kolnika. Izračunom broja ispitnih uzoraka koje je potrebno pregledati prema metodi 2 za oba slučajna odabira je dobiveno da je na 13,1% površina praga potrebno planirati održavanje u sljedećoj godini. Održavanje nije potrebno planirati u bližoj budućnosti za 76,6% površina praga prema odabiru I odnosno 48,6% prema odabiru II. Dok je veće održavanje potrebno planirati u periodu od 1 do 5 godina na 10,3% površina praga u slučaju odabira I te 38,3% u slučaju odabira II.

Usporedba rezultata PCI vrijednosti i ocjena stanja kolnika za broj ispitnih uzoraka dobiven prema metodi 1 i metodi 2 te slučajni odabir I prikazana je u tablici 17.

Tablica 17. Usporedba PCI vrijednosti i ocjene stanja za slučajni odabir I i broj ispitnih uzoraka određen prema metodi 1 i 2

	PCI - metoda 1	PCI - metoda 2
Ogranak 1 Dionica 1	86,4 (odlično)	87,5 (odlično)
Ogranak 1 Dionica 2	59,2 (dobro)	66,9 (dobro)
Ogranak 2 Dionica 1	55,4 (dobro)	52,0 (zadovoljavajuće)
Ogranak 2 Dionica 2	70,3 (odlično)	78,5 (odlično)

Za slučajni odabir I za ogranak 1 i dionice 1 i 2 te ogranak 2 i dionicu 2 dobivena je ista ocjena stanja neovisno o metodi određivanja broja ispitnih uzoraka, a razlika u PCI vrijednosti iznosila je redom 1,1, 7,7 i 8,2 boda. Za ogranak 2 i dionicu 1 razlika u PCI vrijednosti iznosila je 3,4 boda te su dobivene su različite ocjene stanja, tj. dobro u slučaju kada je broj ispitnih uzoraka određen prema metodi 1 odnosno zadovoljavajuće za broj ispitnih uzoraka određen prema metodi 2. Za slučajni odabir I obje metode izračuna broja ispitnih uzoraka s obzirom na ocjenu stanja kolnika održavanje nije potrebno planirati u bližoj budućnosti za 76,6% površina praga. Za broj ispitnih uzoraka određen prema metodi 2 je dobiveno da je na 13,1% površina praga potrebno planirati održavanje u sljedećoj godini. Veće održavanje potrebno planirati u periodu od 1 do 5 godina na 38,3% površina praga u slučaju metode 2 te 23,4% u slučaju metode 1.

Usporedba rezultata PCI vrijednosti i ocjena stanja kolnika za broj ispitnih uzoraka dobiven prema metodi 1 i metodi 2 te slučajni odabir II prikazana je u tablici 18.

Tablica 18. Usporedba PCI vrijednosti i ocjene stanja za slučajni odabir II i broj ispitnih uzoraka određen prema metodi 1 i 2

	PCI – metoda 1	PCI – metoda 2
Ogranak 1 Dionica 1	85,3 (odlično)	90,0 (odlično)
Ogranak 1 Dionica 2	62,7 (dobro)	81,7 (odlično)
Ogranak 2 Dionica 1	58,7 (dobro)	50,8 (zadovoljavajuće)
Ogranak 2 Dionica 2	70,9 (odlično)	64,5 (dobro)

Za slučajni odabir II ista ocjena stanja kolnika (odlično) dobivena je samo za ogranak 1 i dionicu 1, a razlika u PCI vrijednosti između pojedinih metoda iznosila je 4,7 boda. Na ostalim dionicama dobivene su različite ocjene stanja ovisno o metodi izračuna broja ispitnih uzoraka. Najveća razlika PCI vrijednosti od 19 bodova dobivena je za ogranak 1 i dionicu 2, na kojoj je stanje kolnika ocijenjeno kao dobro prema metodi 1 odnosno odlično prema metodi 2. Za slučajni odabir II i metodu 1 izračuna broja ispitnih uzoraka s obzirom na ocjenu stanja kolnika održavanje nije potrebno planirati u bližoj budućnosti za 76,6% površina praga, odnosno na 48,6% površina prema metodi 2. Za broj ispitnih uzoraka određen prema metodi 2 je dobiveno da je na 13,1% površina praga potrebno planirati održavanje u sljedećoj godini. Veće održavanje potrebno planirati u periodu od 1 do 5 godina na 23,4% površina praga u slučaju metode 1 te 38,3% u slučaju metode 2. I u slučaju odabira I i odabira II vidljivo je da se primjenom različite metode izračuna broja ispitnih uzoraka koje je potrebno pregledati mogu dobiti različite ocjene stanja kolnika. Ista ocjena stanja kolnika (odlično) neovisno o odabiru i broju ispitnih uzoraka koje je potrebno pregledati dobivena je samo za ogranak 1 i dionicu 1. Na predmetnoj dionici ocjena stanja kolnika 96,8% od ukupnog broja bila je odlično. Navedena ocjena može se povezati s dobrim stanjem kolnika koji je bio obnovljen tri godine prije vizualnog pregleda. U slučaju kada je stanje kolnika ocijenjeno kao dobro i zadovoljavajuće za više od 50% ispitnih uzorka na ocjenu stanja kolnika više utječe broj ispitnih uzoraka koje je potrebno pregledati nego li odabir istih.



## 7. ZAKLJUČAK

Ocjena stanja kolnika temeljem vrijednosti indeksa stanja kolnika metoda je koja se najčešće koristi prilikom donošenja odluke kada i kako će se provoditi održavanje operativnih površina zračnih luka. Prema ovoj metodi postupak ocjene temelji se na vizualnom pregledu i izračunu indeksa stanja kolnika za nasumično odabrane ispitne uzorke. Broj ispitnih uzoraka koje je potrebno pregledati i ocijeniti određuje se ovisno o tome traži li se da rezultati budu unutar intervala pouzdanosti 95% ili je dozvoljena niža razina pouzdanosti. Stoga je u okviru ovog diplomskog rada cilj bio utvrditi na koji način broj i odabir ispitnih uzoraka koje je potrebno pregledati utječe na ocjenu stanja kolnika.

Ocjena stanja betonskog kolnika pragova uzletno-sletne staze zračne luke provedena je u skladu s postupkom opisanom u normi ASTM D5340-20 za dva nasumična odabira i dvije metode izračuna broja ispitnih uzoraka koje je potrebno pregledati. Razina pouzdanosti ocjene stanja kolnika kada je broj uzoraka određen prema metodi 1 iznosi 95%. Broj ispitnih uzoraka koje je potrebno pregledati određen prema metodi 1 bio je veći od 50%, a prema metodi 2 taj broj je bio manji ili jednak 25% od ukupnog broja uzoraka. Analiza rezultata je pokazala da u slučaju kada je broj ispitnih uzoraka koje je potrebno pregledati izračunat prema metodi 1 nasumični odabir ispitnih uzoraka ne utječe na ocjenu stanja kolnika. U slučaju odabira manjeg broja ispitnih uzoraka prema metodi 2 nasumični odabir može znatno utjecati na ocjenu stanja kolnika, ali u ovisnosti o stanju kolnika. Ukoliko stanje kolnika na više od 50% ispitnih uzoraka ocjenjeno kao zadovoljavajuće ili dobro veći utjecaj na ocjenu stanja ima broj ispitnih uzoraka nego li nasumični odabir. Ukoliko je stanje kolnika na većini ispitnih uzoraka ocijenjeno kao odlično ni broj ni nasumični odabir ispitnih uzoraka neće utjecati na ocjenu stanja. Neadekvatan broj ispitnih uzoraka koje je potrebno pregledati može rezultirati ocjenom koja ne odražava stvarno stanje kolnika. To se u konačnici može odraziti na sigurnost i funkcionalnost operativnih površina zračne luke.

Budući da se na temelju ocjene stanja kolnika planiraju radovi održavanja, a samim time i predviđaju investicije za buduće uporabno razdoblje prilikom izračuna PCI vrijednosti posebnu pozornost potrebno je posvetiti odabiru metode izračuna broja ispitnih uzoraka koje je potrebno pregledati.

## POPIS LITERATURE

- [1] Roh S., Lee J., Urbino I.J., Lin W., Cho Y., Airport Pavement Maintenance Decision-Making System with Condition Cases Optimization. *Appl. Sci.*, 2023., 13, 13167
- [2] Wesolowski M., Iwanowski P., APCI Evaluation Method for Cement Concrete Airport Pavements in the Scope of Air Operation Safety and Air Transport Participants Life, Air Force Institute of Tehnology, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2020., 17, 1663
- [3] Loprencipe G., Pantuso A. A Specified Procedure for Distress Identification and Assessment for Urban Road Surfaces Based on PCI. *Coatings* 2017., 7, 65.
- [4] Shah Y.U., Jainb S., Tiwaric D., Jain M. Development of Overall Pavement Condition Index for Urban Road Network. *Procedia Soc. Behav. Sci.* 2013., 104, 241–332.
- [5] Cho N.-H., Kwon H.-J., Suh Y.-C., Kim J. Development of Korea Airport Pavement Condition Index for Panel Rating. *Appl. Sci.* 2022., 12, 8320.
- [6] Sharaf E.A., Reichelt E., Shahin M.Y., Sinha K.C. Development of a Methodology to Estimate Pavement Maintenance and Repair Costs for Different Ranges of Pavement Condition Index. *Transp. Res. Rec.* 1987., 1123, 30–39.
- [7] American Society for Testing and Material. ASTM D5340-20, Standard Test Method for Airport Pavement Condition Indeks Survey, SAD: ASTM International, 2012.
- [8] Distress Manual, 2013.
- [9] Walker D., Pavement Surface Evaluation and Rating, Paser Manual Concrete Airfield Pavements, University od Wisconsin-Madison, 2014.
- [10] Indiana 2022 IDEA, Durability cracking, <https://www.in.gov/indot/div/aviation/pavement-inspection/pci-review/distresses-pcc/durability-cracking.html> [Posjećeno: 22. Travnja 2024.]
- [11] The constructor Building ideas, Types of Failures in Rigid Pavements and their Causes and Repair Techniques, <https://theconstructor.org/transportation/types-failures-in-rigid-pavements-causes-repair/16105/> [Posjećeno: 23. Travnja 2024.]
- [12] Reocrete Concrete supplies, 6 different types of cracks in concrete, 2020. <https://www.reocrete.com.au/6-different-types-of-cracks-in-concrete/> [Posjećeno: 25. Travnja 2024.]

- [13] Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zavod za prometnice, Procjena stanja kolnika manevarske površine i stajanke; Mjerenje defleksije teškim deflektografom i vizualni pregled, Zagreb, 2013.

## POPIS SLIKA

Slika 1. Denivelacija betonske ploče visokog stupnja oštećenja [9] .....	4
Slika 2. Nizak (lijevo) i srednji (desno) stupanj oštećenja kuta ploče [8] .....	5
Slika 3: Nizak, srednji i najviši stupanj oštećenja uzdužnih i poprečnih pukotina [8] .....	6
Slika 4. "D" pukotina srednjeg stupnja oštećenja [10] .....	7
Slika 5. Oštećena ispuna spoja visokog stupnja oštećenja [9] .....	8
Slika 6. Mala zakrpa srednjeg stupnja oštećenja [8] .....	9
Slika 7. Velika zakrpa srednjeg stupnja oštećenja [8] .....	9
Slika 8. Ispadanje zrna agregata na površini betonskog kolnika [9] .....	10
Slika 9. Promjena boje površine uzrokovana istiskivanjem vode [11] .....	10
Slika 10. Srednji stupanj oštećenja kolnika ljuštenjem (lijevo) i visoki stupanj oštećenja (desno) [9] .....	11
Slika 11. Visoki stupanj oštećenja tipa lom ploče [8] .....	12
Slika 12. Pukotina nastala procesom skupljanja betona [12] .....	13
Slika 13. Pukotina duž spoja [9] .....	14
Slika 14. Visoki stupanj oštećenja odlamanja betona kuta ploče [8] .....	15
Slika 15. Skale koje se koriste za ocjenjivanje PCI vrijednosti [13] .....	17
Slika 16. Određivanje odbijene vrijednosti za oštećenje 6. Mala zakrpa [7] .....	21
Slika 17. Grafikon za određivanje korigirane odbijene vrijednosti za betonski kolnik [7] ....	23
Slika 18. Shematski prikaz uzletno-sletne staze s podjelom na ogranke i dionice .....	24
Slika 19. Shematski prikaz kolničke konstrukcije praga 05 od km 0-390,00 m do km 0+000,00 m [13] .....	25
Slika 20. Shematski prikaz kolničke konstrukcije praga 05 od km 0+000,00 m do km 0+105,93 m [13] .....	26
Slika 21. Shematski prikaz kolničke konstrukcije praga 23 od km 2+368,13 m do km 2+501,31 m [13] .....	26
Slika 22. Shematski prikaz kolničke konstrukcije praga 23 od km 2+501,31 m do km 2+862,43 m [13] .....	27

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Stupanj oštećenja s obzirom na visinsku razliku i mjesto nastanka [8].....	12
Tablica 2. Stupnjevi oštećenja za odlamanje betona duž spoja prema [8].....	14
Tablica 3. Stupnjevi oštećenja za ASR [8] .....	16
Tablica 4. Određivanje broja ispitnih uzoraka koji se trebaju pregledati prema metodi 2 [7] .....	19
Tablica 5. Prikaz primjera pregleda stanja betonskog kolnika.....	21
Tablica 6. Primjer proračuna CDV vrijednosti za betonski kolnik.....	22
Tablica 7. Najmanji broj ispitnih uzoraka koji se pregledavaju.....	28
Tablica 8. Razmak između odabranih ispitnih uzoraka.....	29
Tablica 9. Rezultati izračuna PCI vrijednosti ispitnih uzoraka za ogranak 1 i dionicu 1 .....	29
Tablica 10. Rezultati izračuna PCI vrijednosti ispitnih uzoraka za ogranak 1 i dionicu 2.....	31
Tablica 11. Rezultati izračuna PCI vrijednosti ispitnih uzoraka za ogranak 2 i dionicu 1.....	31
Tablica 12. Rezultati izračuna PCI vrijednosti ispitnih uzoraka za ogranak 2 i dionicu 2.....	32
Tablica 13. PCI vrijednost za odabir I.....	34
Tablica 14. Izračunana PCI vrijednost za odabir II.....	35
Tablica 15. Usporedba PCI vrijednosti i ocjene stanja za metodu 1 te slučajni odabir I i II ..	36
Tablica 16. Usporedba PCI vrijednost i ocjena stanja za metodu 2 te slučajni odabir I i II ...	37
Tablica 17. Usporedba PCI vrijednosti i ocjene stanja za slučajni odabir I i broj ispitnih uzoraka određen prema metodi 1 i 2 .....	38
Tablica 18. Usporedba PCI vrijednosti i ocjene stanja za slučajni odabir II i broj ispitnih uzoraka određen prema metodi 1 i 2.....	39

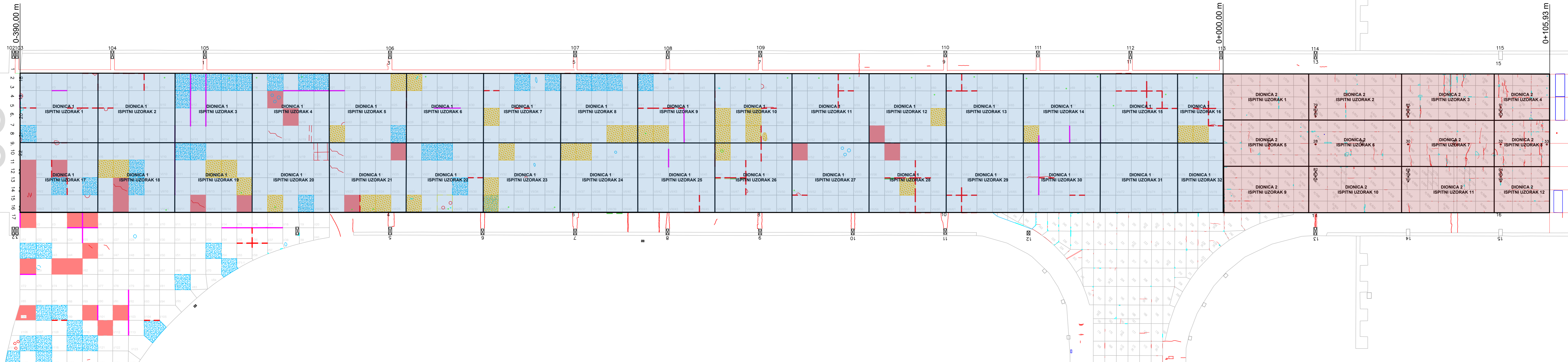
## PRILOG 1

PRILOG 1. Podjela pragova na dionice i ispitne uzorke

PRILOG 1.1. Podjela praga 05 na dionice i ispitne uzorke

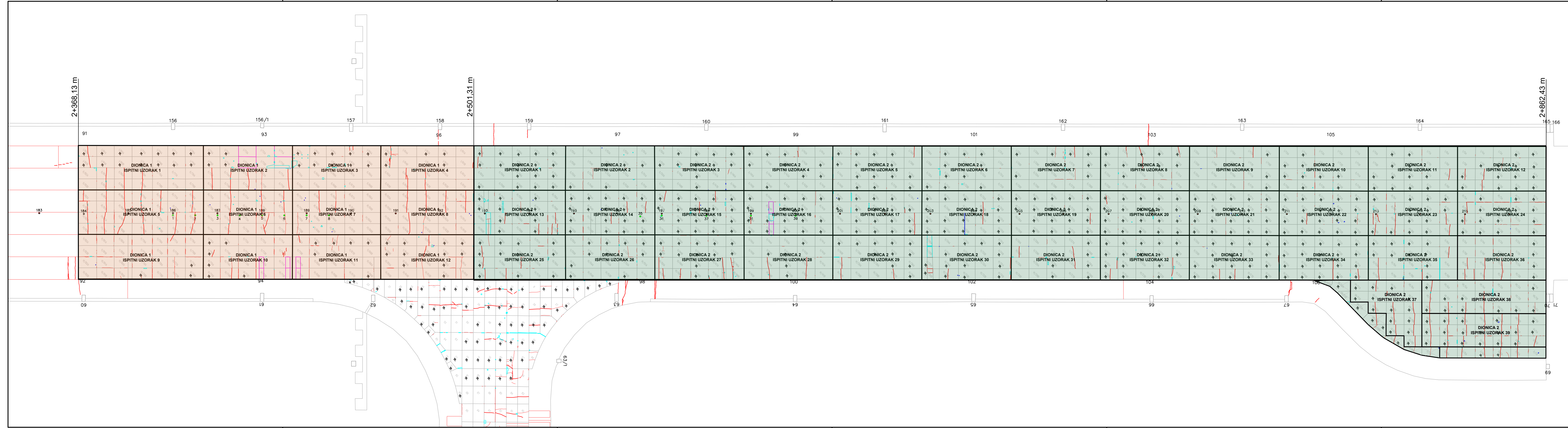
PRILOG 1.2. Podjela praga 23 na dionice i ispitne uzorke

05



- LEGENDA :
- LUŠTENJE (SREDNJI I VISOKI STUPANJ OŠTEĆENJA)
  - LUŠTENJE (NIZAK STUPANJ OŠTEĆENJA)
  - UZDUŽNE, POPREČNE I DIJAGONALNE PUKOTINE
  - PUCANJE SPOJA I KUTA PLOČE
  - OŠTEĆENJE ISPUNE SPOJA
  - ISPADANJE ZRNA AGREGATA
  - MALA ZAKRPA
  - VELIKA ZAKRPA
  - OGRANAK 1 - DIONICA 1
  - OGRANAK 1 - DIONICA 2
  - PODJELA DIONICA NA ISPITNE UZORKE

GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU			
Studij:	DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI	Tema diplomskog rada:	
Smjer:	PROMETNICE	Utjecaj odabira ispitnih uzoraka na PCI vrijednost betonskog kolnika	
Kolegij:	AERODROMI		
Ak. god.:	2023./2024.		
Nadzorni nastavnik:	dr. sc. JOSIPA DOMITROVIĆ	Kandidat:	MATEA PELIVANOVIĆ, 0082062784
Naziv priloga: Podjela praga 05 na dionice i ispitne uzorke			
Datum izrade:	20. lipanj 2024.	Datum obrane:	4. srpanj 2024.
Mjerilo priloga:	1:500	Broj priloga:	1.1.



23

- LEGENDA:
- LJUŠTENJE (SREDNJI I VISOKI STUPANJ OŠTEĆENJA)
  - LJUŠTENJE (NIZAK STUPANJ OŠTEĆENJA)
  - UZDUŽNE, POPREČNE I DIJAGONALNE PUKOTINE
  - PUCANJE SPOJA I KUTA PLOČE
  - OŠTEĆENJE ISPUNE SPOJA
  - ISPADANJE ZRNA AGREGATA
  - MALA ZAKRPA
  - VELIKA ZAKRPA
  - OGRANAK 2 - DIONICA 1
  - OGRANAK 2 - DIONICA 2
  - PODJELA DIONICA NA ISPITNE UZORKE

GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU			
Studij:	DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI	Tema diplomskog rada:	
Smjer:	PROMETNICE	Utjecaj odabira ispitnih uzoraka na PCI vrijednost betonskog kolnika	
Kolegij:	AERODROMI		
Ak. god.:	2023./2024.		
Nadzorni nastavnik:	dr. sc. JOSIPA DOMITROVIĆ	Kandidat:	MATEJA PELIVANOVIĆ, 0082062784
Naziv priloga: Podjela praga 23 na dionice i ispitne uzorke			
Datum izrade:	20. lipanj 2024.	Datum obrane:	4. srpanj 2024.
Mjerilo priloga:	1:500	Broj priloga:	1.2.



## PRILOG 2

PRILOG 2. Podjela betonske kolničke površine na ogranke, dionice i ispitne uzorke

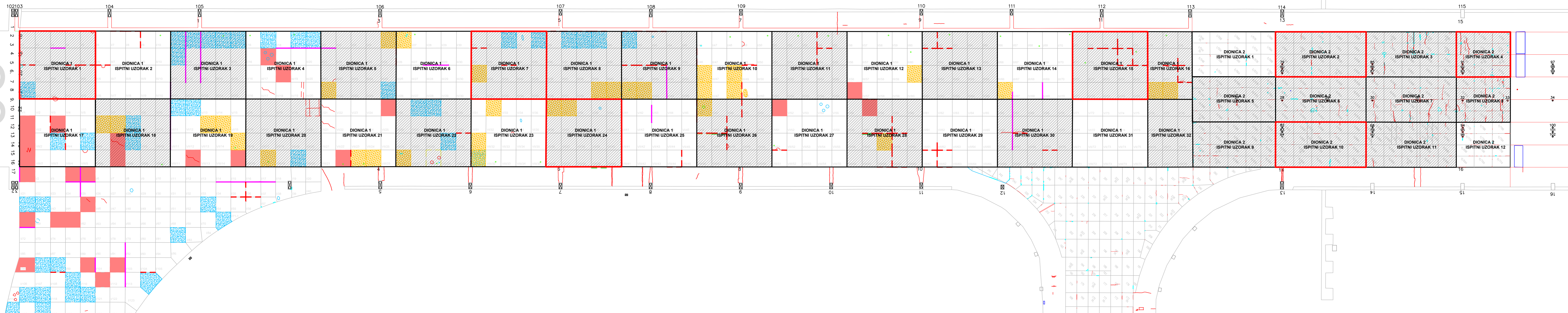
PRILOG 2.1. Prikaz odabranih ispitnih uzoraka na pragu 05 za odabir I

PRILOG 2.2. Prikaz odabranih ispitnih uzoraka na pragu 05 za odabir II

PRILOG 2.3. Prikaz odabranih ispitnih uzoraka na pragu 23 za odabir I

PRILOG 2.4. Prikaz odabranih ispitnih uzoraka na pragu 23 za odabir II

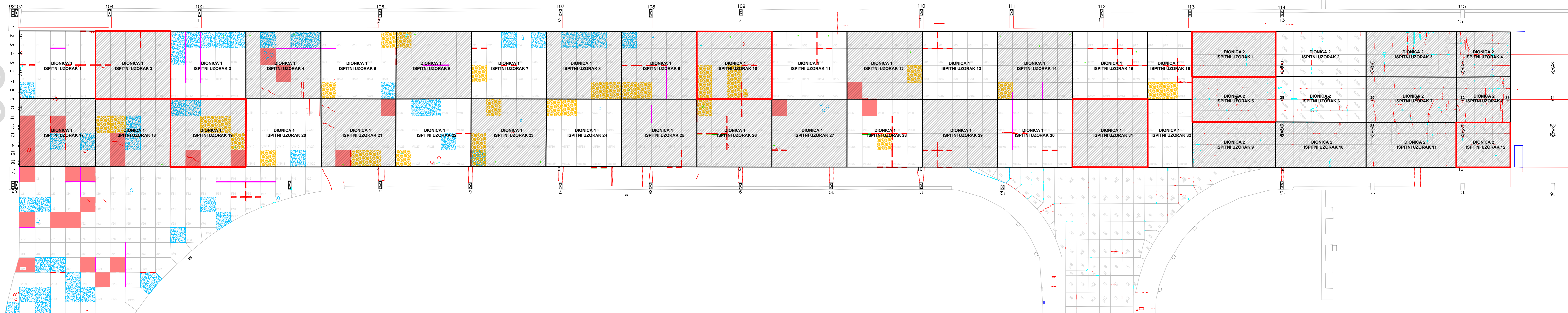
05



- LEGENDA:
- LUŠTENJE (SREDNJI I VISOKI STUPANJ OŠTEĆENJA)
  - LUŠTENJE (NIZAK STUPANJ OŠTEĆENJA)
  - UZDUŽNE, POPREČNE I DIJAGONALNE PUKOTINE
  - PUCANJE SPOJA I KUTA PLOČE
  - OŠTEĆENJE ISPUNE SPOJA
  - ISPADANJE ZRNA AGREGATA
  - MALA ZAKRPA
  - VELIKA ZAKRPA
  - ODABRANI ISPITNI UZORAK PREMA JEDNAZBII
  - ODABRANI ISPITNI UZORAK PREMA TABLICI

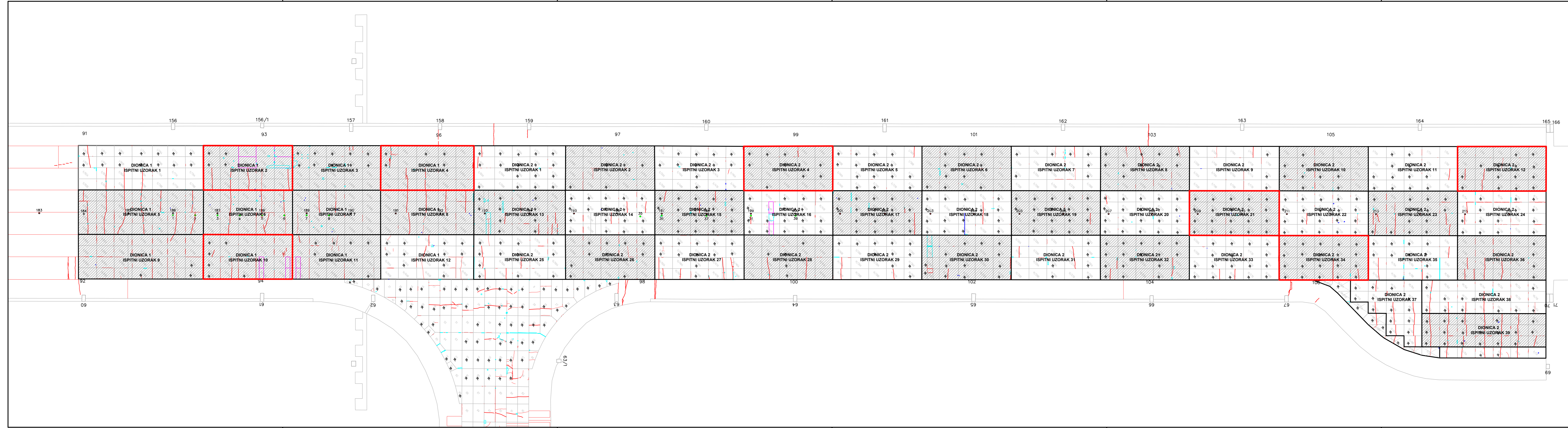
GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU			
Studij:	DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI	Tema diplomskog rada:	
Smjer:	PROMETNICE	Utjecaj odabira ispitnih uzoraka na PCI vrijednost betonskog kolnika	
Kolegij:	AERODROMI		
Ak. god.:	2023./2024.		
Nadzorni nastavnik:	dr. sc. JOSIPA DOMITROVIĆ	Kandidat:	MATEA PELIVANOVIĆ, 0082062784
Naziv priloga: Prikaz odabranih ispitnih uzoraka na pragu 05 za odabir I			
Datum izrade:	20. lipanj 2024.	Datum obrane:	4. srpanj 2024.
Mjerilo priloga:	1:500	Broj priloga:	2.1.

05



- LEGENDA:
- LUŠTENJE (SREDNJI I VISOKI STUPANJ OŠTEĆENJA)
  - LUŠTENJE (NIZAK STUPANJ OŠTEĆENJA)
  - UZDUŽNE, POPREČNE I DIJAGONALNE PUKOTINE
  - PUCANJE SPOJA I KUTA PLOČE
  - OŠTEĆENJE ISPUNE SPOJA
  - ISPADANJE ZRNA AGREGATA
  - MALA ZAKRPA
  - VELIKA ZAKRPA
  - ODABRANI ISPITNI UZORAK PREMA JEDNAZBII
  - ODABRANI ISPITNI UZORAK PREMA TABLICI

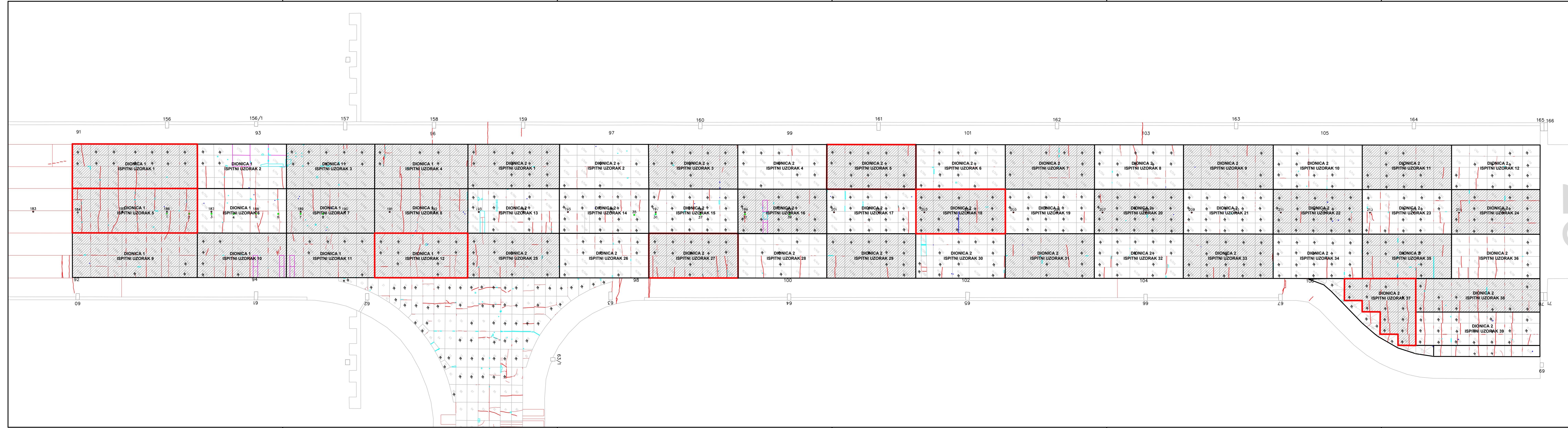
GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU			
Studij:	DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI	Tema diplomskog rada:	Utjecaj odabira ispitnih uzoraka na PCI vrijednost betonskog kolnika
Smjer:	PROMETNICE		
Kolegij:	AERODROMI		
Ak. god.:	2023./2024.		
Nadzorni nastavnik:	dr. sc. JOSIPA DOMITROVIĆ	Kandidat:	MATEA PELIVANOVIĆ, 0082062784
Naziv priloga: Prikaz odabranih ispitnih uzoraka na pragu 05 za odabir II			
Datum izrade:	20. lipanj 2024.	Datum obrane:	4. srpanj 2024.
Mjerilo priloga:	1:500	Broj priloga:	2.2.



- LEGENDA:
- LUŠTENJE (SREDNJI I VISOKI STUPANJ OŠTEĆENJA)
  - LUŠTENJE (NIZAK STUPANJ OŠTEĆENJA)
  - UZDUŽNE, POPREČNE I DIJAGONALNE PUKOTINE
  - PUCANJE SPOJA I KUTA PLOČE
  - OŠTEĆENJE ISPUNE SPOJA
  - ISPADANJE ZRNA AGREGATA
  - MALA ZAKRPA
  - VELIKA ZAKRPA
  - ODABRANI ISPITNI UZORAK PREMA JEDNADŽBI
  - ODABRANI ISPITNI UZORAK PREMA TABLICI

23

GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU			
Studij:	DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI	Tema diplomskog rada:	Utjecaj odabira ispitnih uzoraka na PCI vrijednost betonskog kolnika
Smjer:	PROMETNICE	Kolegij:	AERODROMI
Ak. god.:	2023./2024.	Nadzorni nastavnik:	dr. sc. JOSIPA DOMITROVIĆ
Naziv priloga:		Kandidat:	MATEA PELIVANOVIĆ, 0082062784
Prikaz odabranih ispitnih uzoraka na pragu 23 za odabir I			
Datum izrade:	20. lipanj 2024.	Datum obrane:	4. srpanj 2024.
Mjerilo priloga:	1:500	Broj priloga:	2.3.



- LEGENDA:
- LUŠTENJE (SREDNJI I VISOKI STUPANJ OŠTEĆENJA)
  - LUŠTENJE (NIZAK STUPANJ OŠTEĆENJA)
  - UZDUŽNE, POPREČNE I DIJAGONALNE PUKOTINE
  - PUCANJE SPOJA I KUTA PLOČE
  - OŠTEĆENJE ISPUNE SPOJA
  - ISPADANJE ZRNA AGREGATA
  - MALA ZAKRPA
  - VELIKA ZAKRPA
  - ODABRANI ISPITNI UZORAK PREMA JEDNAZBII
  - ODABRANI ISPITNI UZORAK PREMA TABLICI

23

<b>GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU</b>			
Studij:	DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI	Tema diplomskog rada:	Utjecaj odabira ispitnih uzoraka na PCI vrijednost betonskog kolnika
Smjer:	PROMETNICE		
Kolegij:	AERODROMI		
Ak. god.:	2023./2024.		
Nadzorni nastavnik:	dr. sc. JOSIPA DOMITROVIĆ	Kandidat:	MATEA PELIVANOVIĆ, 0082062784
Naziv priloga: Prikaz odabranih ispitnih uzoraka na pragu 23 za odabir II			
Datum izrade:	20. lipanj 2024.	Datum obrane:	4. srpanj 2024.
Mjerilo priloga:	1:500	Broj priloga:	2.4.

## PRILOG 3

PRILOG 3. Izračun PCI vrijednosti betonskog kolnika

PRILOG 3.1. Izračun PCI vrijednosti ispitanih uzoraka za ogranak 1 i dionicu 1

PRILOG 3.2. Izračun PCI vrijednosti ispitanih uzoraka za ogranak 1 i dionicu 2

PRILOG 3.3. Izračun PCI vrijednosti ispitanih uzoraka za ogranak 2 i dionicu 1

PRILOG 3.4. Izračun PCI vrijednosti ispitanih uzoraka za ogranak 2 i dionicu 2

PRILOG 3.1. Izračun PCI vrijednosti ispitanih uzoraka za ogranak 1 i dionicu 1

3.1.1. Ispitni uzorak 1

Proračun proveden u poglavlju 4.

3.1.2. Ispitni uzorak 2

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
5	L	20	100	2
6	L	1	5	1
14	L	1	5	3

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 6 = 94 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

3.1.3. Ispitni uzorak 3

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
5	H	20	100	12
6	L	1	5	1
8	-	6	30	15

$$m = 1 + (9/95)(100 - 15) = 9,1 \leq 10$$

	DV			UKUPNO	q	CDV
1	15	12	1	28	2	23
2	15	5	1	21	1	21

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 23 = 77 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.1.4. Ispitni uzorak 4

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	L	2	10	8
5	H	20	100	12
6	L	2	10	2
8	-	4	20	13
10	M	2	10	9

$$m = 1 + (9/95)(100 - 13) = 9,2 \leq 10$$

DV						UKUPNO	q	CDV
1	13	12	9	8	2	44	4	31
2	13	12	9	5	2	41	3	33
3	13	12	5	5	2	37	2	32
4	13	5	5	5	2	30	1	30

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 33 = 67 \rightarrow \text{DOBRO}$$

### 3.1.5. Ispitni uzorak 5

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
5	H	20	100	12
8	-	1	5	5
10	M	2	10	9
15	L	1	5	3

$$m = 1 + (9/95)(100 - 12) = 9,3 \leq 10$$



DV					UKUPNO	q	CDV
1	12	9	5	3	29	2	24
2	12	5	5	3	25	1	25

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 25 = 75 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.1.6. Ispitni uzorak 6

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
5	H	20	100	12
6	L	2	10	2
10	L	1	5	1

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 15 = 85 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.1.7. Ispitni uzorak 7

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
5	L	20	100	2
8	-	3	15	10
10	L	1	5	1

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 13 = 87 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.1.8. Ispitni uzorak 8

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
5	L	20	100	2
8	-	3	15	10
10	L	2	10	1

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 13 = 87 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.1.9. Ispitni uzorak 9

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
5	L	20	100	12
6	L	1	5	2
8	-	2	10	7
10	L	2	10	1

$$m = 1 + (9/95)(100 - 12) = 9,3 \leq 10$$

DV					UKUPNO	q	CDV
1	12	7	2	1	22	2	17
2	12	5	2	1	20	1	20

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 20 = 80 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.1.10. Ispitni uzorak 10

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
5	L	20	100	2
6	L	2	10	2
10	L	5	25	3
14	L	2	10	4

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 11 = 89 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.1.11. Ispitni uzorak 11

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	L	1	5	6

5	L	20	100	2
6	L	2	10	3

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 11 = 89 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.1.12. Ispitni uzorak 12

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
5	L	20	100	2
6	L	2	10	2
10	L	1	5	1
10	M	1	5	3

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 8 = 92 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.1.13. Ispitni uzorak 13

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
5	L	20	100	2
6	L	1	5	1

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 3 = 97 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.1.14. Ispitni uzorak 14

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
5	H	20	100	12
6	L	3	15	3
10	L	1	5	1

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 16 = 84 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.1.15. Ispitni uzorak 15

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
5	L	20	100	2
6	L	2	10	3

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 5 = 95 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.1.16. Ispitni uzorak 16

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
5	L	12	100	2
6	L	1	8	1
10	L	2	17	3
14	L	2	17	6

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 12 = 88 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.1.17. Ispitni uzorak 17

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	L	2	10	8
5	L	20	100	2
8	-	2	10	7
10	M	4	20	18
14	L	2	10	4

$$m = 1 + (9/95)(100 - 18) = 8,8 \leq 10$$

DV						UKUPNO	q	CDV
1	18	8	7	4	2	39	3	29

2	18	8	5	4	2	37	2	31
3	18	5	5	4	2	34	1	34

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 34 = 66 \rightarrow \text{DOBRO}$$

### 3.1.18. Ispitni uzorak 18

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	L	1	5	5
6	L	1	5	2
8	-	2	10	7
10	L	2	10	1
10	M	2	10	9

$$m = 1 + (9/95)(100 - 9) = 9,6 \leq 10$$

DV						UKUPNO	q	CDV
1	9	7	5	2	1	24	2	19
2	9	5	5	2	1	22	1	22

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 22 = 78 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.1.19. Ispitni uzorak 19

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	L	1	5	5
8	-	2	10	7
10	L	3	15	2
10	M	2	10	9

$$m = 1 + (9/95)(100 - 9) = 9,6 \leq 10$$

DV					UKUPNO	q	CDV
1	9	7	5	2	23	2	19
2	9	5	5	2	21	1	21

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 21 = 79 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.1.20. Ispitni uzorak 20

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	L	1	5	6
6	L	1	5	2
8	-	1	5	5
10	L	1	5	1

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 14 = 86 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.1.21. Ispitni uzorak 21

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	L	2	10	8
5	L	20	100	2
6	L	2	10	2
10	L	2	10	1
10	M	2	10	9

$$m = 1 + (9/95)(100 - 9) = 9,6 \leq 10$$

DV					UKUPNO	q	CDV
1	9	8	2	1	20	2	16
2	9	5	2	1	17	1	17

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 17 = 83 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.1.22. Ispitni uzorak 22

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
5	L	20	100	2
6	L	2	10	1
8	-	3	15	10
10	L	1	5	1

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 14 = 86 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.1.23. Ispitni uzorak 23

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
5	L	20	100	2
6	L	2	10	2
8	-	2	10	7
10	L	3	15	1
14	L	1	5	3

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 15 = 85 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.1.24. Ispitni uzorak 24

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
5	L	20	100	2

8	-	1	5	5
10	L	2	10	1

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 8 = 92 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.1.25. Ispitni uzorak 25

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
5	H	20	100	12

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 12 = 88 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.1.26. Ispitni uzorak 26

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
5	L	20	100	2
6	L	1	5	1
10	L	1	5	1
14	L	1	5	3

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 7 = 93 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.1.27. Ispitni uzorak 27

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
5	L	20	100	2
6	L	1	5	1
8	-	1	5	5
10	M	1	5	4
14	L	1	5	3

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 15 = 85 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$



3.1.28. Ispitni uzorak 28

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
5	L	20	100	2
10	L	1	5	1
10	M	1	5	4

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 7 = 93 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

3.1.29. Ispitni uzorak 29

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
5	L	20	100	2

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 2 = 98 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

3.1.30. Ispitni uzorak 30

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
5	H	20	100	12
6	L	1	5	1
14	M	2	10	7

$$m = 1 + (9/95)(100 - 12) = 9,3 \leq 10$$

	DV			UKUPNO	q	CDV
1	12	7	1	20	2	16
2	12	5	1	18	1	18

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 18 = 82 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.1.31. Ispitni uzorak 31

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
6	L	2	10	2

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 2 = 98 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.1.32. Ispitni uzorak 32

Na ispitnom uzorku 32 nisu zabilježena nikakva oštećenja, te stoga PCI vrijednost iznosi 100 bodova to jest odlično stanje kolnika.

## PRILOG 3.2. Izračun PCI vrijednosti ispitanih uzoraka za ogranak 1 i dionicu 2

### 3.2.1. Ispitni uzorak 1

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
6	L	2	10	2
14	L	5	25	3

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 5 = 95 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.2.2. Ispitni uzorak 2

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	4	20	27
6	L	3	15	3

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 30 = 70 \rightarrow \text{DOBRO}$$

### 3.2.3. Ispitni uzorak 3

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	12	60	48
6	M	9	45	16
7	L	1	5	4

$$m = 1 + (9/95)(100 - 48) = 5,9 \leq 10$$

DV				UKUPNO	q	CDV
1	48	16	4	68	2	58
2	48	5	4	57	1	57

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 58 = 42 \rightarrow \text{ZADOVOLJAVAJUĆE}$$

### 3.2.4. Ispitni uzorak 4

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	11	92	57
6	L	7	58	9

$$m = 1 + (9/95)(100 - 57) = 5,1 \leq 10$$

DV				UKUPNO	q	CDV
1	57	9	66	2	56	
2	57	5	62	1	62	

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 62 = 38 \rightarrow \text{ZADOVOLJAVAJUĆE}$$

### 3.2.5. Ispitni uzorak 5

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	3	15	22
6	L	7	35	5
14	L	12	60	12

$$m = 1 + (9/95)(100 - 22) = 8,4 \leq 10$$

DV				UKUPNO	q	CDV
1	22	12	5	39	2	33
2	22	5	5	32	1	32

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 33 = 67 \rightarrow \text{DOBRO}$$

### 3.2.6. Ispitni uzorak 6

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	L	5	25	15
6	M	11	55	18
14	L	9	45	12

$$m = 1 + (9/95)(100 - 18) = 8,8 \leq 10$$

DV				UKUPNO	q	CDV
1	18	15	12	45	3	34
2	18	15	5	38	2	32
3	18	5	5	28	1	28

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 34 = 66 \rightarrow \text{DOBRO}$$

### 3.2.7. Ispitni uzorak 7

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	20	100	57
6	L	7	35	6

$$m = 1 + (9/95)(100 - 57) = 5,07 \leq 10$$

	DV		UKUPNO	q	CDV
1	57	6	63	2	53
2	57	5	62	1	62

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 62 = 38 \rightarrow \text{ZADOVOLJAVAJUĆE}$$

### 3.2.8. Ispitni uzorak 8

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	10	83	55
6	L	8	67	9
14	M	10	83	35

$$m = 1 + (9/95)(100 - 55) = 5,26 \leq 10$$

	DV			UKUPNO	q	CDV
1	55	35	9	99	3	75
2	55	35	5	95	2	81
3	55	5	5	65	1	65

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 81 = 19 \rightarrow \text{ZADOVOLJAVAJUĆE}$$

### 3.2.9. Ispitni uzorak 9

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
6	L	5	25	4
14	L	12	60	12

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 16 = 84 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.2.10. Ispitni uzorak 10

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	L	2	10	8
6	L	6	30	5
14	L	7	35	9

$$m = 1 + (9/95)(100 - 9) = 9,6 \leq 10$$

DV				UKUPNO	q	CDV
1	9	8	5	22	2	18
2	9	5	5	19	1	19

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 19 = 81 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.2.11. Ispitni uzorak 11

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	4	20	28
6	L	3	15	2
14	L	8	40	10

$$m = 1 + (9/95)(100 - 28) = 7,8 \leq 10$$

DV				UKUPNO	q	CDV
1	28	10	2	40	2	34
2	28	5	2	35	1	35

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 35 = 65 \rightarrow \text{DOBRO}$$

### 3.2.12. Ispitni uzorak 12

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	L	1	8	7
6	L	4	33	6
14	L	10	83	4

$$m = 1 + (9/95)(100 - 7) = 9,8 \leq 10$$

DV				UKUPNO	q	CDV
1	7	6	4	17	2	13
2	7	5	4	16	1	16

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 16 = 84 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

## PRILOG 3.3. Izračun PCI vrijednosti ispitanih uzoraka za ogranak 2 i dionicu 1

### 3.3.1. Ispitni uzorak 1

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	8	29	34
6	L	5	18	4
14	L	4	14	5

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 34 = 66 \rightarrow \text{DOBRO}$$

### 3.3.2. Ispitni uzorak 2

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	10	50	44
6	L	4	20	3
7	L	2	10	6
14	L	2	10	4

$$m = 1 + (9/95)(100 - 44) = 6,3 \leq 10$$

DV					UKUPNO	q	CDV
1	44	6	4	3	57	2	49
2	44	5	4	3	56	1	56

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 56 = 44 \rightarrow \text{ZADOVOLJAVAJUĆE}$$

### 3.3.3. Ispitni uzorak 3

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	3	15	23
6	L	6	30	5
7	L	1	5	4

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 32 = 68 \rightarrow \text{DOBRO}$$

### 3.3.4. Ispitni uzorak 4

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	9	45	42



6	L	4	20	3
---	---	---	----	---

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 45 = 55 \rightarrow \text{ZADOVOLJAVAJUĆE}$$

### 3.3.5. Ispitni uzorak 5

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	25	89	56
6	L	12	43	6
14	L	15	54	13

$$m = 1 + (9/95)(100 - 56) = 5,2 \leq 10$$

DV				UKUPNO	q	CDV
1	56	13	6	75	3	57
2	56	13	5	74	2	63
3	56	5	5	66	1	66

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 66 = 34 \rightarrow \text{ZADOVOLJAVAJUĆE}$$

### 3.3.6. Ispitni uzorak 6

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	12	60	48
6	L	7	35	6
14	L	3	15	5

$$m = 1 + (9/95)(100 - 48) = 5,9 \leq 10$$

DV				UKUPNO	q	CDV
1	48	6	5	59	2	50
2	48	5	5	58	1	58

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 58 = 42 \rightarrow \text{ZADOVOLJAVAJUĆE}$$

### 3.3.7. Ispitni uzorak 7

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	6	30	34
6	L	4	20	3
14	L	4	20	6

$$m = 1 + (9/95)(100 - ) = \leq 10$$

DV				UKUPNO	q	CDV
1	34	6	3	43	2	36
2	34	5	3	42	1	42

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 42 = 58 \rightarrow \text{DOBRO}$$

### 3.3.8. Ispitni uzorak 8

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	12	60	48
6	L	3	15	3
14	L	5	25	6

$$m = 1 + (9/95)(100 - 48) = 5,9 \leq 10$$

DV				UKUPNO	q	CDV
1	48	6	3	57	2	49
2	48	5	3	56	1	56

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 56 = 44 \rightarrow \text{ZADOVOLJAVAJUĆE}$$

### 3.3.9. Ispitni uzorak 9

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	L	5	18	12
6	L	4	14	2
14	L	23	82	14

$$m = 1 + (9/95)(100 - 14) = 9,1 \leq 10$$

DV				UKUPNO	q	CDV
1	14	12	2	28	2	23
2	14	5	2	21	1	21

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 23 = 77 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.3.10. Ispitni uzorak 10

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	4	20	27
6	L	4	20	4
7	L	4	20	11
14	L	13	65	14

$$m = 1 + (9/95)(100 - 27) = 7,9 \leq 10$$

DV				UKUPNO	q	CDV	
1	27	14	11	4	56	3	42
2	27	14	5	4	50	2	43
3	27	5	5	4	41	1	41

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 43 = 57 \rightarrow \text{DOBRO}$$

### 3.3.11. Ispitni uzorak 11

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	L	3	15	11
6	L	1	5	1
7	L	2	10	6
14	L	10	50	12

$$m = 1 + (9/95)(100 - 12) = 9,3 \leq 10$$

DV					UKUPNO	q	CDV
1	12	11	6	1	30	3	23
2	12	11	5	1	29	2	24
3	12	5	5	1	23	1	23

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 24 = 76 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.3.12. Ispitni uzorak 12

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	8	40	40
6	L	2	10	2
14	L	7	35	9

$$m = 1 + (9/95)(100 - 40) = 6,7 \leq 10$$

DV					UKUPNO	q	CDV
1	40	9	2	51	2	43	

2	40	5	2	47	1	47
---	----	---	---	----	---	----

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 47 = 53 \rightarrow \text{ZADOVOLJAVAJUĆE}$$

### PRILOG 3.4. Izračun PCI vrijednosti ispitanih uzoraka za ogranak 2 i dionicu 2

#### 3.4.1. Ispitni uzorak 1

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	2	10	18
6	L	1	5	1
14	L	3	15	5

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 24 = 76 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

#### 3.4.2. Ispitni uzorak 2

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	L	2	10	8
6	L	3	15	3
14	L	4	20	6

$$m = 1 + (9/95)(100 - 8) = 9,7 \leq 10$$

DV				UKUPNO	q	CDV
1	8	6	3	17	2	13
2	8	5	3	16	1	16

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 16 = 84 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.4.3. Ispitni uzorak 3

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	L	2	10	8
6	L	2	10	2
14	L	4	20	6

$$m = 1 + (9/95)(100 - 8) = 9,7 \leq 10$$

DV				UKUPNO	q	CDV
1	8	6	2	16	2	13
2	8	5	2	15	1	15

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 15 = 85 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.4.4. Ispitni uzorak 4

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	3	15	24
6	L	1	5	1

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 25 = 75 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.4.5. Ispitni uzorak 5

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	L	1	5	5
6	L	1	5	1
14	L	3	15	5

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 11 = 89 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.4.6. Ispitni uzorak 6

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
6	L	2	10	2
14	L	7	35	9

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 11 = 89 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.4.7. Ispitni uzorak 7

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	3	15	23
6	L	3	15	3
14	L	2	10	4

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 30 = 70 \rightarrow \text{DOBRO}$$

### 3.4.8. Ispitni uzorak 8

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	4	20	28
6	L	2	10	2
14	L	5	25	7

$$m = 1 + (9/95)(100 - 28) = 7,8 \leq 10$$

	DV			UKUPNO	q	CDV
1	28	7	2	37	2	31
2	28	5	2	35	1	35

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 35 = 65 \rightarrow \text{DOBRO}$$

### 3.4.9. Ispitni uzorak 9

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	L	2	10	8
6	L	1	5	1
14	L	5	25	7

$$m = 1 + (9/95)(100 - 8) = 9,7 \leq 10$$

DV				UKUPNO	q	CDV
1	8	7	1	16	2	12
2	8	5	1	14	1	14

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 14 = 86 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.4.10. Ispitni uzorak 10

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
6	L	3	15	3
14	L	10	50	11

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 14 = 86 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.4.11. Ispitni uzorak 11

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	L	1	5	5
6	L	1	5	1
14	L	3	15	5

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 11 = 89 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$



### 3.4.12. Ispitni uzorak 12

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	4	20	28
6	L	2	10	2

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 30 = 70 \rightarrow \text{DOBRO}$$

### 3.4.13. Ispitni uzorak 13

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	7	35	37
6	L	4	20	4
7	M	3	15	21
14	M	7	35	22

$$m = 1 + (9/95)(100 - 37) = 7 \leq 10$$

	DV				UKUPNO	q	CDV
1	37	22	21	4	84	3	63
2	37	22	5	4	68	2	58
3	37	5	5	4	51	1	51

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 63 = 37 \rightarrow \text{ZADOVOLJAVAJUĆE}$$

### 3.4.14. Ispitni uzorak 14

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	3	15	23
14	L	12	60	13

$$m = 1 + (9/95)(100 - 23) = 8,3 \leq 10$$

DV			UKUPNO	q	CDV
1	23	13	36	2	30
2	23	5	28	1	28

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 30 = 70 \rightarrow \text{DOBRO}$$

#### 3.4.15. Ispitni uzorak 15

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	3	15	23
6	L	3	15	3
14	L	4	20	6

$$m = 1 + (9/95)(100 - 23) = 8,3 \leq 10$$

DV				UKUPNO	q	CDV
1	23	6	3	32	2	27
2	23	5	3	31	1	31

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 31 = 69 \rightarrow \text{DOBRO}$$

#### 3.4.16. Ispitni uzorak 16

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	L	1	5	5
6	L	2	10	2
7	L	3	15	9
14	M	6	30	19

$$m = 1 + (9/95)(100 - 19) = 8,7 \leq 10$$

DV					UKUPNO	q	CDV
1	19	9	5	2	35	2	29
2	19	5	5	2	31	1	31

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 31 = 69 \rightarrow \text{DOBRO}$$

#### 3.4.17. Ispitni uzorak 17

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	3	15	23
6	L	5	25	4

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 27 = 73 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

#### 3.4.18. Ispitni uzorak 18

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	4	20	27
6	L	3	15	3
14	L	2	10	4

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 34 = 66 \rightarrow \text{DOBRO}$$

#### 3.4.19. Ispitni uzorak 19

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	L	1	5	5
14	L	2	10	4

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 9 = 91 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.4.20. Ispitni uzorak 20

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	L	2	10	8
6	L	4	20	4
14	L	2	10	4

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 16 = 84 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.4.21. Ispitni uzorak 21

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
14	L	4	20	6

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 6 = 94 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.4.22. Ispitni uzorak 22

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	L	2	10	8
6	L	3	15	3
14	L	6	30	9

$$m = 1 + (9/95)(100 - 9) = 9,6 \leq 10$$

	DV			UKUPNO	q	CDV
1	9	8	3	20	2	16
2	9	5	3	17	1	17

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 17 = 83 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.4.23. Ispitni uzorak 23

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	7	35	36
6	L	3	15	3
14	L	7	35	9

$$m = 1 + (9/95)(100 - 36) = 7,1 \leq 10$$

DV				UKUPNO	q	CDV
1	36	9	3	48	2	40
2	36	5	3	44	1	44

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 44 = 56 \rightarrow \text{DOBRO}$$

### 3.4.24. Ispitni uzorak 24

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	2	10	18
6	L	3	15	3
14	M	17	85	35

$$m = 1 + (9/95)(100 - 35) = 7,2 \leq 10$$

DV				UKUPNO	q	CDV
1	35	18	3	56	2	47
2	35	5	3	43	1	43

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 47 = 53 \rightarrow \text{ZADOVOLJAVAJUĆE}$$

### 3.4.25. Ispitni uzorak 25

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	6	30	35
6	L	4	20	4
14	L	8	40	10

$$m = 1 + (9/95)(100 - 35) = 7,2 \leq 10$$

DV				UKUPNO	q	CDV
1	35	10	4	49	2	41
2	35	5	4	44	1	44

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 44 = 56 \rightarrow \text{DOBRO}$$

### 3.4.26. Ispitni uzorak 26

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	L	1	5	5
6	L	3	15	3
14	L	7	35	9

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 17 = 83 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

### 3.4.27. Ispitni uzorak 27

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	8	40	40
6	L	2	10	2
14	L	8	40	10

$$m = 1 + (9/95)(100 - 40) = 6,7 \leq 10$$

DV				UKUPNO	q	CDV
1	40	10	2	52	2	44
2	40	5	2	47	1	47

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 47 = 53 \rightarrow \text{ZADOVOLJAVAJUĆE}$$

#### 3.4.28. Ispitni uzorak 28

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	4	20	27
6	L	1	5	1
14	L	2	10	4

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 32 = 68 \rightarrow \text{DOBRO}$$

#### 3.4.29. Ispitni uzorak 29

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	3	15	24
6	L	1	5	1
14	L	1	5	3

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 28 = 72 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

#### 3.4.30. Ispitni uzorak 30

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	4	20	27
6	L	1	5	1
7	M	2	10	17
14	L	3	15	5

$$m = 1 + (9/95)(100 - 27) = 7,9 \leq 10$$

DV					UKUPNO	q	CDV
1	27	17	5	1	50	2	42
2	27	5	5	1	38	1	38

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 42 = 58 \rightarrow \text{DOBRO}$$

### 3.4.31. Ispitni uzorak 31

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	3	15	24
6	L	4	20	4
14	L	3	15	5

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 33 = 67 \rightarrow \text{DOBRO}$$

### 3.4.32. Ispitni uzorak 32

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	4	20	27
6	L	4	20	4

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 31 = 69 \rightarrow \text{DOBRO}$$

### 3.4.33. Ispitni uzorak 33

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	L	4	20	13
14	L	1	5	3

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 16 = 84 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$



3.4.34. Ispitni uzorak 34

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	3	15	23
6	L	2	10	2

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 25 = 75 \rightarrow \text{ODLIČNO}$$

3.4.35. Ispitni uzorak 35

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	4	20	27
6	L	7	35	5
14	L	6	30	8

$$m = 1 + (9/95)(100 - 27) = 7,9 \leq 10$$

DV				UKUPNO	q	CDV
1	27	8	5	40	2	34
2	27	5	5	37	1	37

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 37 = 63 \rightarrow \text{DOBRO}$$

3.4.36. Ispitni uzorak 36

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	6	30	34
6	L	1	5	1
14	L	9	45	11

$$m = 1 + (9/95)(100 - 34) = 7,3 \leq 10$$

DV				UKUPNO	q	CDV
1	34	11	1	46	2	39
2	34	5	1	40	1	40

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 40 = 60 \rightarrow \text{DOBRO}$$

3.4.37. Ispitni uzorak 37

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	10	63	50
14	L	2	13	4

$$PCI = 100 - \sum DV = 100 - 54 = 46 \rightarrow \text{ZADOVOLJAVAJUĆE}$$

3.4.38. Ispitni uzorak 38

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	8	38	39
6	L	4	19	4
14	L	11	52	12

$$m = 1 + (9/95)(100 - 39) = 6,8 \leq 10$$

DV				UKUPNO	q	CDV
1	39	12	4	55	2	47
2	39	5	4	48	1	48

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 48 = 52 \rightarrow \text{ZADOVOLJAVAJUĆE}$$

3.4.39. Ispitni uzorak 39

VRSTA OŠTEĆENJA	STUPANJ OŠTEĆENJA	BR. PLOČA	GUSTOĆA [%]	DV
3	M	19	90	56
6	L	3	14	3
14	L	9	43	11

$$m = 1 + (9/95)(100 - 56) = 5,2 \leq 10$$

DV				UKUPNO	q	CDV
1	56	11	3	70	2	59
2	56	5	3	64	1	64

$$PCI = 100 - \max CDV = 100 - 64 = 36 \rightarrow \text{ZADOVOLJAVAJUĆE}$$

## PRILOG 4

PRILOG 4. Prikaz ocjene stanja kolnika po dionicama

PRILOG 4.1. Prikaz ocjene stanja kolnika praga 05 za odabire I i II i metode 1 i 2

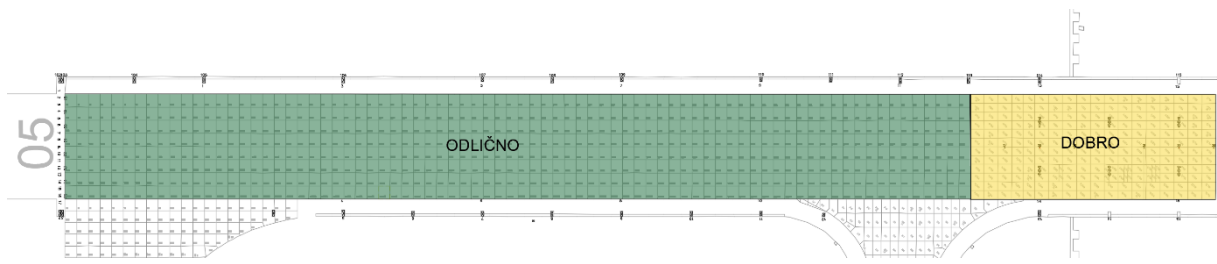
PRILOG 4.2. Prikaz ocjene stanja kolnika praga 05 za odabir II i metodu 2

PRILOG 4.3. Prikaz ocjene stanja kolnika praga 23 za odabire I i II i metodu 1

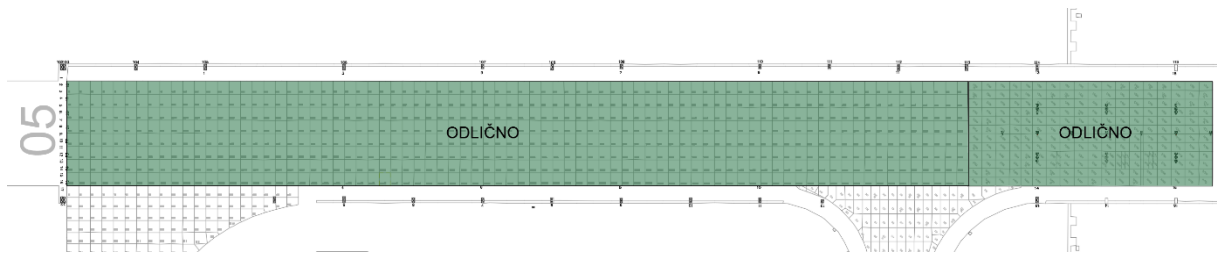
PRILOG 4.4. Prikaz ocjene stanja kolnika praga 23 za odabir I i metodu 2

PRILOG 4.5. Prikaz ocjene stanja kolnika praga 23 za odabir II i metodu 2

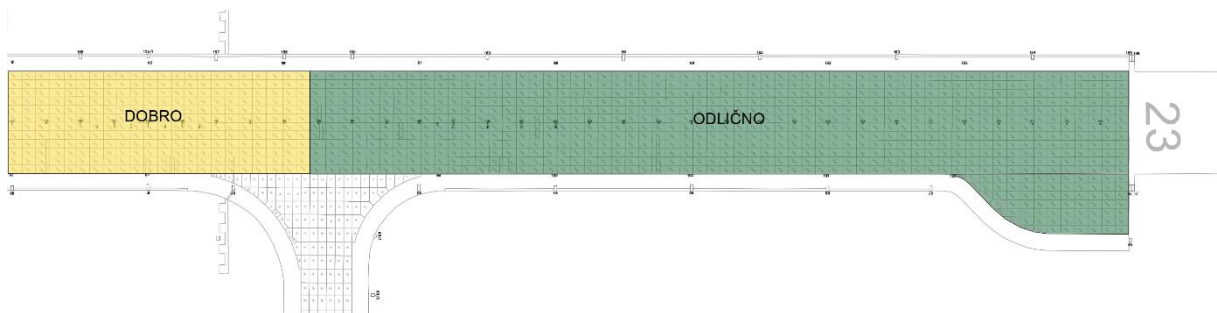
PRILOG 4.1. Prikaz ocjene stanja kolnika praga 05 za odabire I i II i metode 1 i 2



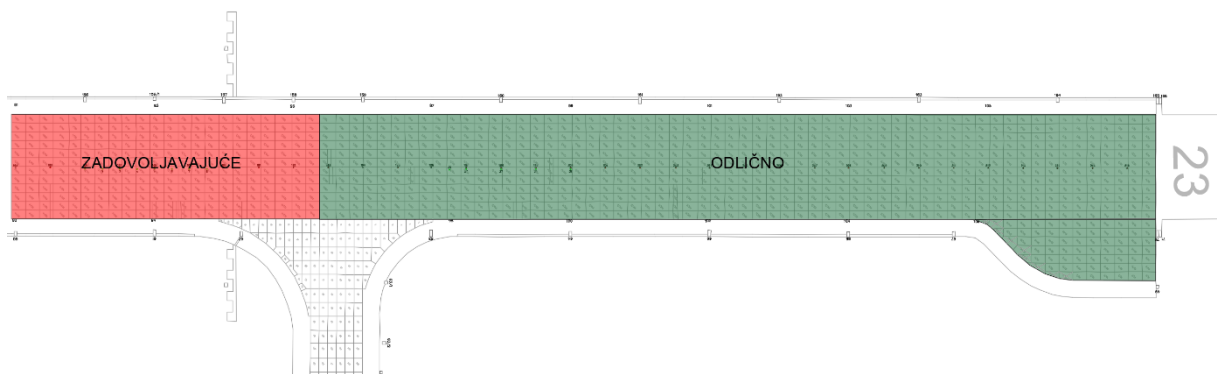
PRILOG 4.2. Prikaz ocjene stanja kolnika praga 05 za odabir II i metodu 2



PRILOG 4.3. Prikaz ocjene stanja kolnika praga 23 za odabire I i II i metodu 1



PRILOG 4.4. Prikaz ocjene stanja kolnika praga 23 za odabir I i metodu 2



PRILOG 4.5. Prikaz ocjene stanja kolnika praga 23 za odabir II i metodu 2

