

Postupci uzorkovanja pri pregledima po obilježjima

De Marco, Marjam

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:420911>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-31**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Marjam De Marco

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Biserka Runje, dipl. ing.

Student:

Marjam De Marco

Zagreb, 2017.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentorici prof. dr. sc. Biserki Runje na ukazanom povjerenju, stručnim savjetima, pomoći kao i na izdvojenom vremenom prilikom izrade ovog završnog rada.

Isto tako, zahvaljujem se braći, prijateljima i kolegama na podršci tokom studiranja. Ponajviše se zahvaljujem očuhu i majci na pomoći, strpljenju i riječima ohrabrenja te što su imali vjere u mene kad mi je to bilo najpotrebnije.

Marjam De Marco



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
 Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
 proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo
 materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Marjam De Marco**

Mat. br.: 0035188697

Naslov rada na
hrvatskom jeziku:

**POSTUPCI UZORKOVANJA PRI PREGLEDIMA PO
OBILJEŽJIMA**

Naslov rada na
engleskom jeziku:

SAMPLING PROCEDURES FOR INSPECTION BY ATTRIBUTES

Opis zadatka:

Planovi uzorkovanja su između ostalog primjenjivi na pregled gotovih proizvoda, sirovina, zaliha u skladištu, postupaka održavanja, podataka ili zapisa itd. Cilj planova uzorkovanja je zaštita kupca i mogućnost smanjenja troškova pregleda.

U radu je potrebno:

1. Specificirati planove uzorkovanja i postupke za pregled diskretnih elemenata prema atributima.
2. Za odabrane primjere provesti postupak uzorkovanja po obilježjima.
3. Analizirati dobivene rezultate u cilju zaštite kupca i smanjenja troškova pregleda.

U radu treba navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

30. studenog 2016.

Rok predaje rada:

1. rok: 24. veljače 2017.

2. rok (izvanredni): 28. lipnja 2017.

3. rok: 22. rujna 2017.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 27.2. - 03.03. 2017.

2. rok (izvanredni): 30. 06. 2017.

3. rok: 25.9. - 29. 09. 2017.

Zadatak zadao:

v.d. predsjednika Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Biserka Runje

Izv. prof. dr. sc. Branko Bauer

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS KRATICA	V
SAŽETAK.....	VI
SUMMARY	VII
1. UVOD.....	1
2. UZROCI UZORKOVANJA.....	2
2.1. Vrste kontrole kvalitete	2
3. VRSTE UZORAKA	5
3.1. Jednostavni slučajni uzorak.....	5
3.2. Sustavni uzorak	6
3.3. Stratificirani uzorak.....	6
3.4. Uzorak skupina.....	7
4. IZBOR SLUČAJNOG UZORKA	9
4.1. Ispitivanje uzorka	9
4.2. Planovi uzorkovanja (planovi prijema)	10
4.3. Operativna (radna) krivulja plana uzorkovanja.....	11
4.4. <i>AQL</i> – Prihvatljiva razina kvalitete	14
4.5. <i>LQ</i> – Granična kvaliteta	15
4.6. Rizik α i β	15
4.7. Prosječna izlazna kvaliteta - <i>AOQ</i>	16
5. NORMA HRN ISO 2859-1	18
5.1. Normalni, stroži i blaži pregled	18
5.1.1. Prijelaz s normalnog na stroži pregled	19
5.1.2. Prijelaz sa strožeg na normalni pregled.....	19
5.1.3. Prijelaz s normalnog na blaži pregled	19
5.1.4. Prijelaz s blažeg na normalni pregled	20
5.1.5. Prekid pregleda.....	20
5.2. Razina pregleda	20

5.3. Dobivanje planova uzorkovanja.....	22
5.4. Vrste planova uzorkovanja.....	22
5.4.1. Jednostruko uzorkovanje.....	22
5.4.2. Dvostruko uzorkovanje.....	23
5.4.3. Višestruki plan uzorkovanja.....	24
5.5. Prihvatanje i neprihvatanje, neispravnost i nesukladnost.....	25
5.5.1. Prihvatljivost serija.....	25
5.5.2. Neispravnost.....	26
5.5.3. Nesukladnost.....	26
6. PRIMJERI JEDNOSTRUKOG I DVOSTRUKOG PLANA UZORKOVANJA.....	28
6.1. Primjer jednostrukog plana uzorkovanja.....	28
6.2. Primjer dvostrukog plana uzorkovanja.....	35
6.3. Višestruki plan uzorkovanja.....	42
6.3.1. Izraz za računanje vjerojatnosti prihvatanja.....	43
6.4. Analiza.....	44
7. SIMULACIJA JEDNOSTRUKOG PLANA UZORKOVANJA.....	45
8. POGREŠKE PRILIKOM UZORKOVANJA.....	50
8.1. Pogreške uzoraka.....	50
8.2. Pogreške izvan uzoraka.....	50
ZAKLJUČAK.....	51
LITERATURA.....	53
PRILOZI.....	54

POPIS SLIKA

Slika 1. Krivulja pronalaženja loših komada [1].....	4
Slika 2. Slučajni uzorak [2].....	5
Slika 3. Sustavni uzorak [2]	6
Slika 4. Stratificirani uzorak [2]	7
Slika 5. Uzorak skupina [2].....	8
Slika 6. Shema uzorkovanja	9
Slika 7. Karakteristična operativna krivulja [5]	11
Slika 8. Idealna operativna krivulja [5]	12
Slika 9. Približavanje idealnoj operativnoj krivulji [5]	13
Slika 10. Približavanje idealnoj operativnoj krivulji [5]	14
Slika 11. <i>AQL</i> [5]	16
Slika 12. <i>AOQ</i> i <i>AOQL</i> [5]	17
Slika 13. Postupci prijelaza pregleda [8].....	19
Slika 14. Jednostruko uzorkovanje.....	23
Slika 15. Shema dvostrukog uzorkovanja	24
Slika 16. Graf višestrukog plana uzorkovanja	25
Slika 17. Shema jednostrukog plana uzorkovanja za normalni pregled	28
Slika 18. Shema jednostrukog plana uzorkovanja za stroži pregled	30
Slika 19. Shema jednostrukog plana uzorkovanja za blaži pregled	32
Slika 20. Operativna krivulja za jednostruki plan uzorkovanja	34
Slika 21. Shema dvostrukog plana uzorkovanja za normalni pregled	35
Slika 22. Shema dvostrukog plana uzorkovanja za stroži pregled	37
Slika 23. Shema dvostrukog plana uzorkovanja za blaži pregled	39
Slika 24. Operativna krivulja za dvostruki plan uzorkovanja	41
Slika 25. Shema višestrukog uzorkovanja.....	42
Slika 26. Grafički prikaz raspodjele isporuka po broju nesukladnih elemenata	48

POPIS TABLICA

Tablica 1. Razine pregleda [8]	21
Tablica 2. Broj nesukladnih elemenata u 100 isporuka	45
Tablica I. Slovne oznake veličine uzorka.....	55
Tablica II-A. Planovi jednostrukog uzorkovanja za normalni pregled [8].....	56
Tablica II-B. Planovi jednostrukog uzorkovanja za stroži pregled [8].....	57
Tablica II-C. Planovi jednostrukog uzorkovanja za blaži pregled [8].....	58
Tablica III-A. Planovi dvosturkog uzorkovanja za normalni pregled [8].....	59
Tablica III-B. Planovi dvosturkog uzorkovanja za stroži pregled [8].....	60
Tablica III-C. Planovi dvosturkog uzorkovanja za blaži pregled [8].....	61

POPIS KRATICA

Oznaka	Opis
<i>N</i>	Veličina serije
<i>n</i>	Veličina uzorka
TQM	Total Quality Management / Potpuno upravljanje kvalitetom
OC	Operating Characteristic curve / Operativna radna krivulja
<i>AQL</i>	Acceptable Quality Level / Prihvatljiva razina kvalitete
<i>LQ</i>	Limiting Quality / Granična kvaliteta
<i>RQL</i>	Rejectable Quality Limit / Neprihvatljiva razina kvalitete
<i>IQL</i>	Indifference Quality Limit / Srednja razina kvalitete
<i>AOQ</i>	Average Outgoing Quality / Prosječna izlazna kvaliteta
<i>AOQL</i>	Average Outgoing Quality Limit / Granična vrijednost prosječne izlazne kvalitete
<i>Ac</i>	Broj za prihvatanje
<i>Re</i>	Broj za odbijanje
α	Alfa rizik- rizik dobavljača
β	Beta rizik – rizik potrošača

SAŽETAK

Tema ovog završnog rada jest specificirati planove uzorkovanja i postupke za pregled diskretnih elemenata prema obilježjima te za odabrane primjere provesti postupak uzorkovanja po obilježjima.

Metoda uzorkovanja je vrsta kontrole kvalitete čijim se rezultatima pomaže u donošenju odluka u procesu proizvodnje. To je postupak pri kojem se procjenjuje neki osnovni skup na temelju jednog ili više uzoraka, dok je uzorak reprezentant statističke mase koja se proučava. Osnovna ideja je zamjena 100%-tne kontrole s pregledom malog dijela slučajno izabраниh jedinica. Uzorkovanje se također provodi kako bi se na temelju uzorka brzo i lako donijela odluka o prihvatanju odnosno odbijanju osnovnog skupa. Norma koja propisuje planove uzorkovanja, vrste i razine pregleda te postupke za pregled diskretnih elemenata prema atributima je norma HRN ISO 2859-1.

U prvom djelu rada opisane su vrste kontrole kvalitete, vrste uzoraka i bitni pojmovi vezani za planove uzorkovanja. U petom poglavlju opisana je navedena norma kao i vrste planova uzorkovanja prema kojima će biti provedeni primjeri. U šestom poglavlju provedeni su primjeri za dvije vrste planova uzorkovanja te analizirane sličnosti i razlike između njih.

U eksperimentalnom djelu se pomoću probne verzije programa Minitab provela simulacija jednostrukog plana uzorkovanja za normalni pregled. Dobiveni rezultati su se usporedili i analizirali kako bi se donijeli zaključci o ovakvom pristupu kontrole kvalitete.

Ključne riječi: kontrola kvalitete, uzorkovanje, uzorak, osnovni skup, planovi uzorkovanja, pregledi, norma HRN ISO 2859-1.

SUMMARY

Sampling method is a form of quality control which results help with the decision-making in the production process. It is a procedure in which a basic set is estimated by one or more samples, while a sample is a representative of the entire lot which is being studied. The basic idea is to replace 100%-the control and replace it with controlling only a small part of randomly selected units. With the sampling method it is quick and easy to make a decision about accepting or rejecting the basic set based on the sample. The standard which specifies sampling plans, types and forms of inspection and procedures for inspection of discrete elements by attributes is the standard HRN ISO 2859-1.

The first part of this thesis describes types of quality control, types of samples and important terms regarding acceptance sampling plans. The fifth chapter describes the standard HRN ISO 2859-1 and the types of acceptance plans and the examples of it. In the sixth chapter are conducted examples for the single and double sampling plan, and the analyzes of similarities and differences between them.

In the experimental part of this thesis, using a trial version of the program Minitab, there has been conducted a simulation of single-sampling plan for normal inspection. The results were compared and analyzed in order to make a conclusions about this kind of approach to quality control.

Key words: quality control, sampling, sample, lot, sampling plan, inspection, standard HRN ISO 2859-1.

1. UVOD

Svaka proizvodna industrija mora kupovati materijal ili određene dijelove proizvoda od dobavljača kako bi uspješno proizveli svoje proizvode. Osiguravanje dostatne kvalitete materijala ili dijelova iz vanjskih izvora oduvijek je bio izazov. Proizvodno poduzeće se moralo osigurati da su nabavljeni materijali dobre kvalitete kako bi i njihovi završni proizvodi bili kvalitetni. Bilo je mnogo pristupa rješavanju ovog problema. Dok su neki zahtijevali 100%-tnu kontrolu, neki su od dobavljača tražili certifikate da je dobavljeni materijal prošao razne testove i inspekcije koji osiguravaju njegovu kvalitetu, a neki čak nisu zahtijevali nikakvu dodatnu kontrolu. Nijedan od tih pristupa nije u potpunosti zadovoljio ni dobavljače ni proizvođače te su se iz tog razloga okrenuli novom načinu kontrole kvalitete, a to je uzorkovanje.

Uzorkovanje je procjena nekog osnovnog skupa na temelju jednog ili više uzoraka. Tako se u kontroli kvalitete na temelju uzoraka prima roba od dobavljača, kontrolira sam proces, te se kontrolira proizvod koji je njihov rezultat.

Kod korištenja metode uzorkovanja treba poštivati opće principe uzimanja uzoraka, a to su:

- Reprezentativnost
- Nezavisnost
- Slučajnost
- Nepristranost. [1]

Predmet ovog rada su planovi uzorkovanja pri pregledima po obilježjima, gdje se na temelju rezultata pregleda uzorka donosi odluka o prihvaćanju ili odbijanju osnovnog skupa. U radu je opisana norma koja propisuje planove uzorkovanja po obilježjima, vrste planova uzorkovanja te su dani primjeri za jednostruki i dvostruki plan uzorkovanja. U eksperimentalnom dijelu provedena je simulacija uzorkovanja za jednostruki plan te su analizirani dobiveni rezultati.

2. UZROCI UZORKOVANJA

2.1. Vrste kontrole kvalitete

Planovi uzorkovanja uvedeni su kao posljedica velikih troškova nastalih propuštanjem neispravnih komada. U današnjoj suvremenoj proizvodnji kontrola kvalitete je neizbježna. Kontrola kvalitete može se promatrati kroz objekt kontrole. Tako je kontrolu kvalitete moguće provesti kroz kontrolu tehničke dokumentacije, kontrolu uzoraka ili kontrolu cijelog skupa (populacije). Kontrola kvalitete izlaza iz procesa preko dokumentacije je najmanje pouzdan vid kontrole, ali je zato najbrži i najjeftiniji. [11]

Kontrola kvalitete unutar poduzeća može biti izvedena na tri načina:

- Bez kontrole
- Uzorkovanje
- 100% kontrola.

Bez kontrole - u današnje vrijeme teško je naći poduzeće koje nema uspostavljenu kontrolu kvalitete. Koliko je to rizično, toliko je i skupo budući da proizvodi odlaze na tržište bez da su dobili certifikat da su kao takvi ispravni. To je moguće primijeniti u poduzećima s visoko sofisticiranom opremom, gdje je proizvodnja uhodana i dugogodišnja i gdje ima malo mjesta za pogreške, ali to i dalje ne osigurava da će svaki proizvod izaći ispravan.

100%-tna kontrola- U praksi je dokazano da stopostotna kontrola nije 100% djelotvorna da bi se razdvojili dobri od loših proizvoda. Spoznaja o šteti za poduzeće, koje nastaje prilikom odvajanja dobrih od loših proizvoda kada je greška već nastala, dovodi do orijentacije na preventivu. [3]

100% - tna kontrola uvijek ima, u pravilu, prednost pred uzorkovanjem.

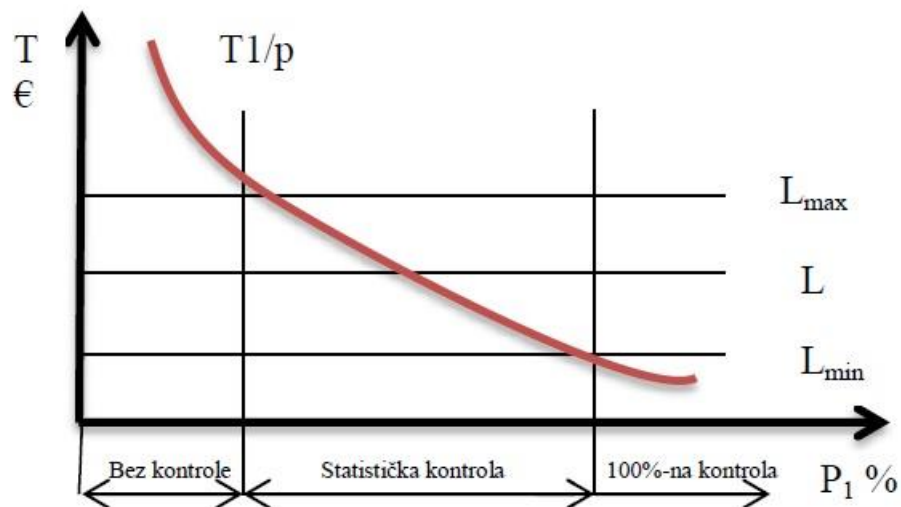
Ima nekoliko značajki 100%-tne kontrole koje imaju nedostatke u usporedbi s uzorkovanjem:

1. **Skupa je.** Svaki izrađen dio mora se pojedinačno provjeravati. Efikasnost se postiže samo primjenom mjernih (kontrolnih) automata, a ne aktivnošću kontrolora.

2. **Nerazumijevanje značenja (postupka) 100%-tne kontrole.** 100 %-tna kontrola je rijetko, u pravilu nikada, potpuna kontrola svih značajki dijela. To je provjera samo određenih značajki. Izjava "100 %-tna kontrola je potrebna" u pravilu dovodi do pretjerane kontrole pri čemu se propušta ono što je ključno.
3. **Uključuje sortiranje.** U biti, 100 %-tna kontrola znači odvajanje (sortiranje) loših dijelova od dobrih. To je tzv. «brojanje mrtvih», odnosno postupak koji je potpuno stran suvremenom (preventivnom) pristupu kontroli kvalitete.
4. **Može rezultirati prihvaćanjem nekih nesukladnih ili oštećenih dijelova.** Brojne nezavisne provjere pouzdanosti 100 %-tne kontrole u odvajanju loših dijelova od dobrih bacili su značajnu sumnju na njenu efikasnost. Monotonija ponavljajućih operacija kontrole može rezultirati nenamjernim prihvaćanjem loših dijelova.
5. **Može rezultirati neprihvaćanjem dobrih dijelova.** Nekada kontrolori misle da njihov posao nije opravdan od njihovih nadređenih ako stalno prihvaćaju dijelove. To ponekad rezultira prekričnim interpretacijama specifikacija i neprihvaćanjem zadovoljavajućih dijelova.
6. **Može biti nepraktično.** U slučajevima gdje su potrebna razorna ispitivanja, 100 %-tna kontrola je, naravno, nemoguća. [4]

Osnovna ideja uzorkovanja je u cilju ekonomičnosti odustati od kontrole svih proizvedenih jedinica (100%) i kontrolirati samo mali dio slučajno izabranih jedinica. Također, uzorkovanje je mnogo efikasniji oblik kontrole kvalitete od 100%-tne kontrole. Vrijeme i trud koji bi se uložio u 100%-tnu kontrolu može se iskoristiti za kvalitetnije uzorkovanje više uzoraka kao i za kvalitetnije rezultate. [12]

Često se prilikom uzorkovanja postavlja pitanje kako u toj masi (populaciji) pronaći loše (nesukladne) komade, odnosno koliko će se novaca potrošiti da bi se u toj masi komada našao loš komad. Odgovor na ovo pitanje leži u krivulji pronalaženja loših komada koja je prikazana na slici 1.



Slika 1. Krivulja pronalaženja loših komada [1]

Gdje je na ordinati T - trošak kontrole, a na apscisi izbor načina kontrole.

Tl – jedinični trošak

Tl/p – trošak pronalaska jednog nesukladnog komada

L – procijenjena šteta nastala propuštanjem lošeg komada

L_{max} – procijenjena najveća šteta zbog propuštanja lošeg komada

L_{min} – procijenjena najmanja šteta zbog propuštanja lošeg komada

Iz dijagrama se vidi da je statistička kontrola, odnosno uzorkovanje najekonomičniji način kontrole kvalitete. Pouzdan postupak uzorkovanja može biti relativno jeftini u odnosu na 100%-tnu kontrolu i može značajno smanjiti monotoniju kontrole. Kod nekih ispitivanja kvalitete, primjerice u slučaju razornih ispitivanja, uzorkovanje je jedina mogućnost. [11]

3. VRSTE UZORAKA

Prema [2] osnovna podjela uzoraka je na uzorke bazirane na teoriji vjerojatnosti (slučajni) te na uzorke koji nisu bazirani na teoriji vjerojatnosti (namjerni).

Kod slučajnih uzoraka, svaka jedinica populacije ima poznatu i pozitivnu vjerojatnost da bude uzorak, neovisno o utjecaju ili prosuđivanju istraživača. Suprotno tome, namjerni uzorci su rezultat utjecaja istraživača.

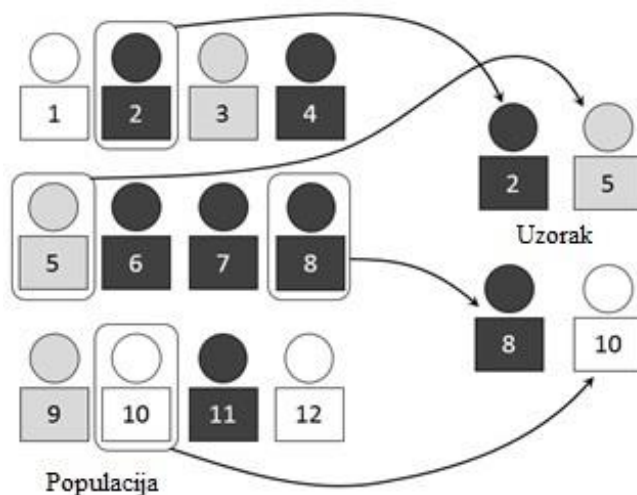
Nama su od interesa slučajni uzorci koji mogu biti:

- a) Jednostavni slučajni
- b) Sustavni
- c) Stratificirani
- d) Uzorak skupina.

3.1. Jednostavni slučajni uzorak

Jednostavni slučajni uzorak ima značajne prednosti ali i praktične nedostatke kada se radi o njegovoj primjeni u praktičnim istraživanjima. U njemu je sadržana suština slučajnog izbora i može pomoći u razumijevanju ostalih metoda izbora.

Jednostavni slučajni uzorak veličine n elemenata dobit će se iz osnovnog skupa koji ima N elemenata ako se izbor obavlja tako da svaki uzorak veličine n koji se može izabrati iz tog osnovnog skupa ima istu vjerojatnost da bude izabran.



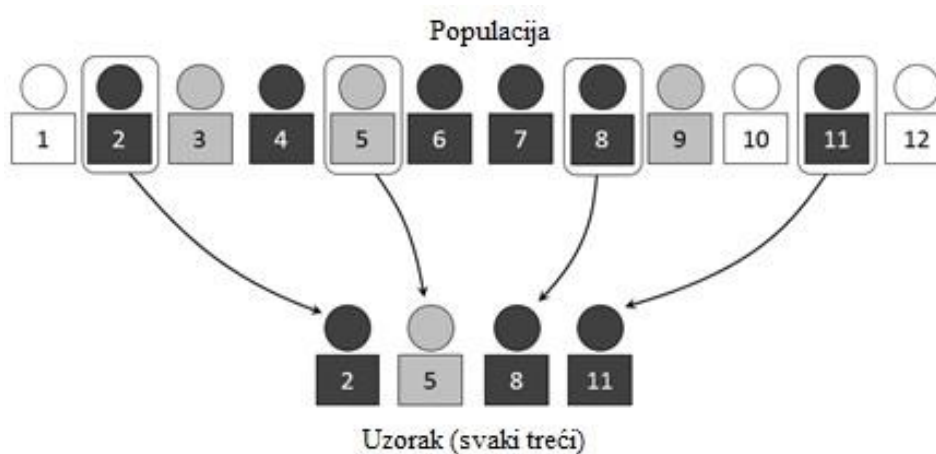
Slika 2. Slučajni uzorak [2]

Ova metoda je vrlo dobra i korisna za objašnjavanje suštine metode uzoraka. Međutim, ova metoda se rijetko može primijeniti u praktičnim istraživanjima. Iako jednostavni slučajni

uzorak ne zahtijeva znanje o karakteristikama populacije i strukturi iste, u tom slučaju istraživači ne mogu iskoristiti svoja znanja na konkretnom slučaju.

3.2. Sustavni uzorak

Sustavni uzorak se primjenjuje kada su elementi osnovnog skupa poredani po određenom principu, npr. osobe po abecedi ili nekakva vrsta popisa. Za uzorak se tada uzima npr. svaki peti, deseti ili k -ti element. Brojanje rednog broja elementa od kojeg se počinje određuje se slučajnim izborom od brojeva između 1 i k . Kod sustavnog određivanja uzorka za svaki element osnovnog skupa postoji jednaka mogućnost da bude izabran za uzorak.



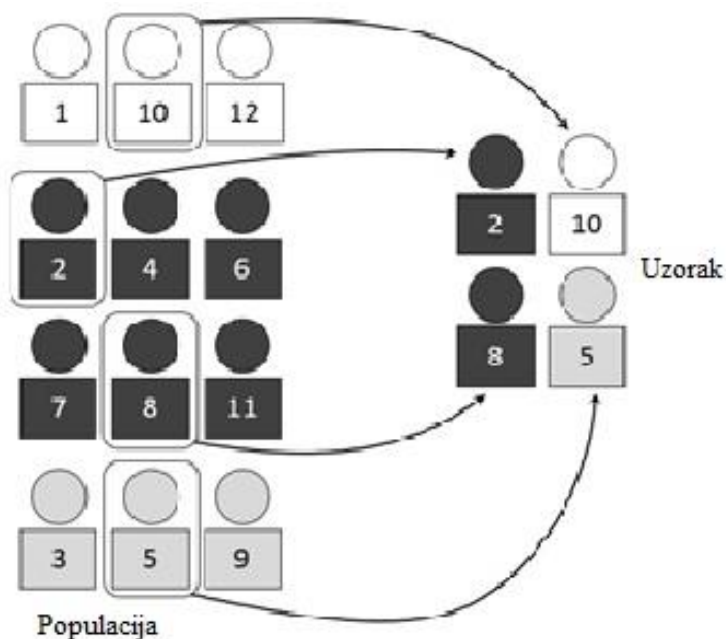
Slika 3. Sustavni uzorak [2]

3.3. Stratificirani uzorak

Stratificirani uzorak koristi se kada populacija ima različita značajna obilježja koja su predmet istraživanja. Kada su takve populacije u pitanju, teško je na temelju slučajnog odabira uzorka dobiti zadovoljavajuće i dovoljno precizne rezultate. Pomoću stratificiranog uzorka dovodi se do značajnog poboljšanja preciznosti.

Stratificirani uzorak temelji se na razdiobi osnovne populacije na slojeve (stratume) koji imaju sličnija obilježja, a dalje se iz tih manjih populacija tj. slojeva biraju slučajni uzorci koji su ustvari poduzorci.

Prilikom stratificiranja uzorka bitno je da razlike između pojedinih stratuma budu što veće kako bi se što više razlikovali, dok su sami stratumi što sličniji tj. homogeniji.



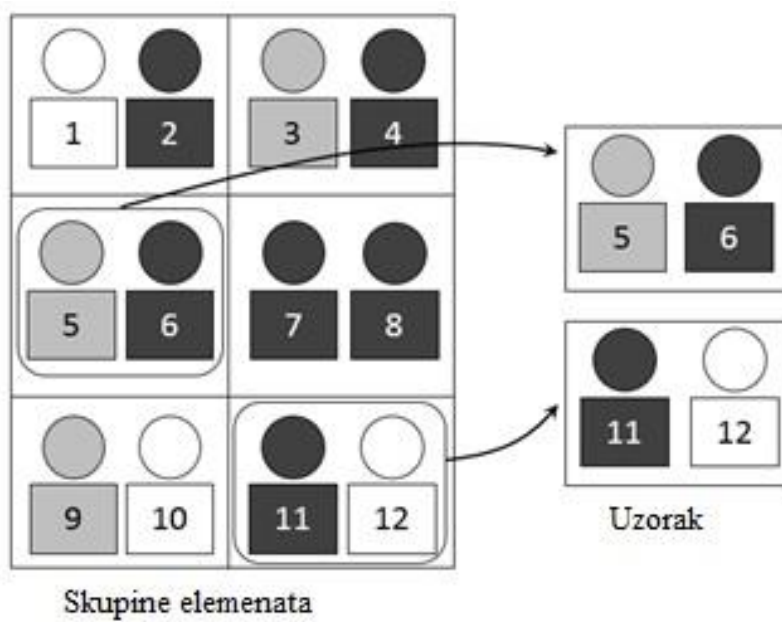
Slika 4. Stratificirani uzorak [2]

3.4. Uzorak skupina

Uzorak skupina koristi se u slučajevima kada ne postoji cijela lista svih jedinica osnovnog skupa koja bi služila kao osnova za formiranje uzorka. Ocjena karakteristike osnovnog skupa na osnovu uzorka skupine su preciznije koliko je unutrašnja raznolikost skupine veća, a vanjska raznolikost manja.

Uzorak skupina je kada umjesto pojedinačnih elemenata neke populacije biramo određene skupine elemenata. Uzorak skupine se koristi kao prvi korak prilikom dizajniranja uzorka, pritom se podrazumijevaju dodatni zahtjevi odabira unutar izabranih skupina.

U praksi je izbor skupina najčešće definiran prirodnim grupiranjem, ali pritom treba voditi računa o greškama koje se pojavljuju prilikom grupiranja.



Slika 5. Uzorak skupina [2]

4. IZBOR SLUČAJNOG UZORKA

4.1. Ispitivanje uzorka

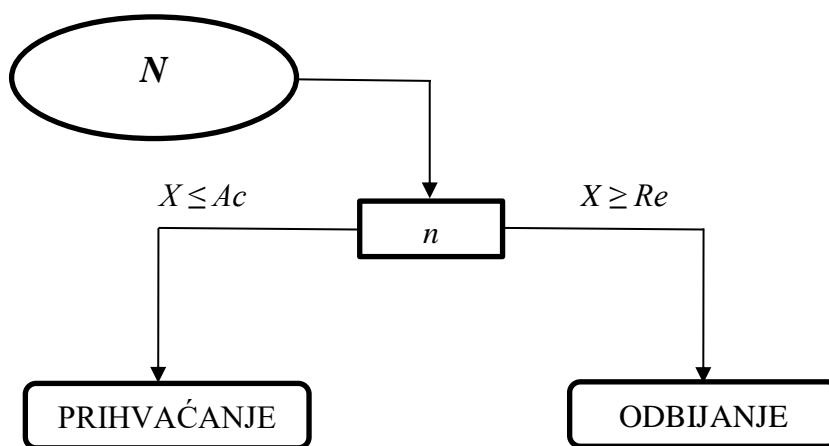
U današnje vrijeme tržište je sve zahtjevnije, poduzeća posluju u iznimno nesigurnoj okolini, svjetski trend je biti najbolji, a ne samo uspješan. Iz tih razloga sve više poduzeća se okreću programima potpunog upravljanja kvalitetom (**eng.** *Total Quality Management- TQM*). Prema TQM-u, nijedan proizvod s određenim defektom ne smije doći do potrošača, odnosno nijedan nesukladan komad ne smije izaći iz tvornice.

Osnovna ideja ispitivanja uzorka je da uzorak mora biti slučajno odabran. Ukoliko to nije tako, koncepcija uzorkovanja gubi svaki smisao.

Osnovna filozofija uzorkovanja je:

- Uzorak se slučajnim izborom izuzima iz serije te se podvrgava ispitivanju
- Ukoliko uzorak zadovoljava postavljene kriterije, cijela serija se prihvaća
- Ukoliko uzorak ne zadovoljava postavljene kriterije, cijela serija se odbija. [9]

Procedura se može jasno prikazati pomoću pojednostavljene sheme na slici:



Slika 6. Shema uzorkovanja

Gdje je:

N - veličina isporuke (serije)

n - veličina slučajno odabranog uzorka

X - broj nesukladnih (loših) jedinica u uzorku

Ac - broj za prihvaćanje

Re - broj za odbijanje

Prihvaćanjem isporuke, ona odlazi u 'ulazno skladište' iz kojeg se uzimaju dijelovi potrebni za proizvodnju.

Ukoliko dođe do **odbijanja**, prema ugovoru se poduzimaju daljnji postupci. Ugovorom može biti dogovoreno vraćanje dobavljaču ili sortiranje isporuke. Sortiranjem isporuke ona se 100 % kontrolira i odvajaju se loši proizvodi od dobrih. Naravno, to nije slučaj ukoliko se obavljaju razorna ispitivanja. Loše jedinice dobavljač zamjenjuje ispravnim.

4.2. Planovi uzorkovanja (planovi prijema)

Temeljno pitanje koje se postavlja prilikom kontrole uzorkovanjem glasi:

Koliki uzorak treba kontrolirati da bi nalaz kontrole bio pouzdan glede procjene razine kvalitete cijele isporuke? [4]

Taj problem može se efikasno rješavati upotrebom planova uzorkovanja. Planovi uzorkovanja nadomještaju u mnogo primjera sve druge pristupe u kontroli prijema ulaznih materijala i dijelova. Planovi se također široko upotrebljavaju u završnoj kontroli radi provjere kvalitete isporuke prije isporučivanja kupcu. [11]

Postoje dvije temeljne skupine planova uzorkovanja

1. **Planovi uzorkovanja za attribute-** rezultat kontrole je atribut: dobro- loše. Temelje se na Binomnoj i Poissonovoj razdiobi.
2. **Planovi uzorkovanja za variable-** rezultat kontrole je mjerni podatak. Temelje se na Normalnoj i Studentovoj razdiobi.

Dobavljač u suradnji s proizvođačem kroz ugovorene stavke, definira plan uzorkovanja i plan ispitivanja uzorka. [11]

Ovisno o primijenjenom planu uzorkovanja odluka o prihvaćanju/ odbijanju isporuke može se donijeti nakon:

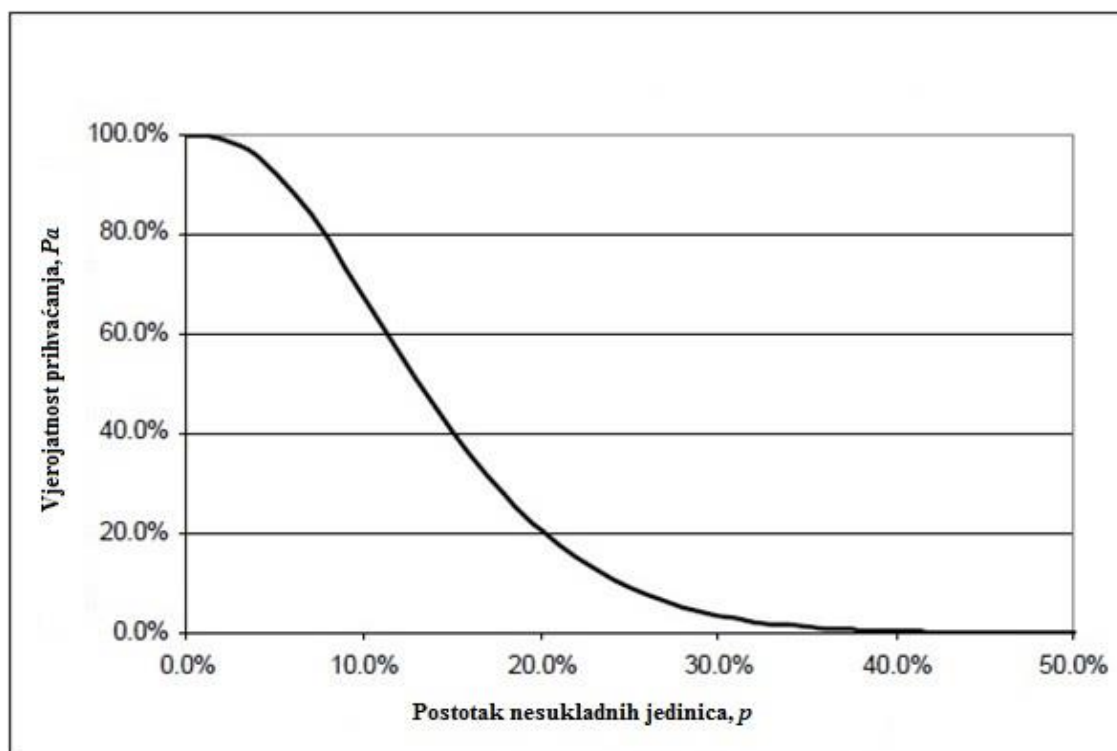
1. Kontrole jednog slučajno odabranog uzorka (jednostruko uzorkovanje)
2. Kontrole najviše dva slučajno odabrana uzorka (dvostruko uzorkovanje)
3. Kontrole više od dva slučajno odabrana uzorka (višestruko uzorkovanje).

Planovi se također široko upotrebljavaju u završnoj kontroli radi provjere kvalitete isporuke prije isporuke kupcu.

Ponešto različita i jednako važna potreba za primjenom planova uzorkovanja, odnosi se i na kontrolu dijelova i sklopova tijekom procesa proizvodnje. [4]

4.3. Operativna (radna) krivulja plana uzorkovanja

Prema [5] operativna radna krivulja (**eng.** *Operating Characteristic curve- OC*) prikazuje vjerojatnost prihvaćanja serije u funkciji kvalitete isporuke. Slika prikazuje tipičnu OC krivulju.



Slika 7. Karakteristična operativna krivulja [5]

Gdje je:

p % - postotak nesukladnih jedinica u isporuci

p - omjer nesukladnih jedinica u isporuci

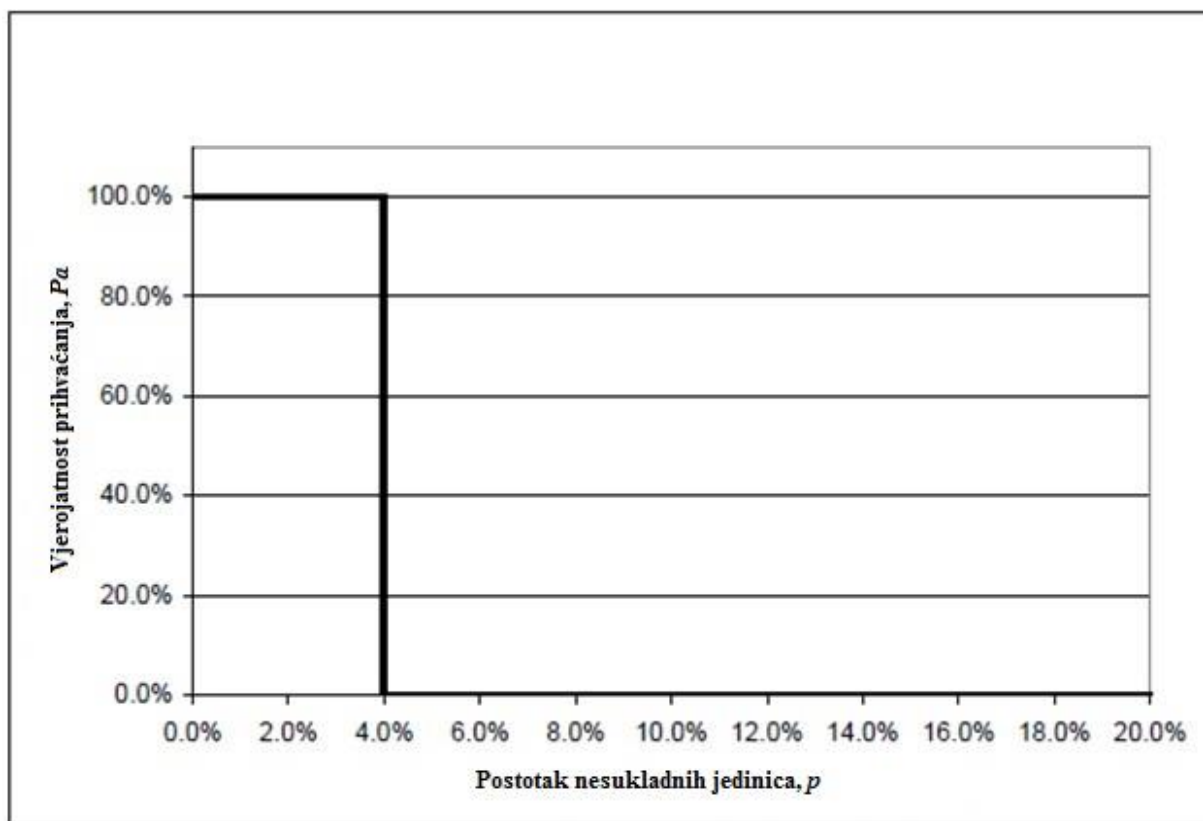
P_a % – vjerojatnost prihvatanja isporuke (0-100%)

P_a – vjerojatnost prihvatanja isporuke (0-1)

Ono što se prvo primjećuje na slici 7 jest oblik same krivulje. Krivulja nije ravna linija već poprma oblik grubog slova 'S'. Kako postotak odbijanja raste, vjerojatnost prihvatanja pada.

Uzorkovanje se temelji na ideji da proizvodi dolaze iz procesa koji imaju određeni postotak neprihvatanja. Koncept je takav da će potrošač prihvatiti sve isporuke proizvođača ukoliko je postotak neprihvatanja procesa ispod definirane razine.

Na osnovi takvog koncepta nastala je idealna operativna krivulja prikazana na slici 8.

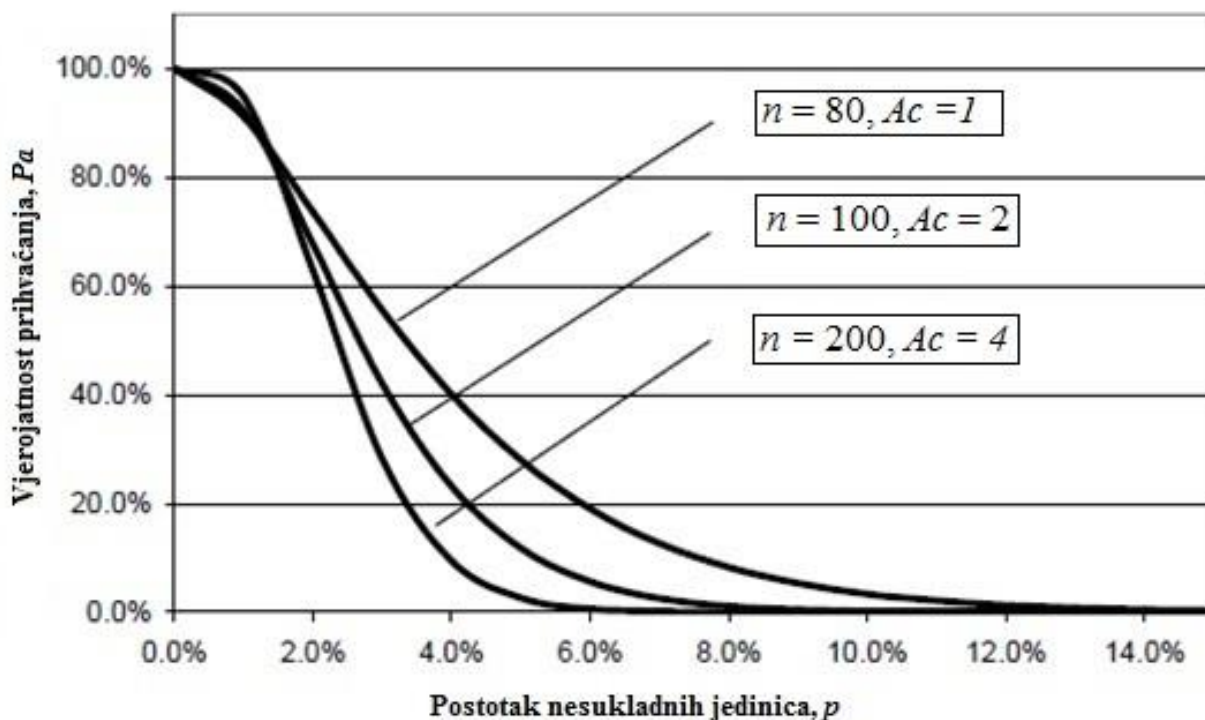


Slika 8. Idealna operativna krivulja [5]

Kada je postotak neprihvatanja p ispod definiranog nivoa, u ovom slučaju 4 %, vjerojatnost prihvatanja je 100 %. Za postotke neprihvatanja veće od definiranog nivoa (4%), vjerojatnost prihvatanja automatski pada na 0 %. Linija koja odvaja 100% i 0% prihvatanja se naziva prihvatljiva razina kvalitete (**eng.** *Acceptable Quality Level- AQL*).

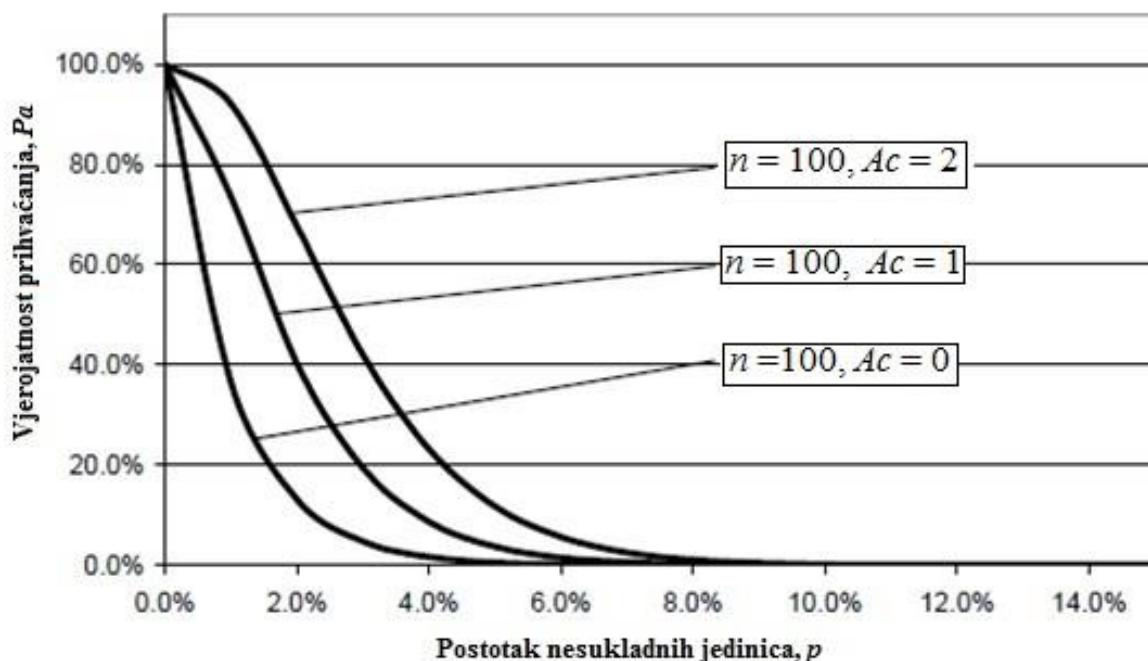
Idealna OC krivulja ne može se ostvariti osim sa 100%-tnom inspekcijom. S uzorkovanjem joj se može približiti, ali se nikada neće moći ostvariti idealni oblik.

Kako se povećava veličina uzorka, uz održavanje broja za prihvatanje proporcionalnim, OC krivulja se približava idealnoj OC krivulji kao što se može vidjeti na slici 9.



Slika 9. Približavanje idealnoj operativnoj krivulji [5]

Ujedno, kako se broj za prihvatanje Ac , povećava za određenu veličinu uzorka n , OC krivulja se približava idealnoj kako i prikazuje slika 10.



Slika 10. Približavanje idealnoj operativnoj krivulji [5]

4.4. AQL – Prihvatljiva razina kvalitete

Kako navodi [6], *AQL* (eng. *Acceptable Quality Level- AQL*) odnosno prihvatljiva razina kvalitete kao zahtjev postao je aktualan za vrijeme Drugog Svjetskog Rata. Prva ga je koristila američka vojska koja je trebala testiranje metaka. Ukoliko bi testirali sve metke, ne bi ostalo metaka za poslati. Ukoliko ne bi testirali nijedan, moglo bi doći do neispravnosti na bojnopolju.

Američka vojska je tokom i nakon Drugog Svjetskog Rata radila na standardizaciji plana uzorkovanja, da bi Američka vlada 1963. godine izdala prvi plan uzorkovanja koji se zvao 'MIL-STD_105D'.

Prihvatljiva razina kvalitete najčešće je korišten i najznačajniji ugovorni zahtjev za kvalitetu. Što on predstavlja? Kada kupac u ugovoru specificira iznos *AQL*-a, isporuka će biti prihvaćena dokle god je postotak nesukladnih jedinica manji od dogovorenog *AQL*-a.

Ukoliko dobavljačev proces proizvodnje proizvede postotak nesukladnih jedinica koji je veći od dogovorenog *AQL*-a, dobavljač nije ispunio zahtjev za kvalitetu te se isporuka odbija.

Najveći nedostatak *AQL*-a je taj što je njegova vrijednost uvijek veća od nule.

Prilikom određivanja *AQL* razine treba biti upoznat s tri parametra:

- Veličina uzorka
- Vrsta uzorkovanja (jednostruki, dvostruki, višestruki planovi prijema)
- Razina *AQL*-a koja je prihvatljiva za određeno tržište.

4.5. *LQ* – Granična kvaliteta

Granična kvaliteta (**eng. Limiting Quality- *LQ***) je razina kvalitete čija se vjerojatnost prihvaćanja ograničava na malu vrijednost prilikom uzorkovanja.

Granična kvaliteta značajno je lošija od prihvatljive razine kvalitete. Ona se definira na razini vjerojatnosti prihvaćanja isporuke od 5% ili 10%.

LQ se koristi samo u slučajevima kontrole prihvaćanja pojedinačnih isporuka. [4]

4.6. Rizik α i β

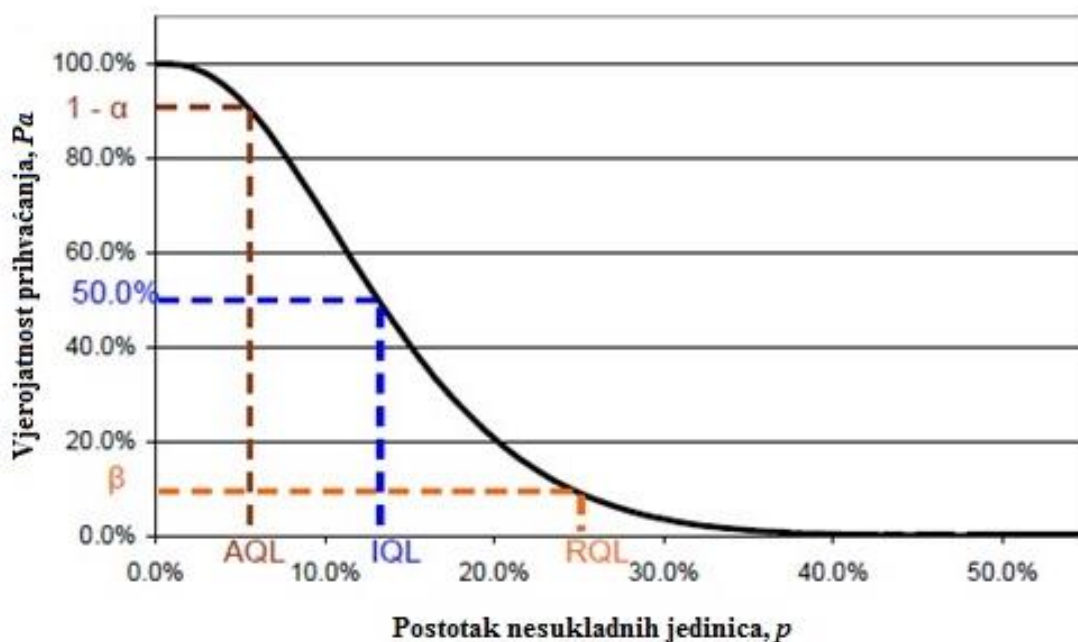
Kao što je prije navedeno, uzorkovanjem se ne može postići idealna OC krivulja i iz tog razloga potrebno je uzeti u obzir i određene rizike.

Prvi rizik je da će potrošač odbiti isporuku koja zadovoljava propisane zahtjeve tj. dobavljaču će dobra isporuka biti odbijena. Potrošač bi mogao odbiti isporuku iako je kvaliteta procesa prihvatljiva ali, zbog nasumičnog odabira uzorka, previše je nesukladnih elemenata u uzorku. Takav rizik se naziva **rizik dobavljača** ili kraće **α rizik**.

Drugi rizik je da će potrošač prihvatiti isporuku koja ne zadovoljava propisane zahtjeve. Potrošač bi mogao prihvatiti isporuku iako je značajno lošije kvalitete od zahtijevane, ali uslijed nasumičnog odabira u uzorku je bilo manje nesukladnih elemenata od dozvoljenog propisanog broja.

Takav rizik se naziva **rizik potrošača** ili kraće **β rizik**.

Kada pronađemo ove točke na OC krivulji, izražene preko vjerojatnosti prihvaćanja, možemo locirati i vrijednost $1-\alpha$ kao što se i vidi na slici 11.



Slika 11. AQL [5]

Ove točke odgovaraju određenim vrijednostima kvalitete uzorka i imaju različite nazive. Točka koja je vezana za $1 - \alpha$ se naziva Acceptable Quality Limit ili AQL. [5]

Slično tome, točka vezana uz β rizik se često naziva neprihvatljiva razina kvalitete (**eng. Rejectable Quality Limit- RQL**). [5]

Također, neki od autora razmatraju kvalitetu procesa gdje uzorci imaju 50 % vjerojatnost prihvaćanja. Takav oblik kvalitete naziva se srednja razina kvalitete (**eng. Indifference Quality Level- IQL**). Ovaj oblik kontrole primjenjuje srednju granicu neispravnosti i pogodna je za kontrolu izlaza isporučitelja, s nizom proizvedenih serija i sa zahtjevom ispravnosti, uz jednake vjerojatnosti prijema i odbijanja. [11]

4.7. Prosječna izlazna kvaliteta - AOQ

Veoma važna karakteristika plana uzorkovanja je vrijednosti maksimalnog postotka škarta na ulaznom skladištu koja se naziva granična vrijednost prosječne izlazne kvalitete (**eng. Average Outgoing Quality Limit- AOQL**). Kada se isporuke uspješnim uzorkovanjem prihvaćaju ili

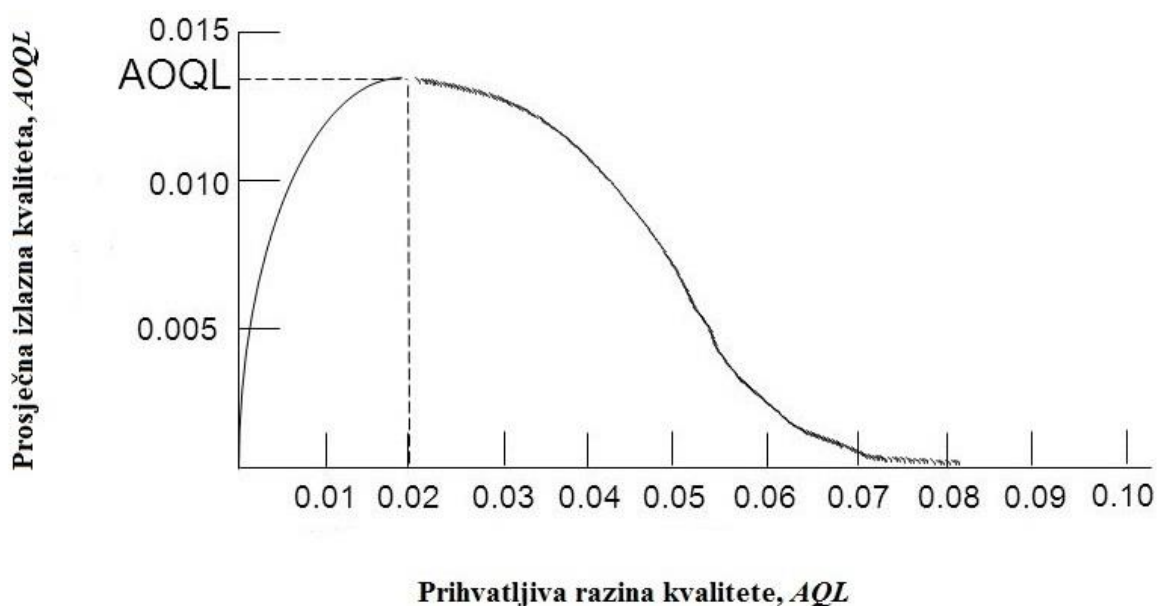
odbijaju, prihvaćene isporuke će imati određen postotak škarta koji je ostao nakon pregleda te nakon izbacivanja nesukladnih elemenata i zamjene s dobrim.

Odbijene isporuke će se cjelovito pregledati i sortirati, a nesukladni elementi će biti zamijenjeni dobrim.

Nakon sortiranja i zamjene nesukladnih elemenata, sve pristigle isporuke sada će imati neku prosječnu izlaznu kvalitetu koja ovisi od ulazne kvalitete i od plana uzorkovanja. Ako je ulazna kvaliteta s postotkom škarta jednaka nuli, tada će i prosječni izlazni nivo škarta biti jednak nuli. S porastom škarta na ulazu, porasti će i prosječni izlazni nivo škarta. [7]

Prosječna izlazna kvaliteta (**eng.** *Average Outgoing Quality- AOQ*) je prosječan postotak škarta na ulaznom skladištu dok je *AOQL* najveći postotak škarta koji može biti na ulaznom skladištu nakon dovoljno velikog broja pristiglih isporuka. Iz tog slijedi da je *AOQL* uvijek veći od *AOQ*-a, što je jasno vidljivo na slici 12.

Često se u ugovorima zahtjev za kvalitetom iskazuje preko *AOQL*-a. [4]



Slika 12. *AOQ* i *AOQL* [5]

5. NORMA HRN ISO 2859-1

Dio norme opisan u daljnjem tekstu specificira planove uzorkovanja i postupke za pregled diskretnih elemenata prema atributima. Kako navodi [8], svrha ove norme je da ekonomskim i psihološkim pritiskom neprihvatanja serija djeluje na dobavljača kako bi održavao prosjek procesa barem na razini specificirane vrijednosti *AQL*-a, dajući istodobno za kupca gornju granicu rizika od povremenog prihvatanja loših serija.

Planovi uzorkovanja opisani u ovom poglavlju mogu se primjenjivati za pregled:

- a) Krajnjih proizvoda
- b) Sastavnica i sirovina
- c) Postupaka
- d) Gradiva u procesu
- e) Zaliha u skladištu
- f) Postupaka održavanja
- g) Podataka ili zapisa
- h) Upravnih postupaka.

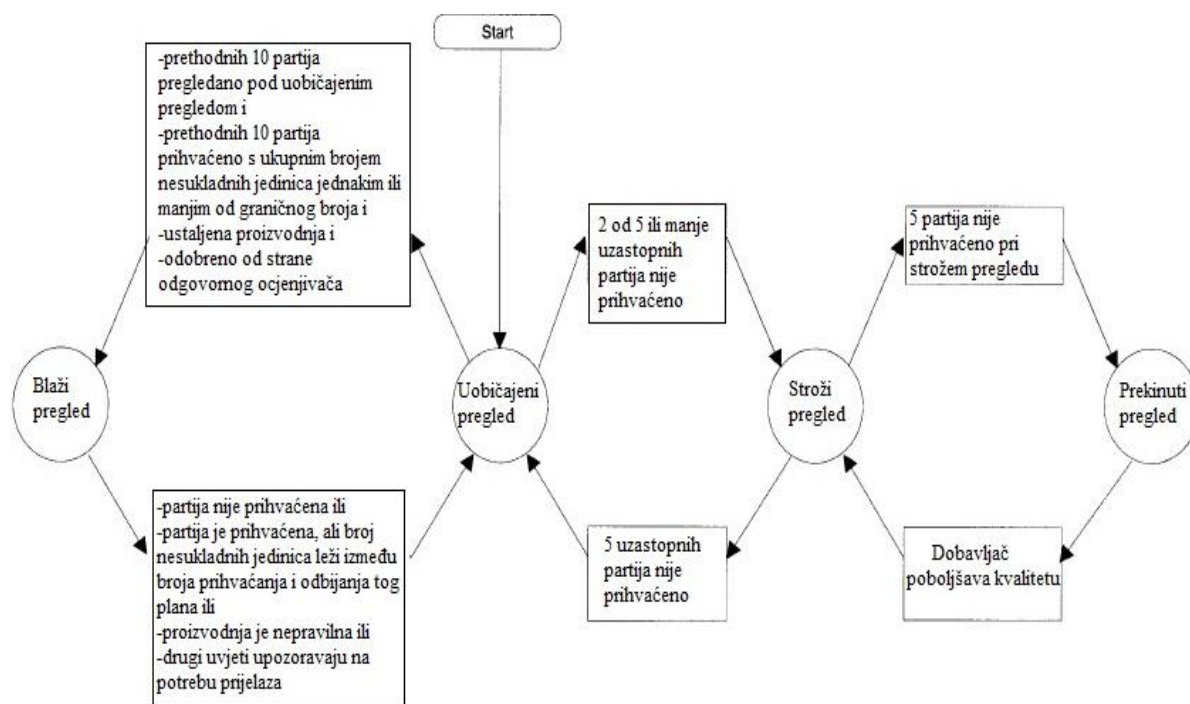
Bitno je napomenuti da se planovi uzorkovanja mogu primjenjivati za pregled gore navedenih stavki, ali da nisu na nj ograničeni.

Planovi se trebaju u prvom redu primjenjivati na neprekinute nizove serija što omogućuje primjenu pravila prijelaza, koji će biti objašnjeni u ovom poglavlju. Prijelazima se postiže automatska zaštita kupca (prijelazom na stroži pregled ili prekidom pregleda) ako bi se otkrilo pogoršanje kvalitete. Time se također daje mogućnost smanjenja troškova pregleda, prijelazom na blaži pregled ako se trajno postiže dobra kvaliteta.

5.1. Normalni, stroži i blaži pregled

Na početku pregleda, ako se odgovorni ocjenjivač nije drukčije odlučio, provodi se normalni pregled. Na idućim serijama nastavlja se bez promjene normalni, stroži ili blaži pregled, s iznimkom tamo gdje postupci za prijelaz zahtijevaju promjenu vrste pregleda. Postupci prijelaza primjenjuju se neovisno za svaki razred nesukladnosti ili nesukladnih jedinica.

Pravila i postupci prijelaza prikazani su na slici 13 i opisani daljnjim tekstem.



Slika 13. Postupci prijelaza pregleda [8]

5.1.1. Prijelaz s normalnog na stroži pregled

Pri normalnom pregledu uvodi se stroži pregled kada se ne prihvate dvije od pet ili manje uzastopnih serija pri početnom pregledu (tj. ne uzimajući pri tom u obzir serije koje se ponovno podnose).

5.1.2. Prijelaz sa strožeg na normalni pregled

Pri strožem pregledu vraća se na normalni pregled ukoliko se pri početnom pregledu pet uzastopnih serija ocijeni prihvatljivom.

5.1.3. Prijelaz s normalnog na blaži pregled

Kada se provodi normalni pregled, uvodi se blaži pregled pod uvjetom da se ispune ovi uvjeti:

- Da je 10 prethodnih serija podnesenih na normalni primljeno pri početnom pregledu
- Da je ukupni broj nesukladnih jedinica u uzorcima iz prethodnih 10 serija jednak ili manji od primjenjivoga graničnog broja. Ako se upotrebljava dvokratno ili višekratno uzorkovanje, trebali bi biti uključeni svi pregledani uzorci, a ne samo 'prvi' uzorci
- Da se proizvodnja odvija ustaljenom brzinom

-
- d) Da odgovorni ocjenjivač smatra poželjnim blaži pregled.

5.1.4. Prijelaz s blažeg na normalni pregled

Kada se provodi blaži pregled, vraća se na normalni pregled, ako se pri početnom pregledu pojavi bilo što od navedenog:

- a) Ako koja serija ne bude primljena ili
- b) Ako se koja serija smatra prihvatljivom prema postupcima za blaži pregled,
- c) Ako proizvodnja postaje nepravilna ili kasni ili
- d) Ako drugi uvjeti nalažu da se vrati na normalni pregled.

5.1.5. Prekid pregleda

Ako ukupni broj serija koje nisu primljene u nizu uzastopnih serija pri početnom strožem pregledu dosegne 5, postupci prihvaćanja prema ovom dijelu norme HRN ISO 2859-1, prekidaju se. Pregled se ne započinje dok proizvođač ne poduzme odgovarajuće radnje da poboljša kvalitetu proizvoda ili usluge koje podnosi na pregled.

5.2. Razina pregleda

Kako navodi [8], ocjenjivač propisuje zahtijevanu razinu kvalitete za svaku posebnu primjenu čime mu se omogućuje da za neke svrhe zahtijeva veće razlikovanje, a za druge manje. Prilikom svake razine pregleda, pravilima se zahtijeva normalni, blaži i stroži pregled kao što je navedeno u prethodnom poglavlju. No, izbor razine pregleda je posve odvojen od tih triju pregleda. U tablici 1 dane su tri razine pregleda (I, II i III) za opću uporabu. Ukoliko nije drugačije navedeno, primjenjuje se razina pregleda II. Kada se zahtijeva manje razlikovanje može se upotrebljavati razina pregleda I, a kad se zahtijeva veće razlikovanje, razina pregleda III. U tablici 1 također su dane još četiri dodatne posebne razine pregleda (S-1, S-2, S-3 i S-4), koje se mogu se upotrebljavati kad su nužne razmjerno male veličine uzoraka, a mogu se ili će se dopustiti ili se dopuštaju veliki rizici uzorkovanja. Ova specijalna razina kontrole primjenjuje se za kontrolu složenih, skupih ili općenito kritičnih rezultata procesa (primjerice, s razaranjem ili uništavanjem). [11]

Tablica I. Razine pregleda [8]

Veličina populacije	Posebne razine pregleda				Opće razine pregleda		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 do 8	A	A	A	A	A	A	B
9 do 15	A	A	A	A	A	B	C
16 do 25	A	A	B	B	B	C	D
26 do 50	A	B	B	C	C	D	E
51 do 90	B	B	C	C	C	E	F
91 do 150	B	B	C	D	D	F	G
151 do 280	B	C	D	E	E	G	H
281 do 500	B	C	D	E	F	H	J
501 do 1200	C	C	E	F	G	J	K
1201 do 3200	C	D	E	G	H	K	L
3201 do 10000	C	D	F	G	J	L	M
10001 do 35000	C	D	F	H	K	M	N
35001 do 150000	D	E	G	J	L	N	P
150001 do 500000	D	E	G	J	M	P	Q
500001 i više	D	E	H	K	N	Q	R

Količina podataka o kvaliteti serije dobivene iz ispitivanih uzoraka uzetih iz te serije ovisi o apsolutnoj veličini uzoraka, a ne o postotnom iznosu veličine uzoraka u odnosu na veličinu serije, pod uvjetom da je serija velika u odnosu na uzorak koji se ispituje. Usprkos tome, postoje tri razloga za promjenu veličine uzoraka s veličinom serije:

- Kad postoji veći rizik, važnije je donijeti ispravnu odluku
- Uz veće serije može se priuštiti veličina uzorka koja bi bila neekonomična za malu seriju
- Istinski slučajni izbor zahtijeva razmjerno više vremena ako je uzorak veoma mali dio serije.

5.3. Dobivanje planova uzorkovanja

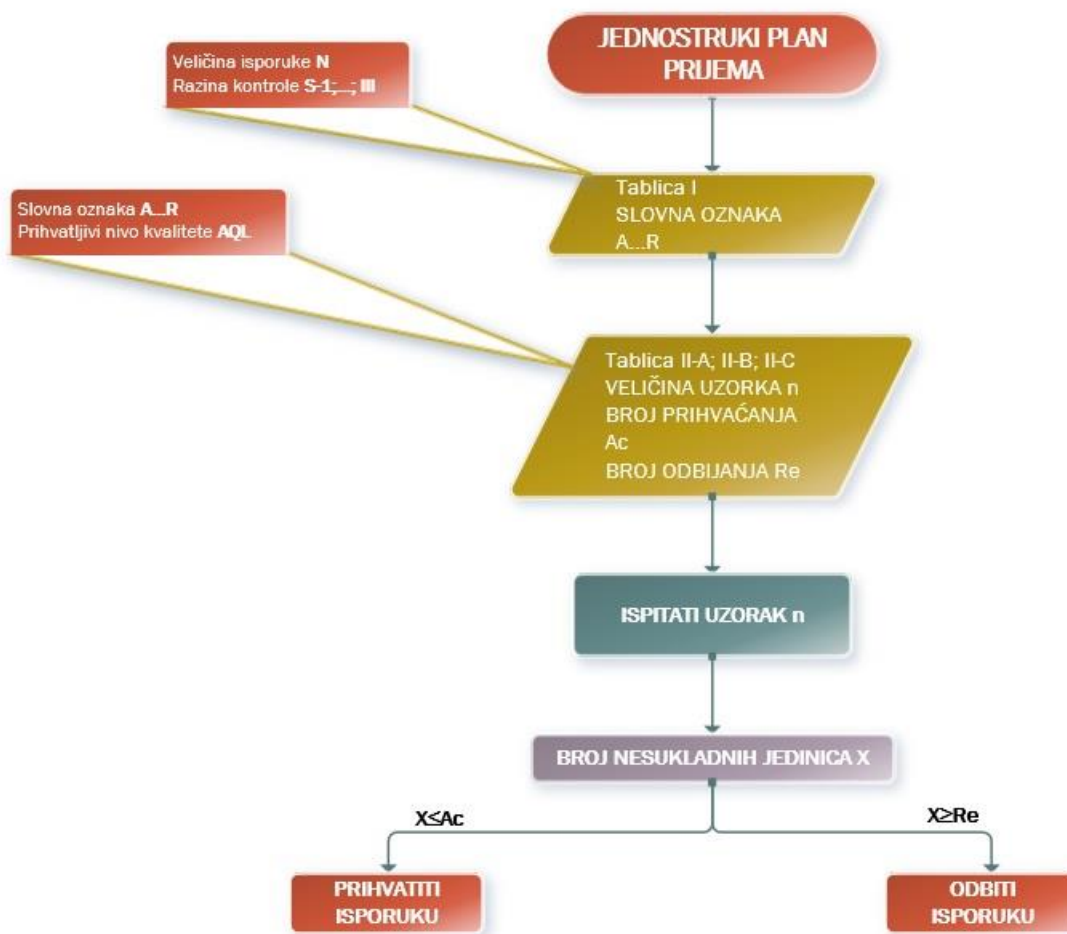
Za dobivanje planova uzorkovanja, [8] navodi da se upotrebljava *AQL* i slovna oznaka veličine uzorka. Kad za danu kombinaciju *AQL*-a i slovne oznake nije dostupan nijedan plan uzorkovanja, tablice usmjeravaju korisnika na drugu slovnu oznaku. Veličina uzorka koju treba primijeniti dana je novom slovnom oznakom veličine uzorka, a ne početnom slovnom oznakom.

5.4. Vrste planova uzorkovanja

Prema [8], postoje tri različite vrste planova uzorkovanja: planovi jednostrukog i dvostrukog uzorkovanja te višekratni planovi uzorkovanja. Odluka o vrsti plana obično se temelji na usporedbi između administrativnih poteškoća i prosječnih veličina uzorka za dostupne planove. Obično su administrativne poteškoće za planove jednokratnog uzorkovanja i cijena po jedinici u uzorku manji nego za planove dvokratnog ili višekratnog uzorkovanja.

5.4.1. Jednostruko uzorkovanje

Jednostruko uzorkovanje (**eng.** *Simple-sampling Plan*) je uzorkovanje kod kojeg se odluka o prihvaćanju ili odbijanju serije bazira na rezultatu ispitivanja jednog nasumično odabranog uzorka. Odvija se na način da se nasumično odabere uzorak veličine n koji se analizira. Ukoliko broj nesukladnih jedinica ne dosegne specificirani broj za prihvaćanje (Ac), isporuka se prihvaća. Nesukladne jedinice se ili vraćaju proizvođaču ili popravljaju. Ukoliko je broj nesukladnih jedinica veći ili jednak specificiranom broju za odbijanje (Re), uzorak se šalje na stopostotnu kontrolu ili se cijela serija odbacuje. Shema jednostrukog uzorkovanja prikazana je na slici 14. [9]

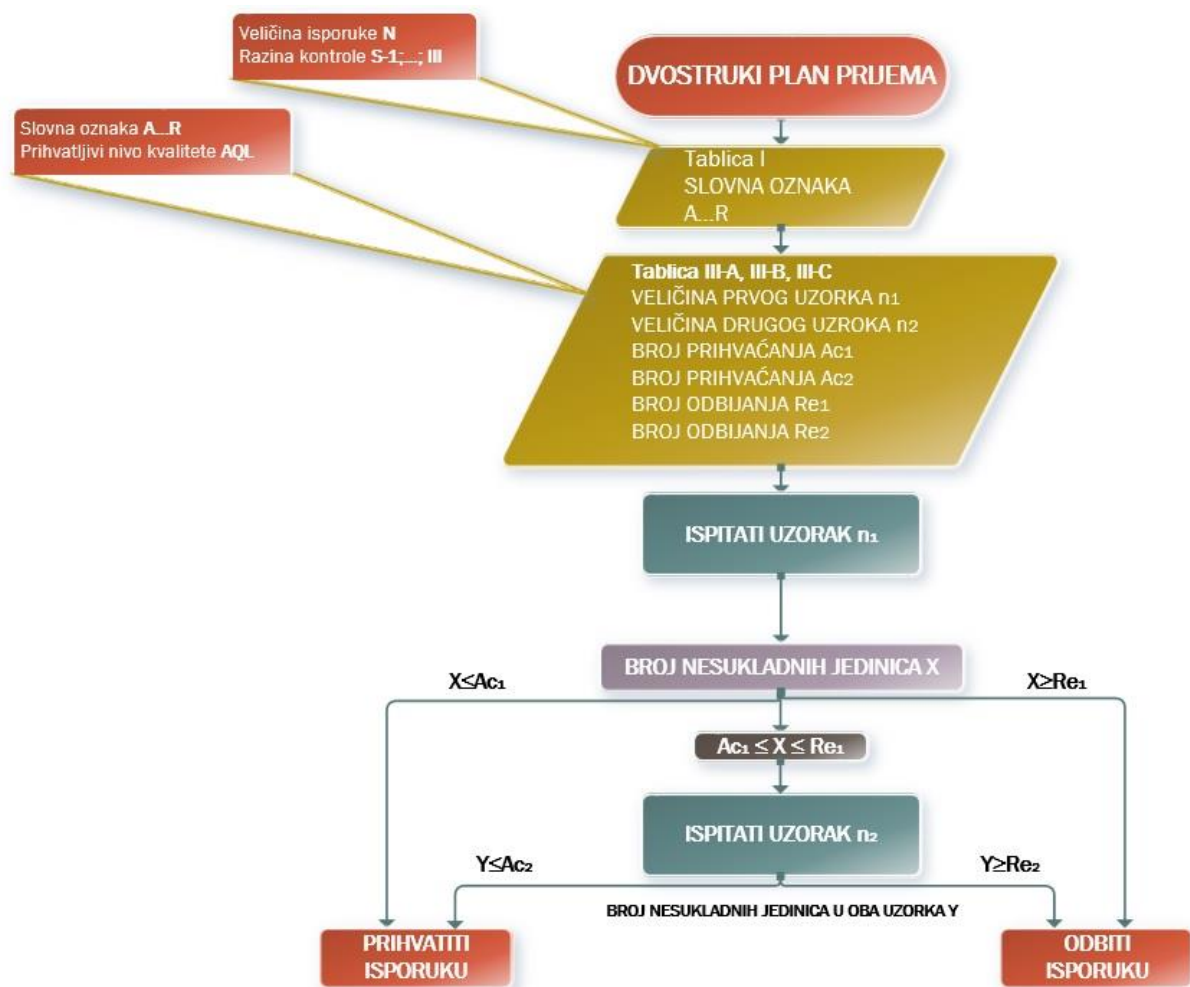


Slika 14. Jednostruko uzorkovanje

5.4.2. Dvostruko uzorkovanje

Prilikom dvostrukog uzorkovanja (**eng.** *Double-sampling Plan*) ugovorom se specificiraju dva uzorka (n_1 i n_2) i dva broja za prihvatanje i odbijanje (Ac_1, Ac_2, Re_1 i Re_2). Prilikom korištenja dvostrukog uzorkovanja, uzima se slučajni uzorak veličine n_1 . Ukoliko je broj nesukladnih jedinica jednak ili manji od Ac_1 , serija se prihvaća, a ukoliko je veći od Re_1 , serija se odbija. Kada je broj nesukladnih jedinica između Ac_1 i Re_1 uzima se drugi slučajni uzorak veličine n_2 . Ukoliko je zbroj nesukladnih jedinica iz ova dva skupa manji ili jednak Ac_2 , uzorak se prihvaća. Kada je zbroj veći ili jednak drugom broju za odbijanje Re_2 , serija se smatra neprihvatljivom. Plan dvostrukog uzorkovanja može značajno smanjiti troškove pregleda u usporedbi s planom za jednostruko uzorkovanje jer se odluka o prihvatanju tj. odbijanju može donijeti već nakon pregleda prvog uzorka. Ako donošenje odluke zahtijeva pregled i drugog uzorka, tada troškovi

moгу biti veći nego kod jednokratnog plana uzorkovanja. Shema dvostrukog uzorkovanja prikazana je na slici 15. [9]

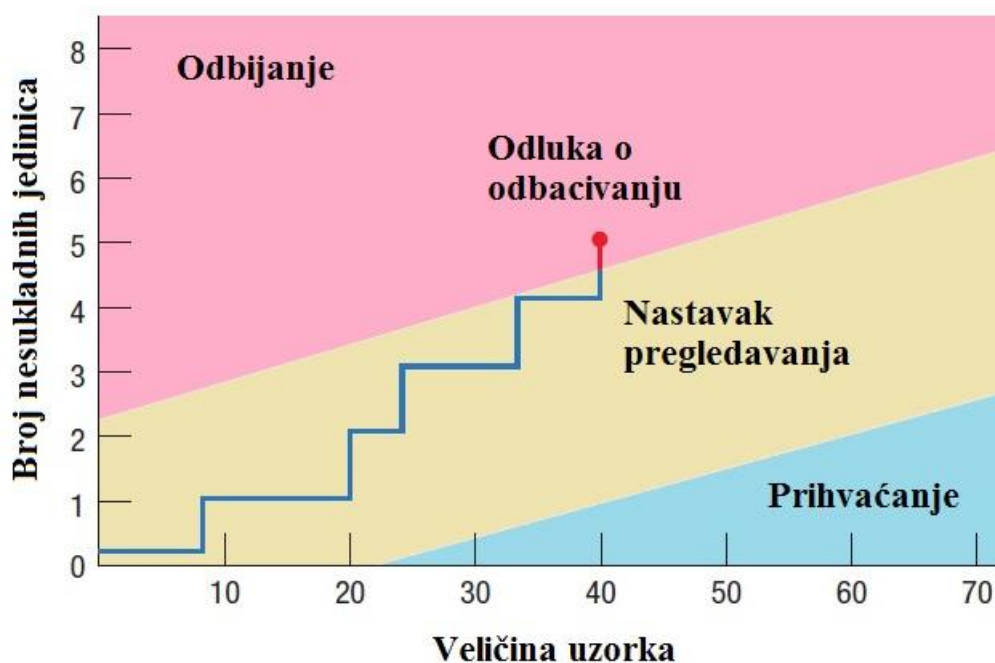


Slika 15. Shema dvostrukog uzorkovanja

5.4.3. Višestruki plan uzorkovanja

Višestruki plan uzorkovanja (**eng.** *Multiple-sampling Plan*) je uglađeniji dvostruki plan uzorkovanja, pri kojem se nasumično odabire serija koja će se pregledavati po principu jedan po jedan. Nakon svakog pregleda, donosi se odluka o odbacivanju tj. prihvaćanju serije ili nastavku pregledavanja. Analizira se ukupni broj nesukladnih jedinica naspram veličine uzorka te ukoliko je broj nesukladnih jedinica manji od broja za prihvaćanje, serija se prihvaća, a ako je veći od broja za odbijanje, serija se odbija. Ukoliko je broj nesukladnih jedinica između broja za prihvaćanje i broja za odbijanje, nastavlja se pregledavanje jedinica. Grafovi koji prikazuju

ovakav postupak se mogu lako konstruirati a jedan takav primjer je dan na slici 16 gdje se serija odbila nakon razmatranja 40 jedinica.



Slika 16. Graf višestrukog plana uzorkovanja

5.5. Prihvaćanje i neprihvaćanje, neispravnost i nesukladnost

Prema [1] i [8] potrebno je poznavati razliku između navedenih pojmova te su oni objašnjeni u idućim poglavljima.

5.5.1. Prihvatljivost serija

Prihvatljivost serije određuje se uporabom plana uzorkovanja ili planova uzorkovanja pridruženih označenom *AQL*-u ili označenim *AQL*-ovima.

Naziv 'neprihvaćanje' upotrebljava se umjesto naziva 'odbijanje' kad se on odnosi na rezultat koji slijedi iz postupka. Takve se serije mogu pročititi, srediti, preraditi, ponovno procijeniti prema specifičnijim kriterijima upotrebljivosti, zadržati radi dodatnih podataka itd.

5.5.2. Neispravnost

Pod neispravnošću smatramo odstupanje od značajke kvalitete čija je posljedica da proizvod, proces ili usluga ne zadovoljavaju zahtjeve za uobičajenu uporabu za koju su normalno namijenjeni.

5.5.3. Nesukladnost

Nesukladnosti se smatra odstupanje od značajke kvalitete čija je posljedica da proizvod, proces ili usluga ne odgovara određenim zahtjevima. Nesukladnosti se općenito razvrstavaju u razrede prema stupnju njihove ozbiljnosti.

Nesukladnost razreda A - One nesukladnosti razmatrane vrste koje imaju najveću važnost za proizvod ili uslugu. Kod prihvaćanja uzorkovanjem, takvim vrstama nesukladnosti dodjeljuju se veoma male vrijednosti *AQL*-a.

Nesukladnost razreda B - One nesukladnosti razmatrane vrste koje imaju idući niži stupanj važnosti. Prema tome, njima se mogu dodijeliti veće vrijednosti *AQL*-a nego nesukladnostima razreda A, a manje nego nesukladnostima razreda C, ako postoji treći razred itd.

5.5.3.1. Nesukladna jedinica

Nesukladna jedinica proizvoda ili usluge koja sadrži barem jednu nesukladnost.

Jedinica razreda A – Jedinica koja sadrži jednu ili više nesukladnosti razreda A, a može također sadržavati nesukladnosti razreda B i/ili razreda C.

Jedinica razreda B – Jedinica koja sadrži jednu ili više nesukladnosti razreda B, a može također sadržavati nesukladnosti razreda C, ali ne sadrži nesukladnosti razreda A.

5.5.3.2. Postotak nesukladnih jedinica

Postotak nesukladnih jedinica u bilo kojoj danoj količini jedinica proizvoda jednak je omjeru broja nesukladnih jedinica i ukupnoga broja jedinica proizvoda pomnoženom sa 100 tj.

$$POSTOTAK \text{ NESUKLADNIH JEDINICA} = \frac{BROJ \text{ NESUKLADNIH JEDINICA}}{UKUPAN \text{ BROJ JEDINICA}} \times 100$$

5.5.3.3. Broj nesukladnosti na sto jedinica

Broj nesukladnosti na sto jedinica bilo koje dane količine jedinica proizvoda jednak je omjeru broja nesukladnosti sadržanih u toj količini jedinica proizvoda i ukupnoga broja jedinica proizvoda pomnoženom sa 100 tj.

$$BROJ\ NESUKLADNOSTI\ NA\ STO\ JEDINICA = \frac{BROJ\ NESUKLADNOSTI}{UKUPAN\ BROJ\ JEDINICA} \times 100$$

6. PRIMJERI JEDNOSTRUKOG I DVOSTRUKOG PLANA UZORKOVANJA

U ovom poglavlju prikazani su primjeri za jednostruki i dvostruki plan uzorkovanja, kao i shema odluke prihvaćanja ili odbijanja za višestruki plan uzorkovanja.

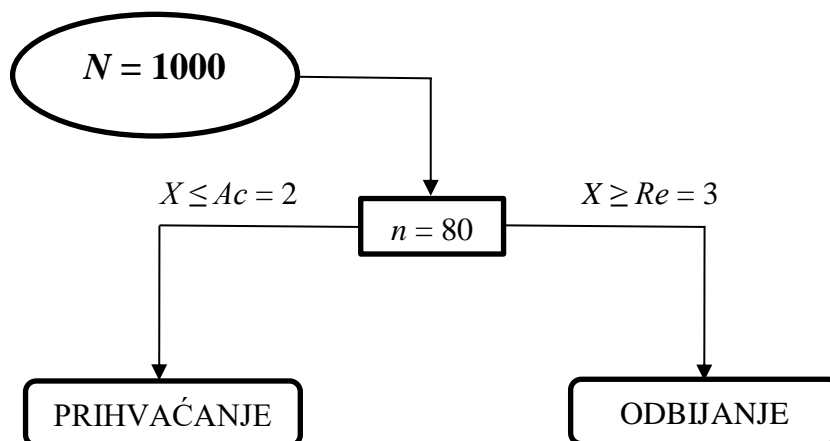
6.1. Primjer jednostrukog plana uzorkovanja

Koristeći jednostruki plan uzorkovanja prikazati će se vjerojatnost prihvaćanja serije od 1000 komada, prihvatljive razine kvalitete (AQL) 1% za sve tri vrste pregleda odnosno normalni, stroži i blaži pregled i II razinu pregleda.

Za $N = 1000$ komada i II razinu pregleda, tablica I navodi na kodno slovo J .

NORMALNI PREGLED

Za kodno slovo J i $AQL = 1\%$ tablica II-A ukazuje da treba uzeti uzorak veličine 80 komada i iznos broja za prihvaćanje $Ac = 2$ i broja za odbijanje $Re = 3$ kako i prikazuje slika 17.



Slika 17. Shema jednostrukog plana uzorkovanja za normalni pregled

Vjerojatnost prihvaćanja serije računa se prema izrazu:

$$Pa = P(X \leq 2) = P(X = 0) + P(X = 1) + P(X = 2)$$

Prema binomnoj razdiobi, vjerojatnosti pojedinačnih elemenata izračunava se prema izrazu:

$$P(x) = \binom{n}{x} p^x \cdot q^{n-x}; q = 1 - p$$

$$P(x) = \frac{n - x + 1}{x} \cdot \frac{p}{q} \cdot P(x - 1)$$

Gdje je P vjerojatnost, a X broj nesukladnih jedinica nađenih u uzorku od 80 komada.

Za $p = AQL = 1\%$ vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$P(X = 0) = 0,99^{80} = 0,4475$$

$$P(X = 1) = \frac{80 - 1 + 1}{1} \cdot \frac{0,01}{0,99} \cdot 0,4475 = 0,3617$$

$$P(X = 2) = \frac{80 - 2 + 1}{1} \cdot \frac{0,01}{0,99} \cdot 0,3617 = 0,1443$$

Iz toga slijedi da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$\begin{aligned} Pa &= P(X = 0) + P(X = 1) + P(X = 2) = 0,4475 + 0,3617 + 0,1443 = 0,9534 \\ &= 95,34\% \end{aligned}$$

A rizik dobavljača tj. α rizik:

$$\alpha = 1 - Pa = 1 - 0,9534 = 0,0466 = 4,66\%$$

Za postotak nesukladnih jedinica, $p = 3\%$

$$P(X = 0) = 0,97^{80} = 0,08744$$

$$P(X = 1) = \frac{80 - 1 + 1}{1} \cdot \frac{0,03}{0,97} \cdot 0,08744 = 0,2164$$

$$P(X = 2) = \frac{80 - 2 + 1}{1} \cdot \frac{0,03}{0,97} \cdot 0,2164 = 0,2632$$

Iz toga slijedi da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$\begin{aligned} Pa &= P(X = 0) + P(X = 1) + P(X = 2) = 0,08744 + 0,2164 + 0,2632 = 0,5681 \\ &= 56,81\% \end{aligned}$$

Za postotak nesukladnih jedinica, $p = 5\%$

$$P(X = 0) = 0,95^{80} = 0,01652$$

$$P(X = 1) = \frac{80 - 1 + 1}{1} \cdot \frac{0,05}{0,95} \cdot 0,01652 = 0,06954$$

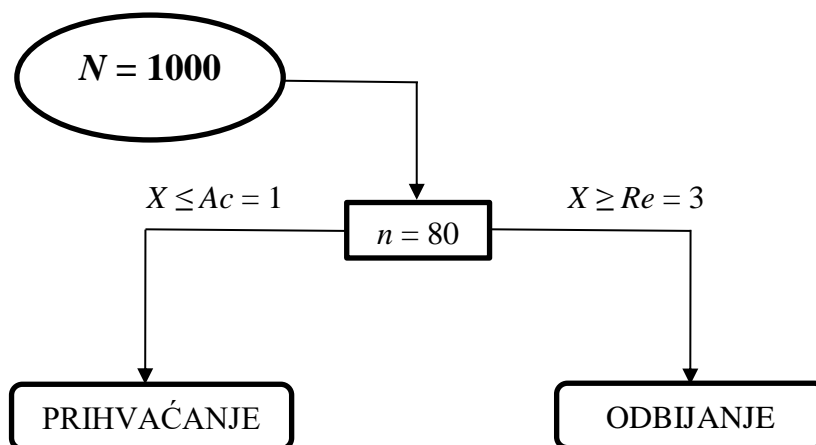
$$P(X = 2) = \frac{80 - 2 + 1}{1} \cdot \frac{0,05}{0,95} \cdot 0,06954 = 0,14457$$

Iz toga slijedi da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$Pa = P(X = 0) + P(X = 1) + P(X = 2) = 0,01652 + 0,06954 + 0,14457 = 0,2306 \\ = 23,06\%$$

STROŽI PREGLED

Za kodno slovo **J** i **AQL = 1%** tablica II-B ukazuje da treba uzeti uzorak veličine 80 komada, dok u ovom slučaju broj za prihvatanje je **Ac = 1**, a broj za odbijanje **Re = 2** kako i prikazuje slika 18.



Slika 18. Shema jednostrukog plana uzorkovanja za stroži pregled

Vjerojatnost prihvatanja serije se računa prema izrazu:

$$Pa = P(X \leq 1) = P(X = 0) + P(X = 1)$$

Prema binomnoj razdiobi, vjerojatnosti pojedinačnih elemenata izračunava se prema izrazu:

$$P(x) = \binom{n}{x} p^x \cdot q^{n-x} ; q = 1 - p$$

$$P(x) = \frac{n - x + 1}{x} \cdot \frac{p}{q} \cdot P(x - 1)$$

Gdje je P vjerojatnost, a X broj nesukladnih jedinica nađenih u uzorku od 80 komada.

Za $p = AQL = 1\%$ vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$P(X = 0) = 0,99^{80} = 0,4475$$

$$P(X = 1) = \frac{80 - 1 + 1}{1} \cdot \frac{0,01}{0,99} \cdot 0,4475 = 0,3617$$

Iz toga slijedi da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$Pa = P(X = 0) + P(X = 1) = 0,4475 + 0,3617 = 0,8092 = 80,92\%$$

A rizik dobavljača tj. α rizik:

$$\alpha = 1 - Pa = 1 - 0,8092 = 0,1908 = 19,08\%$$

Za postotak nesukladnih jedinica, $p = 3\%$

$$P(X = 0) = 0,97^{80} = 0,08744$$

$$P(X = 1) = \frac{80 - 1 + 1}{1} \cdot \frac{0,03}{0,97} \cdot 0,08744 = 0,2164$$

Iz toga slijedi da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$Pa = P(X = 0) + P(X = 1) = 0,08744 + 0,2164 = 0,3038 = 30,38\%$$

Za postotak nesukladnih jedinica, $p = 5\%$

$$P(X = 0) = 0,95^{80} = 0,01652$$

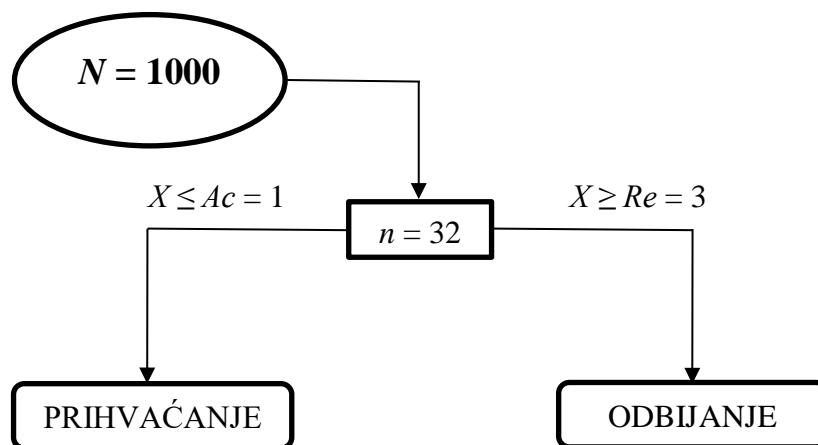
$$P(X = 1) = \frac{80 - 1 + 1}{1} \cdot \frac{0,05}{0,95} \cdot 0,01652 = 0,06954$$

Iz toga slijedi da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$Pa = P(X = 0) + P(X = 1) = 0,01652 + 0,06954 = 0,0861 = 8,61\%$$

BLAŽI PREGLED

Za kodno slovo **J** i **AQL = 1%** tablica II-C ukazuje da treba uzeti uzorak veličine 32 komada, dok u ovom slučaju broj za prihvatanje je **Ac = 1**, a broj za odbijanje **Re = 2** kako i prikazuje slika 19.



Slika 19. Shema jednostrukog plana uzorkovanja za blaži pregled

Vjerojatnost prihvatanja serije se računa prema izrazu:

$$Pa = P(X \leq 1) = P(X = 0) + P(X = 1)$$

Prema binomnoj razdiobi, vjerojatnosti pojedinačnih elemenata izračunava se prema izrazu:

$$P(x) = \binom{n}{x} p^x \cdot q^{n-x} ; q = 1 - p$$

$$P(x) = \frac{n - x + 1}{x} \cdot \frac{p}{q} \cdot P(x - 1)$$

Gdje je P vjerojatnost, a X broj nesukladnih jedinica nađenih u uzorku od 32 komada.

Za $p = AQL = 1\%$ vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$P(X = 0) = 0,99^{32} = 0,7249$$

$$P(X = 1) = \frac{32 - 1 + 1}{1} \cdot \frac{0,01}{0,99} \cdot 0,7249 = 0,2343$$

Iz toga slijedi da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$Pa = P(X = 0) + P(X = 1) = 0,7249 + 0,2343 = 0,9593 = 95,93\%$$

A rizik dobavljača tj. α rizik:

$$\alpha = 1 - Pa = 1 - 0,9593 = 0,1908 = 0,0407\%$$

Za postotak nesukladnih jedinica, $p = 3 \%$

$$P(X = 0) = 0,97^{32} = 0,3773$$

$$P(X = 1) = \frac{32 - 1 + 1}{1} \cdot \frac{0,03}{0,97} \cdot 0,3773 = 0,3734$$

Iz toga sledi da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$Pa = P(X = 0) + P(X = 1) = 0,3773 + 0,3734 = 0,7507 = 75,07\%$$

Za postotak nesukladnih jedinica, $p = 5 \%$

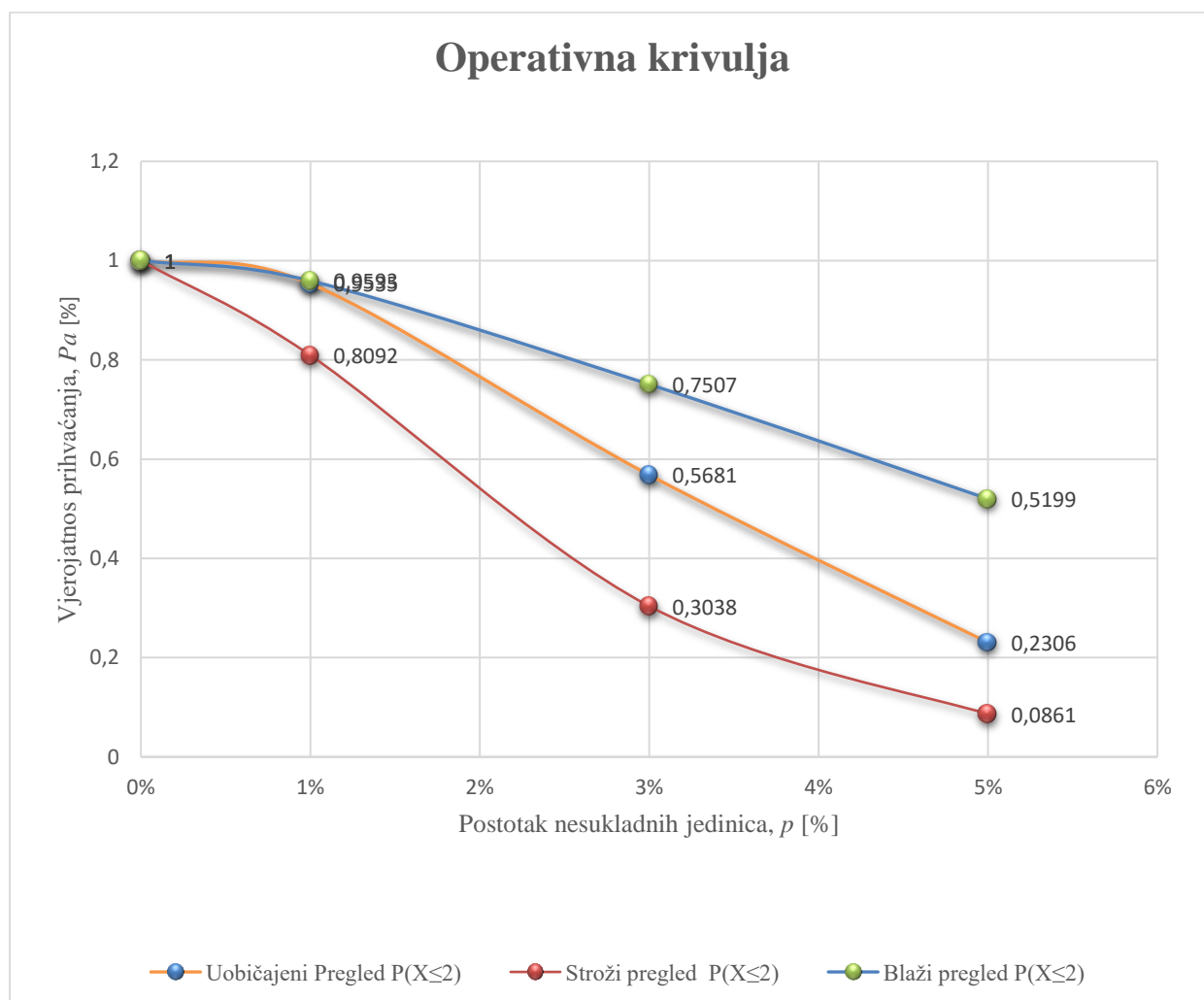
$$P(X = 0) = 0,95^{32} = 0,1937$$

$$P(X = 1) = \frac{32 - 1 + 1}{1} \cdot \frac{0,05}{0,95} \cdot 0,1937 = 0,3263$$

Iz toga sledi da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$Pa = P(X = 0) + P(X = 1) = 0,1937 + 0,3263 = 0,5199 = 51,99\%$$

Na slici 20 prikazana je operativna krivulja za tri različite razine pregleda i njihove pripadajuće vjerojatnosti prihvatanja.



Slika 20. Operativna krivulja za jednostruki plan uzorkovanja

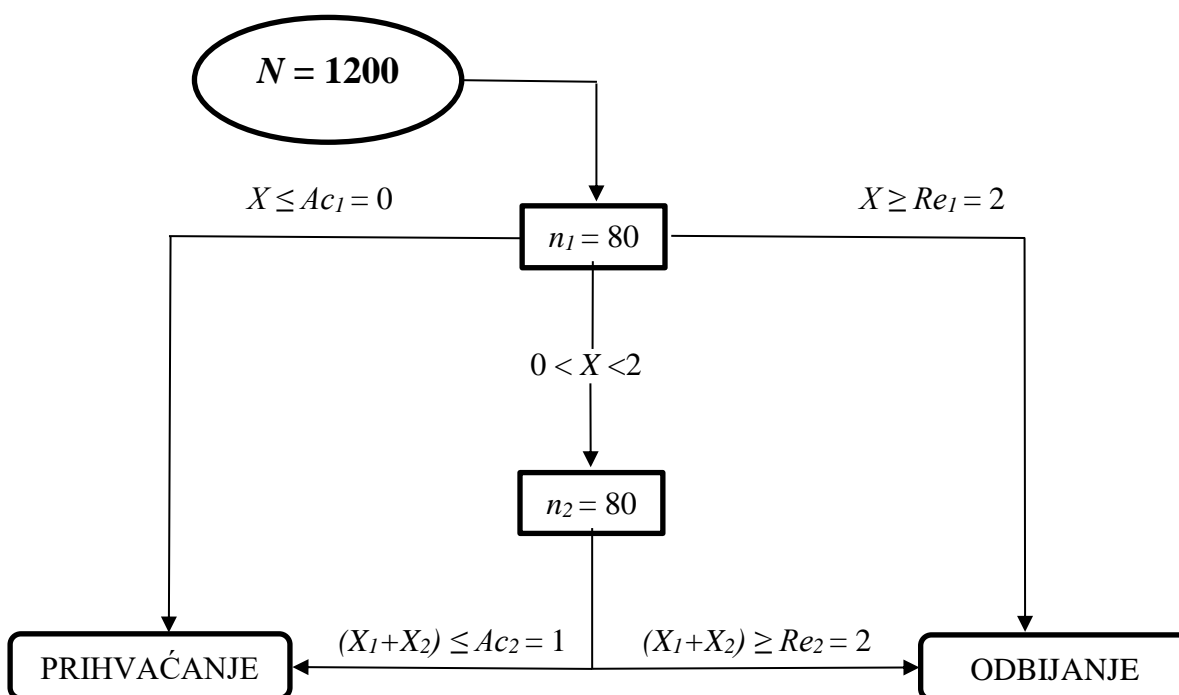
6.2. Primjer dvostrukog plana uzorkovanja

Koristeći dvostruki plan uzorkovanja prikazati će se vjerojatnost prihvatanja serije od 1200 komada, prihvatljive razine kvalitete (AQL) 0,4% za sve tri vrste pregleda odnosno normalni, stroži i blaži pregled i II razinu pregleda.

Za $N = 1200$ komada i II razinu pregleda, tablica I navodi na kodno slovo J .

NORMALNI PREGLED

Za kodno slovo J i $AQL = 0,4\%$ tablica III-A prebacuje na kodno slovo K te je potreban uzorak n_1 i n_2 veličine 80 komada. Budući da su potrebna dva uzorka, potrebna su i dva broja za prihvatanje i dva broja za odbijanje, $Ac_1 = 0$, $Ac_2 = 1$, $Re_1 = 2$ i $Re_2 = 2$. Shema uzorkovanja prikazana je na slici 21.



Slika 21. Shema dvostrukog plana uzorkovanja za normalni pregled

Vjerojatnost prihvatanja cijelog plana se računa prema izrazu:

$$Pa = P(X_1 \leq 1) = P(X_1 = 0) + P(X_1 = 1) \cdot P(X_2 = 0)$$

Prema binomnoj razdiobi, vjerojatnosti pojedinačnih elemenata izračunava se prema izrazu:

$$P(x) = \binom{n}{x} p^x \cdot q^{n-x} ; q = 1 - p$$

$$P(x) = \frac{n - x + 1}{x} \cdot \frac{p}{q} \cdot P(x - 1)$$

Gdje je P vjerojatnost, a X broj nesukladnih jedinica nađenih u uzorku od 80 komada.

Za $p = AQL = 0,4\%$ vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$P(X_1 = 0) = 0,996^{80} = 0,7257$$

$$P(X_1 = 0) = P(X_2 = 0) = 0,7257$$

$$P(X_2 = 1) = \frac{80 - 1 + 1}{1} \cdot \frac{0,004}{0,996} \cdot 0,7257 = 0,2332$$

Iz toga slijedi da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$\begin{aligned} Pa = P(X_1 \leq 1) &= P(X_1 = 0) + P(X_1 = 1) \cdot P(X_2 = 0) = 0,7257 + 0,2332 \cdot 0,7257 \\ &= 0,8949 = 89,49\% \end{aligned}$$

A rizik dobavljača tj. α rizik:

$$\alpha = 1 - Pa = 1 - 0,8949 = 0,1051 = 10,51\%$$

Za postotak nesukladnih jedinica, $p = 1\%$

$$P(X_1 = 0) = 0,99^{80} = 0,4475$$

$$P(X_1 = 0) = P(X_2 = 0) = 0,4475$$

$$P(X_2 = 1) = \frac{80 - 1 + 1}{1} \cdot \frac{0,01}{0,99} \cdot 0,4475 = 0,3617$$

Iz toga slijedi da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$\begin{aligned} Pa = P(X_1 \leq 1) &= P(X_1 = 0) + P(X_1 = 1) \cdot P(X_2 = 0) = 0,4475 + 0,3617 \cdot 0,4475 \\ &= 0,6094 = 60,94\% \end{aligned}$$

Za postotak nesukladnih jedinica, $p = 2\%$

$$P(X_1 = 0) = 0,98^{80} = 0,1987$$

$$P(X_1 = 0) = P(X_2 = 0) = 0,1987$$

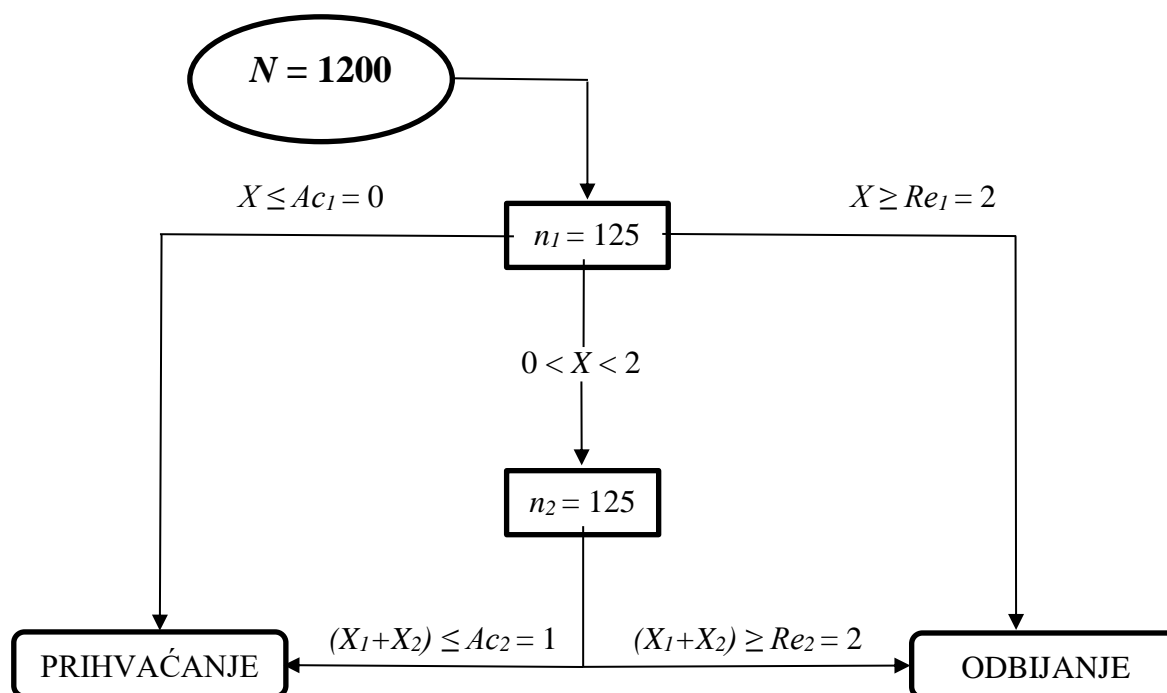
$$P(X_2 = 1) = \frac{80 - 1 + 1}{1} \cdot \frac{0,02}{0,98} \cdot 0,1987 = 0,3243$$

Iz toga slijedi da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$Pa = P(X_1 \leq 1) = P(X_1 = 0) + P(X_1 = 1) \cdot P(X_2 = 0) = 0,1987 + 0,3243 \cdot 0,1987 \\ = 0,2631 = 26,31\%$$

STROŽI PREGLED

Za kodno slovo **J** i **AQL = 0,4%** tablica III-B prebacuje na kodno slovo **L** te je potreban uzorak n_1 i n_2 veličine 125 komada. Budući da su potrebna dva uzorka, potrebna su i dva broja za prihvaćanje i dva broja za odbijanje, **Ac₁ = 0**, **Ac₂ = 1**, **Re₁ = 2** i **Re₂ = 2**. Shema uzorkovanja prikazana je na slici 22.



Slika 22. Shema dvostrukog plana uzorkovanja za stroži pregled

Vjerojatnost prihvaćanja cijelog plana se računa prema izrazu:

$$Pa = P(X_1 \leq 1) = P(X_1 = 0) + P(X_1 = 1) \cdot P(X_2 = 0)$$

Prema binomnoj razdiobi, vjerojatnosti pojedinačnih elemenata izračunava se prema izrazu:

$$P(x) = \binom{n}{x} p^x \cdot q^{n-x} = ; q = 1 - p$$

$$P(x) = \frac{n - x + 1}{x} \cdot \frac{p}{q} \cdot P(x - 1)$$

Gdje je P vjerojatnost, a X broj nesukladnih jedinica nađenih u uzorku od 125 komada.

Za $p = AQL = 0,4\%$ vjerojatnost prihvaćanja iznosi:

$$P(X_1 = 0) = 0,996^{125} = 0,6059$$

$$P(X_1 = 0) = P(X_2 = 0) = 0,6059$$

$$P(X_2 = 1) = \frac{125 - 1 + 1}{1} \cdot \frac{0,004}{0,996} \cdot 0,6059 = 0,3042$$

Iz toga slijedi da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$\begin{aligned} Pa = P(X_1 \leq 1) &= P(X_1 = 0) + P(X_1 = 1) \cdot P(X_2 = 0) = 0,6059 + 0,3042 \cdot 0,6059 \\ &= 0,7902 = 79,02\% \end{aligned}$$

A rizik dobavljača tj. α rizik:

$$\alpha = 1 - Pa = 1 - 0,7902 = 0,2908 = 29,08\%$$

Za postotak nesukladnih jedinica, $p = 1\%$

$$P(X_1 = 0) = 0,99^{125} = 0,2847$$

$$P(X_1 = 0) = P(X_2 = 0) = 0,2847$$

$$P(X_2 = 1) = \frac{125 - 1 + 1}{1} \cdot \frac{0,01}{0,99} \cdot 0,2847 = 0,3595$$

Iz toga slijedi da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$\begin{aligned} Pa = P(X_1 \leq 1) &= P(X_1 = 0) + P(X_1 = 1) \cdot P(X_2 = 0) = 0,2847 + 0,3595 \cdot 0,2847 \\ &= 0,3871 = 38,71\% \end{aligned}$$

Za postotak nesukladnih jedinica, $p = 2\%$

$$P(X_1 = 0) = 0,98^{125} = 0,08003$$

$$P(X_1 = 0) = P(X_2 = 0) = 0,08003$$

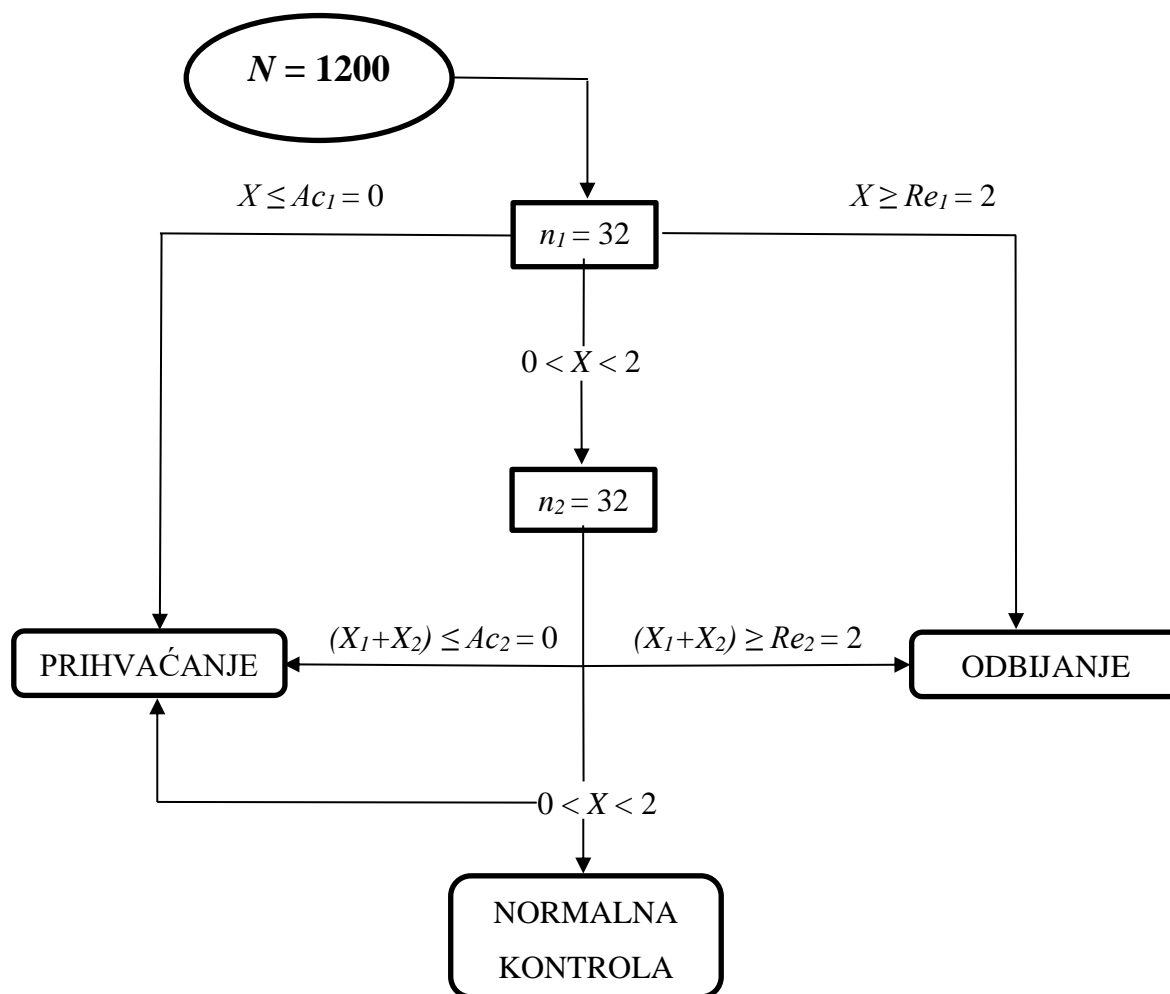
$$P(X_2 = 1) = \frac{125 - 1 + 1}{1} \cdot \frac{0,02}{0,98} \cdot 0,08003 = 0,2042$$

Iz toga slijedi da vjerojatnost prihvatanja iznosi:

$$\begin{aligned} Pa = P(X_1 \leq 1) &= P(X_1 = 0) + P(X_1 = 1) \cdot P(X_2 = 0) = 0,08003 + 0,2042 \cdot 0,08003 \\ &= 0,0964 = 9,64\% \end{aligned}$$

BLAŽI PREGLED

Za kodno slovo **J** i $AQL = 0,4\%$ tablica III-C prebacuje na kodno slovo **K** te je potreban uzorak n_1 i n_2 veličine 32 komada. Budući da su potrebna dva uzorka, potrebna su i dva broja za prihvatanje i dva broja za odbijanje, $Ac_1 = 0$, $Ac_2 = 0$, $Re_1 = 2$ i $Re_2 = 2$. Shema uzorkovanja prikazana je na slici 23.



Slika 23. Shema dvostrukog plana uzorkovanja za blaži pregled

U ovom slučaju će se odmah preći s blaže kontrole na normalnu kontrolu ukoliko se pojavi jedna ili više nesukladnih jedinica, budući da su i Ac_1 i Ac_2 jednaki 0. Da se pojavila jedna nesukladna jedinica, pregledavao bi se i drugi uzorak, ali je $Ac_2 = 0$ te zbroj $X_1 + X_2$ ne smije biti veći od 0. Stoga, ukoliko se pojavi više od jedne nesukladne jedinice u pregledu uzorka n_1 , prebacuje se na normalnu kontrolu. Možemo reći da u ovom primjeru shema na slici 23 ne funkcionira, odnosno nepotrebna je. Unatoč tome, izračunat ćemo vjerojatnost prihvatanja na

temelju prvog uzorka, odnosno vjerojatnost da je broj nesukladnih jedinica u uzorku n_1 jednak nuli.

Vjerojatnost prihvaćanja računa se prema izrazu:

$$Pa = P(X_1 \leq 0) = P(X_1 = 0)$$

Prema binomnoj razdiobi, vjerojatnosti pojedinačnih elemenata izračunava se prema izrazu:

$$P(x) = \binom{n}{x} p^x \cdot q^{n-x} = ; q = 1 - p$$

Gdje je P vjerojatnost, a X broj nesukladnih jedinica nađenih u uzorku od 32 komada.

Za $p = AQL = 0,4\%$ vjerojatnost prihvaćanja iznosi:

$$P(X_1 = 0) = 0,996^{32} = 0,8796$$

$$P(X_1 = 0) = P(X_2 = 0) = 0,8796$$

Iz toga slijedi da vjerojatnost prihvaćanja iznosi:

$$Pa = P(X_1 \leq 0) = P(X_1 = 0) = 0,8796$$

A rizik dobavljača tj. α rizik:

$$\alpha = 1 - Pa = 1 - 0,8796 = 0,1204 = 12,04\%$$

Za postotak nesukladnih jedinica, $p = 1\%$

$$P(X_1 = 0) = 0,99^{32} = 0,7249$$

$$P(X_1 = 0) = P(X_2 = 0) = 0,7249$$

Iz toga slijedi da vjerojatnost prihvaćanja iznosi:

$$Pa = P(X_1 \leq 0) = P(X_1 = 0) = 0,7249$$

Za postotak nesukladnih jedinica, $p = 2\%$

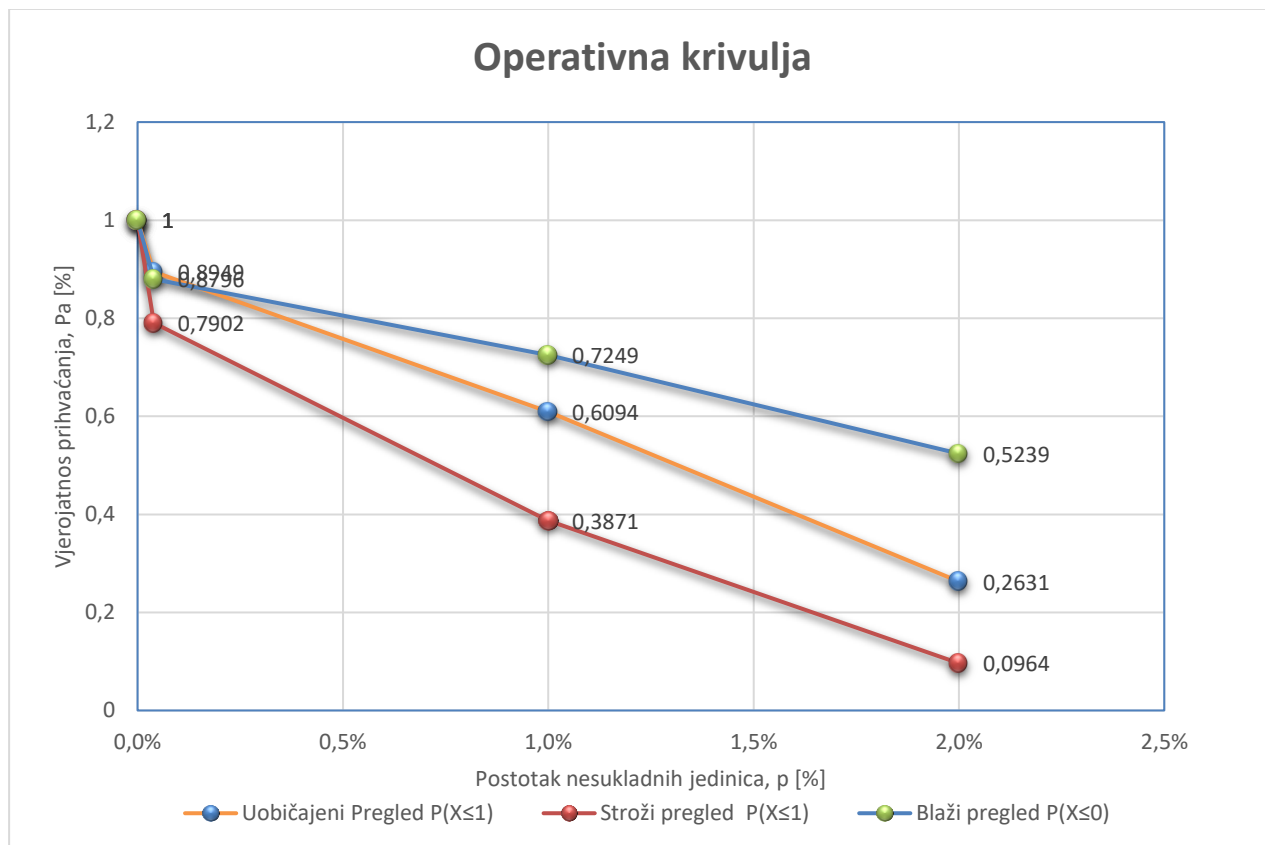
$$P(X_1 = 0) = 0,98^{32} = 0,5239$$

$$P(X_1 = 0) = P(X_2 = 0) = 0,5239$$

Iz toga slijedi da vjerojatnost prihvaćanja iznosi:

$$Pa = P(X_1 \leq 0) = P(X_1 = 0) = 0,5239$$

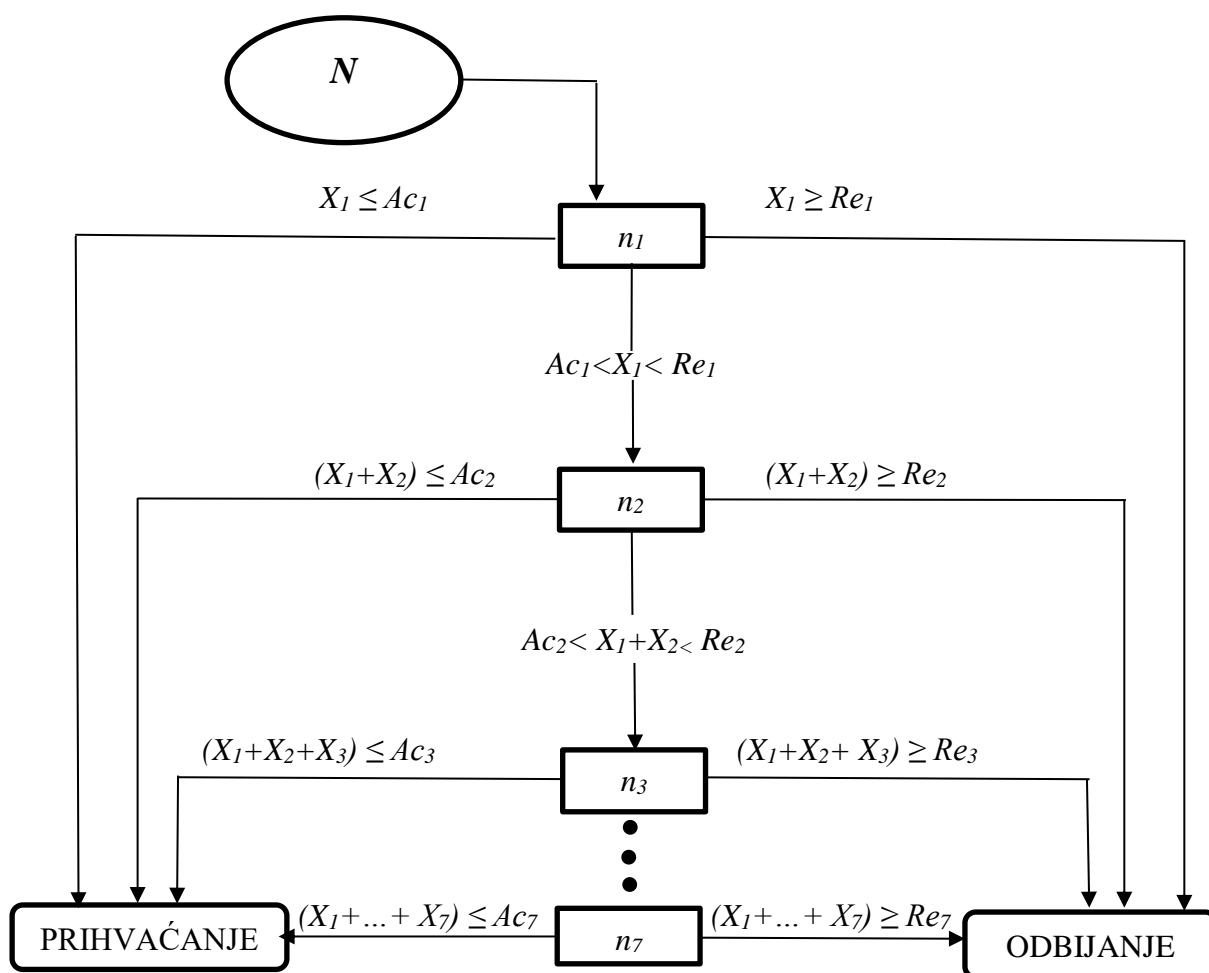
Na slici 24. prikazana je operativna krivulja za tri različite razine pregleda i njihove pripadajuće vjerojatnosti prihvatanja.



Slika 24. Operativna krivulja za dvostruki plan uzorkovanja

6.3. Višestruki plan uzorkovanja

Shematski prikaz višestrukog plana uzorkovanja prikazan je na slici 25. Kao što je i navedeno u petom poglavlju, nakon svakog pregleda donosi se odluka o odbacivanju tj. prihvaćanju serije ili nastavku pregledavanja. Analizira se ukupni broj nesukladnih jedinica naspram veličine uzorka te ukoliko je broj nesukladnih jedinica manji od broja za prihvaćanje, serija se prihvaća, a ako je veći od broja za odbijanje, serija se odbija. Ukoliko je broj nesukladnih jedinica između broja za prihvaćanje i broja za odbijanje, nastavlja se pregledavanje jedinica.



Slika 25. Shema višestrukog uzorkovanja

6.3.1. Izraz za računanje vjerojatnosti prihvatanja

Ukoliko pretpostavimo da je k broj uzoraka koji je potrebno pregledati, iznos za računanje vjerojatnosti prihvatanja k uzorka glasi:

$$Pa = Pa_I + Pa_{II} + Pa_{III} + Pa_{IV} \dots + Pa_k$$

Gdje je:

$$Pa_I = P(X_1 = 0) + P(X_1 = Ac_1)$$

$$Pa_{II} = P(X_1 + X_2 = Ac_1 + 1) \cdot \{P(X_2 = 0) + \dots + [P(X_2 = Ac_2 - (Ac_1 + 1))]\}$$

$$Pa_{III} = P(X_1 + X_2 + X_3 = Ac_2 + 1) \cdot \{P(X_3 = 0) + \dots + [P(X_3 = Ac_3 - (Ac_2 + 1))]\}$$

$$Pa_{IV} = P(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 = Ac_3 + 1) \cdot \{P(X_4 = 0) + \dots + [P(X_4 = Ac_4 - (Ac_3 + 1))]\}$$

Na temelju prethodnih izraza, formula za izračunavanje vjerojatnosti k -tog uzorka jest:

$$Pa_k = P(X_1 + \dots + X_k = Ac_{k-1} + 1) \cdot \{P(X_k = 0) + \dots + [P(X_k = Ac_k - (Ac_{k-1} + 1))]\}$$

6.4. Analiza

Uspoređujući operativne krivulje prikazane na slikama 20 i 24 možemo doći do određenih zaključaka. Kada se promatra uzorkovanje samo prema vrsti planova odnosno jednostruke planove uzorkovanja i dvostruke planove uzorkovanja, iz grafova je vidljivo da je vjerojatnost prihvatanja za sve tri vrste pregleda veća kod jednostrukog plana uzorkovanja. Ukoliko se pregledava samo jedan uzorak veličine n , veća je vjerojatnost prihvatanja nego ukoliko se pregledavaju dva uzorka n_1 i n_2 . To bi posebno došlo do izražaja da su prihvatljive razine kvalitete jednake. U ovom slučaju kod jednostrukog uzorkovanja prihvatljiva razina kvalitete je veća nego kod dvostrukog plana uzorkovanja, no unatoč tome, i dalje su veće vjerojatnosti prihvatanja kod jednostrukog plana uzorkovanja. Ukoliko se koristi dvostruki plan uzorkovanja, troškovi pregleda se mogu smanjiti budući da postoji određena vjerojatnost da će serija biti prihvaćena već nakon pregleda prvog uzorka. Ako se zahtijeva pregled i drugog uzorka tj. ako je broj nesukladnih jedinica između broja za prihvatanje i odbijanja, to znatno povećava troškove pregleda i tada je ovaj plan uzorkovanja skuplji od jednostrukog plana uzorkovanja. Prije nego što se donose odluka o vrsti plana uzorkovanja, menadžment poduzeća treba napraviti analizu troškova i procijeniti isplativost obje vrste planova s obzirom na broj nesukladnih jedinica, i na temelju toga donijeti odluku kojim planom uzorkovanja će se pregledavati jedinice.

Analizirajući pojedinačne grafove, vidljive su očite razlike između vrsta pregleda. Ono što prvo dolazi do izražaja jest veličina uzorka za pojedinu vrstu pregleda. Blaži pregled ima najmanju veličinu uzorka, stroži pregled najveću veličinu uzorka, a veličina uzorka kod normalnog pregleda je između ove dvije veličine. Samo na temelju te činjenice, vjerojatnost prihvatanja kod blažeg pregleda će biti najveća, dok će kod strožeg pregleda ta ista vjerojatnost biti najmanja. Također, iz grafova je vidljivo da kako se povećava postotak nesukladnih jedinica, to je vjerojatnost prihvatanja manja.

7. SIMULACIJA JEDNOSTRUKOG PLANA UZORKOVANJA

Pomoću probne verzije programa Minitab provedena je simulacija jednostrukog plana uzorkovanja normalnom vrstom pregleda, prema primjeru iz poglavlja 6. Analizirana je serija N od 1000 jedinica od kojega se uzео uzorak n od 80 komada u 100 isporuka.

Kao što je navedeno u primjeru, prihvatljiva razina kvalitete AQL iznosi 1%. Kada se uzme u obzir da je veličina isporuke 1000 komada, znači da u cijeloj isporuci ne smije biti više od 10 nesukladnih elemenata.

Na temelju AQL i vrste plana uzorkovanja normalnim pregledom, tablica nas je navela na kodno slovo J za koji treba uzeti veličinu uzorka $n = 80$ te broj za prihvaćanje $Ac = 2$ i broja za odbijanje $Re = 3$. Broj za prihvaćanje Ac koji iznosi 2 znači da u uzorku od 80 jedinica smije biti 0, 1 ili 2 nesukladna elementa. Ukoliko su u uzorku 3 ili više nesukladnih elemenata, isporuku odbacujemo.

Simulacijom su dobiveni sljedeći rezultati:

Tablica II. Broj nesukladnih elemenata u 100 isporuka

Broj isporuke	$X = 0$	$X = 1$	$X = 2$	$X = 3$
1.	•			
2.			•	
3.	•			
4.	•			
5.	•			
6.		•		
7.		•		
8.		•		
9.	•			
10.			•	
11.		•		
12.	•			
13.		•		
14.		•		
15.	•			
16.	•			
17.			•	
18.		•		
19.		•		

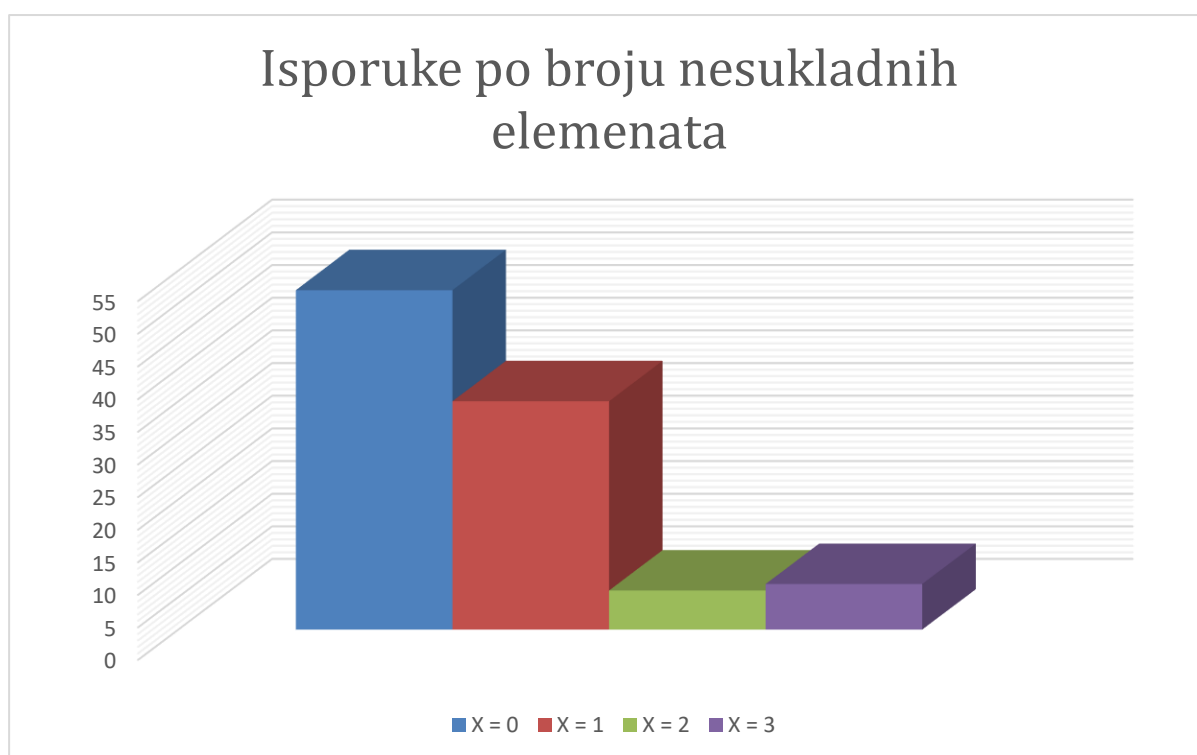
20.	•			
21.	•			
22.	•			
23.	•			
24.	•			
25.	•			
26.		•		
27.	•			
28.		•		
29.			•	
30.	•			
31.	•			
32.	•			
33.	•			
34.		•		
35.		•		
36.		•		
37.		•		
38.	•			
39.		•		
40.		•		
41.	•			
42.	•			
43.	•			
44.	•			
45.				•
46.	•			
47.				•
48.	•			
49.	•			
50.	•			
51.		•		
52.		•		
53.		•		
54.		•		
55.				•
56.				•
57.	•			
58.	•			

59.	•			
60.			•	
61.		•		
62.		•		
63.		•		
64.	•			
65.		•		
66.	•			
67.		•		
68.	•			
69.		•		
70.		•		
71.		•		
72.	•			
73.	•			
74.	•			
75.	•			
76.			•	
77.				•
78.	•			
79.		•		
80.		•		
81.		•		
82.				•
83.	•			
84.		•		
85.		•		
86.	•			
87.	•			
88.		•		
89.	•			
90.		•		
91.	•			
92.				•
93.	•			
94.	•			
95.	•			
96.	•			
97.	•			

98.	•			
99.	•			
100	•			
Σ	52	35	6	7

Prilikom simulacije sedam uzoraka imala se više od 2 nesukladna elementa, odnosno 7 serija je bilo odbijeno dok je 93 serija prihvaćeno.

U 52 uzoraka nađeno je nula nesukladnih elemenata, u 35 uzoraka jedan nesukladan element, u 6 uzorka po dva nesukladna elementa a u 7 tri nesukladna elementa, kao što je i prikazano na slici 26.



Slika 26. Grafički prikaz raspodjele isporuka po broju nesukladnih elemenata

Iz ovog podatka proizlazi da je α rizik odnosno rizik dobavljača 7 % prema izrazu:

$$\alpha = \frac{\text{broj odbijenih isporuka}}{\text{ukupni broj isporuka}} = \frac{7}{100} = 0,07 = 7\%$$

Budući da je $AQL = 1\%$, to znači da je u seriji od 1000 jedinica smije biti maksimalno 10 nesukladnih elemenata. Prilikom simuliranja ovog primjera, zadan je i taj ulazni podatak s kojim se osiguralo da u seriji od 1000 jedinica nema više od 10 nesukladnih elemenata. Ukoliko se promatra samo taj podatak, poznato je da nijedna isporuka ne smije biti odbijena. No, do tog

podatka se može doći samo 100 %-tnom kontrolom. Kako bi se to izbjeglo, provodi se uzorkovanje.

Uzorkovanjem tj. simulacijom uzorkovanja došlo se do podatka da je 7 isporuka potrebno odbiti, budući da je u njima nađeno više od dva nesukladna elementa. Taj podatak uzima u obzir α rizik, koji se prikazuje kao vjerojatnost da kupac odbije isporuku iako je kvaliteta procesa prihvatljiva. U primjeru u poglavlju 6.1. kada se do ovog podatka dolazilo računskim putem, α rizik je iznosio 4,66 %.

Kada se usporede ova dva podatka, može se zaključiti da za dogovoreni *AQL*, dobavljač mora osigurati bolju kvalitetu svojih proizvoda kako mu isporuka ne bi bila odbijena. Planovi uzorkovanja su osmišljeni tako da štite kupca od kupovine loših proizvoda, što ovakav rezultat i potvrđuje.

8. POGREŠKE PRILIKOM UZORKOVANJA

Kako bi se u potpunosti razumjeli i cijenili planovi uzorkovanja, potrebno je razumjeti i znati predvidjeti greške koje se pojavljuju prilikom uzorkovanja. Greška se može definirati kao razlika između prave vrijednosti obilježja populacije i vrijednosti ocijene na temelju promatranja jedinica uzroka. [13]

Pri korištenju uzoraka, neizbježno je uočiti dvije vrste pogrešaka:

- Pogreške uzoraka (**eng.** *Sampling Errors*)
- Pogreške izvan uzoraka (**eng.** *Nonsampling errors*). [14]

8.1. Pogreške uzoraka

Pogreške uzorka nastaju kao rezultat procjenjivanja populacije na temelju malog djela cjeline, pa makar i taj mali dio bio savršena minijatura populacije. Kada bi se izvodila stopostotna kontrola, ne bi došlo do pojave ovakvih grešaka. Pogreške uzorka se mogu kontrolirati i smanjiti, ali ne i u potpunosti iskorijeniti. [10]

8.2. Pogreške izvan uzoraka

Pogreške izvan uzoraka javljaju se neovisno da li se bira uzorak ili cijela populacija. Ovakve greške su sustavne i uzrokovane posebnim razlozima, odnosno uzorcima. Najčešće se pripisuju čovjeku i mogu se smanjiti, ispraviti, izbrisati, a može ih se i spriječiti.

Primjeri ovakvih pogrešaka su:

- Izbor jedinica u uzorak iz populacije koja nije odgovarajuća danoj situaciji
- Neodgovarajuća definicija odstupanja koja se pregledava na uzorku jedinica
- Izbor uzorka koji nije reprezentativan
- Pogreška zbog neodgovarajućeg procjenjivanja
- Neuočavanje pogreške koja se traži i koja prethodno nije dobro definirana. [14]

U nekim situacijama pogreške izvan uzoraka znaju biti utjecajnije od pogrešaka uzoraka, stoga zahtjevaju veću pozornost. Dok se pogreške uzoraka smanjuju kako se povećava uzorak, pogreške izvan uzoraka su sklone povećavati se kako se povećava i veličina uzorka. [10]

ZAKLJUČAK

U današnje konkurentno vrijeme gdje su zahtjevi na tržištu sve veći i konkurencija sve jača, neizbježna je kontrola kvalitete proizvoda kako bi se osigurali kvalitetni proizvodi. Provođenjem planova uzorkovanja po obilježjima upravo se to postiže. Ono zamjenjuje monotoniju i neefikasnost stopostotne kontrole detaljno razrađenim postupcima za pregledavanje i kontrolu proizvoda. Također, lako je i procijeniti troškove koji će proizaći iz pregleda određivanjem veličine uzorka i načina pregleda.

Osnovni zadatak ove metode jest da se na temelju uzorka procijene karakteristike populacije iz koje je izvađen uzorak i da se na osnovu pregleda nekog obilježja donese odluka o prihvaćanju odnosno odbacivanju cjelokupne populacije. Kako bi se to postiglo, uzorak mora biti reprezentativan u odnosu na populaciju.

Iako ovakva metoda ima mnogo prednosti i primjenjiva je u puno slučajeva, ima i nedostataka. Problem koji nastaje prilikom uzorkovanja jest taj da je potrebno pregledati više obilježja kako bi bili sigurni da je proizvod dobar, odnosno kvalitetan i ako ta obilježja imaju različitu prihvatljivu razinu kvalitete. Tada je potrebno istovremeno na istom uzorku pregledavati više obilježja ili ustanoviti vrijednosti koje objedinjuju promatrana obilježja. Takvi pregledi poskupljuju proces uzorkovanja te zahtijevaju više uloženog vremena i truda, ali istovremeno ne osiguravaju jednako kvalitetne rezultate kao kod pregledavanja jednog obilježja.

Izbor vrste plana uzorkovanja i vrste pregleda također utječe na rezultate pregleda i samu odluku o osnovnom skupu. Potrebno je točno definirati stanje u sustavu, od kolike su važnosti karakteristike određenog proizvoda za njihov pregled, financijske mogućnosti te na temelju toga izabrati vrstu plana uzorkovanja kao i vrstu pregleda. Dvostruki plan uzorkovanja ima svoje prednosti budući da uzorku *'dajemo još jednu šansu'* i pri pregledu prvog uzorka već možemo donijeti odluku, no ukoliko je potrebno pregledati i drugi uzorak, tada je ovaj plan skuplji od jednostrukog plana uzorkovanja. Višestruki plan uzorkovanja bi u teoriji trebao biti financijski isplativiji i brži od dvostrukog plana, budući da zahtijevaju manje veličine uzorka, no to nije uvijek tako. Iako oni zahtijevaju manji uzorak, broj uzetih uzoraka i pregleda istih, može biti veliki dok se ne uspije doći do odluke o prihvaćanju ili odbijanju serije. Kod dvostrukih planova uzorkovanja, inicijalno uzimamo veći uzorak n , ali se ograničavamo na maksimalno dva pregleda. U praksi su višestruki planovi uzorkovanja mnogo kompleksniji i zahtijevaju mnogo više uloženog truda i vremena u njihovu provedbu. stoga se češće biraju dvostruki planovi uzorkovanja.

Ekperimentalni dio ovog rada ukazao je na utjecaj prihvatljive razine kvalitete na prihvaćanje tj. odbacivanje isporuke. Iako je prema prihvatljivoj razini kvalitete isporuka bila ispravna, ona je čak sedam puta bila odbijena kao rezultat pregleda planom uzorkovanja. Planovi uzorkovanja pregleda po obilježjima osmišljeni su tako da zaštite kupca odnosno da ne dođe do toga da kupac primi nekvalitetan tj. neispravan proizvod. Zaključak bi bio taj da bi dobavljač trebao osigurati višu kvalitetu od dogovorene, tj. ukoliko je dogovoreni *AQL* npr. 1% kao što je bio u našem slučaju, dobavljač bi trebao osigurati *AQL* manji od dogovorenog kako bi bio siguran da će se sve isporuke prihvatiti.

Zaključno bi se moglo reći da planovi uzorkovanja pregleda po obilježjima imaju svoje prednosti i nedostatke, no prednosti su te koje čine značajan utjecaj i razlog zašto su ovi planovi široko primijenjeni.

LITERATURA

- [1] David Valentino, Bolšec Karlo, Šafarić Marko. Metoda uzorka i norma HRN ISO 2859-1 <http://hrcak.srce.hr/file/191141>, 2014.
- [2] Ibranović, Esmin. Uzorkovanje. <http://www.am.unze.ba/ip/seminarski2014/Uzorkovanje.docx>, 2014.
- [3] Kršev, Ljubo. Osiguranje i upravljanje kvalitetom. <http://hrcak.srce.hr/file/140474>. Datum pristupa: 16.02.2017.
- [4] Runje, Biserka. Predavanja iz kolegija KONTROLA KVALITETE. FSB. 2014
- [5] The OC curve of Attribute Acceptance Plans, Ombu Enterprises, LLC, http://www.ombuenterprises.com/LibraryPDFs/The_OC_Curve_of_Attribute_Acceptance_Plans.pdf, 2009.
- [6] Bheda, Rajesh. What is acceptable quality level? <http://rajeshbheda.com/upload/rbc-article9.pdf>, 2010
- [7] Predavanje iz planova prijema. Fakultet tehničkih nauka. <http://www.dpm.ftn.uns.ac.rs/dokumenti/katedra0155/Merenje%20i%20kvalitet/PLANOVI%20PRIJEMA.pdf>. Datum pristupa: 16.02.2017.
- [8] HRN ISO 2859-1. Postupci uzorkovanja za pregled prema atributima (ISO 2859-1:1989), Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo. 1997.
- [9] Krajewski, Ritzman, Malhotra. Operations Management, Ninth edition, Pearson. 2010.
- [10] Sharma, A. K. Text Book of Sampling and Attributes, Discovery Publishing. 2005.
- [11] Kondić Veljko, Bojanić Branislav, Kondić Živko. Izbor optimalne varijante kontrole kvalitete rezultata procesa. <http://hrcak.srce.hr/file/207517>. 2015.
- [12] A. V. Feifenbaum. Total Quality Control, McGraw- Hill Book Company, Inc.1961.
- [13] Tanasić Boris. Primjena statističkih metoda kod vrednovanja sukladnosti opečnih zidnih elemenata. Diplomski rad. 2016
- [14] Dumičić Ksenija, Cvetković Bojana. Dizajni uzoraka primjenjivi u revizijskim testovima. Znanstveni rad. 2007
- [15] Za statističku analizu korištena je probna verzija programa Minitab

PRILOZI

1. HRN ISO 2859-1 tablice [8]
2. CD-R- disc

PRILOG 1. HRN ISO 2859-1 TABLICE [8]Stranica 16
HRN ISO 2859-1:1996

Tablica 1 – Slovne oznake veličine uzorka (v. 10.1 i 10.2)

Veličina partije	Posebne razine pregleda				Opće razine pregleda		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 do 8	A	A	A	A	A	A	B
9 do 15	A	A	A	A	A	B	C
16 do 25	A	A	B	B	B	C	D
26 do 50	A	B	B	C	C	D	E
51 do 90	B	B	C	C	C	E	F
91 do 150	B	B	C	D	D	F	G
151 do 280	B	C	D	E	E	G	H
281 do 500	B	C	D	E	F	H	J
501 do 1 200	C	C	E	F	G	J	K
1 201 do 3 200	C	D	E	G	H	K	L
3 201 do 10 000	C	D	F	G	J	L	M
10 001 do 35 000	C	D	F	H	K	M	N
35 001 do 150 000	D	E	G	J	L	N	P
150 001 do 500 000	D	E	G	J	M	P	Q
500 001 i više	D	E	H	K	N	Q	R

SLOVNE
OZNAKE

Tablica II-B – Planovi jednokratnog uzorkovanja za stroži pregled (Glavna tablica) (v. 10.3 i 10.4)

Slovena oznaka veličine uzorka	Veličina uzorka	Prijvatljive razine kakvoće (stroži pregled)																									
		0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1 000
A	2	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
B	3	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
C	5	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
D	8	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
E	13	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
F	20	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
G	32	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
H	50	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
I	80	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
J	125	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
K	200	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
L	315	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
M	500	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
N	800	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
P	1 250	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
Q	2 000	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
R	3 150	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
S		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→

↓ = Upotrijebiti prvi plan uzorkovanja ispod strelice. Ako je veličina uzorka jednaka ili veća od veličine partije provesti stopostotni pregled.
 ↑ = Upotrijebiti prvi plan uzorkovanja iznad strelice.
 Ac = Broj prihvaćanja
 Re = Broj odbijanja

**JEDNOKRATNO UZORKOVANJE
STROŽI PREGLED**

Tablica II-C – Plano, jednokratnog uzorkovanja za blaži pregled (Glav. tablica) (v. 10.3 i 10.4)

Slovena ozna- ka veličine uzorka	Veličina uzorka	Prihvatljive razine kakvoće (blaži pregled) †																											
		0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1 000		
		Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
A	2	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
B	2	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
C	2	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
D	3	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
E	5	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
F	8	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
G	13	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
H	20	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
J	32	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
K	50	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
L	80	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
M	125	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
N	200	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
P	315	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
Q	500	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
R	800	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→

→ = Upotrijebiti prvi plan uzorkovanja ispod strelice. Ako je veličina uzorka jednaka ili veća od veličine partije provesti stopostotni pregled.
 ← = Upotrijebiti prvi plan uzorkovanja iznad strelice.
 Ac = Broj prihvaćanja
 Re = Broj odbijanja
 † = Ako je prekoračen broj prihvaćanja, a broj odbijanja nije dosegnut, prihvatiti partiju i prijeći na uobičajeni pregled (v. 11.1.4).

**JEDNOKRATNO UZORKOVANJE
BLAŽI PREGLED**

