

Izračun performansi slijetanja aviona na aerodrom s dvije uzletno-sletne staze

Kinčić, Karlo

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:291790>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-18**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Karlo Kinčić

**IZRAČUN PERFORMANSI SLIJETANJA AVIONA NA
AERODROM S DVIJE UZLETNO - SLETNE STAZE**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2021.

Zagreb, 3. travnja 2020.

Zavod: **Zavod za aeronautiku**
Predmet: **Planiranje letenja i performanse I**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 5647

Pristupnik: **Karlo Kinčić (0135240650)**
Studij: **Aeronautika**
Smjer: **Pilot**
Usmjerenje: **Civilni pilot**

Zadatak: **Izračun performansi slijetanja aviona na aerodrom s dvije uzletno-sletne staze**


Opis zadatka:

Objasniti slijetanje aviona. Navesti značajne veličine i čimbenike, objasniti njihovu međuzavisnost i učinak na slijetanje. Navesti zahtjeve regulative s obzirom na slijetanje aviona. Ukratko opisati avion Airbus A320 i navesti njegove karakteristike.

Odabrati jedan europski aerodrom s dvije ukrštene uzletno-sletne staze. Objasniti postupak određivanja maksimalne dopuštene mase za slijetanje u situacijama bez vjetra i s različitim komponentama vjetra. Napraviti proračune slijetanja aviona Airbus A320 na odabrani aerodrom.

Rezultate prikazati tablično i grafički. Izvesti zaključke.

Mentor:



mr. sc. Davor Franjković, v. pred.

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

**IZRAČUN PERFORMANSI SLIJETANJA AVIONA NA
AERODROM S DVIJE UZLETNO - SLETNE STAZE
CALCULATION OF LANDING PERFORMANCE AT AN AIRPORT
WITH TWO RUNWAYS**

Mentor: mr. sc. Davor Franjković

Student: Karlo Kinčić
JMBAG: 0135240650

Zagreb, ožujak 2021.

Sažetak

U ovom radu prikazane su vrijednosti mase za slijetanje, duljine slijetanja, faktorizirane duljine slijetanja za zrakoplov Airbus A320 na aerodrom Caen i utjecaj vjetra na te vrijednosti te su prikazane vrijednosti vjetra pri kojima zrakoplov može sletjeti. Na početku rada opisano je slijetanje zrakoplova i navedene su zakonske regulative kojih se pilot treba pridržavati pri slijetanju. U nastavku rada opisan je zrakoplov Airbus A320 i aerodrom Caen te su navedeni programi u kojima su izvršena mjerenja podataka za slijetanje. Rezultati koji su dobiveni iz mjerenja su prikazani tablično i grafički te su na kraju rada navedeni zaključci koji se temelje na dobivenim rezultatima za slijetanje.

Ključne riječi

Airbus A320, aerodrom Caen, Flight smart, Faktorizirana duljina slijetanja, uzdužna komponenta vjetra

Summary

This paper presents the values of landing mass, landing distance, factorized landing distance for Airbus A320 at Caen Airport and the influence of wind on these values. Also the wind values at which the aircraft can land are shown. At the beginning of the work, the landing of the aircraft is described and the legal regulations that the pilot should adhere to when landing are listed. In the continuation of the work, the Airbus A320 aircraft and Caen airport are described, and the programs in which the landing data measurements were performed are listed. The results obtained from the measurements are presented in tables and graphs, conclusions are given at the end of the paper, and they are based on the landing results obtained.

Keywords

Airbus A320, airport Caen, Flight smart, Factorized landing distance, Longitudinal component of wind

Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Slijetanje zrakoplova.....	2
3. Sile otpora u slijetanju	5
3.1. Aerodinamički, inducirani i parazitni otpor.....	5
3.2. Otpor na kotačima.....	8
3.3. Negativni potisak na motorima.....	9
4. Utjecaj promjenjivih faktora na slijetanje	10
4.1. Masa zrakoplova	10
4.2. Gustoća zraka	10
4.3. Vjetar.....	10
4.4. Pozicija zakrilaca.....	11
4.5. Nagib uzletno - sletne staze	12
4.6. Površina uzletno - sletne staze	12
5. Zahtjevi i regulative pri slijetanju.....	14
5.1. Potrebna duljina za slijetanje (<i>RLD - Required Landing Distance</i>)	15
5.2. Odabir piste za slijetanje.....	17
5.3. Prekinuto slijetanje.....	17
6. Airbus A320 - 200	18
6.1. Ograničenja pri slijetanju	19
6.2. Brzine u slijetanju	21
6.2.1. Lowest Selectable Speed (<i>VLS</i>).....	21
6.2.2. Reference Speed (<i>V_{ref}</i>).....	21
6.2.3. Final Approach Speed (<i>VAPP</i>).....	21
6.3. Duljina slijetanja (<i>LD - Landing Distance</i>)	22
6.4. Faktorizirana Duljina Slijetanja (<i>FLD - Factored Landing Distance</i>)	23
7. Aerodrom Caen	24
8. Izračun performansi za slijetanje	26
8.1. Staza 05	32
8.1.1. Konstrukcijska ograničenja zrakoplova na slijetanju zbog vjetra - staza 05	32

8.1.2. Utjecaj vjetra na maksimalnu masu za slijetanje i na duljine slijetanja - staza 05	36
8.2. Staza 23	40
8.2.1. Konstrukcijska ograničenja zrakoplova na slijetanju zbog vjetra - staza 23	40
8.2.2. Utjecaj vjetra na maksimalnu masu za slijetanje i na duljine slijetanja - staza 23	44
8.3. Staza 13	48
8.3.1. Konstrukcijska ograničenja zrakoplova na slijetanju zbog vjetra staza 13.....	48
8.3.2. Utjecaj vjetra na maksimalnu masu za slijetanje i duljine slijetanja - staza 13.....	52
8.4. Staza 31	56
8.4.1. Konstrukcijska ograničenja zrakoplova na slijetanju zbog vjetra -staza 31	56
8.4.2. Utjecaj vjetra na maksimalnu masu za slijetanje i duljine slijetanja - staza 31	60
9. Zaključak	64
LITERATURA.....	65
DODATCI.....	67
Popis slika:.....	67
Popis tablica:.....	68
Popis grafova:	69
PRILOZI	70
Prilog 1. Stanje piste <i>GOOD</i> i <i>GOOD TO MEDIUM</i> , vjetar = 11 kt.....	70
Prilog 2. Stanje piste <i>GOOD</i> i <i>GOOD TO MEDIUM</i> , vjetar = 12 kt.....	70
Prilog 3. Stanje piste <i>GOOD</i> i <i>GOOD TO MEDIUM</i> , vjetar = 13 kt.....	71
Prilog 4. Stanje piste <i>GOOD</i> i <i>GOOD TO MEDIUM</i> , vjetar = 14 kt.....	71
Prilog 5. Stanje piste <i>GOOD</i> i <i>GOOD TO MEDIUM</i> , vjetar = 15 kt.....	72
Prilog 6. Stanje piste <i>GOOD</i> i <i>GOOD TO MEDIUM</i> , vjetar = 16 kt.....	72
Prilog 7. Stanje piste <i>GOOD</i> i <i>GOOD TO MEDIUM</i> , vjetar = 17 kt.....	73
Prilog 8. Stanje piste <i>GOOD</i> i <i>GOOD TO MEDIUM</i> , vjetar = 18 kt.....	73
Prilog 9. Stanje piste <i>GOOD</i> i <i>GOOD TO MEDIUM</i> , vjetar = 19 kt.....	74
Prilog 10. Stanje piste <i>GOOD</i> i <i>GOOD TO MEDIUM</i> , vjetar = 20 kt.....	74
Prilog 11. Stanje piste <i>GOOD</i> i <i>GOOD TO MEDIUM</i> , vjetar = 21 kt.....	75
Prilog 12. Stanje piste <i>GOOD</i> i <i>GOOD TO MEDIUM</i> , vjetar = 22 kt.....	75
Prilog 13. Stanje piste <i>GOOD</i> i <i>GOOD TO MEDIUM</i> , vjetar = 23 kt.....	76

Prilog 14. Stanje piste <i>GOOD</i> i <i>GOOD TO MEDIUM</i> , vjetar = 24 kt.....	76
Prilog 15. Stanje piste <i>GOOD</i> i <i>GOOD TO MEDIUM</i> , vjetar = 25 kt.....	77
Prilog 16. Stanje piste <i>GOOD</i> i <i>GOOD TO MEDIUM</i> , vjetar = 26 kt.....	77
Prilog 17. Stanje piste <i>MEDIUM</i> , vjetar = 11 kt.....	78
Prilog 18. Stanje piste <i>MEDIUM</i> , vjetar = 12 kt.....	78
Prilog 19. Stanje piste <i>MEDIUM</i> , vjetar = 13 kt.....	79
Prilog 20. Stanje piste <i>MEDIUM</i> , vjetar = 14 kt.....	79
Prilog 21. Stanje piste <i>MEDIUM</i> , vjetar = 15 kt.....	80
Prilog 22. Stanje piste <i>MEDIUM</i> , vjetar = 16 kt.....	80
Prilog 23. Stanje piste <i>MEDIUM</i> , vjetar = 17 kt.....	81
Prilog 24. Stanje piste <i>MEDIUM</i> , vjetar = 18 kt.....	81
Prilog 25. Stanje piste <i>MEDIUM</i> , vjetar = 19 kt.....	82
Prilog 26. Stanje piste <i>MEDIUM</i> , vjetar = 20 kt.....	82
Prilog 27. Stanje piste <i>MEDIUM</i> , vjetar = 21 kt.....	83
Prilog 28. Stanje piste <i>MEDIUM</i> , vjetar = 22 kt.....	83
Prilog 29. Stanje piste <i>MEDIUM</i> , vjetar = 23 kt.....	84
Prilog 30. Stanje piste <i>MEDIUM</i> , vjetar = 24 kt.....	84
Prilog 31. Stanje piste <i>MEDIUM</i> , vjetar = 25 kt.....	85
Prilog 32. Stanje piste <i>MEDIUM</i> , vjetar = 26 kt.....	85
Prilog 33. Stanje piste <i>MEDIUM TO POOR</i> , vjetar = 11 kt	86
Prilog 34. Stanje piste <i>MEDIUM TO POOR</i> , vjetar = 12 kt	86
Prilog 35. Stanje piste <i>MEDIUM TO POOR</i> , vjetar = 13 kt	87
Prilog 36. Stanje piste <i>MEDIUM TO POOR</i> , vjetar = 14 kt	87
Prilog 37. Stanje piste <i>MEDIUM TO POOR</i> , vjetar = 15 kt	88
Prilog 38. Stanje piste <i>MEDIUM TO POOR</i> , vjetar = 16 kt	88
Prilog 39. Stanje piste <i>MEDIUM TO POOR</i> , vjetar = 17 kt	89
Prilog 40. Stanje piste <i>MEDIUM TO POOR</i> , vjetar = 18 kt	89
Prilog 41. Stanje piste <i>MEDIUM TO POOR</i> , vjetar = 19 kt	90
Prilog 42. Stanje piste <i>MEDIUM TO POOR</i> , vjetar = 20 kt	90
Prilog 43. Stanje piste <i>MEDIUM TO POOR</i> , vjetar = 21 kt	91

Prilog 44. Stanje piste <i>MEDIUM TO POOR</i> , vjetar = 22 kt	91
Prilog 45. Stanje piste <i>MEDIUM TO POOR</i> , vjetar = 23 kt	92
Prilog 46. Stanje piste <i>MEDIUM TO POOR</i> , vjetar = 24 kt	92
Prilog 47. Stanje piste <i>MEDIUM TO POOR</i> , vjetar = 25 kt	93
Prilog 48. Stanje piste <i>MEDIUM TO POOR</i> , vjetar = 26 kt	93
Prilog 49. Stanje piste <i>POOR</i> , vjetar = 11 kt	94
Prilog 50. Stanje piste <i>POOR</i> , vjetar = 12 kt	94
Prilog 51. Stanje piste <i>POOR</i> , vjetar = 13 kt	95
Prilog 52. Stanje piste <i>POOR</i> , vjetar = 14 kt	95
Prilog 53. Stanje piste <i>POOR</i> , vjetar = 15 kt	96
Prilog 54. Stanje piste <i>POOR</i> , vjetar = 16 kt	96
Prilog 55. Stanje piste <i>POOR</i> , vjetar = 17 kt	97
Prilog 56. Stanje piste <i>POOR</i> , vjetar = 18 kt	97
Prilog 57. Stanje piste <i>POOR</i> , vjetar = 19 kt	98
Prilog 58. Stanje piste <i>POOR</i> , vjetar = 20 kt	98
Prilog 59. Stanje piste <i>POOR</i> , vjetar = 21 kt	99
Prilog 60. Stanje piste <i>POOR</i> , vjetar = 22 kt	99
Prilog 61. Stanje piste <i>POOR</i> , vjetar = 23 kt	100
Prilog 62. Stanje piste <i>POOR</i> , vjetar = 24 kt	100
Prilog 63. Stanje piste <i>POOR</i> , vjetar = 25 kt	101
Prilog 64. Stanje piste <i>POOR</i> , vjetar = 26 kt	101

1. Uvod

Cilj ovog završnog rada je napraviti proračune slijetanja aviona Airbus A320 na aerodromu Caen. Proračuni su napravljeni za maksimalne mase za slijetanje i utjecaj vjetra na njih te utjecaj vjetra na udaljenosti za slijetanje za najmanju masu zrakoplova.

Završni rad podijeljen je u 9 poglavlja.

U prvom poglavlju predstavljen je uvod, u kojem je ukratko opisan sadržaj završnog rada.

U drugom poglavlju predstavljeno je slijetanje zrakoplova u uvjetima zaleđivanja i uvjetima bez zaleđivanja i opisana je stvarna duljina slijetanja zrakoplova.

U trećem poglavlju opisane su sile otpora koje djeluju na slijetanje i njihovi međusobni odnosi u slijetanju.

U četvrtom poglavlju opisani su promjenjivi faktori koji imaju utjecaj na slijetanje, a to su: masa zrakoplova, gustoća zraka, vjetar, pozicija zakrilaca, nagib uzletno - sletne staze i stanje površine uzletno - sletne staze.

U petom poglavlju opisane su zakonske regulative za slijetanje koje određuju potrebnu duljinu zrakoplova za slijetanje, koju pistu se može odabrati za slijetanje te koje uvjete zrakoplov treba zadovoljiti prilikom prekinutog slijetanja.

U šestom poglavlju opisan je zrakoplov Airbus A320 te njegova konstrukcijska ograničenja u slijetanju, duljina za slijetanje i faktorizirana duljina slijetanja.

U sedmom poglavlju opisan je aerodrom Caen te vjetrovi koji su aktivni na tom aerodromu.

U osmom poglavlju opisani su programi u kojima su napravljeni proračuni za maksimalnu masu zrakoplova u slijetanju te utjecaj vjetra i nagiba piste na nju te utjecaj vjetra i nagiba piste na duljinu slijetanja i faktoriziranu duljinu slijetanja za minimalnu masu zrakoplova i izračunati su vjetrovi pri kojima zrakoplov može sletjeti ovisno o stanju piste.

U devetom poglavlju izveden je zaključak koji se temelji na dobivenim izračunima iz poglavlja 8. U priložima se nalaze grafovi vjetrova na Aerodromu Caen za različita stanja površine piste.

2. Slijetanje zrakoplova

Horizontalna udaljenost koju zrakoplov prođe od visine 50 ft (15 m) iznad piste pa sve do potpunog zaustavljanja zrakoplova na sletnoj stazi, je udaljenost koja se određuje za standardne temperature pri svakoj masi, nadmorskoj visini i vrijednostima vjetrova koje moraju biti unutar operativnih vrijednosti za određeni zrakoplov:

1. U uvjetima bez zaleđivanja
2. U uvjetima zaleđivanja.

Tijekom slijetanja zrakoplov mora biti u konfiguraciji za slijetanje, a za vrijeme stabilnog prilaza i do visine od 50 ft (15 m) iznad piste, brzina zrakoplova ne smije biti manja od V_{REF} (V_{REF} - brzina zrakoplova kad se zrakoplov nalazi 50 ft (15 m) iznad piste) [1].

Led u slijetanju (*Landing Ice*) definiran u dodatku **Appendix C** - Led u slijetanju je kritična nakupina leda u slijetanju na nezaštićenim površinama i na zaštićenim površinama koje su zaštićene sustavom protiv nakupljanja leda, od faze leta prilaza do konačne konfiguracije za slijetanje [2].

U uvjetima bez zaleđivanja, V_{REF} ne smije biti manja od:

- $1.23 V_{SR0}$
- Brzine koja pruža manevarske sposobnosti (Tablica 1.)
- V_{MCL} - minimalna brzina pri kojoj je moguće zadržati upravljivost zrakoplova i pravac leta u slučaju otkaza kritičnog motora s maksimalnim kutom nagiba od 5° .
 V_{MCL} mora biti uspostavljen za:
 1. Zrakoplov u najkritičnijoj konfiguraciji ili u svim konfiguracijama ako se to zatraži, tijekom prilaza i slijetanja sa svim motorima u funkciji.
 2. Najnepovoljniji položaj centra gravitacije
 3. Zrakoplov „*triman*“ za slijetanje sa svim motorima u funkciji
 4. Najnepovoljniju masu

5. Zrakoplove s propelerom, u slučaju otkaza jednog motora, propeler odlazi u poziciju za „otkaz motora“ bez pilotovog djelovanja i zrakoplov ima dovoljno snage ili potiska da zadrži kut prilaza od 3 stupnja.
6. *Go-around* snagu ili potisak na operativnim motorima [1].

Tablica 1.: Brzina koja pruža manevarske sposobnosti

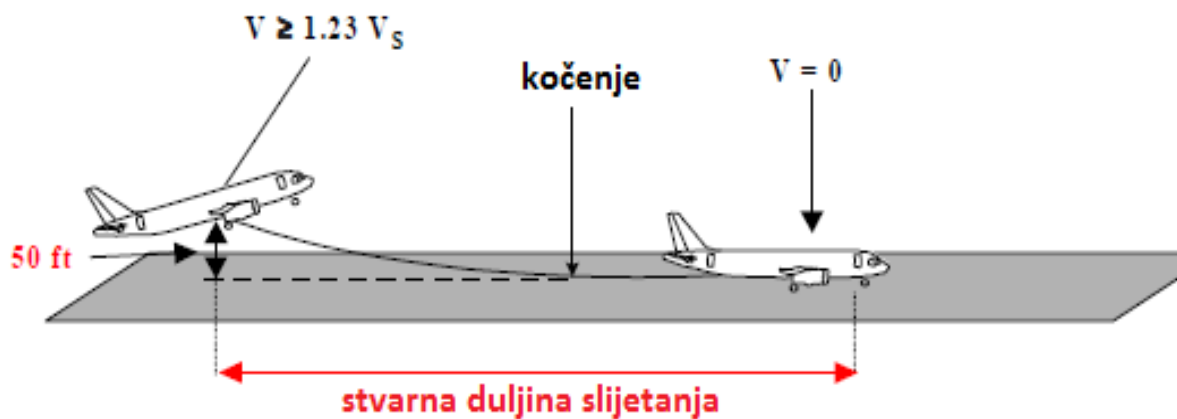
CONFIGURATION	SPEED	MANOEUVRING BANK ANGLE IN A COORDINATED TURN	THRUST/POWER SETTING
LANDING	VREF	40°	SYMMETRIC FOR – 3° FLIGHT PATH ANGLE

Izvor: EASA: Certification Specifications for Large Aeroplanes, EASA, 2020, p. 1-B-16

U uvjetima zaleđivanja (koji su definirani s ledom u slijetanju (*Landing Ice*) definiran u dodatku *Appendix C*, ako vrijednost V_{REF} za uvjete zaleđivanja premašuje vrijednost V_{REF} u uvjetima bez zaleđivanja za vrijednost od 5 kt (9.3 km/h) CAS pri najvećoj masi za slijetanje) V_{REF} **ne smije biti manji od:**

- brzina koje su definirane za uvjete bez zaleđivanja
- $1.23 V_{SR0}$ - za uvjete koji su definirani s ledom u slijetanju (*Landing Ice*) definiran u dodatku *Appendix C*, ako vrijednost V_{REF} za uvjete zaleđivanja premašuje vrijednost V_{REF} u uvjetima bez zaleđivanja za vrijednost od 5 kt (9.3 km/h) CAS pri najvećoj masi za slijetanje.
- Brzina koja pruža manevarske sposobnosti (Tablica 1.) u uvjetima koji su definirani s ledom u slijetanju (*Landing Ice*) definiran u dodatku *Appendix C* [1].

Stvarna duljina slijetanja (*ALD - Actual Landing Distance*) (Slika 1.) je udaljenost koju zrakoplov prođe od visine 50 ft iznad praga piste pa sve do potpunog zaustavljanja zrakoplova kada je pista suha. *ALD - Actual Landing Distance* definira se tijekom testnog leta kada se zrakoplov certificira, i zrakoplov za kočenje ne koristi negativan potisak [3].



Slika 1.: Stvarna duljina slijetanja

Izvor: Airbus: Getting to Grips With Aircraft Performance, Airbus, Toulouse, 2002, p. 115

3. Sile otpora u slijetanju

Otpori koji djeluju na zrakoplov prilikom slijetanja su: aerodinamički otpor, inducirani otpor, parazitni otpor, otpor na kotačima, kočnicama i negativni potisak na motorima [4].

3.1. Aerodinamički, inducirani i parazitni otpor

Aerodinamički otpor ovisi o svojstvima fluida te o veličini, obliku i brzini tijela, jednadžba aerodinamičkog otpora (1):

$$F_d = \frac{1}{2} \rho v^2 C_d A \quad (1)$$

F_d – sila otpora [N]

ρ – gustoća fluida [$\frac{kg}{m^3}$]

v – relativna brzina gibanja tijela u fluidu [$\frac{m}{s}$]

C_d – koeficijent aerodinamičkog otpora (broj bez jedinice)

A - površina poprečnog presjeka tijela [m^2]

Koeficijent aerodinamičkog otpora ovisi o obliku tijela i Reynoldsovom broju, formula Reynoldsovog broja (2):

$$R_e = \frac{v D}{\nu} \quad (2)$$

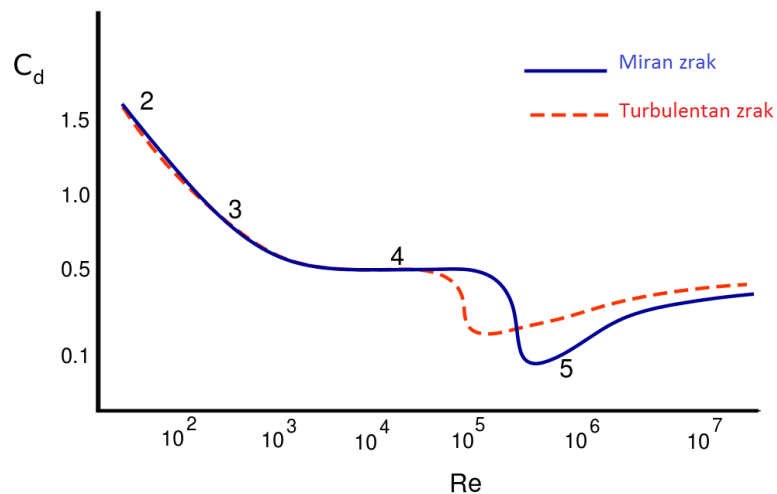
R_e - Reynoldsov broj

D - karakteristični promjer ili linearna dimenzija

v - relativna brzina gibanja tijela u fluidu

ν - kinematička viskoznost fluida

Pri niskim vrijednostima Reynoldsovog broja R_e , koeficijent otpora C_d je proporcionalan brzini relativnog gibanja tijela u fluidu, dok je pri visokim vrijednostima Reynoldsovog broja R_e , koeficijent otpora C_d relativno konstantan. Ovisnost koeficijenta otpora C_d o Reynoldsovom broju R_e , prikazana je na slici 2. [5].

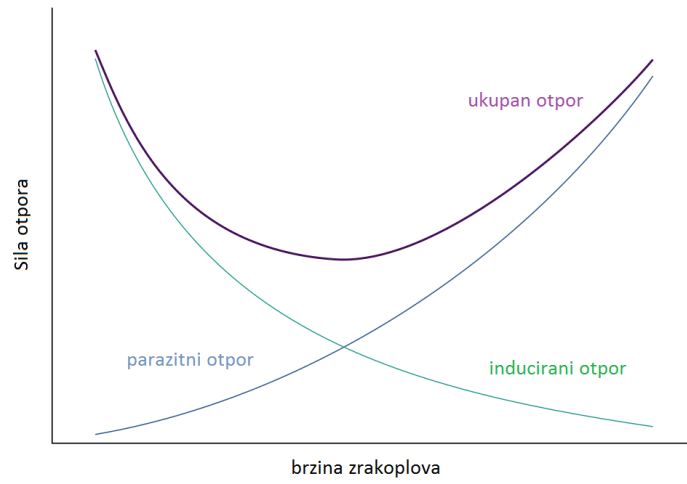


Slika 2.: Ovisnost koeficijenta otpora o Reynoldsovom broju
 Izvor: https://hr.wikipedia.org/wiki/Aerodinami%C4%8Dki_otpor#/media/Datoteka:Drag_sphere_nasa.svg,
 23.9.2020.

Parazitni otpor nastaje zbog kretanja zrakoplova kroz zračnu masu. On se proporcionalno povećava ili smanjuje s povećanjem ili smanjenjem brzine, a najviše parazitnog otpora stvaraju: zakrilca, pretkrilca i spoileri [4].

Inducirani otpor nastaje zbog stvaranja uzgona na krilima te je zbog toga prisutan sve dok krila na zrakoplovu generiraju uzgon. Kada se spusti nos zrakoplova tj. kada nosni kotač dodirne pistu, vrijednost induciranog otpora bude približno nula.

Odnos induciranog i parazitnog otpora je obrnuto proporcionalan te će njihova vrijednost ovisiti o brzini zrakoplova, tj. povećanje brzine zrakoplova smanjuje inducirani otpor, ali povećava parazitni otpor i obrnuto [5], utjecaj brzine na inducirani i parazitni otpor prikazan je na slici 3.



Slika 3.: Odnos otpora i brzine zrakoplova

Izvor: https://hr.wikipedia.org/wiki/Aerodinami%C4%8Dki_otpor#/media/Datoteka:Drag_sphere_nasa.svg,

23.9.2020.

3.2. Otpor na kotačima

Otpor na kotačima je otpor između kotača i podloge slijetanja. Otpor na kotačima je veći, što je zrakoplov teži, zato što masa zrakoplova povećava trenje između kotača i podloge. Otpor počinje djelovati kada zrakoplov dodirne pistu s kotačima. Na početku dodira s pistom otpor je mali, zato što krila tada generiraju još dosta uzgona, a uzgon smanjuje pritisak zrakoplova na tlo [4].

Formula za silu trenja na kotačima tijekom slijetanja (3) [6]:

$$F_{tr} = \mu(W - L) \quad (3)$$

F_{tr} - sila trenja

μ - koeficijent trenja

W - masa zrakoplova

L - sila uzgona

3.3. Negativni potisak na motorima

Mlazni motori proizvode negativni potisak, tako što preusmjere mlaz zraka na mlaznici prema naprijed kao što je prikazano na slici 4. Negativni potisak smanjuje potrebnu duljinu za slijetanje [4], ali se ne može koristiti do potpunog zaustavljanja zrakoplova. Takva vrsta potiska se koristi do brzine zrakoplova od 50 kt, zato što na manjim brzinama motor bi mogao usisati svoje ispušne plinove ili krhotine koje bi mogle oštetiti motor.



Slika 4.: Negativni potisak

Izvor: [https://en.wikipedia.org/wiki/Thrust_reversal#/media/File:F-GTAR_Air_France_\(3698209485\).jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Thrust_reversal#/media/File:F-GTAR_Air_France_(3698209485).jpg),
24.9.2020.

4. Utjecaj promjenjivih faktora na slijetanje

Promjenjivi faktori koji imaju značajan utjecaj na slijetanje su: masa zrakoplova, gustoća zraka, vjetar, pozicija zakrilaca, nagib i površina piste.

4.1. Masa zrakoplova

Povećana masa zrakoplova, povećava brzinu gubitka uzgona i smanjuje usporavanje za danu silu usporavanja, a sila kočenja se povećava povećanjem mase zrakoplova. U konačnici kada se zbroje svi utjecaji mase zrakoplova na slijetanje, povećanje mase zrakoplova povećava potrebnu duljinu slijetanja, a smanjenje mase smanjuje potrebnu duljinu slijetanja [4].

4.2. Gustoća zraka

Gustoća zraka ima utjecaj na *TAS* – *True Air Speed* za danu indiciranu brzinu *IAS* – *Indicated Air Speed* i na potisak motora. Potisak motora je mali pri slijetanju, pa zato glavni utjecaj gustoće je na *TAS*. Kada je gustoća zraka mala (visoka temperatura, niski tlak zraka, visoka vlažnost zraka) potrebno je povećati *TAS*, povećanjem *TAS* povećat će se potrebna duljina za slijetanje [4].

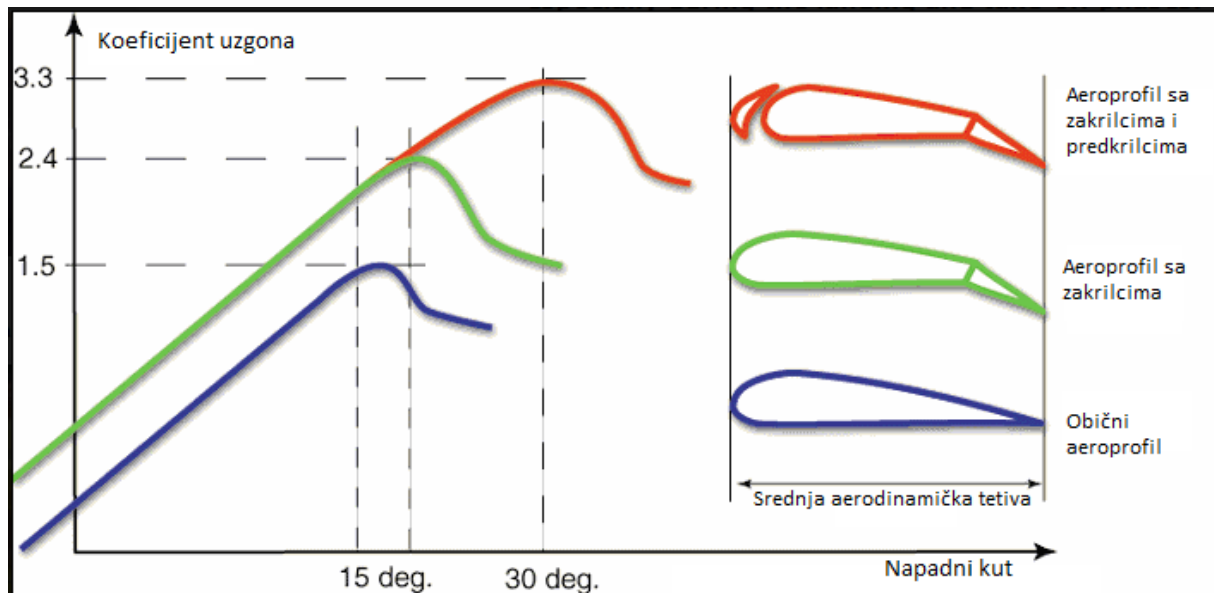
4.3. Vjetar

Vjetar ima utjecaj na brzinu zrakoplova u odnosu na zemlju, tj. za određenu indiciranu brzinu zrakoplova, zrakoplov će proći manju udaljenost u slučaju čeonog vjetra (potrebna je manja duljina za slijetanje), a veću udaljenost u slučaju leđnog vjetra (potrebna je veća duljina za slijetanje). Kada se za duljinu slijetanja uzima komponenta vjetra, potrebno je očekivati najgori mogući vjetar za slijetanje, a on se dobije tako da trenutnu komponentu vjetra povećamo za 150 % za leđni vjetar, a ako se radi o čeonom vjetru, komponentu vjetra smanjimo za 50 %. Još jedan bitan

utjecaj vjetra je bočni vjetar, koji gura zrakoplov od središnje linije piste te za njega nema dodatnih sigurnosnih faktora koji bi povećali njegovu vrijednost za slijetanje. Svaki zrakoplov ima propisane vrijednosti bočnog vjetra s kojim smije sletjeti [4].

4.4. Pozicija zakrilaca

Zakrilca se nalaze na zadnjem dijelu krila, povećaju zakrivljenost aeroprofila i površinu krila zrakoplova, zbog toga je zrakoplovu potrebna manja brzina pri slijetanju tj. za istu brzinu i napadni kut, krila sa zakrilcima će generirati više uzgona od krila bez zakrilaca, utjecaj zakrilaca na uzgon prikazan je na slici 5. Stvaranjem dodatnog uzgona, povećava se aerodinamički otpor koji dodatno usporava zrakoplov i smanjuje potrebnu duljinu za slijetanje. U slučaju prekinutog slijetanja zakrilca u poziciji za slijetanje imaju negativan učinak na ubrzanje zrakoplova, zbog velikog otpora kojeg stvaraju te ih je u takvoj situaciji potrebno prvo postaviti u poziciju za penjanje, a zatim u poziciju bez zakrilaca [4].



Slika 5.: Zakrilca i pretkrilca

Izvor: <http://nirajpudasaini.blogspot.com/2016/08/article-on-aircraft-flaps.html>, 30.9.2020.

4.5. Nagib uzletno - sletne staze

Nagib uzletno - sletne staze ima negativan utjecaj na slijetanje s aspekta povećanja potrebne duljine za slijetanje u slučaju kada se zrakoplov kreće nizbrdo po pisti, a kada se zrakoplov kreće uzbrdo potrebna duljina se smanjuje. Potrebno je povećati duljinu za slijetanje za 5 % za svakih 1 % nagiba piste nizbrdo [4].

4.6. Površina uzletno - sletne staze

Zrakoplovi najviše slijeću na betonirane staze, a kada slijeću na travnate ili onečišćene staze, treba provesti dodatne korekcije u izračunu potrebne duljine za slijetanje [4]. Travnata pista povećava duljinu za slijetanje, pa je potrebno duljinu za slijetanje uvećati za 15 % [4]. Kada je 25 % staze prekriveno vlagom, a dubina vode na pisti 3 mm ili više, pista se smatra onečišćenom. Koeficijent trenja suhe piste je između 0.8 – 1.0, dok na mokroj ili zaleđenoj pisti može biti manji od 0.2, zato kod onečišćenih staza 80 % sile usporavanja vrši negativni potisak na motorima [4]. Prilikom slijetanja na onečišćenu stazu, može doći do hidroplaninga, takva pojava dodatno smanjuje trenje i povećava potrebnu duljinu za slijetanje [7].

Postoje tri vrste hidroplaninga:

- **Dinamički** - nastaje zbog uzgona kojeg stvara voda, zbog brzine zrakoplova
- **Viskozni** - nastaje zbog tankog sloja vode na glatkoj pisti, kojeg guma ne može probiti
- **Revertirana guma** - nastaje kada se kotač zablokira, trenje između podloge i kotača stvori dovoljno veliku temperaturu koja promijeni agregatno stanje vode u paru, a vodena para uništava gumu na kotaču i odvaja kotač od podloge [6].

Brzina pri kojoj nastaje hidroplaning kod zrakoplova, izražena je preko formule(4) [8]:

$$V_p = 9\sqrt{p} \quad (4)$$

V_p – brzina hidroplaninga (kt)

p – tlak u gumama (ps)

5. Zahtjevi i regulative pri slijetanju

Zrakoplovi su podijeljeni u četiri klase performansi: klasa A, klasa B, klasa C i neklasificirani. U klasu A pripadaju svi zrakoplovi s turbo-mlaznim motorima, i svi s turbo-prop motorima koji su teži od 5700 kg ili s brojem sjedala za putnike većim od devet. Zrakoplovi koji teže 5700 kg ili manje, ili imaju devet ili manje sjedala za putnike i pogonjeni su samo s motorima s propelerom, spadaju u klasu B. Zrakoplovi pogonjeni klipnim motorima, čija je masa veća od 5700 kg ili broj sjedala veći od devet, pripadaju klasi C. Neklasificirani zrakoplovi su oni čije su performanse jedinstvene te ih se ne može svrstati niti u jednu klasu [4]. Preglednija podjela klasa A, B i C može se vidjeti u tablici 2.

Tablica 2.: Klase zrakoplova

	ZRAKOPLOVI SA TURBO - MLAZNIM MOTORIMA	ZRAKOPLOVI SA TURBO - PROP MLAZNIM MOTORIMA	ZRAKOPLOVI SA KLIPNIM MOTORIMA
Masa > 5700 kg Ili Broj sjedala > 9	A	A	C
Masa ≤ 5700 kg Ili Broj sjedala ≤ 9	A	B	B

5.1. Potrebna duljina za slijetanje (*RLD - Required Landing Distance*)

Potrebna duljina za slijetanje (*RLD - Required Landing Distance*) rezultat je stvarne udaljenosti za slijetanje (*ALD - Actual Landing Distance*) s regulatornim marginama ovisno o stanju piste [9]. Potrebna duljina za slijetanje (*RLD*) računa se od 50 ft iznad praga (prilikom strmih prilaza ta visina može biti manja od 50 ft, ali ne smije biti manja od 35 ft) pa sve do potpunog zaustavljanja zrakoplova na suhoj stazi.

Izračun potrebne duljine za slijetanje ne smije prekoračiti vrijednosti:

- 60 % od dostupne duljine uzletno - sletne staze za turbo-mlazne zrakoplove
- 70 % od dostupne duljine uzletno - sletne staze za turbo-prop zrakoplove

Kada je pista mokra potrebna udaljenost za slijetanje se povećava za 15 %.

Potrebna udaljenost za slijetanje temelji se na [4]:

- konfiguraciji zrakoplova za slijetanje
- brzini zrakoplova na 50 ft, brzina ne smije biti manja od $1.23 V_{SR}$
- tlaku zraka na aerodromu
- standardnoj temperaturi (ISA)
- faktoru za vjetar (50 % čeone komponente, 150 % leđne komponente vjetra)
- nagibu piste, ako je veći od 2 %

Kada se računa potrebna duljina za slijetanje (*RLD - Required Landing Distance*) za zrakoplov Airbus A320, računa se za [10]:

- Maksimalno kočenje odmah nakon što stajni trap dodirne pistu,
- Maksimalni negativan potisak do brzine od 70 kt, od brzine 70 kt pa sve do zaustavljanja, motori rade u praznom hodu,
- sustav protiv proklizavanja i spoileri na krilima su operativni.

5.2. Odabir piste za slijetanje

Kod odabire piste za slijetanje treba se razmotriti slijetanje zrakoplova u uvjetima bez i s vjetrom. U uvjetima bez vjetra odabire se ona staza, koja ima najbolje stanje piste za slijetanje, a uvjetima s vjetrom, odabire se ona staza, na kojoj zrakoplov ima čeonu komponentu vjetra. Ako uvjeti na destinacijskom aerodromu ugrožavaju sigurno slijetanje, zrakoplov treba sletjeti na alternativni aerodrom [6].

5.3. Prekinuto slijetanje

Prekinuto slijetanje zrakoplova, ne smije imati gradijent penjanja manji od 3.2 %, gradijent penjanja u prekinutom slijetanju računa se sa snagom koja je dostupna 8 s nakon pomicanja upravljača snage iz praznog hoda na snagu za uzlijetanje.

- Brzina penjanja u uvjetima bez zaleđivanja mora biti jednaka V_{REF} , a vrijednosti ostalih brzina u prekinutom slijetanju trebaju biti jednake, vrijednostima brzina u slijetanju u uvjetima bez zaleđivanja, kao što je navedeno u poglavlju „2 Duljina slijetanja“.
- Brzina penjanja u uvjetima zaleđivanja (definirani su ledom u slijetanju (*Landing Ice*) definiran u dodatku (*Appendix C*)) mora biti jednaka V_{REF} , a vrijednosti ostalih brzina u prekinutom slijetanju trebaju biti jednake, vrijednostima brzina u slijetanju u uvjetima zaleđivanja, kao što je navedeno u poglavlju „2 Duljina slijetanja“. [1].

6. Airbus A320 - 200

Airbus A320 - 200 je uskotrupni putnički zrakoplov koji pripada obitelji zrakoplova (A318, A319, A320 i A321). Zrakoplov je proizveden 1984., a prvi puta ga je predstavio Air France 22. veljače 1987. godine. Zrakoplov je pogonjen s dva turbomlazna motora CFM56 ili IAE V2500 te za kontrolu upravljačkih površina zrakoplov koristi *fly - by - wire* tehnologiju [12]. Na slici 6. prikazan je Airbus A320 - 200 zrakoplovnog prijevoznika *Croatia Airlines*. Specifikacije zrakoplova A320 - 200 navedene su u tablici 3.



Slika 6.: Airbus A320 - 200

Izvor: https://hr.wikipedia.org/wiki/Airbus_A320#/media/Datoteka:Croatia.a320 arp.750pix.jpg, 16.10.2020.

Tablica 3.: Specifikacije A320 - 200

Zrakoplov	A320 - 200
Najveća brzina [M]	0,82
Ekonomska brzina	0,79
Dolet [NM]	8970
Raspon krila [m]	34,1
Dužina [m]	37,57
Visina [m]	11,76
Masa [kg]	42 400
Maksimalna masa za polijetanje [kg]	77 000
Snaga motora [kN]	133,4
Prvi let	22.02.1987.

6.1. Ograničenja pri slijetanju

Širina staze za slijetanje je minimalna 30 m, a nominalna širina staze je 45 m. Maksimalna komponenta leđnog vjetra je 10 kt, maksimalna komponenta bočnog vjetra ovisi o stanju površine na pisti (*ESF – Estimated Surface Friction* ili *PIREP – Pilot Report of Braking Action*) kao što je prikazano u tablici 4. [10].

Tablica 4.: Maksimalna komponenta bočnog vjetra za onečišćenu stazu

Stanje piste ili zagađenje piste	<i>ESF ili PIREP</i>	Maksimalna komponenta bočnog vjetra
Vlažna, Mokra Do 3 mm, Bljuzga Do 3 mm, Suhi snijega Do 3 mm, Mokar snijega Do 3 mm, Mraz	Good	38 kt
Zbijen snijega	Good to Medium	29 kt
Suhi snijeg Više od 3 mm, do 100 mm, Mokar snijeg Više od 3 mm, do 30 mm, Zbijen snijeg Temperatura veća od -15 °C, Suhi snijeg preko zbijenog snijega, Mokar snijeg preko zbijenog snijega, Klizavo mokro	Medium	25 kt
Voda Više od 3 mm, do 13 mm, Bljuzga Više od 3 mm, do 13 mm,	Medium to Poor	20 kt
Led (hladan i suh)	Poor	15 kt

Maksimalne brzine s kojima zrakoplov može sigurno letjeti sa spuštenim zakrilcima i pretkrilcima prikazane su u tablici 5.

Tablica 5.: Maksimalna brzina za let sa zakrilcima / pretkrilcima

Pozicija zakrilca	Konfiguracija predkrilca / zakrilaca	Maksimalna brzina	Faza leta
0		V_{mo} / M_{mo}	krstarenje
1	1	230 kt	holding
1	1+F	215 kt	polijetanje
2	2	200 kt	Polijetanje / prilaz
3	3	185 kt	Polijetanje / prilaz / slijetanje
puna zakrilca	puna pretkrilca	177 kt	slijetanje

Maksimalna brzina pri kojoj zrakoplov može letjeti sa spuštenim kotačima je 280 kt, maksimalna brzina pri kojoj je dopušteno spustiti kotače je 250 kt, a maksimalna brzina za uvlačenje kotača je 220 kt. Maksimalna brzina s kojom zrakoplov smije dotaknuti pistu, a da ne dođe do puknuća gume na kotaču je 195 kt [10]. Minimalna potrebna brzina za upravljanje zrakoplova u slijetanju (*minimum control speed for landing V_{MCL}*) je 113 kt [10]. Strukturalna ograničenja mase zrakoplova prikazana su u tablici 6.

Tablica 6.: Strukturalna ograničenja mase

Maksimalna masa za taksiranje (<i>Maximum taxi weight</i>)	77 400 kg (170 638 lb)
Maksimalan masa za polijetanje (<i>Maximum takeoff weight</i>)	77 000 kg (169 756 lb)
Maksimalna masa za slijetanje (<i>Maximum landing weight</i>)	64 500 kg (142 198 lb)
Maksimalna masa bez goriva (<i>Maximum zero fuel weight</i>)	61 000 kg (134 482 lb)

6.2. Brzine u slijetanju

Brzine koje su bitne za slijetanje zrakoplova A320 su: *Lowest Selectable Speed* (V_{LS}), *Reference Speed* (V_{REF}), *Final Approach Speed* (V_{APP}) i *Go-around Speed*. Brzina V_{LS} je brzina koja se koristi za određivanje brzine V_{APP} . Brzina V_{REF} se koristi za određivanje brzine V_{APP} u slučaju otkaza nekog sustava na zrakoplovu koji utječe na performanse u slijetanju. Brzina V_{APP} je brzina koju zrakoplov ima iznad praga piste, sa zakrilcima/pretkrilcima u konfiguraciji za slijetanje i s izvučenim stajnim trapom. U slučaju prekinutog slijetanja, zrakoplov u penjanju mora postići brzinu *go-around speed*, standardna brzina za *go-around* je $1.23V_{SR}$, a minimalni gradient penjanja je 2.1 % [10].

6.2.1. Lowest Selectable Speed (V_{LS})

Tijekom polijetanja ili u situaciji kada zrakoplov samo dodirne pistu i ponovno poleti, brzina V_{LS} je jednaka brzini $1.13 V_{SR}$, nakon uvlačenja jednog koraka zakrilaca brzina se povećava na $1.23 V_{SR}$, a u čistoj konfiguraciji brzina se povećava na $1.28 V_{SR}$ [10].

6.2.2. Reference Speed (V_{ref})

Tijekom normalnog prilaza njezina vrijednost je $1.23 V_{SR}$ [10].

6.2.3. Final Approach Speed (V_{APP})

U slučaju bočnog vjetra koji je jači od 20 kt, V_{APP} ne smije biti manji od $V_{LS} + 5$ kt. Korekcije brzine V_{APP} zbog vjetra, smiju se kretati u vrijednostima od 5 kt do 15 kt [10].

6.3. Duljina slijetanja (*LD - Landing Distance*)

Duljina slijetanja (*LD - Landing Distance*) odražava performanse koje se mogu postići u tipičnom operativnom slijetanju bez dodatnih margina.

Izračun udaljenosti slijetanja pretpostavlja [10]:

- Fazu u zraku od 7 s od praga do dodira kotača s pistom
- U slučaju manualnog kočenja: maksimalno manualno kočenje odmah nakon dodira glavnog podvozja s pistom
- U slučaju automatske kočnice: uobičajeno kašnjenje sustava u aktiviranju kočenja
- Antiskid sustav i spojleri na krilima su operativni
- Brzi odabir maksimalnog negativnog potiska, održavanje maksimalnog negativnog potiska do 70 kt, ispod te brzine pa sve do potpunog zaustavljanja motori rade u praznom hodu.

6.4. Faktorizirana Duljina Slijetanja (*FLD - Factored Landing Distance*)

Faktorizirana udaljenost slijetanja definirana je kao:

- *LD - Landing Distance* pomnožena s faktorom, ili
- *LD - Landing Distance* plus određeno povećanje .

Odgovornost je zrakoplovnih prijevoznika da definiraju margine, i njihovu primjenjivost za koje će se povećati *LD - Landing Distance*. Preporučena margina povećanja je faktor 1,15 pomnožen s *LD - Landing Distance*. Pod iznimnim okolnostima, letačka posada može odlučiti zanemariti tu marginu [10].

FLD - Factored Landing Distance definirana kod zrakoplovnog prijevoznika *Croatia Airlines* izražena preko formule(5) [13]:

$$FLD = LD \times MEL \text{ LANDING PENALTY FACTOR} \times SAFETY \text{ MARGIN} \quad (5)$$

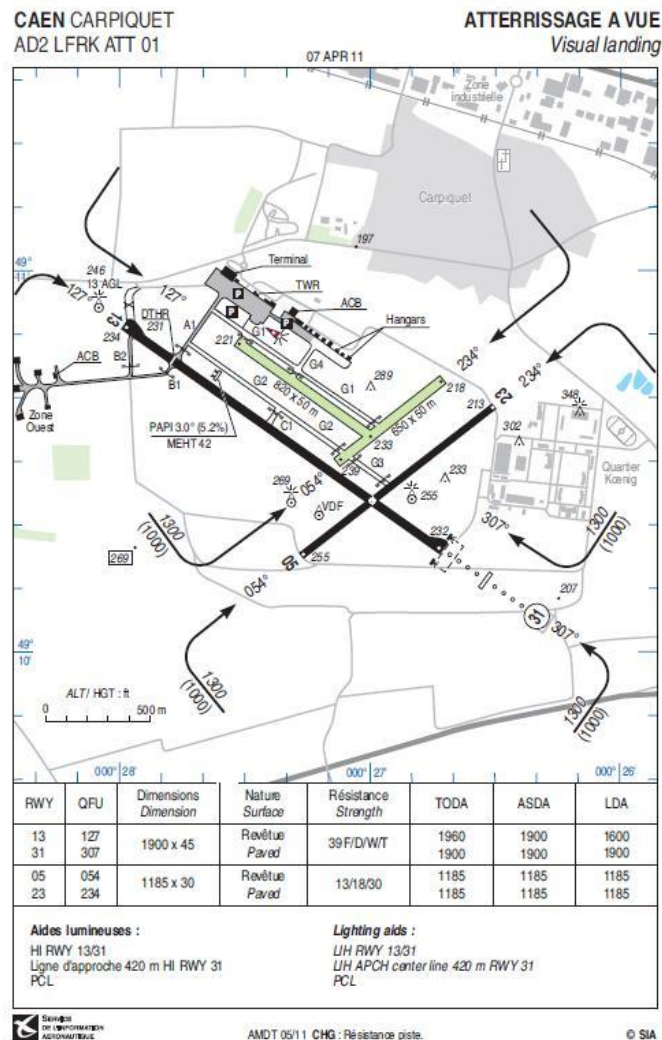
FLD - factored landing distance

MEL LANDING PENALTY FACTOR - minimum equipment list landing penalty factor

SAFETY MARGIN - sigurnosna margina od 1.15.

7. Aerodrom Caen

Aerodrom Caen (ICAO: *LFRK*) je internacionalna zračna luka koja se nalazi 6 km zapadno od grada Caen. Geografske koordinate aerodroma su: 49° 10' 24" N, 000° 27' 00" W, a nadmorska visina aerodroma je 256 ft / 78 m. Aerodrom ima 4 piste, 2 travnate i 2 betonske piste. Smjerovi pista su: 13 / 31 i 05 / 23, duljina betonske piste 13 / 31 je 1900 m (6233 ft), a duljina betonske piste 05 / 23 je 1185 m (3871 ft), a negativni nagib od 1 % ima pista 05. Izgled aerodroma je prikazan na slici 7. [14].



Slika 7.: Aerodrom Caen

Izvor: <https://www.hebels.nl/flights/20120221-2/map.htm>, 3.5.2020.

Maksimalna snaga vjetra koja je zabilježena na aerodromu Caen su udari vjetra od 26 kt, a jačina konstantnog vjetra varira od 9 kt do 11 kt kao što je navedeno u tablici 7.

Tablica 7.: Prosječna jačina vjetra na aerodromu Caen

	Jačina vjetra	Udari vjetra
Siječanj	10 kt	25 kt
Veljača	11 kt	26 kt
Ožujak	10 kt	24 kt
Travanj	9 kt	19 kt
Svibanj	9 kt	18 kt
Lipanj	8 kt	17 kt
Srpanj	9 kt	17 kt
Kolovoz	9 kt	17 kt
Rujan	8 kt	17 kt
Listopad	9 kt	18 kt
Studenj	9 kt	22 kt
Prosinac	10 kt	24 kt

Podaci o vjetru iz tablice 7. su statistički podaci, koji se temelje na promatranjima koja su vršena između 06/2001. – 07/2020., svakodnevno od 7 do 19 sati po lokalnom vremenu [15].

8. Izračun performansi za slijetanje

U izračunu performansi za slijetanje, računat će se maksimalna dopuštena masa zrakoplova na slijetanju (*MLM – Maximum Landing Mass*), za uzletno – sletne staze na aerodromu Caen te utjecaj vjetra na masu za slijetanje.

Formula komponente vjetra (3) [16]:

$$U_{pop} = W \sin \beta$$

$$U_{uzd} = W \cos \beta$$

U_{pop} - poprečna/bočna komponenta vjetra

U_{uzd} - uzdužna komponenta vjetra

W - brzina vjetra

β - kut između pravca leta zrakoplova i upadnog kuta vjetra

Za računanje performansi za slijetanje koristit će se program *Flight Smart*, modul za slijetanje u programu je podijeljen u dva dijela: *In flight* i *Dispatch*, mod *In flight* koriste piloti tijekom leta, a mod *Dispatch* koriste inženjeri na tlu za računanje performansi. Komponente koje se koriste u programu (mod: *Dispatch*) za računanje performansi zrakoplova u slijetanju su [9]:

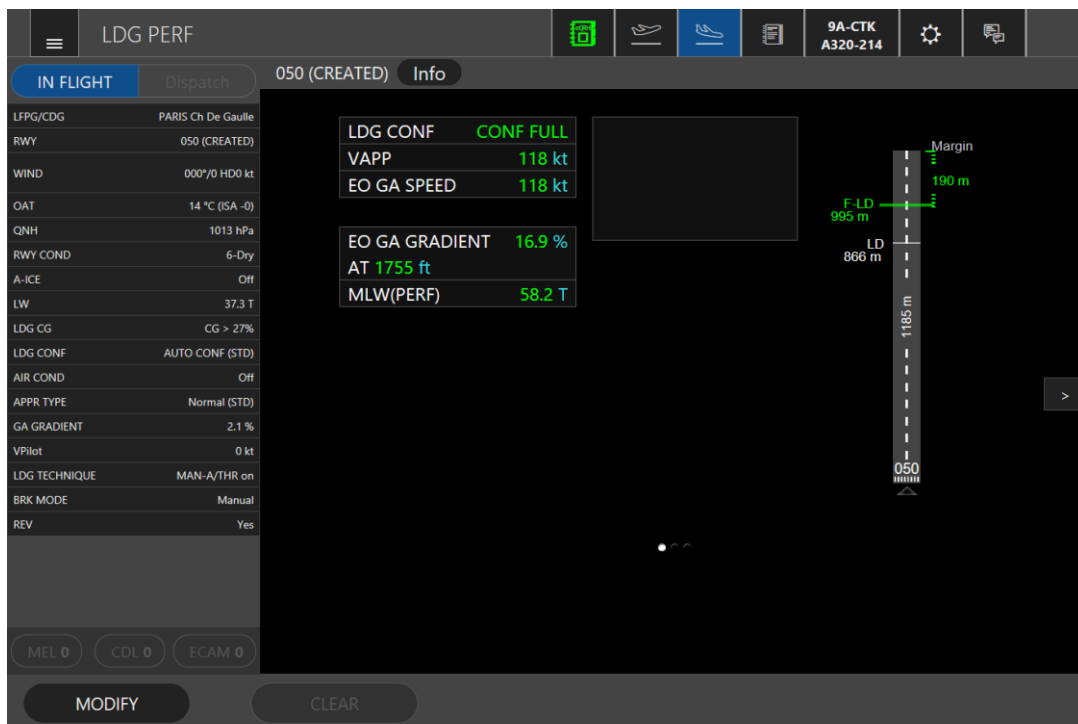
- aerodrom i broj staze za slijetanje
- vanjski uvjeti (temperatura, tlak zraka, stanje piste)
- konfiguracija zrakoplova
- masa zrakoplova pri slijetanju (masa zrakoplova koja se planira u slijetanju, ne smije prekoračiti maksimalnu masu zrakoplova pri slijetanju)
- pozicija težišta pri slijetanju
- klima u zrakoplovu upaljena/ugašena
- vrsta prilaza
- gradient penjanja za neuspjeli prilaz (2.1%)
- prilazna brzina (brzina koju želimo)
- tehnika slijetanja

Prozor u kojem upisujemo te podatke prikazan je na slici 9.

Nakon obrade prethodnih komponenti, podatke za slijetanje koje ćemo dobiti od programa su [9]:

- slijetanje nije moguće ili je moguće,
- konfiguraciju za slijetanje (konfiguracija koja je potrebna),
- prilazna brzina (brzina koja je potrebna),
- brzina za neuspjeli prilaz,
- gradient penjanja za neuspjeli prilaz (stvarni gradient penjanja),
- stvarna duljina slijetanja (duljina na koju utječu vanjski uvjeti),
- Faktorizirana duljina slijetanja (*FLD - Factored Landing Distance*),
- Maksimalna masa za slijetanje (*MLW - Maximum Landing Mass*),

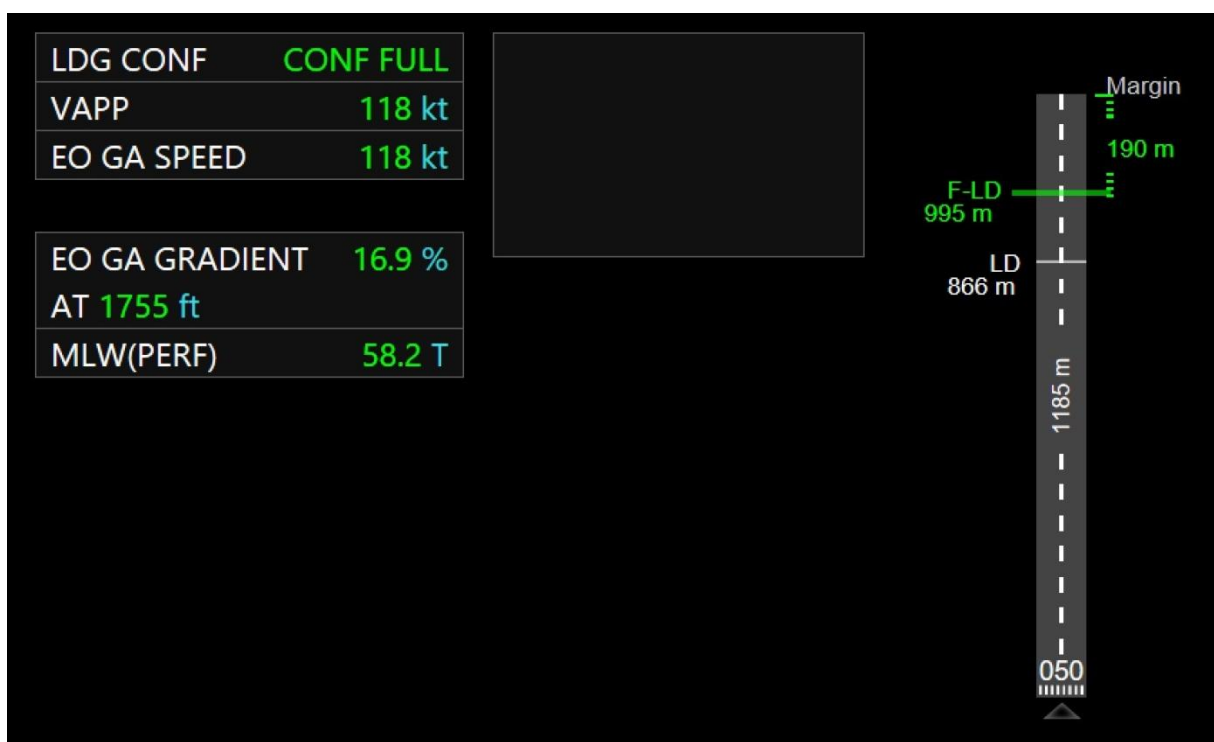
Prozor u kojem su prikazani dobiveni podaci prikazan je na slici 10., a sučelje cijelog programa prikazano je na slici 8.



Slika 8.: Flight smart

LFPG/CDG	PARIS Ch De Gaulle
RWY	050 (CREATED)
WIND	000°/0 HD0 kt
OAT	14 °C (ISA -0)
QNH	1013 hPa
RWY COND	6-Dry
A-ICE	Off
LW	37.3 T
LDG CG	CG > 27%
LDG CONF	AUTO CONF (STD)
AIR COND	Off
APPR TYPE	Normal (STD)
GA GRADIENT	2.1 %
VPilot	0 kt
LDG TECHNIQUE	MAN-A/THR on
BRK MODE	Manual
REV	Yes

Slika 9.: Parametri za slijetanje



Slika 10.: Rezultat proračuna

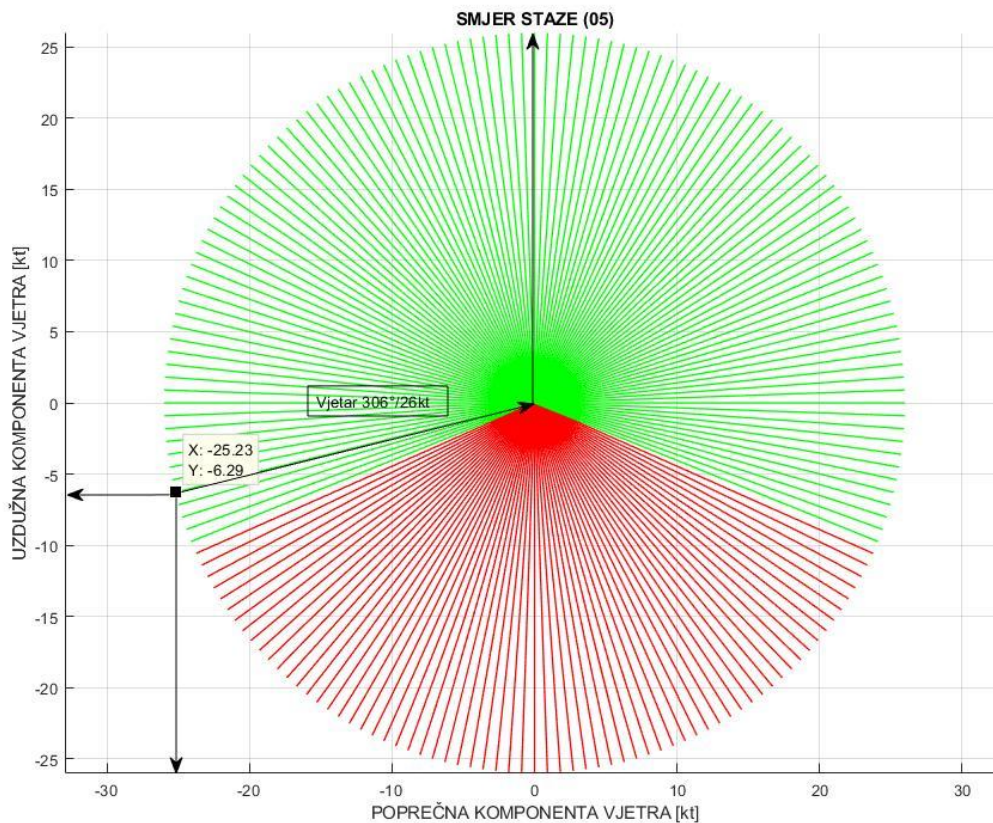
Utjecaj vjetra na konstrukcijska ograničenja izračunata su u programu MATLAB, kod programa prikazan je na slici 11.

```
1 - clear all
2 - close all
3 - kutevi=[]
4 - hold on;
5 - grid on;
6 - axis equal;
7
8 - jacina=26;           %jačina vjetra
9
10 - for novi = 0:2:360   %dobivanje kuteva od 0 do 360 u rad
11 -     novi=deg2rad(novi);
12 -     kutevi=[kutevi novi];
13 - end
14
15 - for k=1:length(kutevi)
16 -
17 -     x=jacina*cos(kutevi(k));
18 -     y=jacina*sin(kutevi(k));
19 -     if (abs(x)>38 || y<-10)           %%ne zadovoljava uvjete
20 -         line([0, x],[0, y], 'linewidth', 1, 'color', 'red')
21 -
22 -     else
23 -         line([0, x],[0, y], 'linewidth',1, 'color', 'green')   %%zadovoljava uvjete
24 -
25 -     end
26 - end
```

Slika 11.: Kod programa za vjetar

U 19. redu u kodu programa koji je prikazan na slici 11., regulirana su ograničenja za vjetar koja su ranije spomenuta u poglavlju „6.1 Ograničenja pri slijetanju“, a u 8. redu unosi se jačina vjetra u kt.

Rezultat izračuna vjetra u MATLAB - u prikazan je na slici 12., kod rezultata prikazan je na slici 11.



Slika 12.: Izračun vjetra

Na grafu zelenom bojom su prikazani pravci koji pokazuju smjerove vjetrova od 26 kt pri kojima bi zrakoplov mogao sletjeti, a crvenom bojom one pri kojima ne bi smio. Okomita strelica pokazuje smjer staze za koju želimo izračunati komponentu vjetra, a pravci koji pokazuju smjerove vjetrova, nalaze se u razmaku od 2° . Poprečna i uzdužna komponenta vjetra se određuje tako što se na krajevima pravaca povuče okomita linija prema dolje za vrijednost poprečne komponente vjetra, a vodoravna linija u lijevo za vrijednost uzdužne komponente vjetra. Vrijednosti poprečne komponente koje imaju predznak „ - “ označavaju vjetrove koji udaraju zrakoplov s lijeve strana, a one vrijednosti bez predznaka označavaju vjetrove koji udaraju

zrakoplov s desne strane. Vrijednosti uzdužne komponente koji imaju predznak „ - “ označavaju vjetrove koji imaju leđnu komponentu, a one vrijednosti bez predznaka one vjetrove koji imaju čeonu komponentu. Na slici 12. je primjer rezultata izračuna za vjetar 306 °/26 kt koji puše na stazu 05. Pravac koji pokazuje vjetar 306 °/26 kt je zelen, pa zrakoplov može sletjeti na tu pistu. Poprečna komponenta vjetra je -25.23 kt (lijevi bočni vjetar), a uzdužna komponenta je - 6.29 kt (leđni vjetar).

U tablicama i grafovima koji prikazuju odnos Maksimalne mase za slijetanje i uzdužne komponente vjetra, masa je izražena u kilogramima, a vjetar u čvorovima. Vrijednosti vjetra koje imaju predznak „ - “ označavaju leđni vjetar, a vrijednosti vjetra bez predznaka čeonu vjetar.

8.1. Staza 05

Staza 05 je betonska staza koja je duga 1185 m, ima negativan nagib od 1 % i prag staze se nalazi na 255 ft nadmorske visine.

8.1.1. Konstrukcijska ograničenja zrakoplova na slijetanju zbog vjetra - staza 05

U tablici 8. prikazani su smjerovi i brzine vjetrova pri kojima zrakoplov može sletjeti kada je stanje piste GOOD, GOOD TO MEDIUM.

Tablica 8.: Vjetar za stanje piste GOOD i GOOD TO MEDIUM

JAČINA VJETRA	SMJER VJETRA
11 kt	000° - 205°/255° - 360°
12 kt	000° - 196°/264° - 360°
13 kt	000° - 190°/270° - 360°
14 kt	000° - 185°/275° - 360°
15 kt	000° - 181°/279° - 360°
16 kt	000° - 178°/282° - 360°
17 kt	000° - 176°/284° - 360°
18 kt	000° - 173°/285° - 360°
19 kt	000° - 171°/289° - 360°
20 kt	000° - 170°/290° - 360°
21 kt	000° - 168°/292° - 360°
22 kt	000° - 167°/293° - 360°
23 kt	000° - 165°/295° - 360°
24 kt	000° - 164°/296° - 360°
25 kt	000° - 163°/297° - 360°
26 kt	000° - 162°/298° - 360°

U tablici 9. prikazani su smjerovi i brzine vjetrova pri kojima zrakoplov može sletjeti kada je stanje piste MEDIUM.

Tablica 9.: Vjetar za stanje piste MEDIUM

JAČINA VJETRA	SMJER VJETRA
11 kt	000° - 205°/255° - 360°
12 kt	000° - 196°/264° - 360°
13 kt	000° - 190°/270° - 360°
14 kt	000° - 185°/275° - 360°
15 kt	000° - 181°/279° - 360°
16 kt	000° - 178°/282° - 360°
17 kt	000° - 176°/284° - 360°
18 kt	000° - 173°/285° - 360°
19 kt	000° - 171°/289° - 360°
20 kt	000° - 170°/290° - 360°
21 kt	000° - 168°/292° - 360°
22 kt	000° - 167°/293° - 360°
23 kt	000° - 165°/295° - 360°
24 kt	000° - 164°/296° - 360°
25 kt	000° - 163°/297° - 360°
26 kt	000° - 124°/156° - 162°/298° - 304°/336° - 360°

U tablici 10. prikazani su smjerovi i brzine vjetrova pri kojima zrakoplov može sletjeti kada je stanje piste MEDIUM TO POOR.

Tablica 10.: Vjetar za stanje piste MEDIUM TO POOR

JAKINA VJETRA	SMJER VJETRA
11 kt	000° - 205°/255° - 360°
12 kt	000° - 196°/264° - 360°
13 kt	000° - 190°/270° - 360°
14 kt	000° - 185°/275° - 360°
15 kt	000° - 181°/279° - 360°
16 kt	000° - 178°/282° - 360°
17 kt	000° - 176°/284° - 360°
18 kt	000° - 173°/285° - 360°
19 kt	000° - 171°/289° - 360°
20 kt	000° - 170°/290° - 360°
21 kt	000° - 122°/158° - 168°/292° - 302°/338° - 360°
22 kt	000° - 115°/167° - 165°/293° - 295°/345° - 360°
23 kt	000° - 110°/350° - 360°
24 kt	000° - 106°/354° - 360°
25 kt	000° - 103°/357° - 360°
26 kt	000° - 100°

U tablici 11. prikazani su smjerovi i brzine vjetrova pri kojima zrakoplov može sletjeti kada je stanje piste POOR.

Tablica 11.: Vjetar za stanje piste POOR

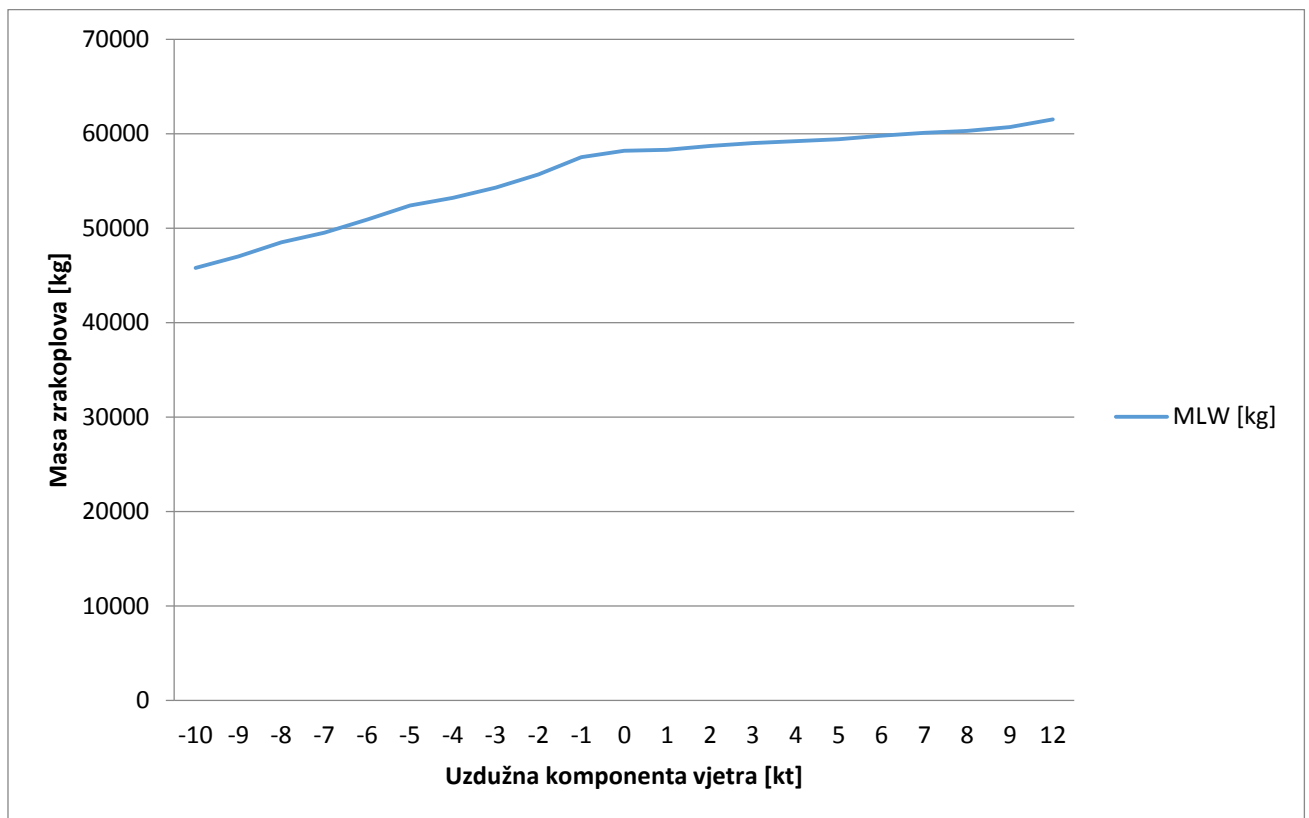
JACINA VJETRA	SMJER VJETRA
11 kt	000° - 205°/255° - 360°
12 kt	000° - 196°/264° - 360°
13 kt	000° - 190°/270° - 360°
14 kt	000° - 185°/275° - 360°
15 kt	000° - 181°/279° - 360°
16 kt	000° - 119°/161° - 178°/282° - 299°/341° - 360°
17 kt	000° - 111°/169° - 176°/284° - 291°/349° - 360°
18 kt	000° - 106°/354° - 360°
19 kt	000° - 102°/398° - 360°
20 kt	002° - 098°
21 kt	005° - 095°
22 kt	008° - 092°
23 kt	010° - 090°
24 kt	012° - 088°
25 kt	014° - 086°
26 kt	015° - 085°

8.1.2. Utjecaj vjetra na maksimalnu masu za slijetanje i na duljine slijetanja - staza 05

Vremenski uvjeti na stazi:

- temperatura 14°C
- tlak zraka 1013 hPa
- stanje piste GOOD

Na grafu 1. i u tablici 12. prikazane su vrijednosti maksimalne mase za slijetanje - MLW za vrijednosti uzdužne komponente vjetra, kada je iskorištena čitava duljina staze.

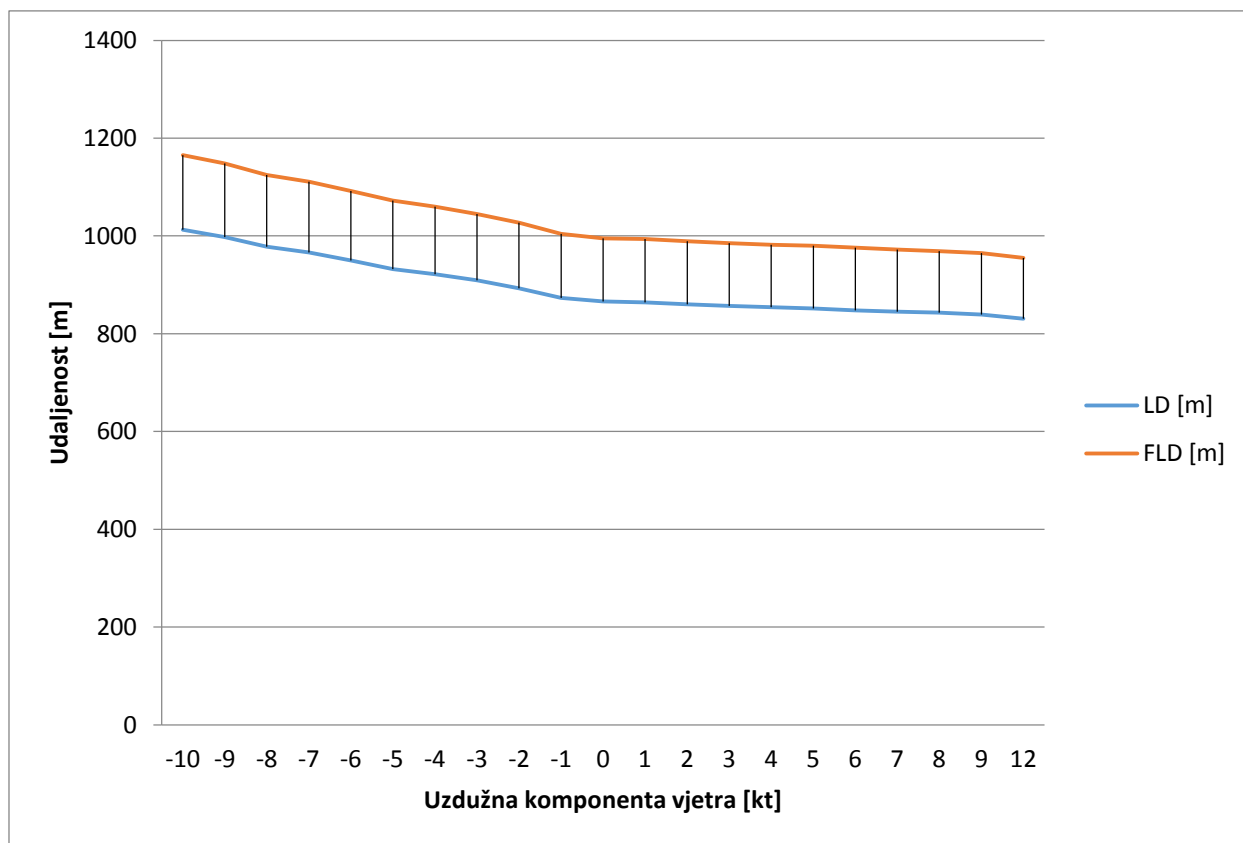


Graf 1.: Maksimalna masa za slijetanje - staza 05

Tablica 12.: Maksimalna masa za slijetanje - staza 05

Maksimalna masa za slijetanje	Uzdužna komponenta vjetra
45800 kg	- 10 kt
47000 kg	- 9 kt
48500 kg	- 8 kt
49500 kg	- 7 kt
50900 kg	- 6 kt
52400 kg	- 5 kt
53200 kg	- 4 kt
54300 kg	- 3 kt
55700 kg	- 2 kt
57500 kg	- 1 kt
58200 kg	0 kt
58300 kg	1 kt
58700 kg	2 kt
59000 kg	3 kt
59200 kg	4 kt
59400 kg	5 kt
59800 kg	6 kt
60100 kg	7 kt
60300 kg	8 kt
60700 kg	9 kt
61500 kg	12 kt

Na grafu 2. i u tablici 13. prikazane su vrijednosti Duljine za slijetanje - LD i vrijednosti Faktorizirane udaljenosti za slijetanje - FLD za vrijednosti uzdužne komponente vjetra, kada je masa zrakoplova 37 300 kg.



Graf 2.: LD i FLD - staza 05

Tablica 13.: LD i FLD - staza 05

Uzdužna komponenta vjetra	LD	FLD
- 10 kt	1013 m	1165 m
- 9 kt	998 m	1148 m
- 8 kt	978 m	1125 m
- 7 kt	966 m	1111 m
- 6 kt	950 m	1092 m
- 5 kt	932 m	1072 m
- 4 kt	922 m	1060 m
- 3 kt	909 m	1045 m
- 2 kt	893 m	1027 m
- 1 kt	873 m	1004 m
0 kt	866 m	995 m
1 kt	864 m	994 m
2 kt	860 m	989 m
3 kt	857 m	985 m
4 kt	854 m	982 m
5 kt	852 m	980 m
6 kt	848 m	976 m
7 kt	845 m	972 m
8 kt	843 m	969 m
9 kt	839 m	965 m
12 kt	831 m	955 m

8.2. Staza 23

Staza 23 je betonska staza koja je duga 1185 m, ima pozitivan nagib od 1 % i prag staze se nalazi na 233 ft nadmorske visine.

8.2.1. Konstrukcijska ograničenja zrakoplova na slijetanju zbog vjetra - staza 23

U tablici 14. prikazani su smjerovi i brzine vjetrova pri kojima zrakoplov može sletjeti kada je stanje piste GOOD, GOOD TO MEDIUM.

Tablica 14.: Vjetar za stanje piste GOOD, GOOD TO MEDIUM

JAKINA VJETRA	SMJER VJETRA
11 kt	000° - 025°/075° - 360°
12 kt	000° - 016°/084° - 360°
13 kt	000° - 010°/090° - 360°
14 kt	000° - 005°/095° - 360°
15 kt	000° - 001°/099° - 360°
16 kt	102° - 358°
17 kt	104° - 356°
18 kt	107° - 353°
19 kt	109° - 351°
20 kt	110° - 350°
21 kt	112° - 348°
22 kt	113° - 347°
23 kt	115° - 345°
24 kt	116° - 344°
25 kt	117° - 343°
26 kt	118° - 342°

U tablici 15. prikazani su smjerovi i brzine vjetrova pri kojima zrakoplov može sletjeti kada je stanje piste MEDIUM.

Tablica 15.: Vjetar za stanje piste MEDIUM

JAKINA VJETRA	SMJER VJETRA
11 kt	000° - 025°/075° - 360°
12 kt	000° - 016°/084° - 360°
13 kt	000° - 010°/090° - 360°
14 kt	000° - 005°/095° - 360°
15 kt	000° - 001°/099° - 360°
16 kt	102° - 358°
17 kt	104° - 356°
18 kt	107° - 353°
19 kt	109° - 351°
20 kt	110° - 350°
21 kt	112° - 348°
22 kt	113° - 347°
23 kt	115° - 345°
24 kt	116° - 344°
25 kt	117° - 343°
26 kt	118° - 124°/156° - 304°/336° - 342°

U tablici 16. prikazani su smjerovi i brzine vjetrova pri kojima zrakoplov može sletjeti kada je stanje piste MEDIUM TO POOR.

Tablica 16.: Vjetar za stanje piste MEDIUM TO POOR

JAKINA VJETRA	SMJER VJETRA
11 kt	000° - 025°/075° - 360°
12 kt	000° - 016°/084° - 360°
13 kt	000° - 010°/090° - 360°
14 kt	000° - 005°/095° - 360°
15 kt	000° - 001°/099° - 360°
16 kt	102° - 358°
17 kt	104° - 356°
18 kt	107° - 353°
19 kt	109° - 351°
20 kt	110° - 350°
21 kt	112° - 122°/158° - 302°/338° - 348°
22 kt	113° - 115°/165° - 295°/345° - 347°
23 kt	170° - 290°
24 kt	174° - 286°
25 kt	177° - 283°
26 kt	180° - 280°

U tablici 17. prikazani su smjerovi i brzine vjetrova pri kojima zrakoplov može sletjeti kada je stanje piste POOR.

Tablica 17.: Vjetar za stanje piste POOR

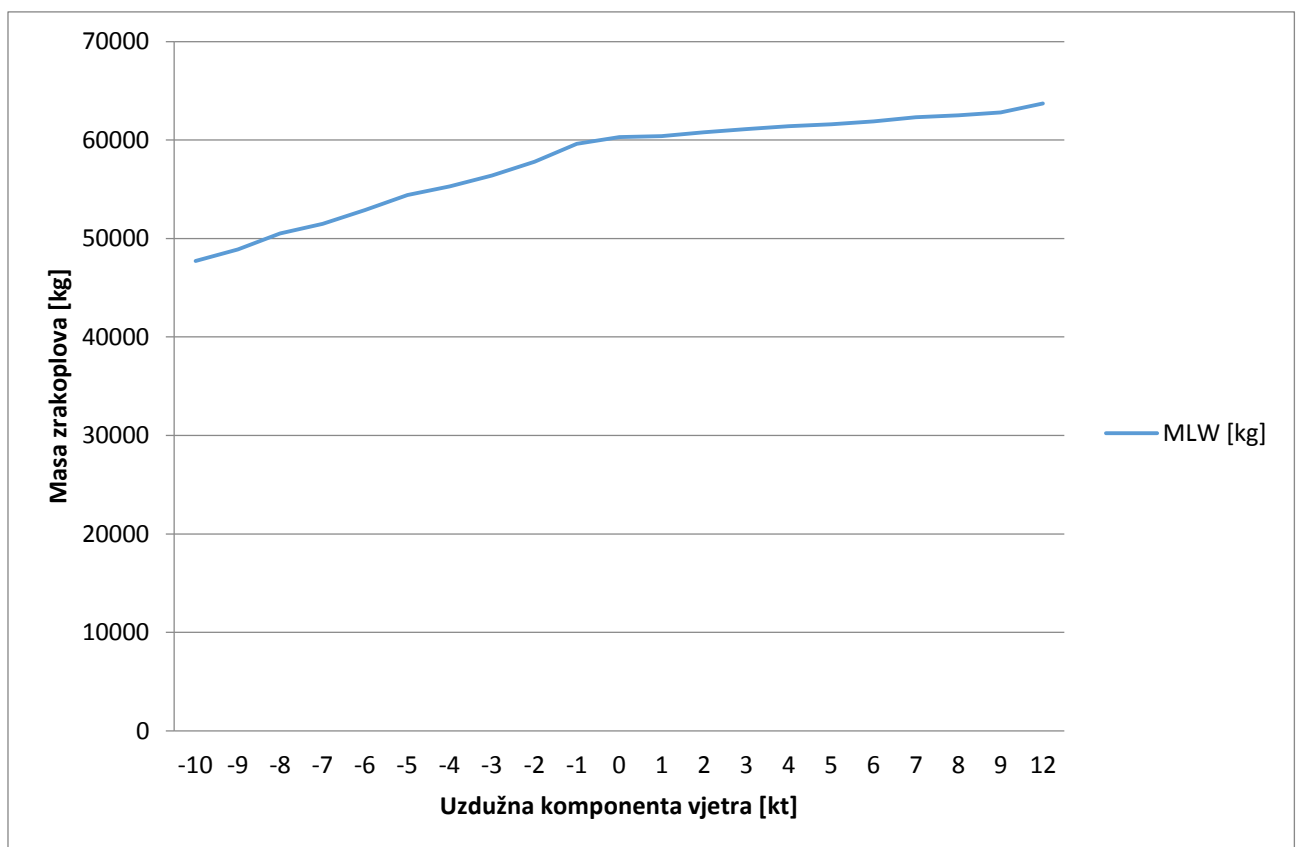
JACINA VJETRA	SMJER VJETRA
11 kt	000° - 025°/075° - 360°
12 kt	000° - 016°/084° - 360°
13 kt	000° - 010°/090° - 360°
14 kt	000° - 005°/095° - 360°
15 kt	000° - 001°/099° - 360°
16 kt	102° - 119°/161° - 299°/341° - 358°
17 kt	108° - 111°/169° - 291°/349° - 352°
18 kt	174° - 286°
19 kt	178° - 282°
20 kt	182° - 278°
21 kt	185° - 275°
22 kt	188° - 272°
23 kt	190° - 270°
24 kt	192° - 268°
25 kt	194° - 266°
26 kt	195° - 265°

8.2.2. Utjecaj vjetra na maksimalnu masu za slijetanje i na duljine slijetanja - staza 23

Vremenski uvjeti na stazi:

- temperatura 14°C
- tlak zraka 1013 hPa
- stanje piste GOOD

Na grafu 3. i u tablici 18. prikazane su vrijednosti maksimalne mase za slijetanje za vrijednosti uzdužne komponente vjetra, kada je iskorištena čitava duljina staze.

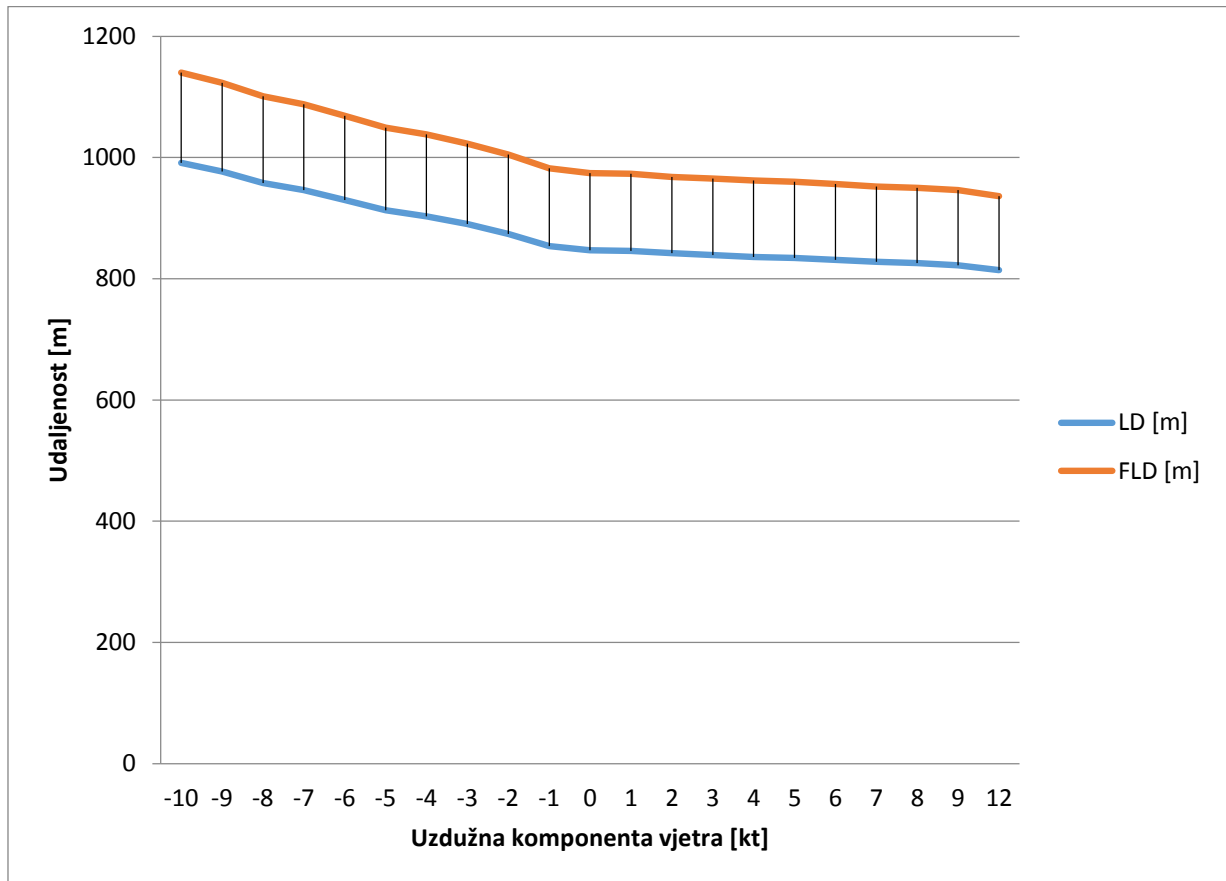


Graf 3.: Maksimalna masa za slijetanje - staza 23

Tablica 18.: Maksimalna masa za slijetanje - staza 23

Maksimalna masa za slijetanje	Uzdužna komponenta vjetra
47700 kg	- 10 kt
48900 kg	- 9 kt
50500 kg	- 8 kt
51500 kg	- 7 kt
52900 kg	- 6 kt
54400 kg	- 5 kt
55300 kg	- 4 kt
56400 kg	- 3 kt
57800 kg	- 2 kt
59600 kg	- 1 kt
60300 kg	0 kt
60400 kg	1 kt
60800 kg	2 kt
61100 kg	3 kt
61400 kg	4 kt
61600 kg	5 kt
61900 kg	6 kt
62300 kg	7 kt
62500 kg	8 kt
62800 kg	9 kt
63700 kg	12 kt

Na grafu 4. i u tablici 19. prikazane su vrijednosti Duljine za slijetanje - LD i vrijednosti Faktorizirane udaljenosti za slijetanje - FLD za vrijednosti uzdužne komponente vjetra, kada je masa zrakoplova 37 300 kg.



Graf 4.: LD i FLD - staza 23

Tablica 19.: LD i FLD - staza 23

Uzdužna komponenta vjetra	LD	FLD
- 10 kt	991 m	1140 m
- 9 kt	977 m	1123 m
- 8 kt	958 m	1101 m
- 7 kt	946 m	1088 m
- 6 kt	930 m	1069 m
- 5 kt	913 m	1049 m
- 4 kt	903 m	1038 m
- 3 kt	890 m	1023 m
- 2 kt	874 m	1005 m
- 1 kt	854 m	982 m
0 kt	847 m	974 m
1 kt	846 m	973 m
2 kt	842 m	968 m
3 kt	839 m	965 m
4 kt	836 m	962 m
5 kt	834 m	960 m
6 kt	831 m	956 m
7 kt	828 m	952 m
8 kt	826 m	950 m
9 kt	822 m	946 m
12 kt	814 m	936 m

8.3. Staza 13

Staza 13 je betonska staza koja je duga 1900 m, bez nagiba i prag staze se nalazi na 234 ft nadmorske visine.

8.3.1. Konstrukcijska ograničenja zrakoplova na slijetanju zbog vjetra staza 13

U tablici 20. prikazani su smjerovi i brzine vjetrova pri kojima zrakoplov može sletjeti kada je stanje piste GOOD, GOOD TO MEDIUM.

Tablica 20.: Vjetar za stanje piste GOOD, GOOD TO MEDIUM

JACINA VJETRA	SMJER VJETRA
11 kt	000° - 285°/335° - 360°
12 kt	000° - 276°/344° - 360°
13 kt	000° - 270°/350° - 360°
14 kt	000° - 265°/355° - 360°
15 kt	000° - 261°/359° - 360°
16 kt	002° - 258°
17 kt	004° - 256°
18 kt	007° - 253°
19 kt	009° - 251°
20 kt	010° - 250°
21 kt	012° - 248°
22 kt	013° - 247°
23 kt	015° - 245°
24 kt	016° - 244°
25 kt	017° - 243°
26 kt	018° - 242°

U tablici 21. prikazani su smjerovi i brzine vjetrova pri kojima zrakoplov može sletjeti kada je stanje piste MEDIUM.

Tablica 21.: Vjetar za stanje piste MEDIUM

JACINA VJETRA	SMJER VJETRA
11 kt	000° - 285°/335° - 360°
12 kt	000° - 276°/344° - 360°
13 kt	000° - 270°/350° - 360°
14 kt	000° - 265°/355° - 360°
15 kt	000° - 261°/359° - 360°
16 kt	002° - 258°
17 kt	004° - 256°
18 kt	007° - 253°
19 kt	009° - 251°
20 kt	010° - 250°
21 kt	012° - 248°
22 kt	013° - 247°
23 kt	015° - 245°
24 kt	016° - 244°
25 kt	017° - 243°
26 kt	018° - 025°/055° - 203°/235° - 242°

U tablici 22. prikazani su smjerovi i brzine vjetrova pri kojima zrakoplov može sletjeti kada je stanje piste MEDIUM TO POOR.

Tablica 22.: Vjetar za stanje piste MEDIUM TO POOR

JAKINA VJETRA	SMJER VJETRA
11 kt	000° - 285°/335° - 360°
12 kt	000° - 276°/344° - 360°
13 kt	000° - 270°/350° - 360°
14 kt	000° - 265°/355° - 360°
15 kt	000° - 261°/359° - 360°
16 kt	002° - 258°
17 kt	004° - 256°
18 kt	007° - 253°
19 kt	009° - 251°
20 kt	010° - 250°
21 kt	012° - 023°/057° - 203°/237° - 248°
22 kt	013° - 016°/064° - 196°/244° - 247°
23 kt	069° - 191°
24 kt	073° - 187°
25 kt	076° - 184°
26 kt	079° - 181°

U tablici 23. prikazani su smjerovi i brzine vjetrova pri kojima zrakoplov može sletjeti kada je stanje piste POOR.

Tablica 23.: Vjetar za stanje piste POOR

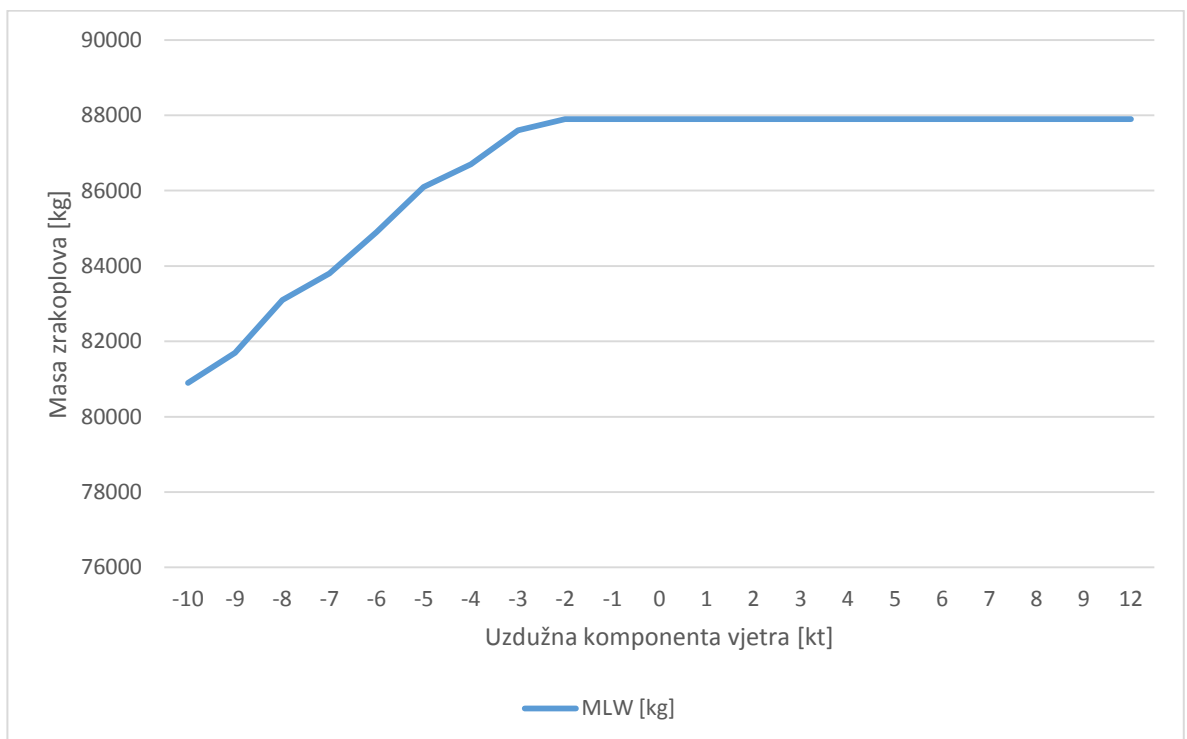
JAKINA VJETRA	SMJER VJETRA
11 kt	000° - 285°/335° - 360°
12 kt	000° - 276°/344° - 360°
13 kt	000° - 270°/350° - 360°
14 kt	000° - 265°/355° - 360°
15 kt	000° - 261°/359° - 360°
16 kt	002° - 020°/060° - 200°/240° - 258°
17 kt	004° - 012°/068° - 192°/248° - 256°
18 kt	073° - 187°
19 kt	077° - 183°
20 kt	081° - 179°
21 kt	084° - 176°
22 kt	087° - 173°
23 kt	089° - 171°
24 kt	091° - 169°
25 kt	093° - 167°
26 kt	094° - 166°

8.3.2. Utjecaj vjetra na maksimalnu masu za slijetanje i duljine slijetanja - staza 13

Vremenski uvjeti na stazi:

- temperatura 14°C
- tlak zraka 1013 hPa
- stanje piste GOOD

Na grafu 5. i u tablici 24. prikazane su vrijednosti maksimalne mase za slijetanje za vrijednosti uzdužne komponente vjetra, kada je iskorištena čitava duljina staze.

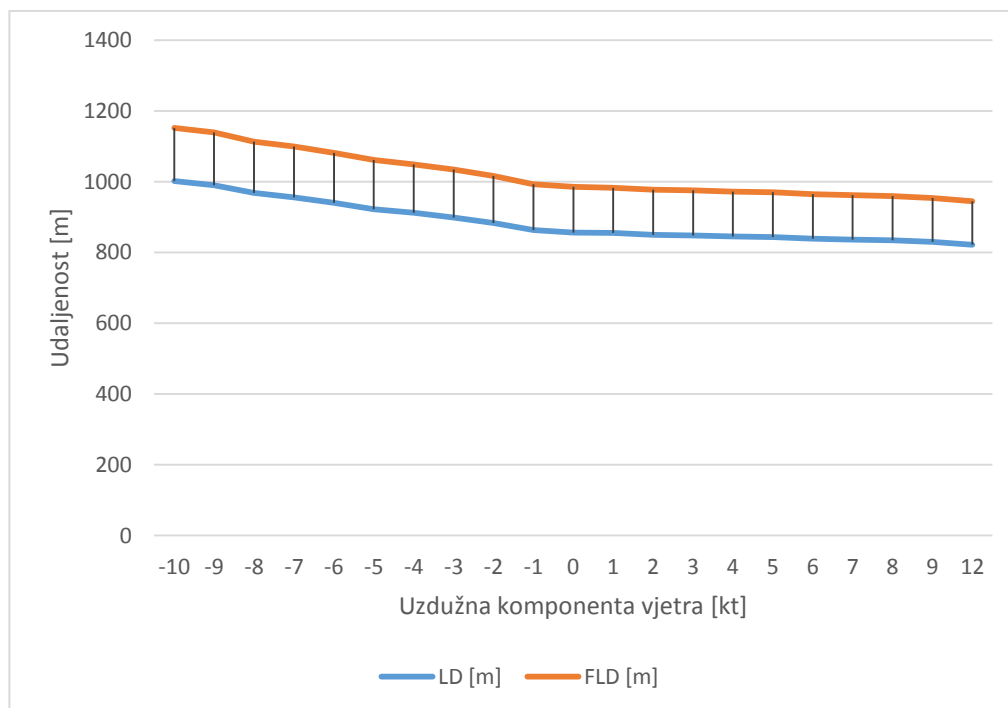


Graf 5.: Maksimalna masa za slijetanje - staza 13

Tablica 24.: Maksimalna masa za slijetanje - staza 13

Maksimalna masa za slijetanje	Uzdužna komponenta vjetra
80900 kg	- 10 kt
81700 kg	- 9 kt
83100 kg	- 8 kt
83800 kg	- 7 kt
84900 kg	- 6 kt
86100 kg	- 5 kt
86700 kg	- 4 kt
87600 kg	- 3 kt
87900 kg	- 2 kt
87900 kg	- 1 kt
87900 kg	0 kt
87900 kg	1 kt
87900 kg	2 kt
87900 kg	3 kt
87900 kg	4 kt
87900 kg	5 kt
87900 kg	6 kt
87900 kg	7 kt
87900 kg	8 kt
87900 kg	9 kt
87900 kg	12 kt

Na grafu 6. i u tablici 25. prikazane su vrijednosti Duljine za slijetanje - LD i vrijednosti Faktorizirane udaljenosti za slijetanje - FLD za vrijednosti uzdužne komponente vjetra, kada je masa zrakoplova 37 300 kg.



Graf 6.: LD i FLD - staza 13

Tablica 25.: LD i FLD - staza 13

Uzdužna komponenta vjetra	LD	FLD
- 10 kt	1002 m	1152 m
- 9 kt	990 m	1139 m
- 8 kt	968 m	1113 m
- 7 kt	956 m	1099 m
- 6 kt	940 m	1081 m
- 5 kt	922 m	1061 m
- 4 kt	912 m	1049 m
- 3 kt	899 m	1034 m
- 2 kt	883 m	1016 m
- 1 kt	863 m	993 m
0 kt	856 m	985 m
1 kt	855 m	983 m
2 kt	850 m	977 m
3 kt	848 m	975 m
4 kt	845 m	972 m
5 kt	843 m	970 m
6 kt	839 m	965 m
7 kt	836 m	962 m
8 kt	834 m	959 m
9 kt	830 m	954 m
12 kt	822 m	945 m

8.4. Staza 31

Staza 13 je betonska staza koja je duga 1900 m, bez nagiba i prag staze se nalazi na 234 ft nadmorske visine.

8.4.1. Konstrukcijska ograničenja zrakoplova na slijetanju zbog vjetra - staza 31

U tablici 26. prikazani su smjerovi i brzine vjetrova pri kojima zrakoplov može sletjeti kada je stanje piste GOOD, GOOD TO MEDIUM.

Tablica 26.: Vjetar za stanje piste GOOD, GOOD TO MEDIUM

JAČINA VJETRA	SMJER VJETRA
11 kt	000° - 105°/155° - 360°
12 kt	000° - 096°/164° - 360°
13 kt	000° - 090°/170° - 360°
14 kt	000° - 085°/175° - 360°
15 kt	000° - 081°/179° - 360°
16 kt	000° - 078°/182° - 360°
17 kt	000° - 076°/184° - 360°
18 kt	000° - 073°/187° - 360°
19 kt	000° - 071°/189° - 360°
20 kt	000° - 070°/190° - 360°
21 kt	000° - 068°/192° - 360°
22 kt	000° - 067°/193° - 360°
23 kt	000° - 065°/195° - 360°
24 kt	000° - 064°/196° - 360°
25 kt	000° - 063°/197° - 360°
26 kt	000° - 062°/198° - 360°

U tablici 27. prikazani su smjerovi i brzine vjetrova pri kojima zrakoplov može sletjeti kada je stanje piste MEDIUM.

Tablica 27.: Vjetar za stanje piste MEDIUM

JAKINA VJETRA	SMJER VJETRA
11 kt	000° - 105°/155° - 360°
12 kt	000° - 096°/164° - 360°
13 kt	000° - 090°/170° - 360°
14 kt	000° - 085°/175° - 360°
15 kt	000° - 081°/179° - 360°
16 kt	000° - 078°/182° - 360°
17 kt	000° - 076°/184° - 360°
18 kt	000° - 073°/187° - 360°
19 kt	000° - 071°/189° - 360°
20 kt	000° - 070°/190° - 360°
21 kt	000° - 068°/192° - 360°
22 kt	000° - 067°/193° - 360°
23 kt	000° - 065°/195° - 360°
24 kt	000° - 064°/196° - 360°
25 kt	000° - 063°/197° - 360°
26 kt	000° - 025°/055° - 062°/198° - 205°/235° - 360°

U tablici 28. prikazani su smjerovi i brzine vjetrova pri kojima zrakoplov može sletjeti kada je stanje piste MEDIUM TO POOR.

Tablica 28.: Vjetar za stanje piste MEDIUM TO POOR

JAKINA VJETRA	SMJER VJETRA
11 kt	000° - 105°/155° - 360°
12 kt	000° - 096°/164° - 360°
13 kt	000° - 090°/170° - 360°
14 kt	000° - 085°/175° - 360°
15 kt	000° - 081°/179° - 360°
16 kt	000° - 078°/182° - 360°
17 kt	000° - 076°/184° - 360°
18 kt	000° - 073°/187° - 360°
19 kt	000° - 071°/189° - 360°
20 kt	000° - 070°/190° - 360°
21 kt	000° - 023°/057° - 068°/192° - 203°/237° - 360°
22 kt	000° - 016°/064° - 067°/193° - 196°/244° - 360°
23 kt	000° - 011°/249° - 360°
24 kt	000° - 007°/253° - 360°
25 kt	000° - 004°/256° - 360°
26 kt	000° - 001°/259° - 360°

U tablici 29. prikazani su smjerovi i brzine vjetrova pri kojima zrakoplov može sletjeti kada je stanje piste POOR.

Tablica 29.: Vjetar za stanje piste POOR

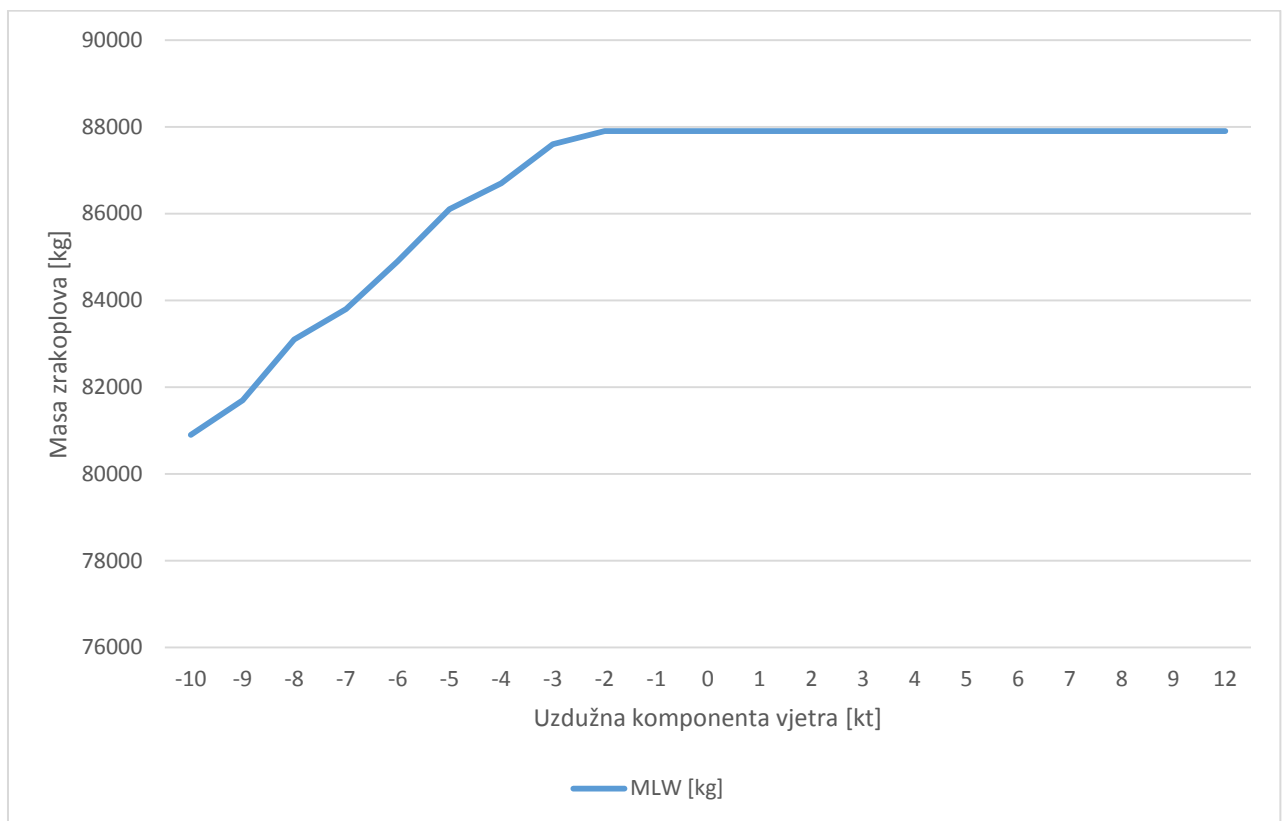
JAKINA VJETRA	SMJER VJETRA
11 kt	000° - 105°/155° - 360°
12 kt	000° - 096°/164° - 360°
13 kt	000° - 090°/170° - 360°
14 kt	000° - 085°/175° - 360°
15 kt	000° - 081°/179° - 360°
16 kt	000° - 020°/060° - 078°/182° - 200°/240° - 360°
17 kt	000° - 012°/068° - 076°/184° - 192°/248° - 360°
18 kt	000° - 007°/253° - 360°
19 kt	000° - 003°/257° - 360°
20 kt	261° - 359°
21 kt	264° - 356°
22 kt	267° - 353°
23 kt	269° - 351°
24 kt	271° - 349°
25 kt	273° - 347°
26 kt	274° - 346°

8.4.2. Utjecaj vjetra na maksimalnu masu za slijetanje i duljine slijetanja - staza 31

Vremenski uvjeti na stazi:

- temperatura 14°C
- tlak zraka 1013 hPa
- stanje piste GOOD

Na grafu 7. i u tablici 30. prikazane su vrijednosti maksimalne mase za slijetanje za vrijednosti uzdužne komponente vjetra, kada je iskorištena čitava duljina staze.

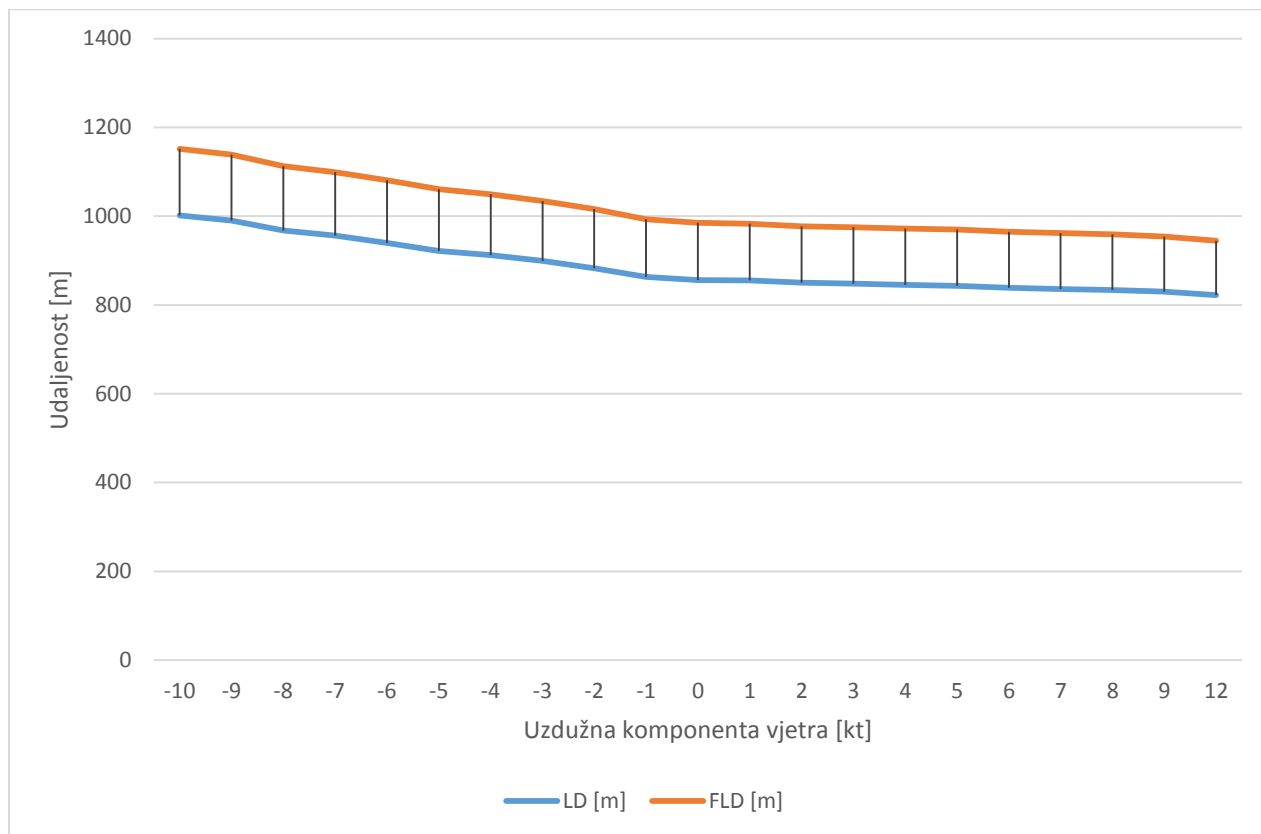


Graf 7.: Maksimalna masa za slijetanje-staza 31

Tablica 30.: Maksimalna masa za slijetanje - staza 31

Maksimalna masa za slijetanje	Uzdužna komponenta vjetra
80900 kg	- 10 kt
81700 kg	- 9 kt
83100 kg	- 8 kt
83800 kg	- 7 kt
84900 kg	- 6 kt
86100 kg	- 5 kt
86700 kg	- 4 kt
87600 kg	- 3 kt
87900 kg	- 2 kt
87900 kg	- 1 kt
87900 kg	0 kt
87900 kg	1 kt
87900 kg	2 kt
87900 kg	3 kt
87900 kg	4 kt
87900 kg	5 kt
87900 kg	6 kt
87900 kg	7 kt
87900 kg	8 kt
87900 kg	9 kt
87900 kg	12 kt

Na grafu 8. i u tablici 31. prikazane su vrijednosti Duljine za slijetanje - LD i vrijednosti Faktorizirane udaljenosti za slijetanje - FLD za vrijednosti uzdužne komponente vjetra, kada je masa zrakoplova 37 300 kg.



Graf 8.: LD i FLD - staza 31

Tablica 31.: LD i FLD - staza 31

Uzdužna komponenta vjetra	LD	FLD
- 10 kt	1002 m	1152 m
- 9 kt	990 m	1139 m
- 8 kt	968 m	1113 m
- 7 kt	956 m	1099 m
- 6 kt	940 m	1081 m
- 5 kt	922 m	1061 m
- 4 kt	912 m	1049 m
- 3 kt	899 m	1034 m
- 2 kt	883 m	1016 m
- 1 kt	863 m	993 m
0 kt	856 m	985 m
1 kt	855 m	983 m
2 kt	850 m	977 m
3 kt	848 m	975 m
4 kt	845 m	972 m
5 kt	843 m	970 m
6 kt	839 m	965 m
7 kt	836 m	962 m
8 kt	834 m	959 m
9 kt	830 m	954 m
12 kt	822 m	945 m

9. Zaključak

Na zrakoplov Airbus A320 u slijetanju, važan utjecaj na slijetanje ima poprečna i uzdužna komponenta vjetra. Vrijednosti poprečnih komponenti vjetra pri kojima zrakoplov može sletjeti, ovisit će o stanju piste tj. pri višim koeficijentima trenja piste zrakoplov može sletjeti i kada su vrijednosti poprečne komponente vjetra velike, a pri nižim koeficijentima trenja piste zrakoplov može sletjeti kada su vrijednosti poprečne komponente vjetra male. Uzdužna komponenta vjetra limitirana je: jačinom leđne komponente vjetra kojom „gura“ zrakoplov prema naprijed, duljinom sletne staze, mase zrakoplova, vrstom sustava za kočenje, faktorom trenjem staze, nagibom staze, ali treba napomenuti, pozitivan učinak čeonog vjetra koji pomaže zrakoplovu u zaustavljanju na pisti.

Rezultati mase za slijetanje su maksimalne vrijednosti koje su dobivene pri korištenju čitave duljine staze za slijetanje, a utjecaj na izračun mase je imao nagib piste i uzdužna komponenta vjetra. Utjecaj vjetra i nagiba staze na udaljenosti slijetanja, prikazani su za najmanju moguću masu zrakoplova na slijetanju. Konfiguracija zrakoplova, stanje piste i vremenski uvjeti na aerodromu ostali su konstantni.

Vrijednosti mase zrakoplova u slijetanju su teorijske, pa neke vrijednosti mase premašuju maksimalnu dozvoljenu masu slijetanja, pa čak i samu masu zrakoplova. Program *Flight smart* je ograničen na 87 900 kg mase za slijetanje, što je za 23 400 kg veće od maksimalne dozvoljene mase za slijetanje za zrakoplov Airbus A320. Takvo prekoračenje teorijske mase za slijetanje je namjerno napravljeno, zato što se teorijska masa slijetanja smanjuje za svako pogoršanje vremenskih uvjeta, pogoršanja stanja piste, otkaza sustava na zrakoplovu ili pojedinih komponenata na zrakoplovu koji imaju utjecaj na slijetanje.

Maksimalna masa dobivena u programu *Flight smart* je teorijska masa s kojom zrakoplov može sigurno sletjeti, a da pri tome iskoristi cijelu duljinu sletne staze. Zrakoplov će sa svojom minimalnom masom bez problema moći sletjeti na sve četiri staze na aerodromu Caen, a da pri tome nije iskoristio čitavu duljinu staze.

LITERATURA

- [1] E. U. A. S. Agency, »EASA,« 24 June 2020. [Mrežno]. Available: https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/cs-25_amendment_25.pdf. [Pokušaj pristupa 22 Listopad 2020].
- [2] »Legal Information Institute,« [Mrežno]. Available: https://www.law.cornell.edu/cfr/text/14/appendix-C_to_part_25. [Pokušaj pristupa 15 Listopad 2020].
- [3] F. S. Foundation, »skybrary.aero,« 2009. [Mrežno]. Available: <https://skybrary.aero/bookshelf/books/867.pdf>. [Pokušaj pristupa 24 Rujna 2020].
- [4] O. A. Academy, ATPL ground training series - Flight Performance and Planning I, Shoreham: Oxford Aviation Academy, 2008.
- [5] Wikipedia, »Aerodinamički otpor,« [Mrežno]. Available: https://hr.wikipedia.org/wiki/Aerodinami%C4%8Dki_otpor. [Pokušaj pristupa 23 Rujan 2020].
- [6] J. Oxford aviation training, Flight performance and planning I 030 032 PERFORMANCE, Frankfurt: Jeppesen GmbH, 2001.
- [7] »SKYbrary,« [Mrežno]. Available: <https://www.skybrary.aero/index.php/Aquaplaning#:~:text=Aquaplaning%2C%20also%20known%20as%20hydroplaning,ground%20speed%20of%20the%20aircraft..> [Pokušaj pristupa 3 Studeni 2020].
- [8] N. A. L. NLR, »SKYbrary,« [Mrežno]. Available: <https://www.skybrary.aero/bookshelf/books/1147.pdf>. [Pokušaj pristupa 20 Svibanj 2020].
- [9] C. Airlines, Operations Manual Part B. Chapters 0-12 Aircraft Operating Matters Issue II, Croatia Airlines, 2020..
- [10] AIRBUS, A318/A319/A320/A321 - Flight crew operating manual, Croatia Airlines, 2020.
- [11] »SKYbrary,« [Mrežno]. Available: [https://www.skybrary.aero/index.php/Lift-off_Speed_\(VLOF\)#:~:text=Lift%2Doff%20Speed%20\(VLOF,the%20aeroplane%20first%20becomes%20airborne..](https://www.skybrary.aero/index.php/Lift-off_Speed_(VLOF)#:~:text=Lift%2Doff%20Speed%20(VLOF,the%20aeroplane%20first%20becomes%20airborne..) [Pokušaj pristupa 15 Rujan 2020].
- [12] Wikipedia, »Airbus A320 family,« [Mrežno]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Airbus_A320_family. [Pokušaj pristupa 16 Listopad 2020].
- [13] Airbus, A318/A319A320/A321 Quick Reference Handbook, Toulouse: Airbus, 2020.

- [14] Wikipedia, »Caen - Carpiquet Airport,« [Mrežno]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Caen_%E2%80%93_Carpiquet_Airport. [Pokušaj pristupa 20 Lipanj 2020].
- [15] »Windfinder,« [Mrežno]. Available: https://www.windfinder.com/windstatistics/caen-carpiquet_airport. [Pokušaj pristupa 5 Svibanj 2020].
- [16] D. Novak, Zrakoplovna računska navigacija, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, 2012.

DODATCI

Popis slika:

Slika 1.: Stvarna duljina slijetanja.....	4
Slika 2.: Ovisnost koeficijenta otpora o Reynoldsovom broju.....	6
Slika 3.: Odnos otpora i brzine zrakoplova	7
Slika 4.: Negativni potisak	9
Slika 5.: Zakrilca i predkrilca	11
Slika 6.: Airbus A320-200	18
Slika 7.: Aerodrom Caen	24
Slika 8.: Flight smart.....	27
Slika 9.: Parametri za slijetanje	28
Slika 10.: Rezultat proračuna.....	28
Slika 11.: Kod programa za vjetar	29
Slika 12.: Izračun vjetra	30

Popis tablica:

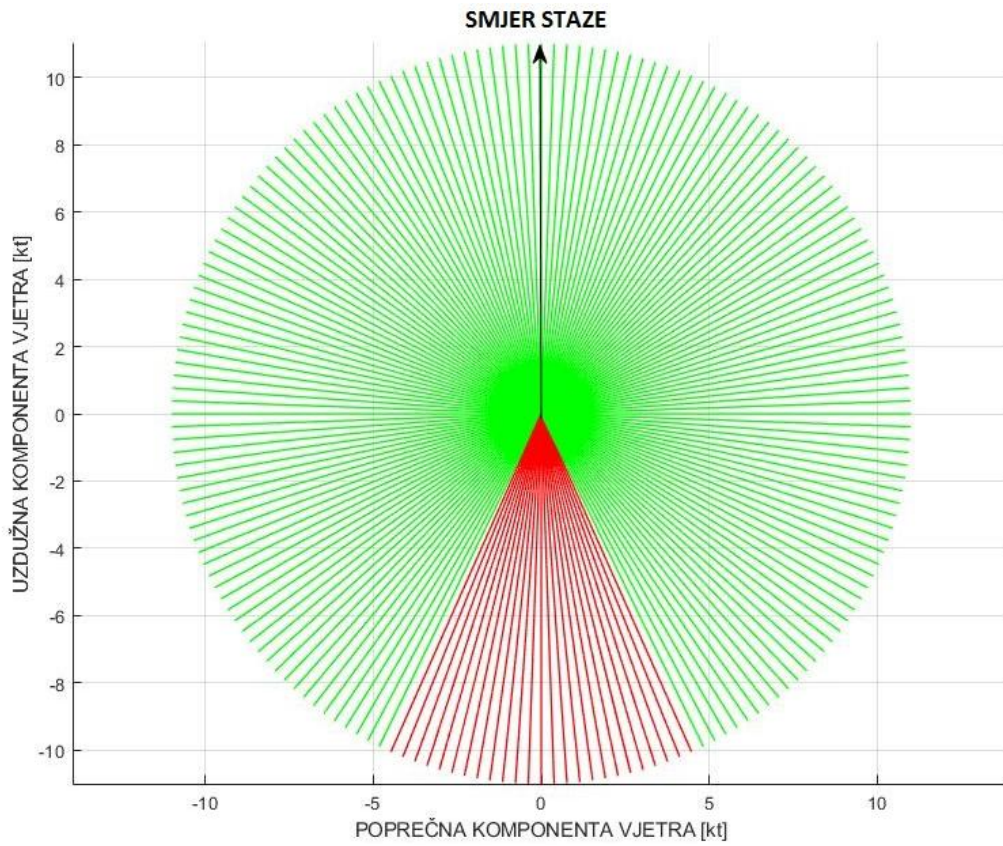
Tablica 1.: Brzina koja pruža manevarske sposobnosti	3
Tablica 2.: Klase zrakoplova	14
Tablica 3.: Specifikacije A320 - 200.....	18
Tablica 4.: Maksimalna komponenta bočnog vjetra za onečišćenu stazu.....	19
Tablica 5.: Maksimalna brzina za let sa zakrilcima / predkrilcima.....	20
Tablica 6.: Strukturalna ograničenja mase	20
Tablica 7.: Prosječna jačina vjetra na aerodromu Caen.....	25
Tablica 8.: Vjetar za stanje piste GOOD i GOOD TO MEDIUM.....	32
Tablica 9.: Vjetar za stanje piste MEDIUM	33
Tablica 10.: Vjetar za stanje piste MEDIUM TO POOR	34
Tablica 11.: Vjetar za stanje piste POOR	35
Tablica 12.: Maksimalna masa za slijetanje - staza 05.....	37
Tablica 13.: LD i FLD - staza 05.....	39
Tablica 14.: Vjetar za stanje piste GOOD, GOOD TO MEDIUM.....	40
Tablica 15.: Vjetar za stanje piste MEDIUM.....	41
Tablica 16.: Vjetar za stanje piste MEDIUM TO POOR	42
Tablica 17.: Vjetar za stanje piste POOR	43
Tablica 18.: Maksimalna masa za slijetanje - staza 23.....	45
Tablica 19.: LD i FLD - staza 23.....	47
Tablica 20.: Vjetar za stanje piste GOOD, GOOD TO MEDIUM.....	48
Tablica 21.: Vjetar za stanje piste MEDIUM.....	49
Tablica 22.: Vjetar za stanje piste MEDIUM TO POOR	50
Tablica 23.: Vjetar za stanje piste POOR	51
Tablica 24.: Maksimalna masa za slijetanje - staza 13.....	53
Tablica 25.: LD i FLD - staza 13.....	55
Tablica 26.: Vjetar za stanje piste GOOD, GOOD TO MEDIUM.....	56
Tablica 27.: Vjetar za stanje piste MEDIUM.....	57
Tablica 28.: Vjetar za stanje piste MEDIUM TO POOR	58
Tablica 29.: Vjetar za stanje piste POOR	59
Tablica 30.: Maksimalna masa za slijetanje - staza 31.....	61
Tablica 31.: LD i FLD - staza 31.....	63

Popis grafova:

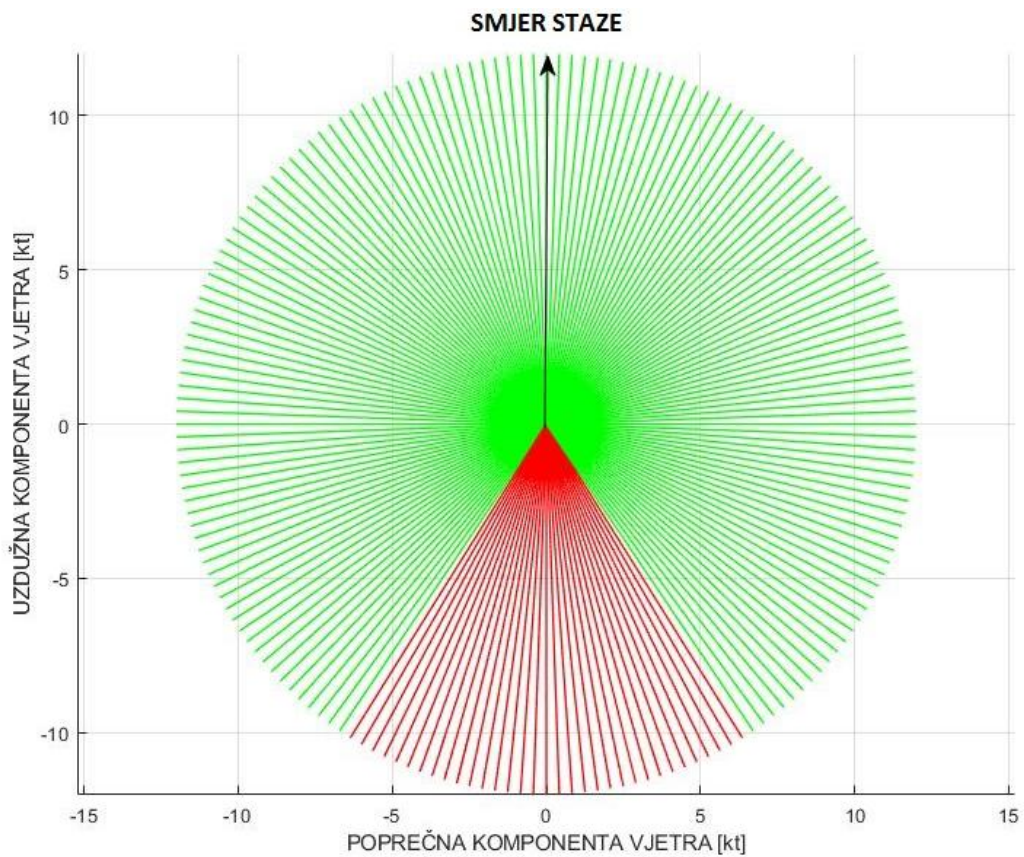
Graf 1.: Maksimalna masa za slijetanje - staza 05.....	36
Graf 2.: LD i FLD - staza 05.....	38
Graf 3.: Maksimalna masa za slijetanje - staza 23.....	44
Graf 4.: LD i FLD - staza 23.....	46
Graf 5.: Maksimalna masa za slijetanje - staza 13.....	52
Graf 6.: LD i FLD - staza 13.....	54
Graf 7.: Maksimalna masa za slijetanje-staza 31.....	60
Graf 8.: LD i FLD - staza 31.....	62

PRILOZI

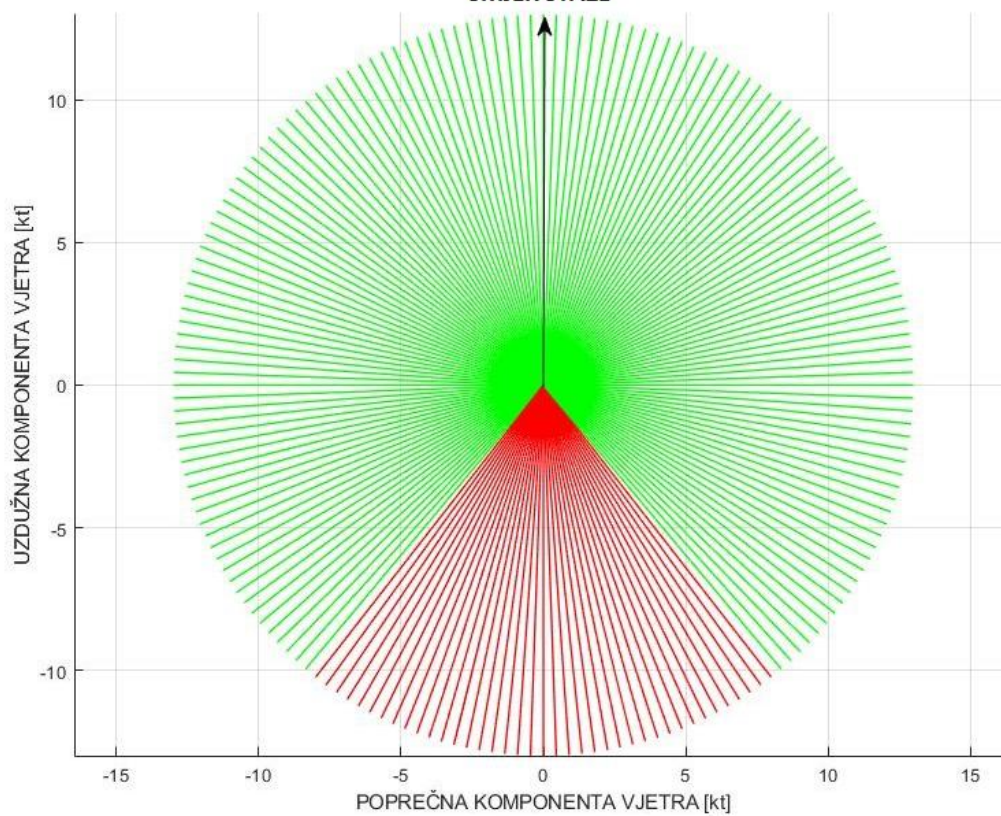
Prilog 1. Stanje piste *GOOD* i *GOOD TO MEDIUM*, vjetar = 11 kt



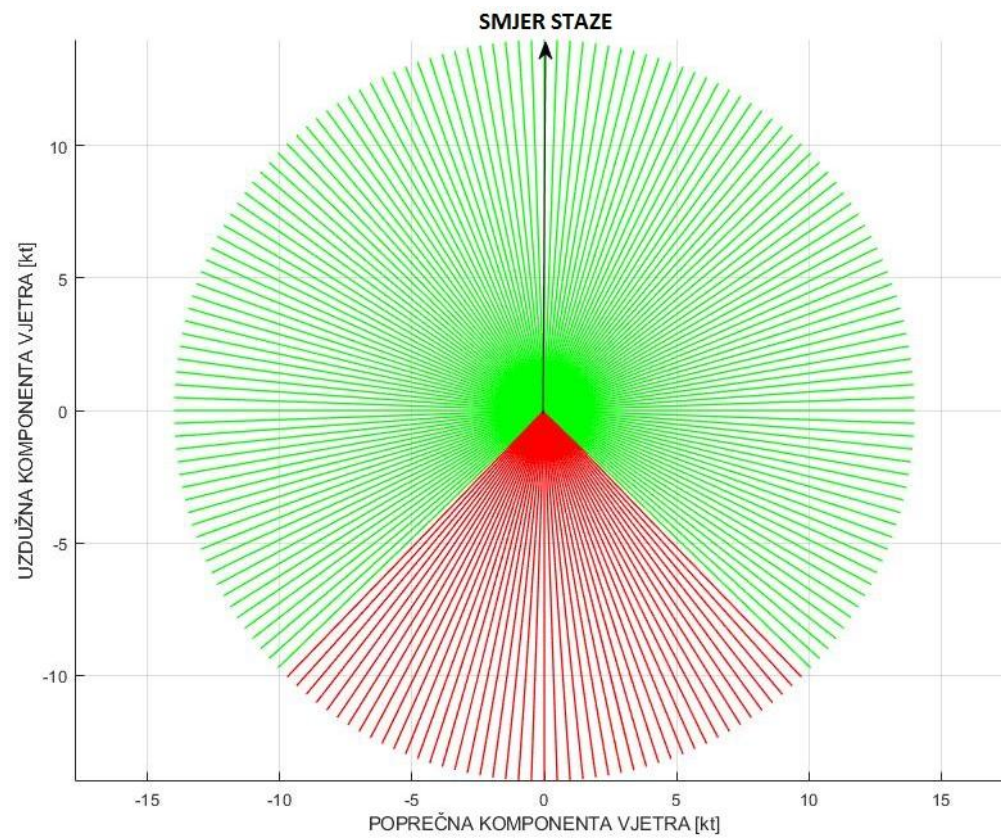
Prilog 2. Stanje piste *GOOD* i *GOOD TO MEDIUM*, vjetar = 12 kt



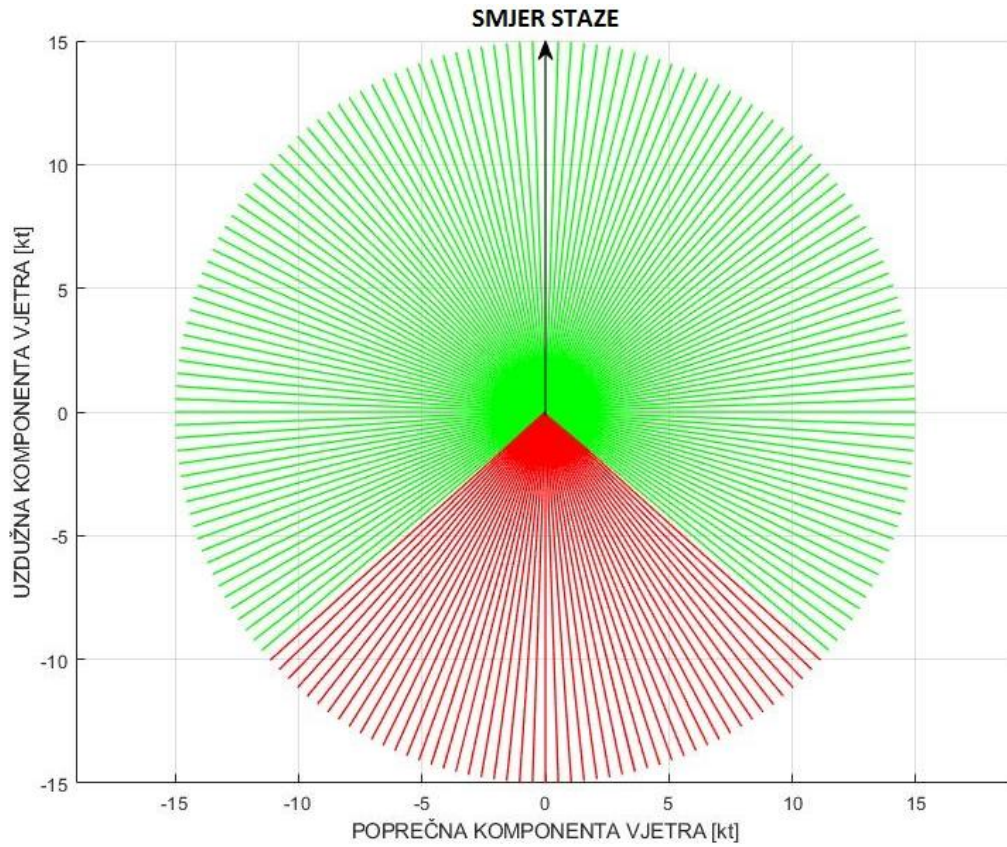
Prilog 3. Stanje piste *GOOD* i *GOOD TO MEDIUM*, vjetar = 13 kt
SMJER STAZE



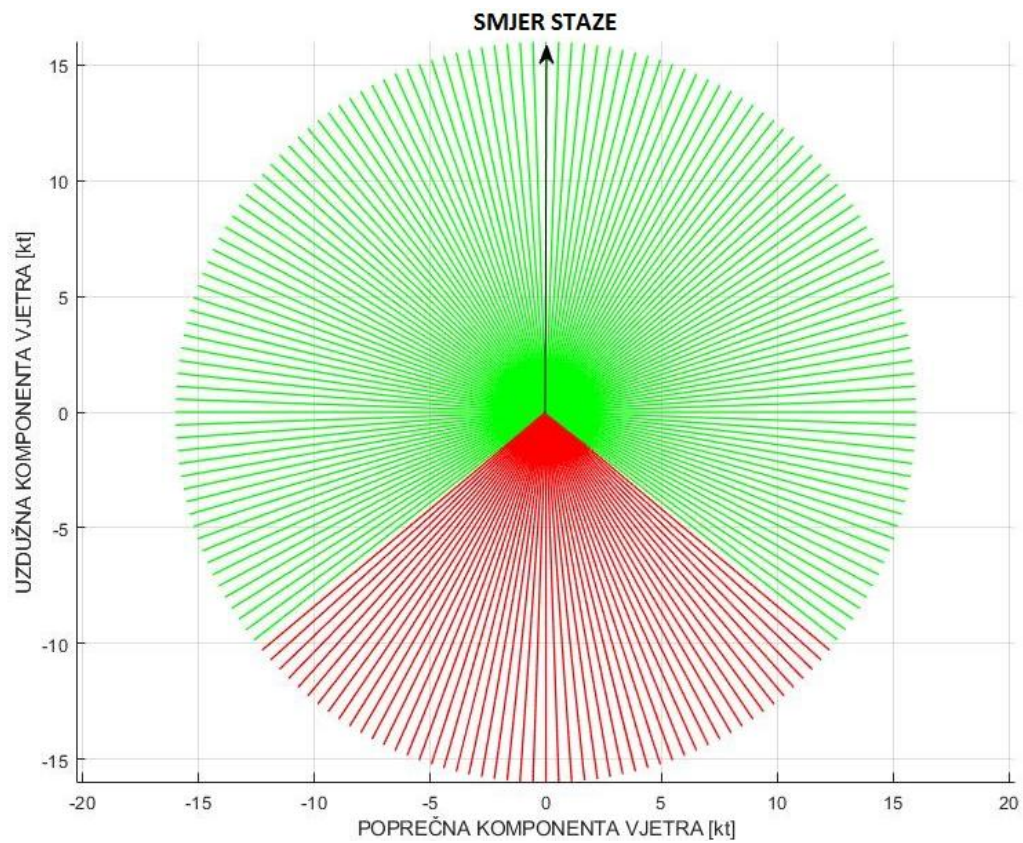
Prilog 4. Stanje piste *GOOD* i *GOOD TO MEDIUM*, vjetar = 14 kt



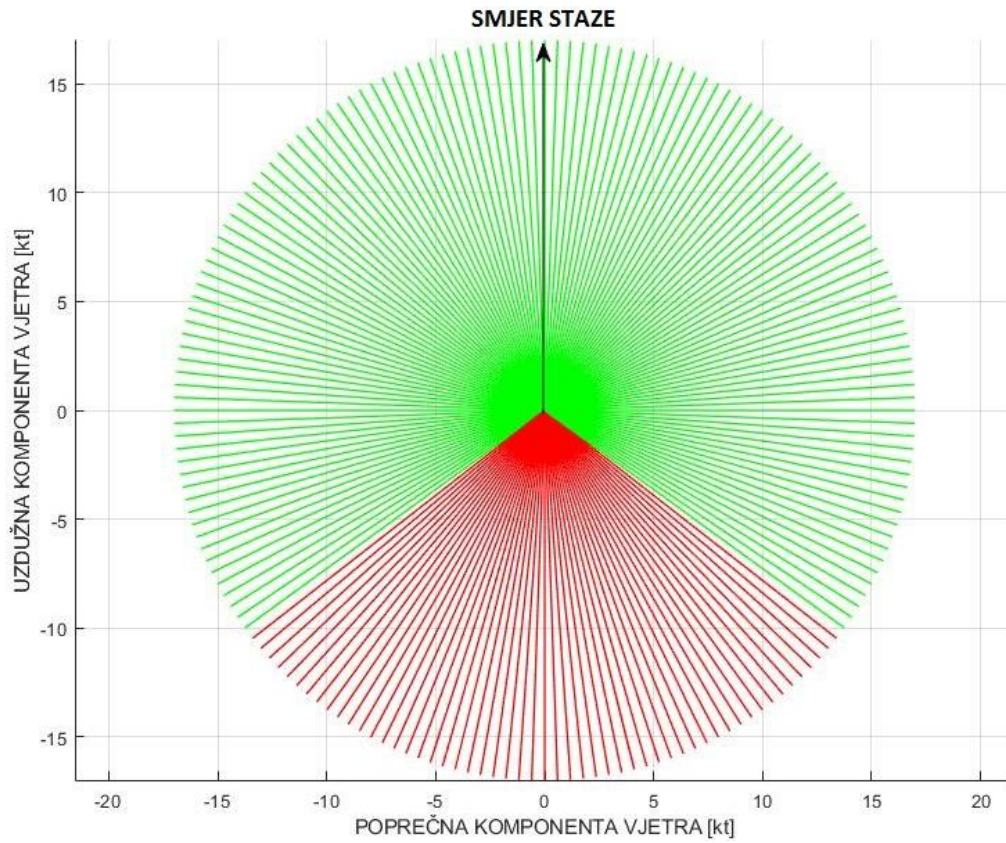
Prilog 5. Stanje piste *GOOD* i *GOOD TO MEDIUM*, vjetar = 15 kt



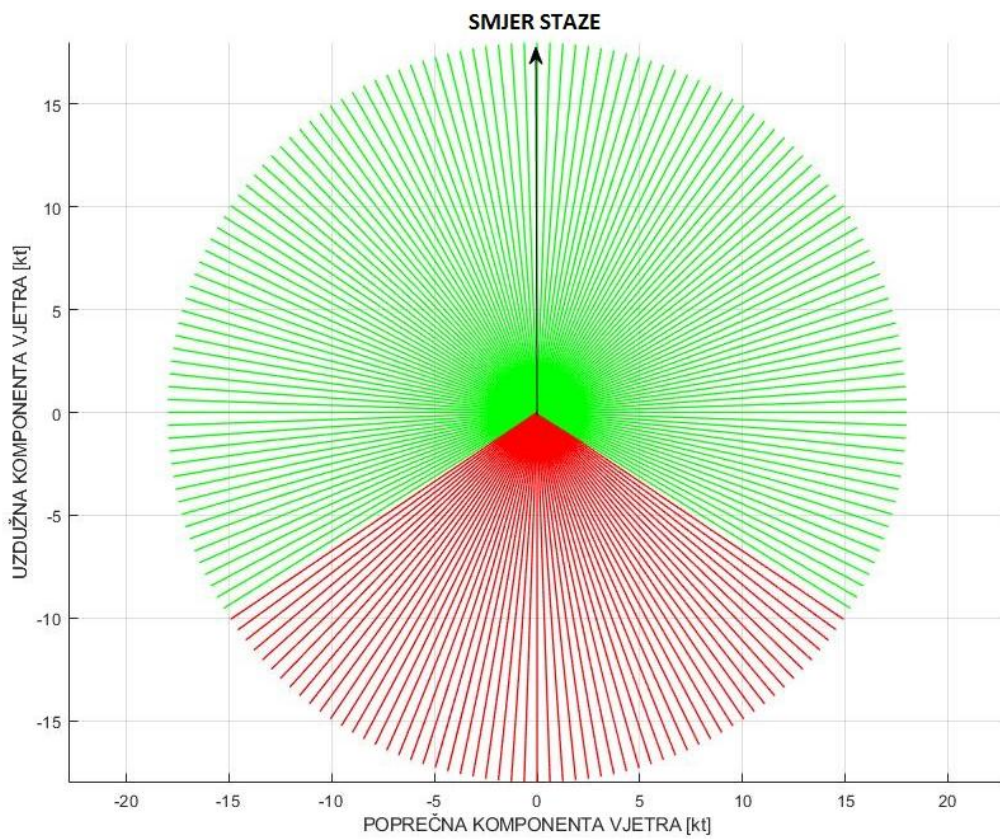
Prilog 6. Stanje piste *GOOD* i *GOOD TO MEDIUM*, vjetar = 16 kt



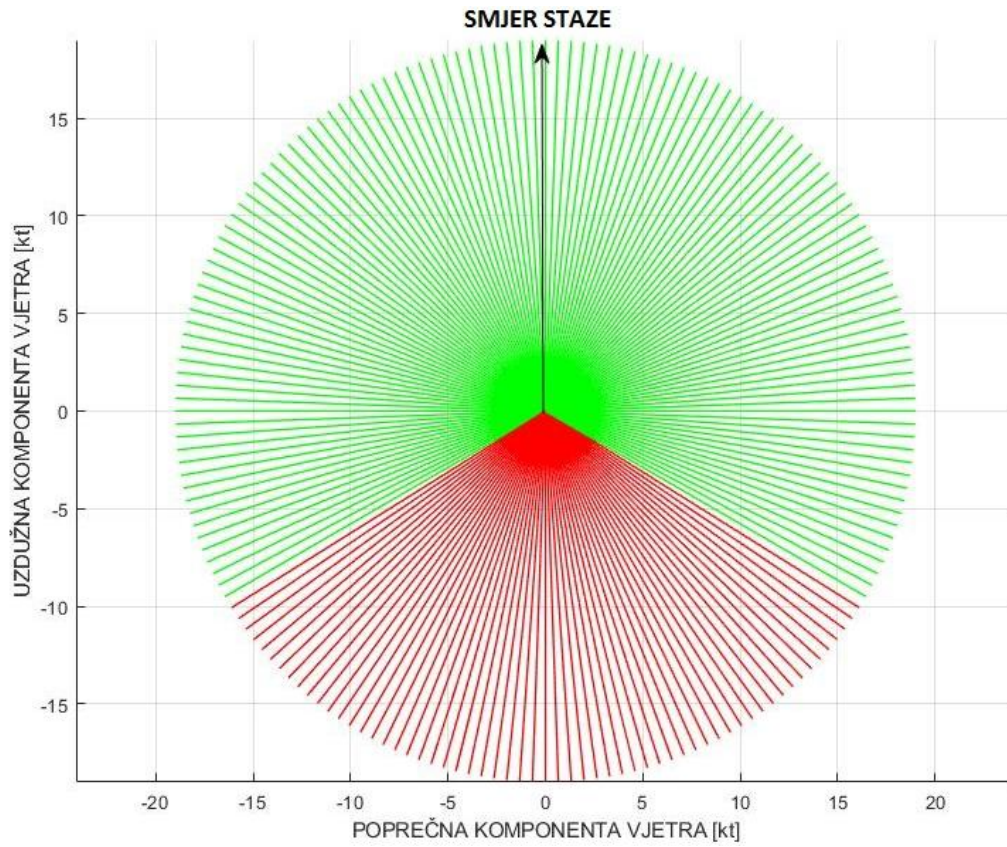
Prilog 7. Stanje piste *GOOD* i *GOOD TO MEDIUM*, vjetar = 17 kt



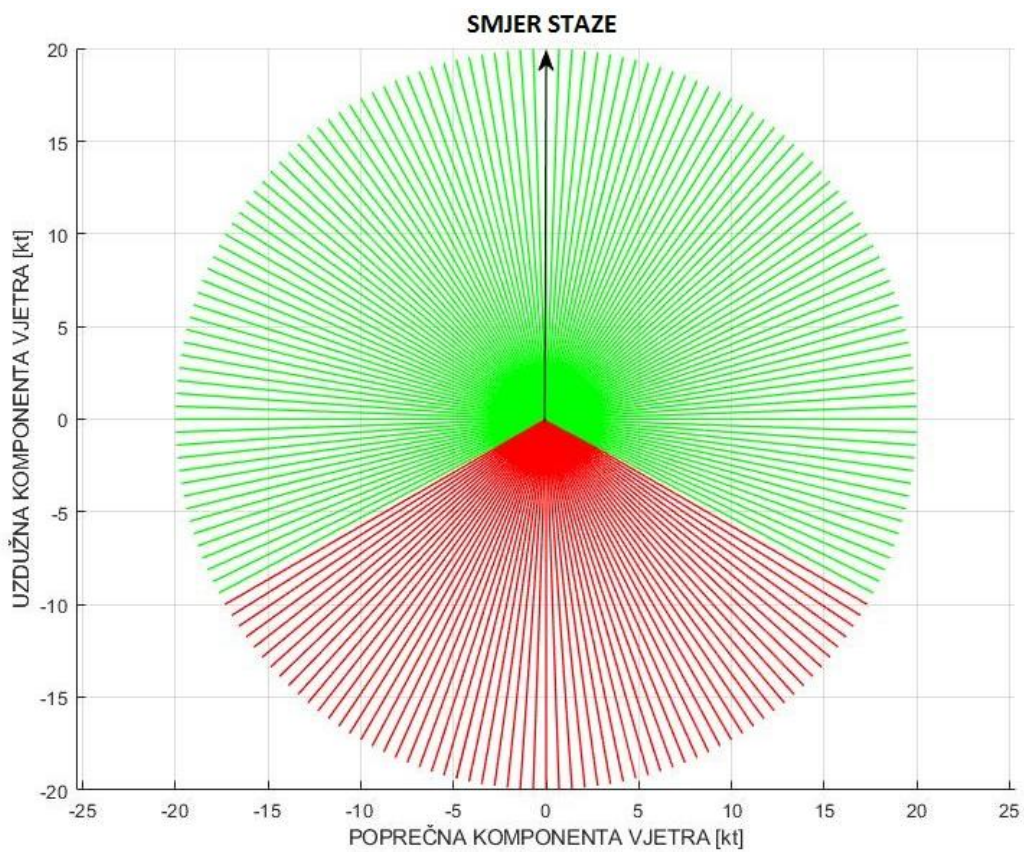
Prilog 8. Stanje piste *GOOD* i *GOOD TO MEDIUM*, vjetar = 18 kt



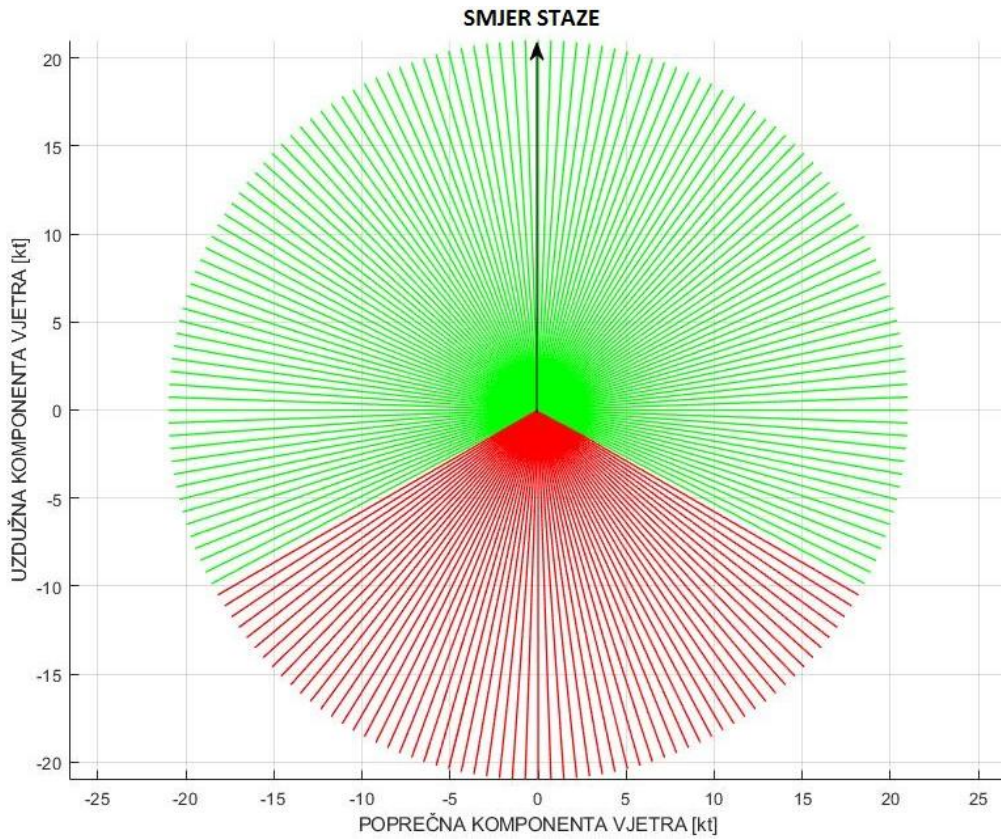
Prilog 9. Stanje piste *GOOD* i *GOOD TO MEDIUM*, vjetar = 19 kt



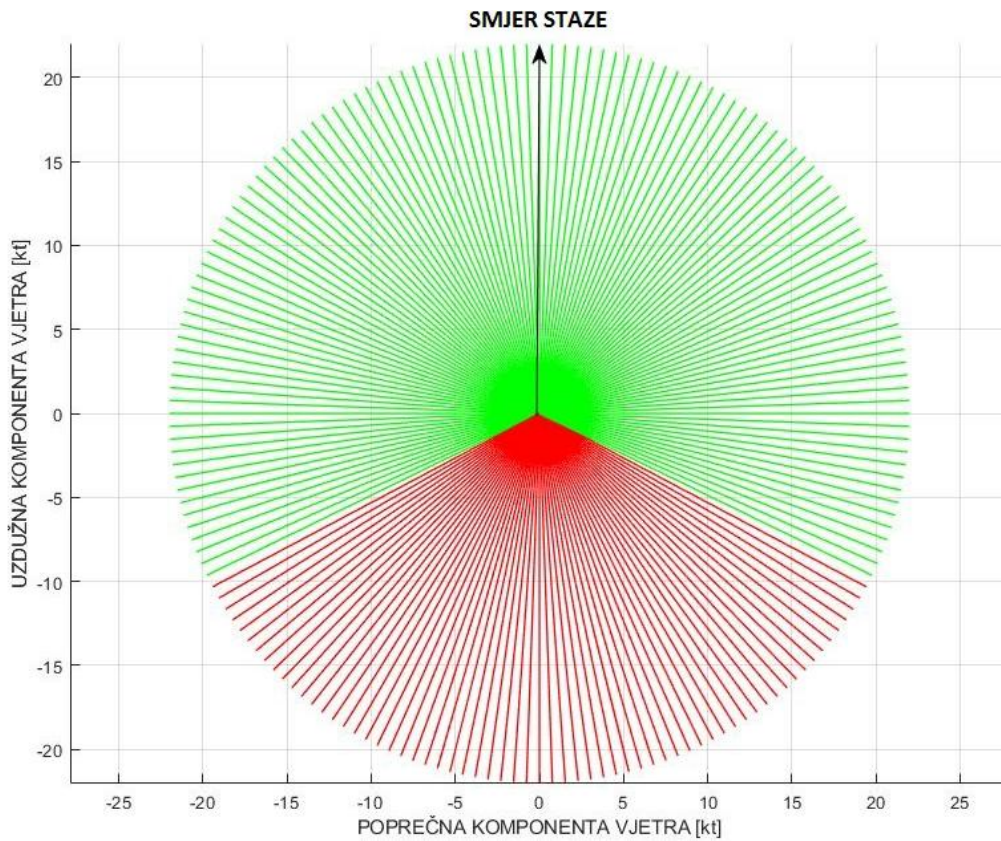
Prilog 10. Stanje piste *GOOD* i *GOOD TO MEDIUM*, vjetar = 20 kt



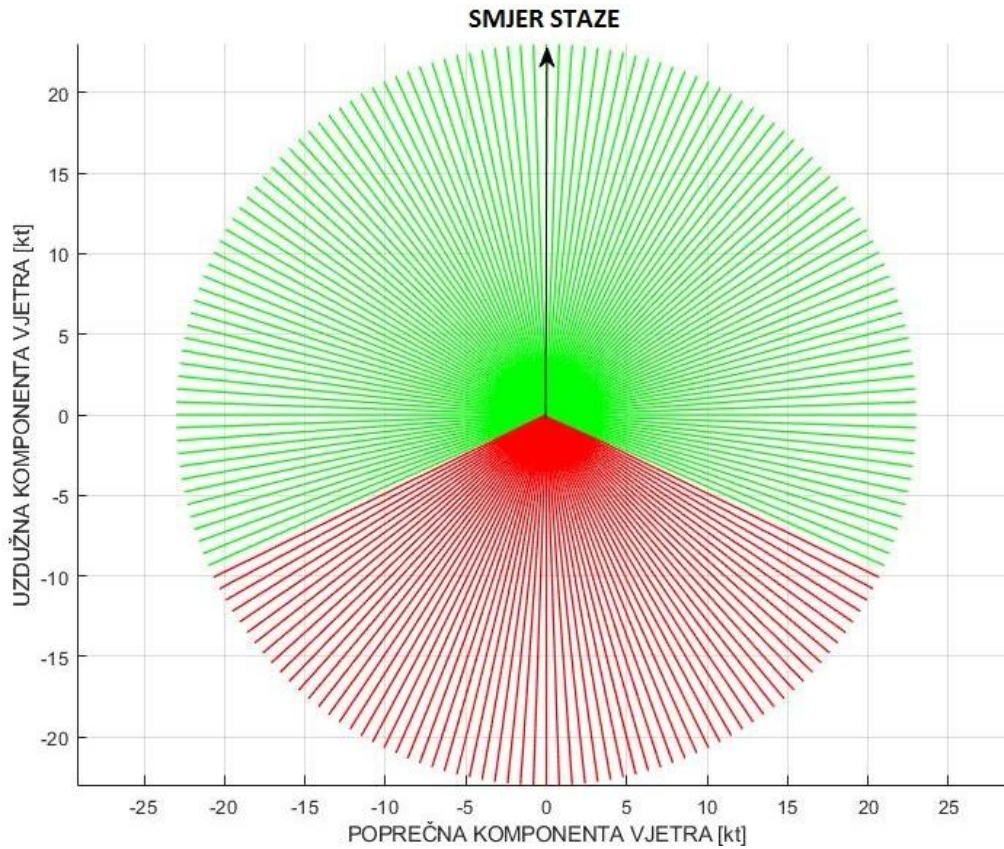
Prilog 11. Stanje piste *GOOD* i *GOOD TO MEDIUM* , vjetar = 21 kt



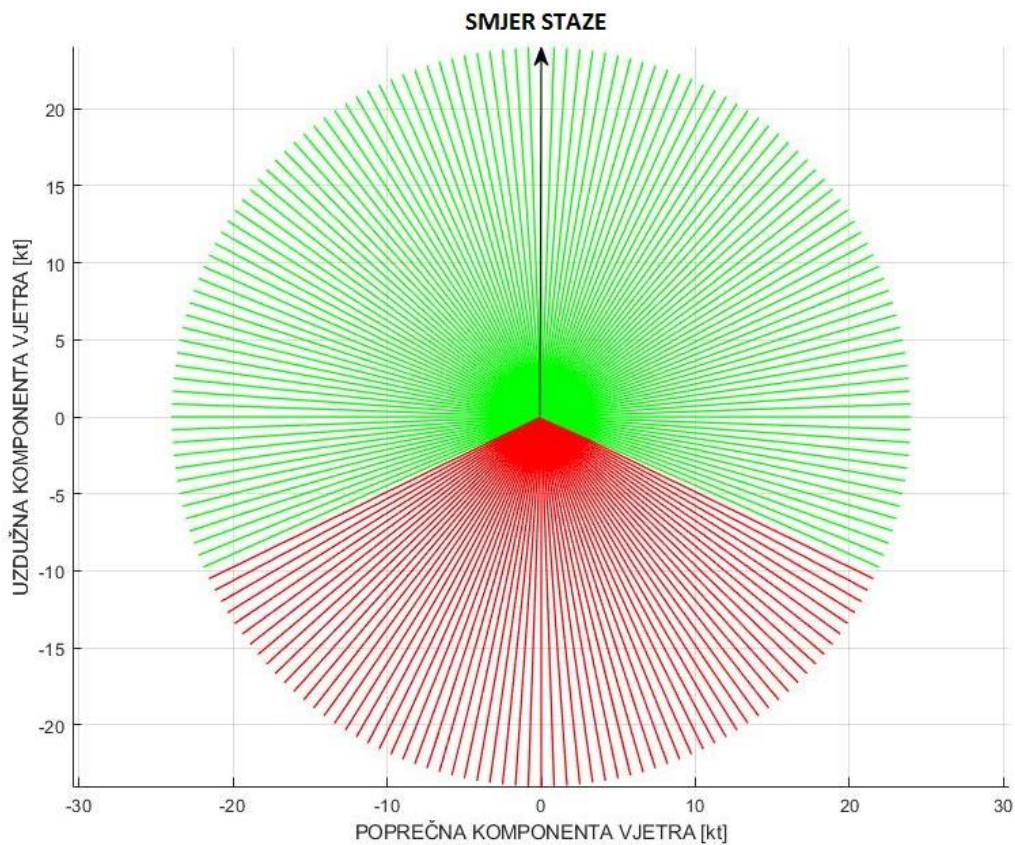
Prilog 12. Stanje piste *GOOD* i *GOOD TO MEDIUM* , vjetar = 22 kt



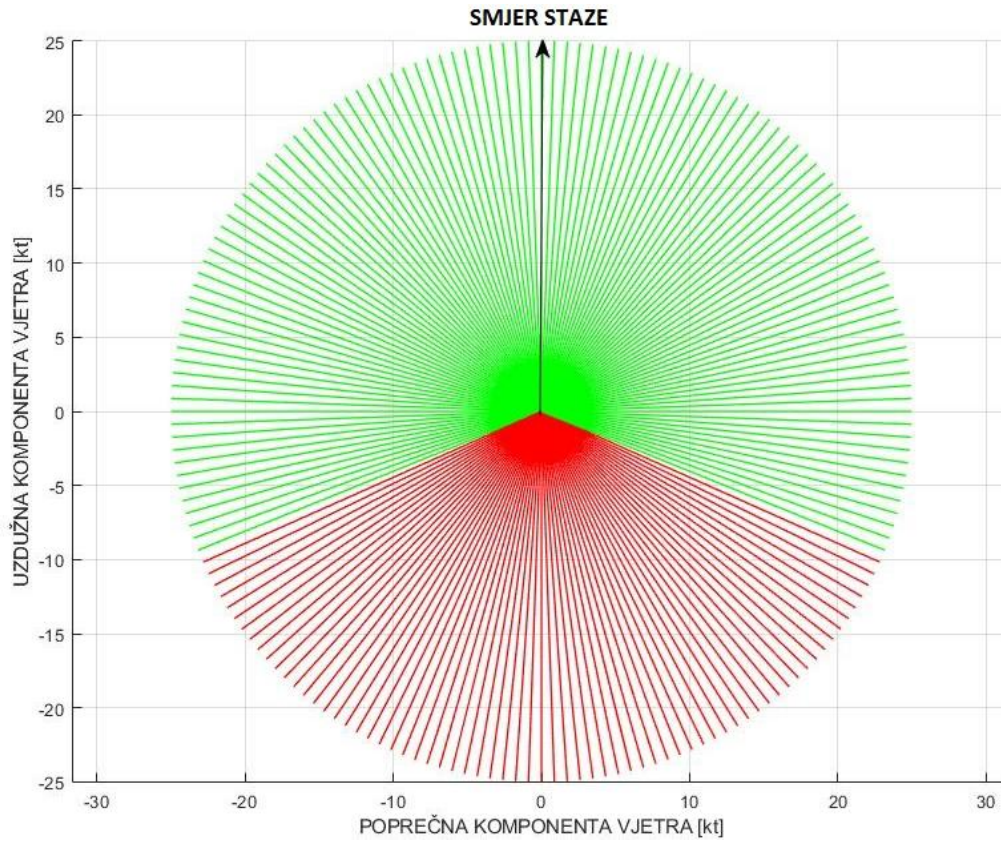
Prilog 13. Stanje piste *GOOD* i *GOOD TO MEDIUM* , vjetar = 23 kt



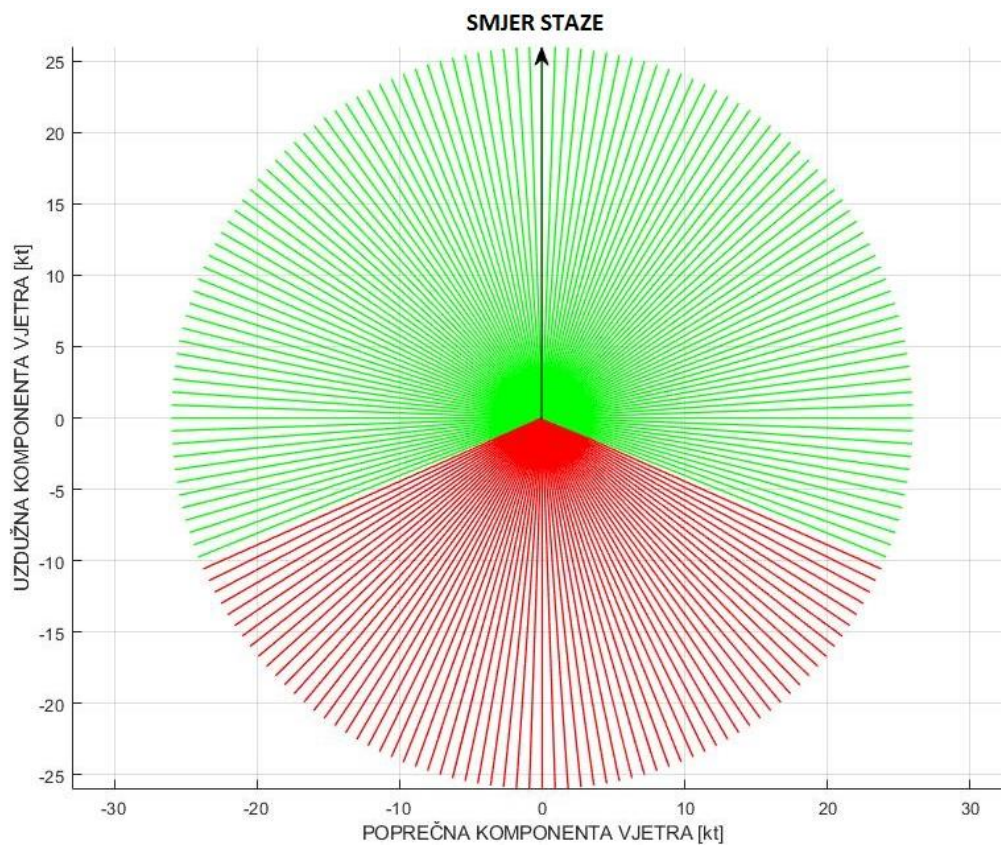
Prilog 14. Stanje piste *GOOD* i *GOOD TO MEDIUM* , vjetar = 24 kt



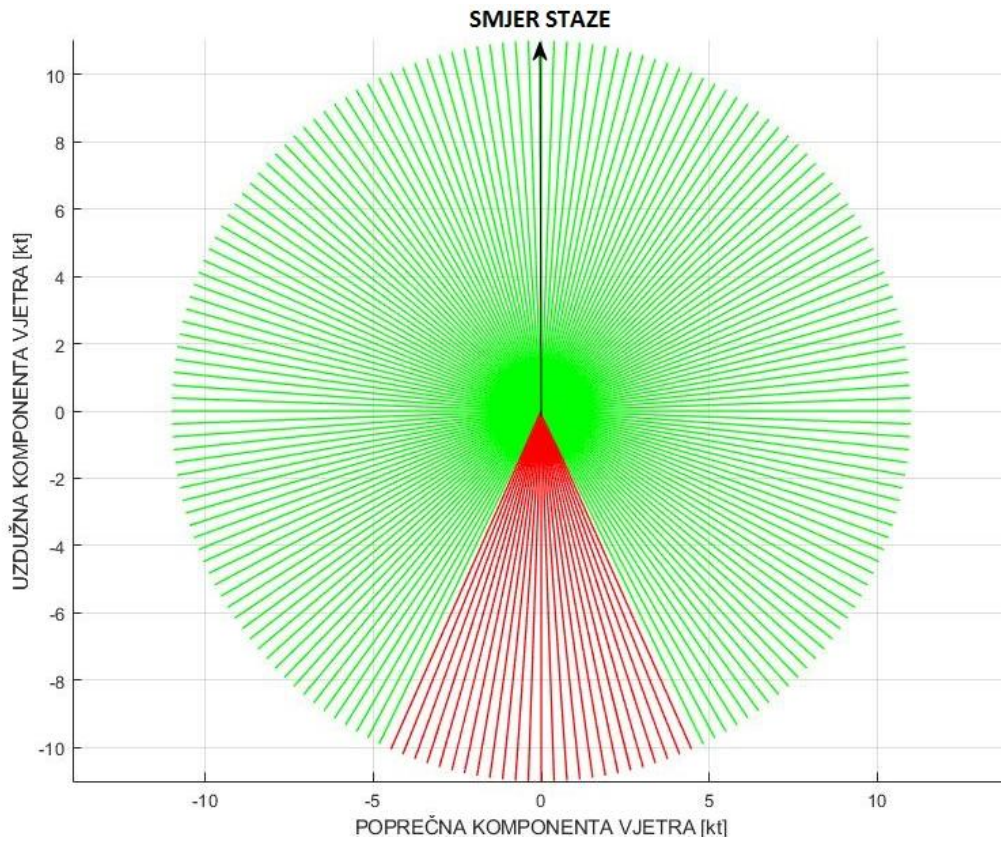
Prilog 15. Stanje piste *GOOD* i *GOOD TO MEDIUM* , vjetar = 25 kt



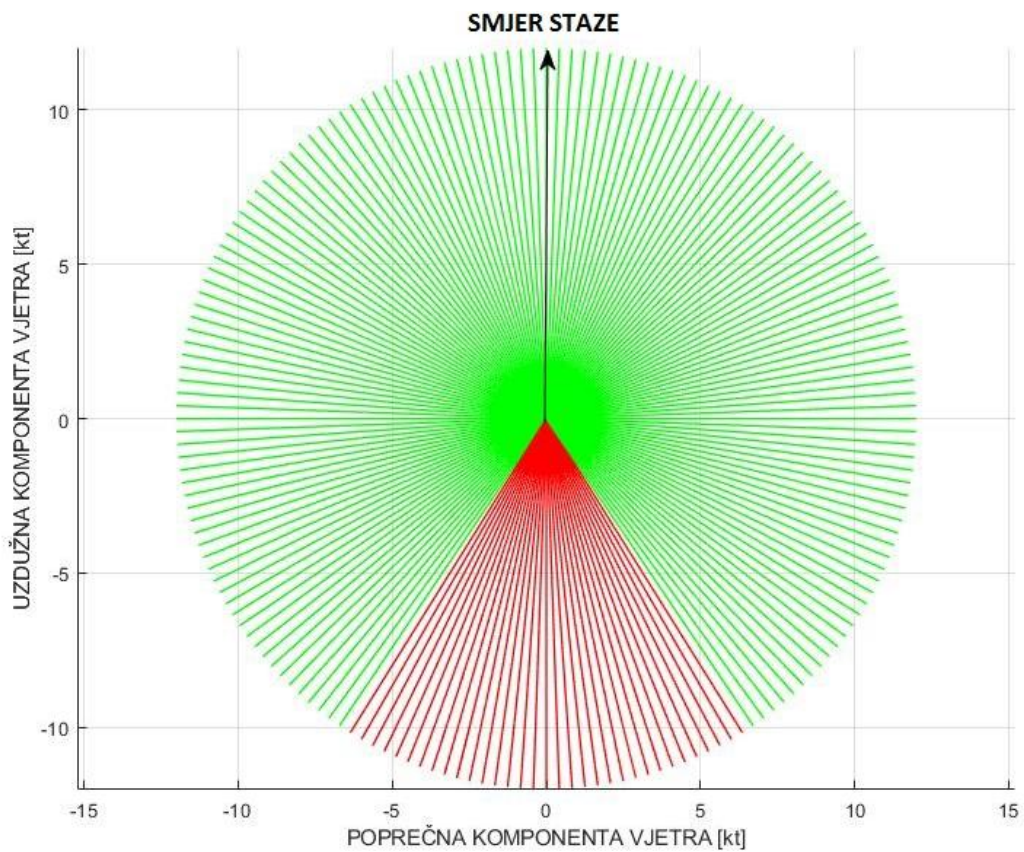
Prilog 16. Stanje piste *GOOD* i *GOOD TO MEDIUM* , vjetar = 26 kt



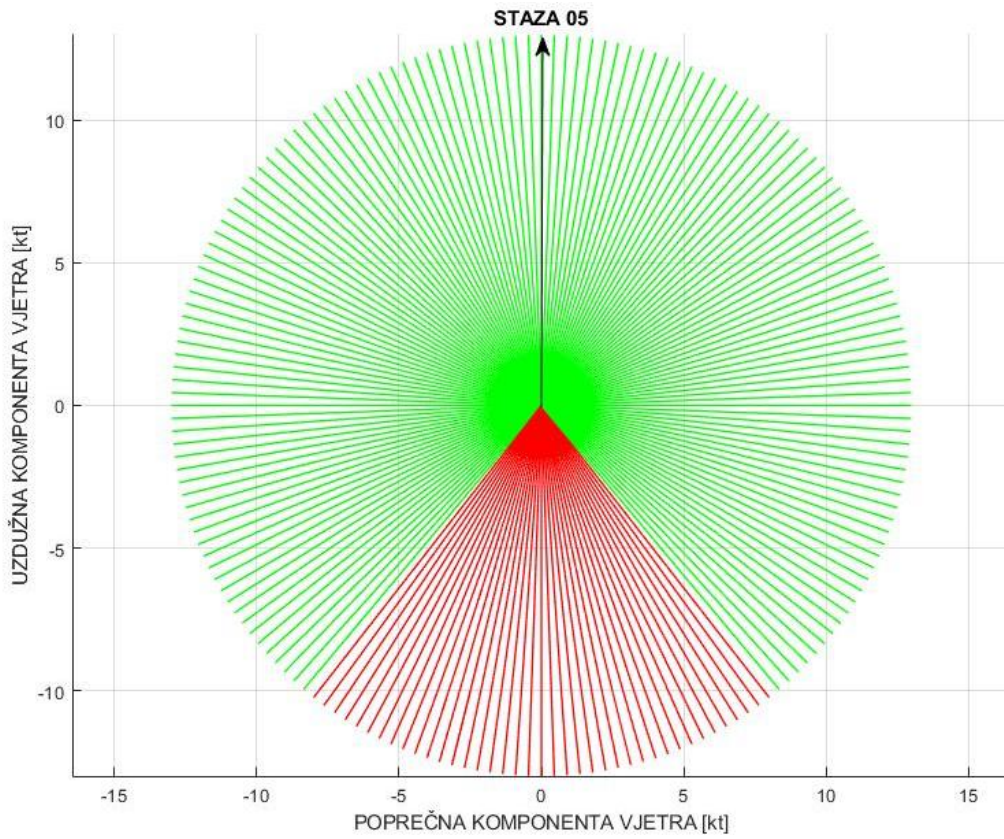
Prilog 17. Stanje piste *MEDIUM*, vjetar = 11 kt



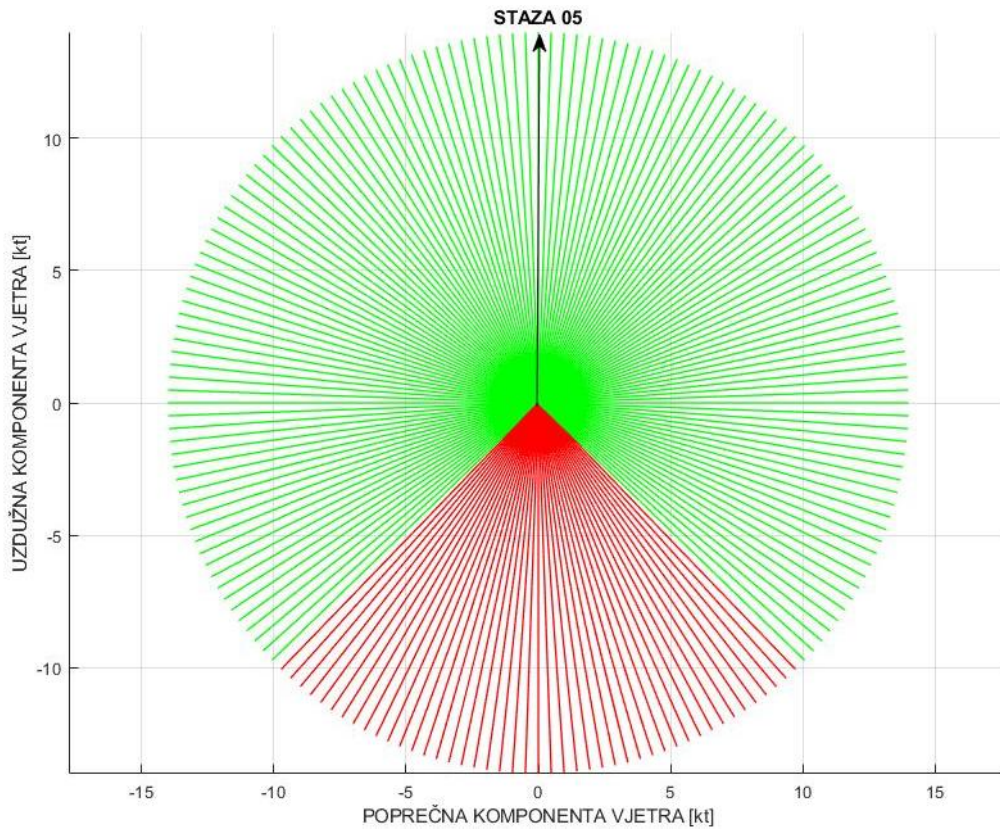
Prilog 18. Stanje piste *MEDIUM*, vjetar = 12 kt



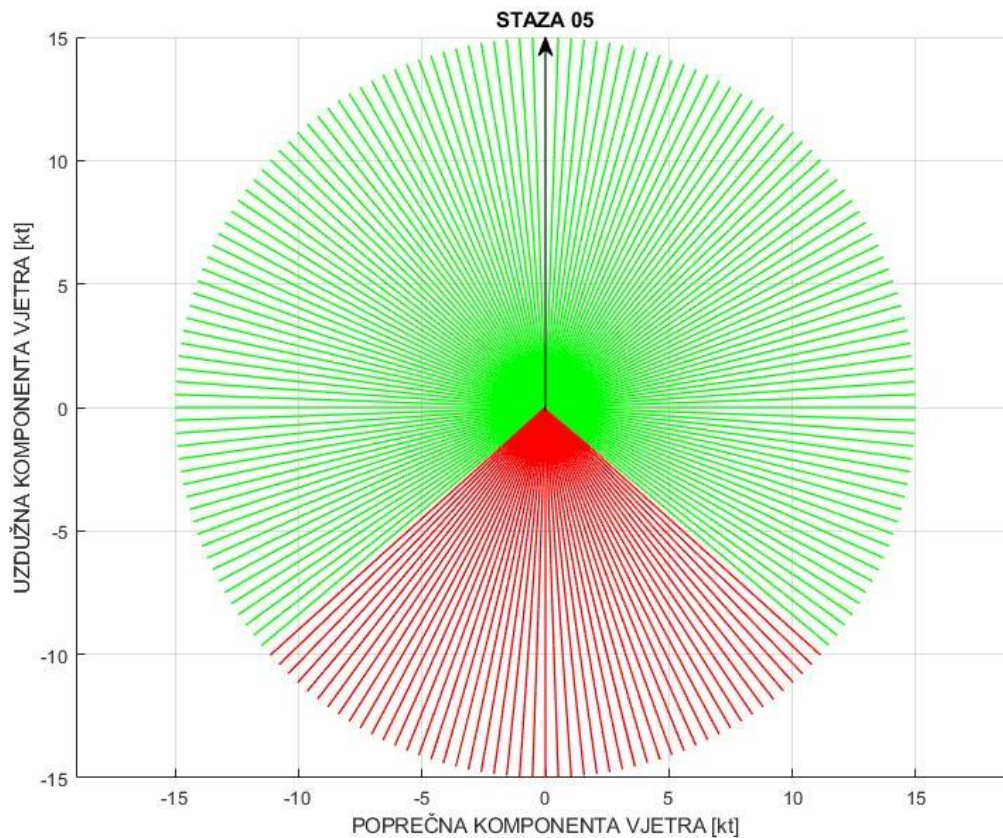
Prilog 19. Stanje piste *MEDIUM*, vjetar = 13 kt



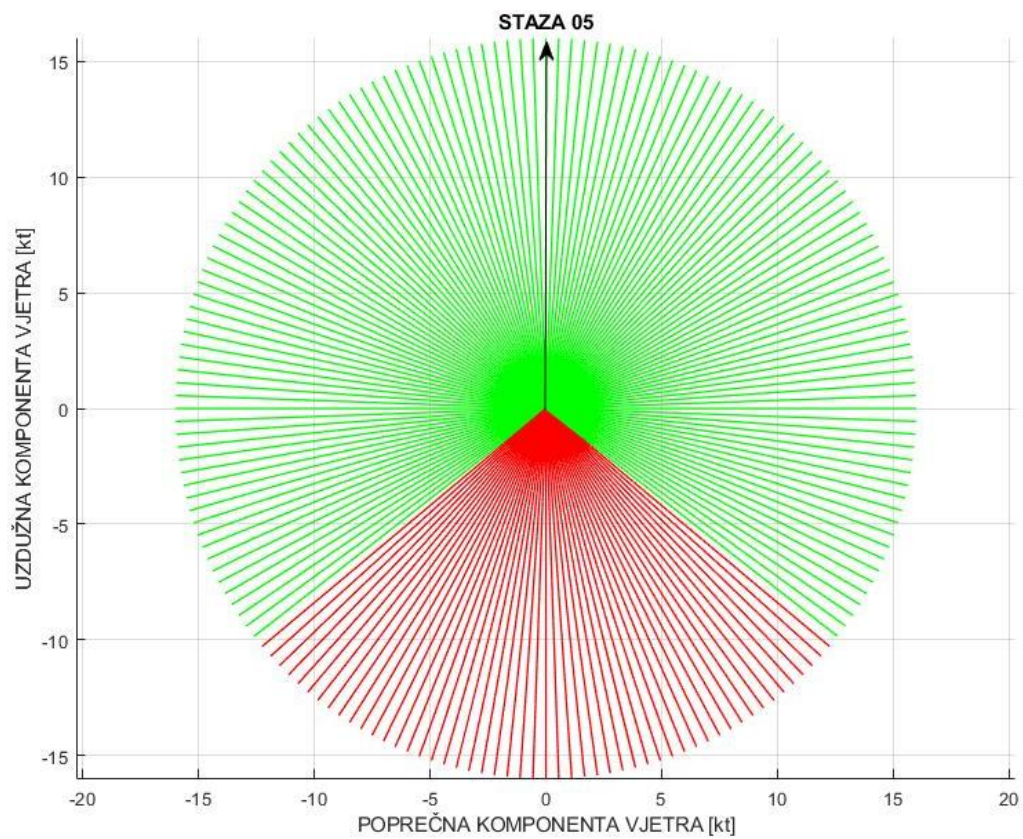
Prilog 20. Stanje piste *MEDIUM*, vjetar = 14 kt



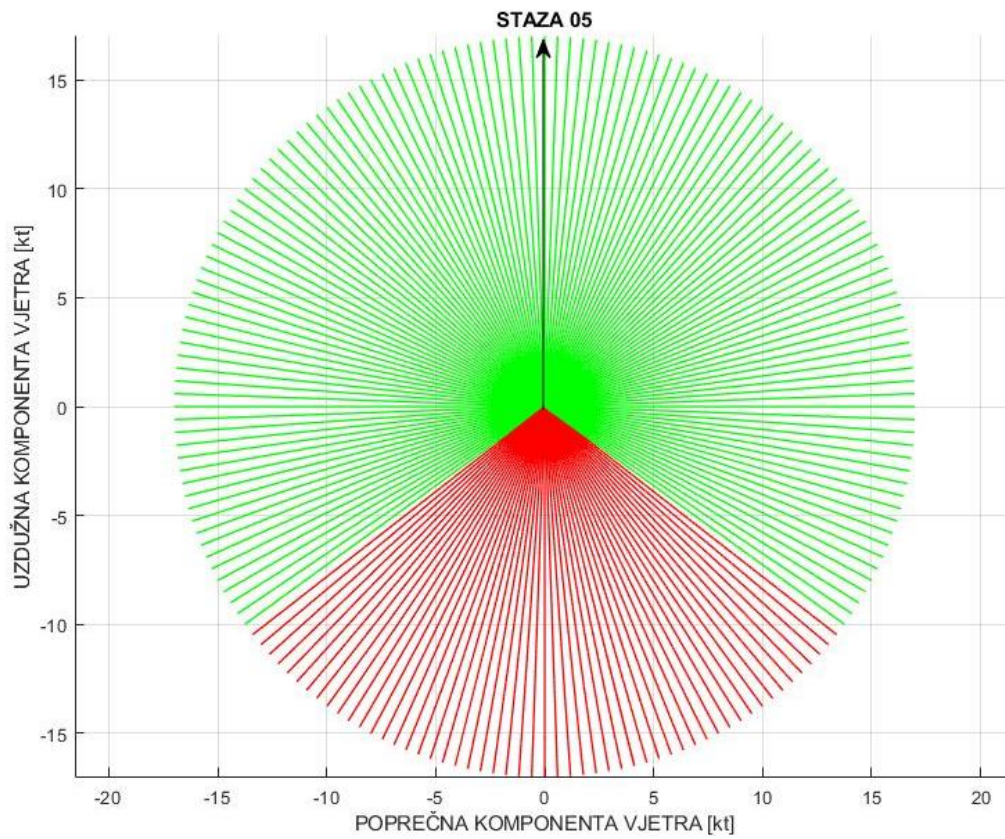
Prilog 21. Stanje piste *MEDIUM*, vjetar = 15 kt



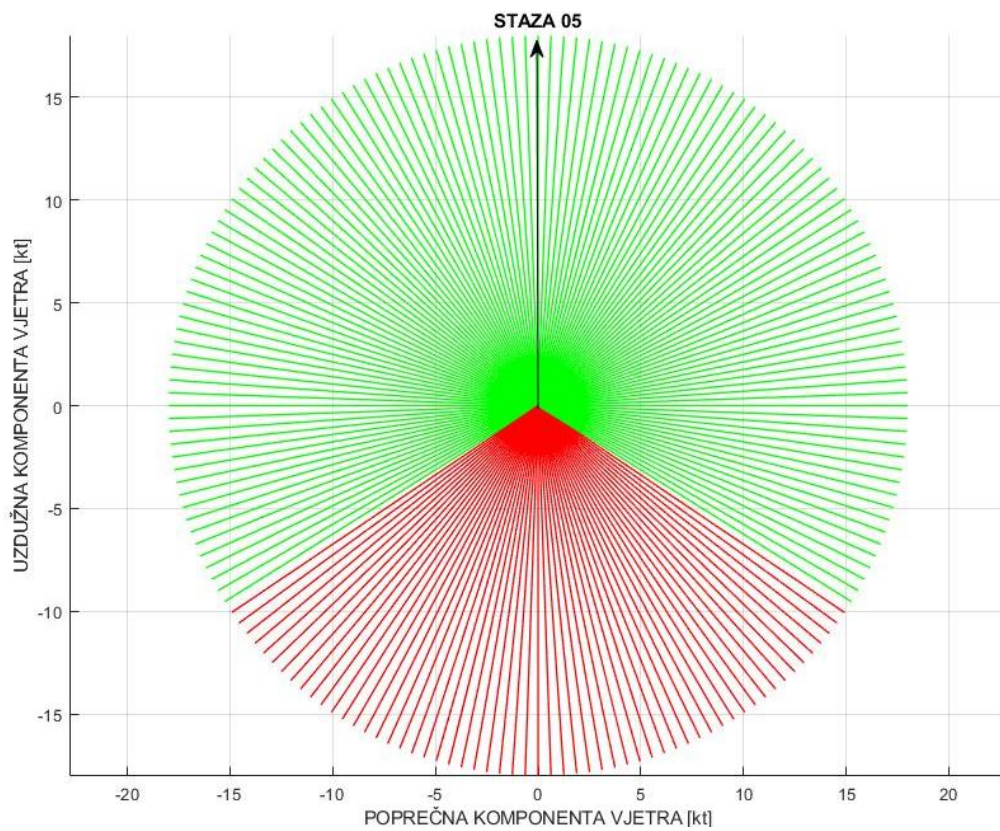
Prilog 22. Stanje piste *MEDIUM*, vjetar = 16 kt



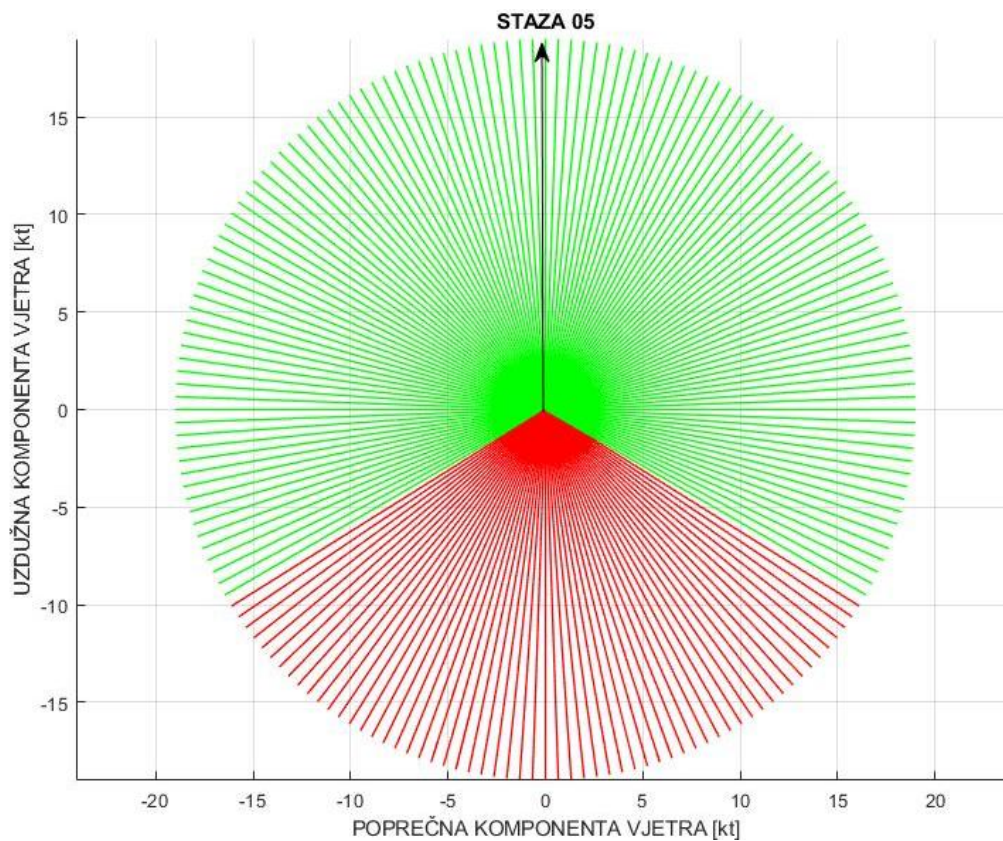
Prilog 23. Stanje piste *MEDIUM*, vjetar = 17 kt



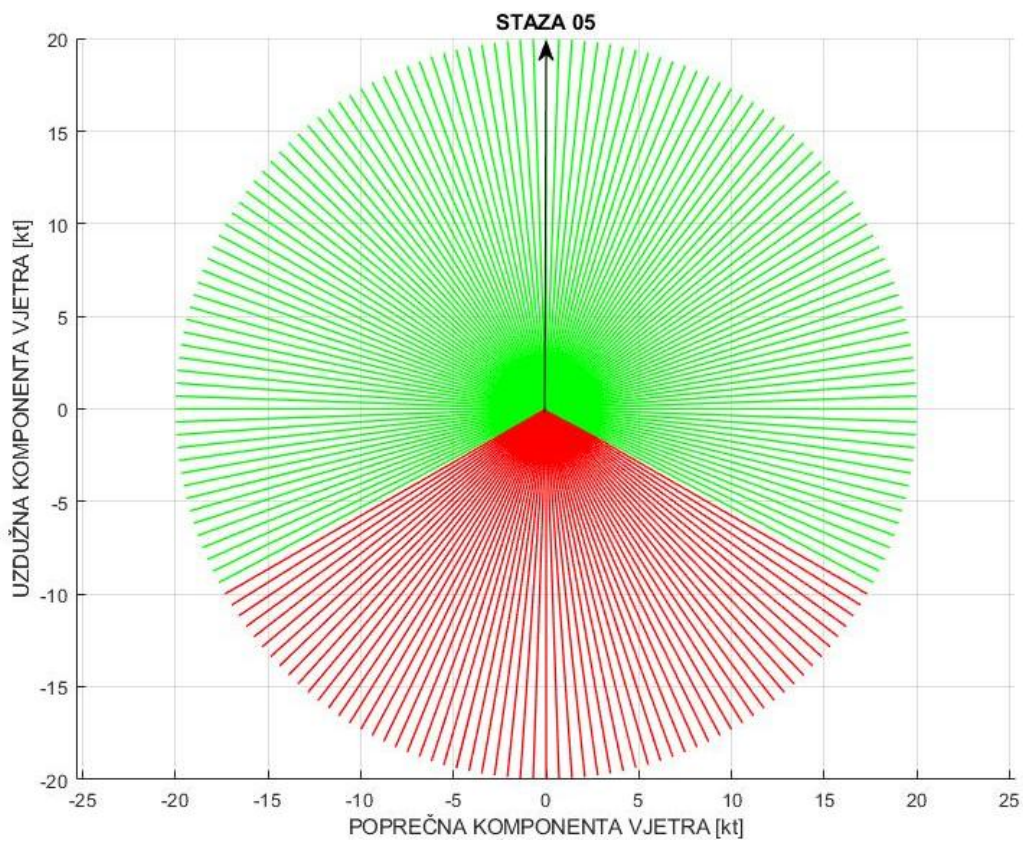
Prilog 24. Stanje piste *MEDIUM*, vjetar = 18 kt



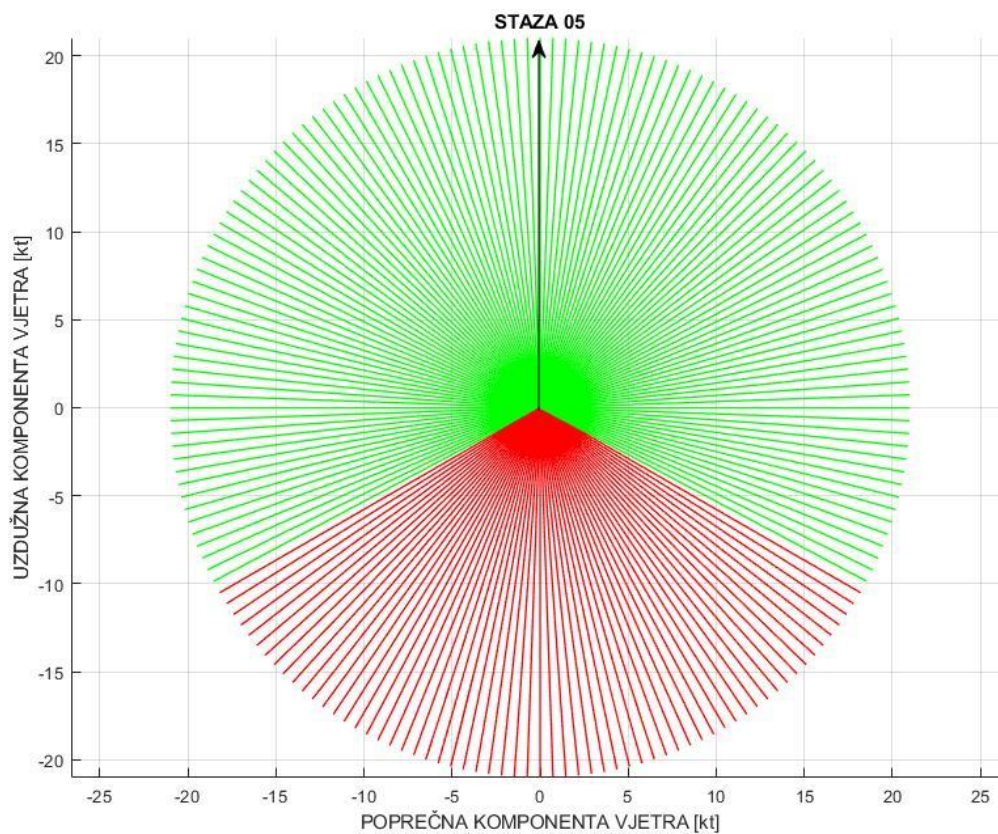
Prilog 25. Stanje piste *MEDIUM*, vjetar = 19 kt



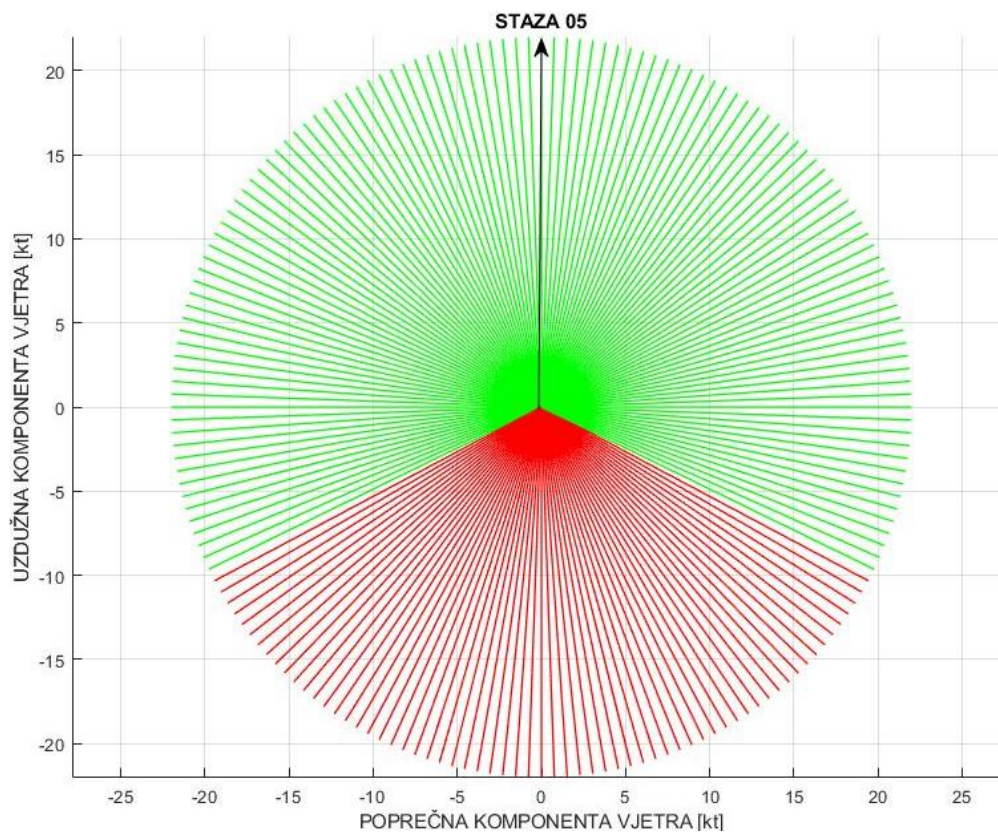
Prilog 26. Stanje piste *MEDIUM*, vjetar = 20 kt



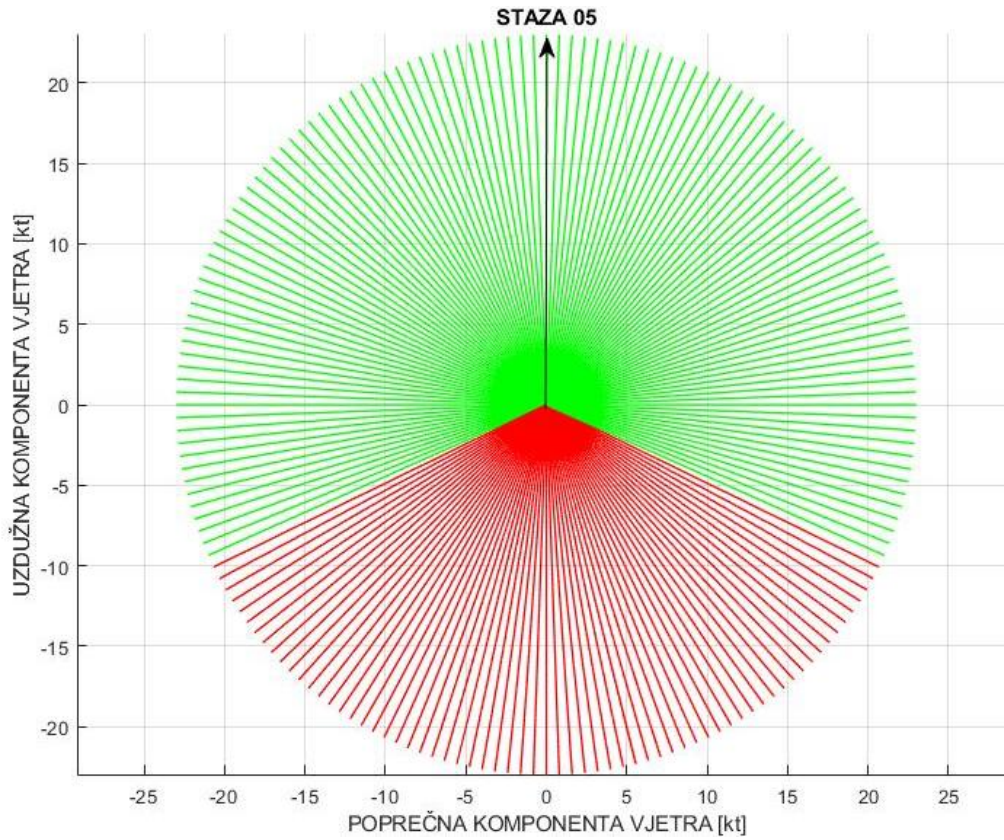
Prilog 27. Stanje piste *MEDIUM*, vjetar = 21 kt



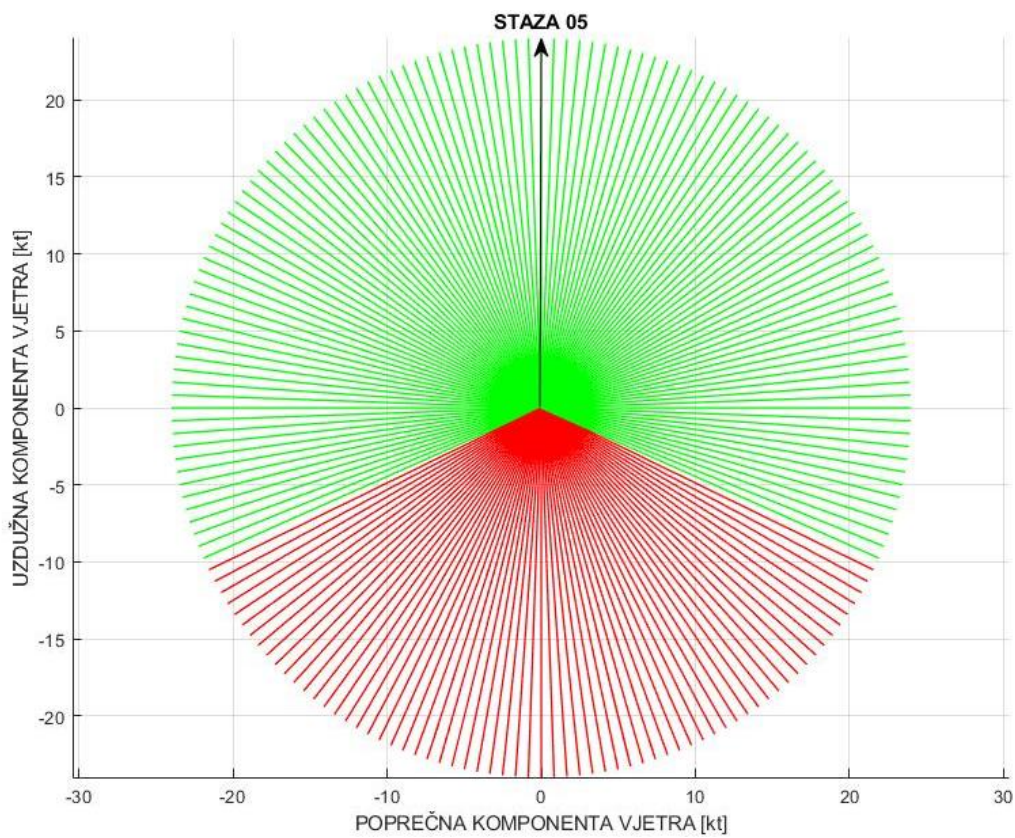
Prilog 28. Stanje piste *MEDIUM*, vjetar = 22 kt



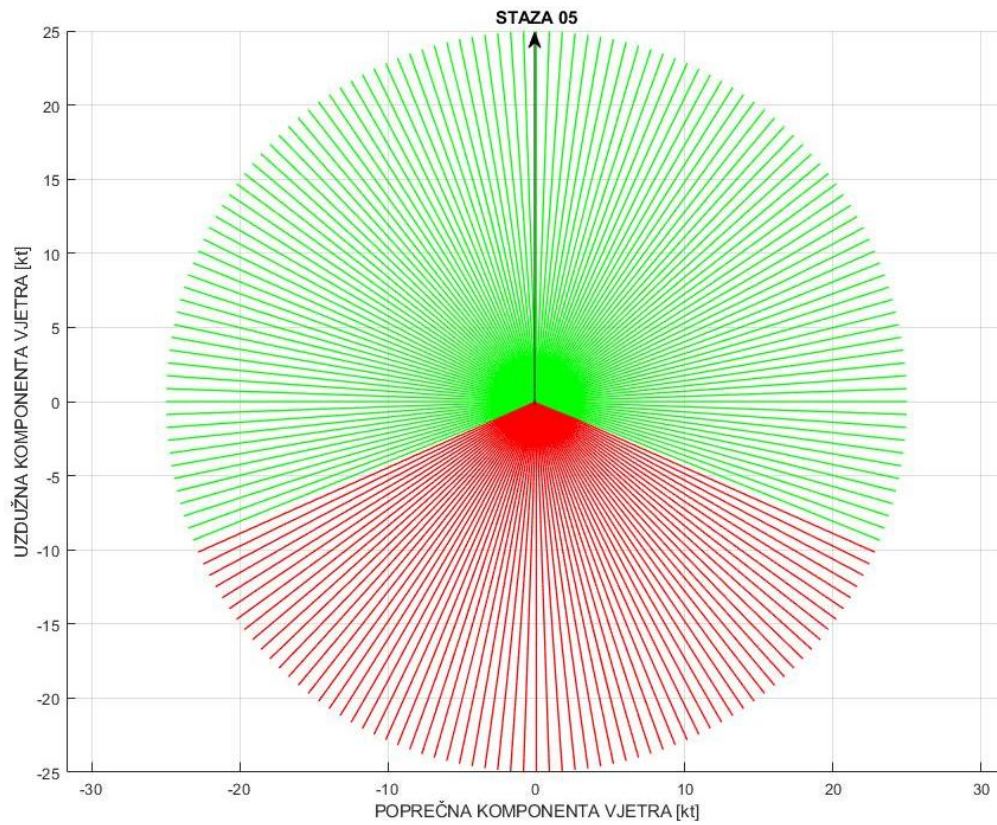
Prilog 29. Stanje piste *MEDIUM* , vjetar = 23 kt



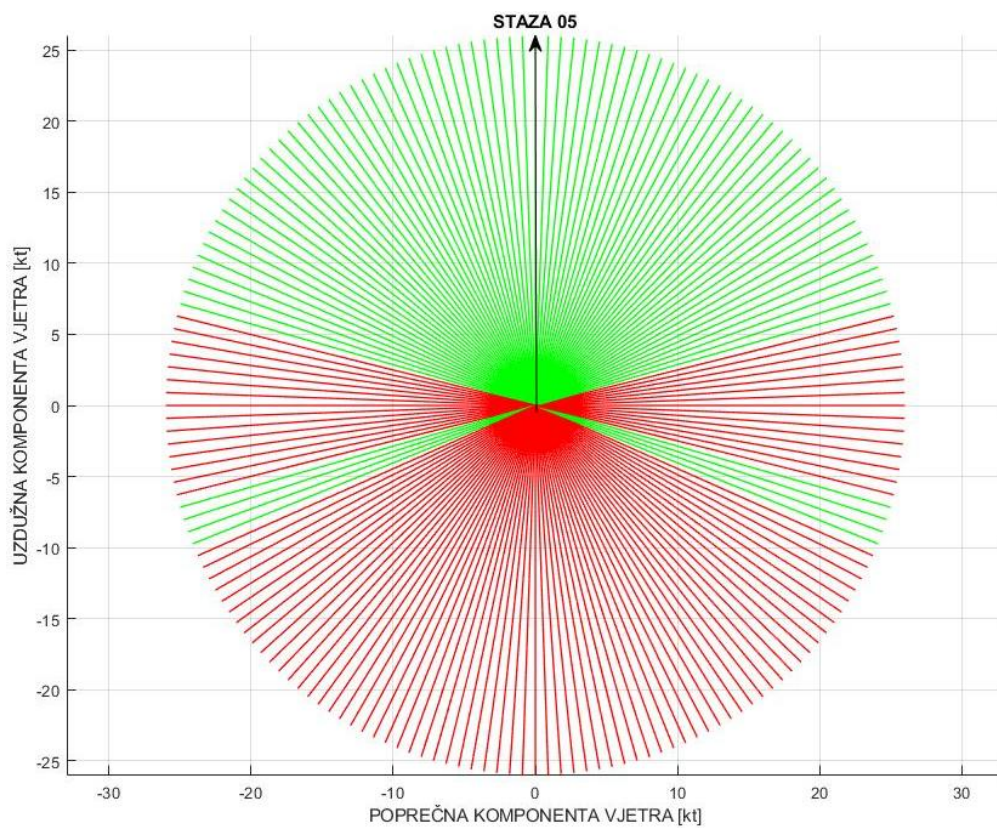
Prilog 30. Stanje piste *MEDIUM* , vjetar = 24 kt



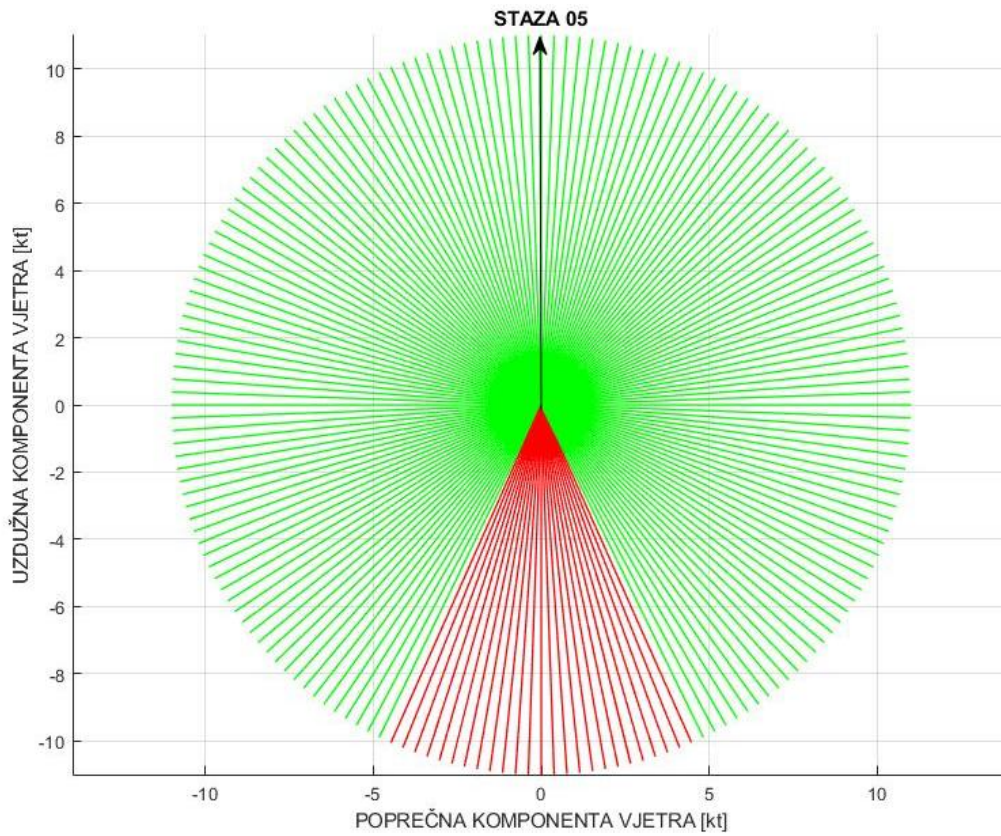
Prilog 31. Stanje piste *MEDIUM*, vjetar = 25 kt



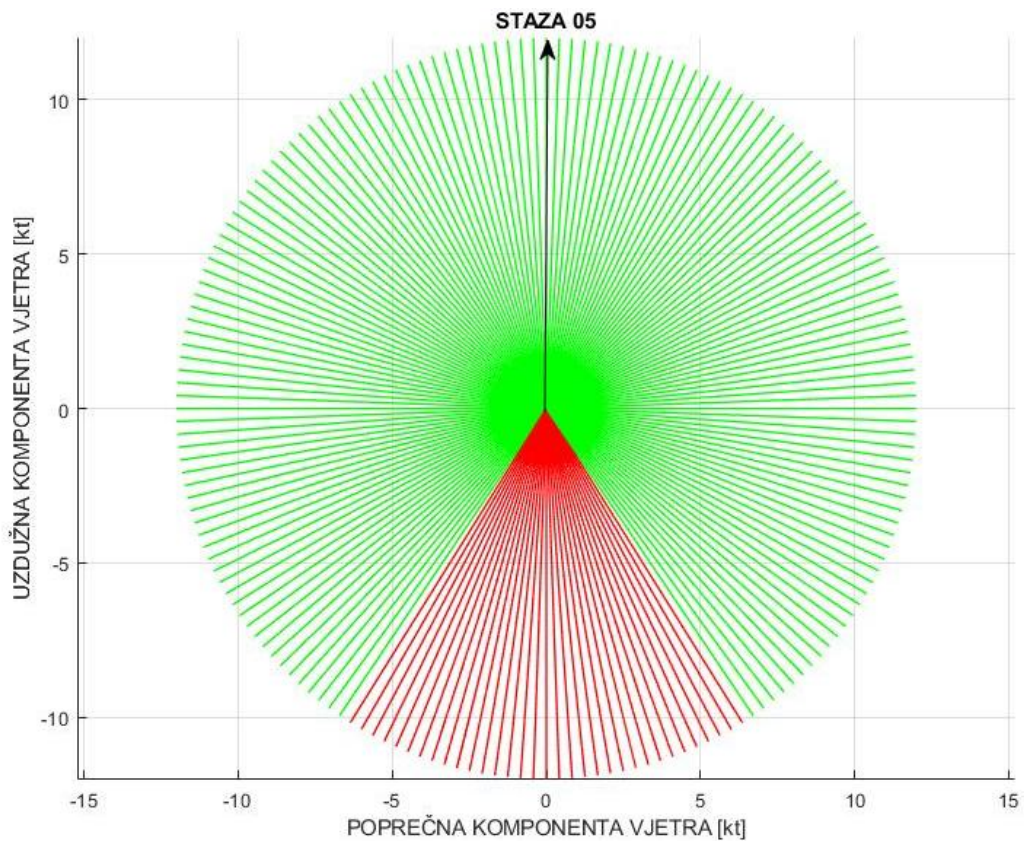
Prilog 32. Stanje piste *MEDIUM*, vjetar = 26 kt



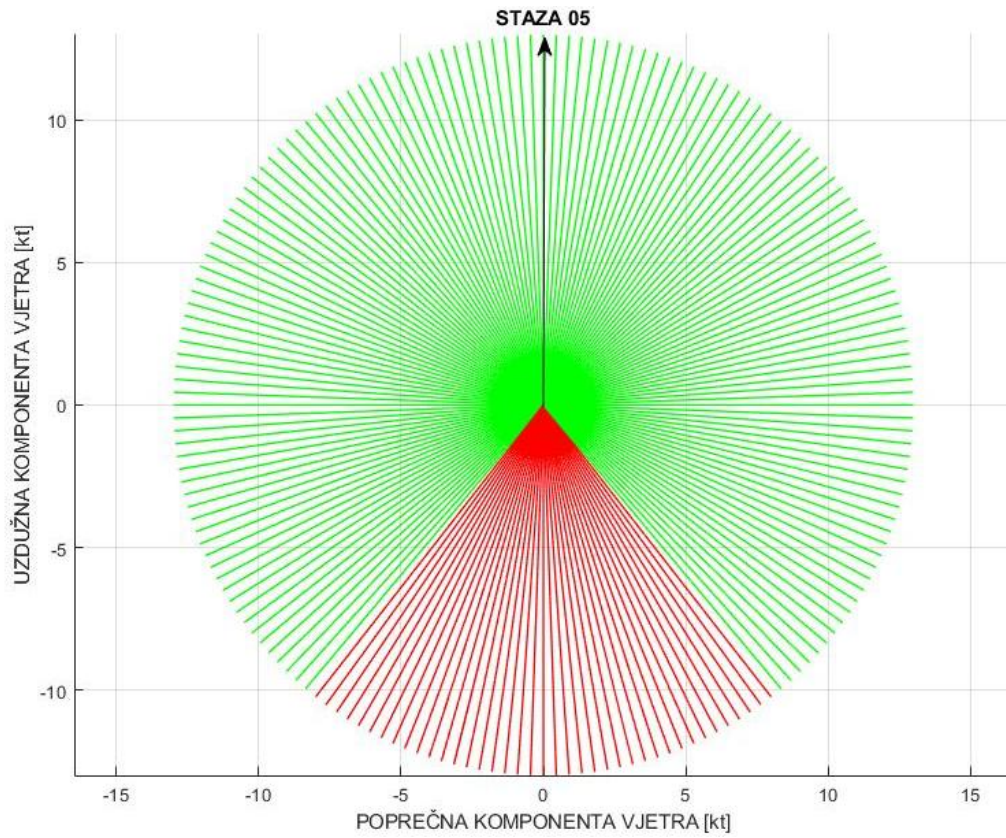
Prilog 33. Stanje piste *MEDIUM TO POOR*, vjetar = 11 kt



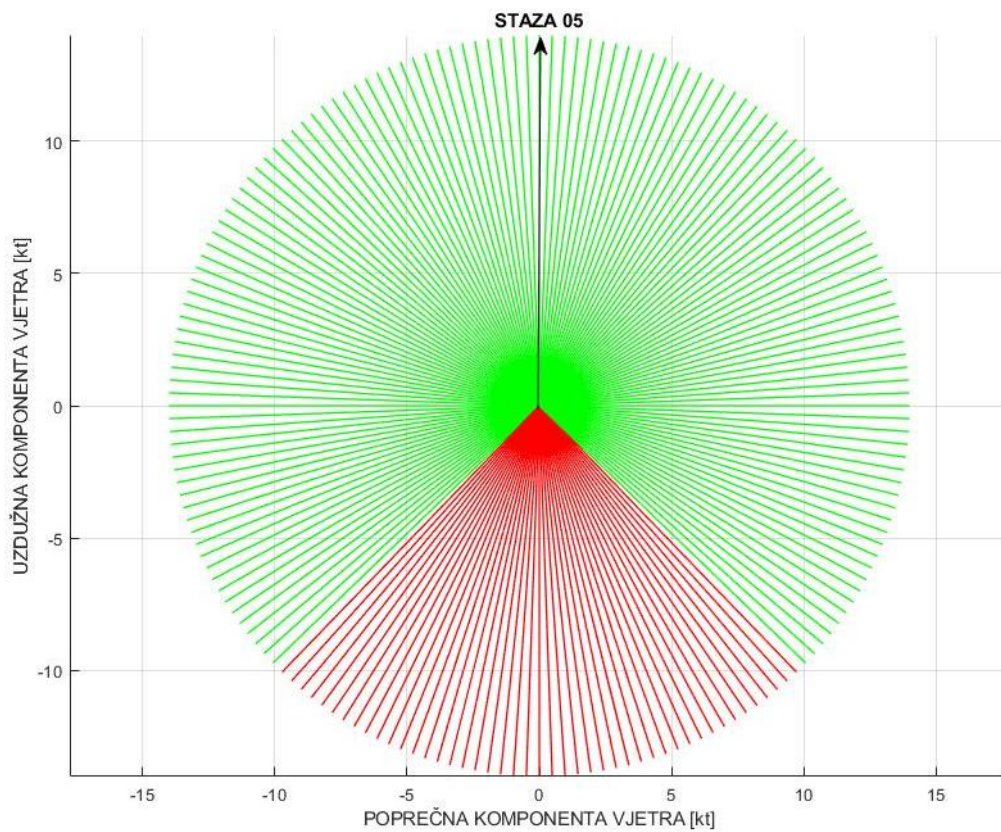
Prilog 34. Stanje piste *MEDIUM TO POOR*, vjetar = 12 kt



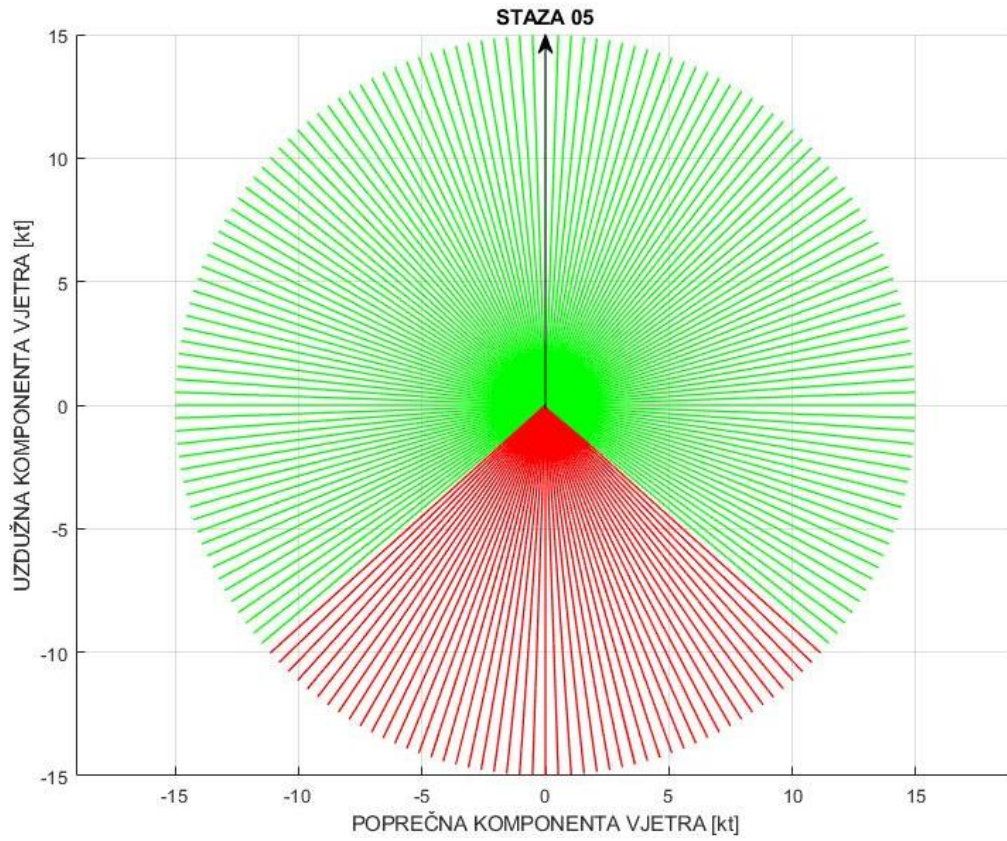
Prilog 35. Stanje piste *MEDIUM TO POOR* , vjetar = 13 kt



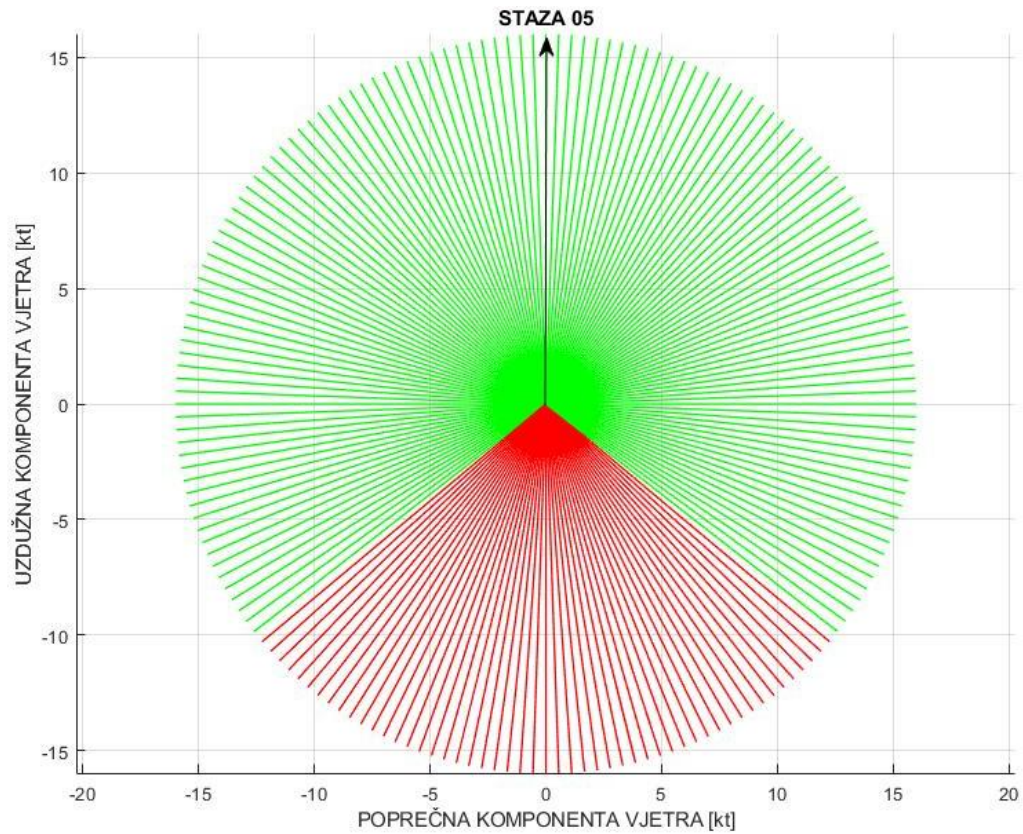
Prilog 36. Stanje piste *MEDIUM TO POOR* , vjetar = 14 kt



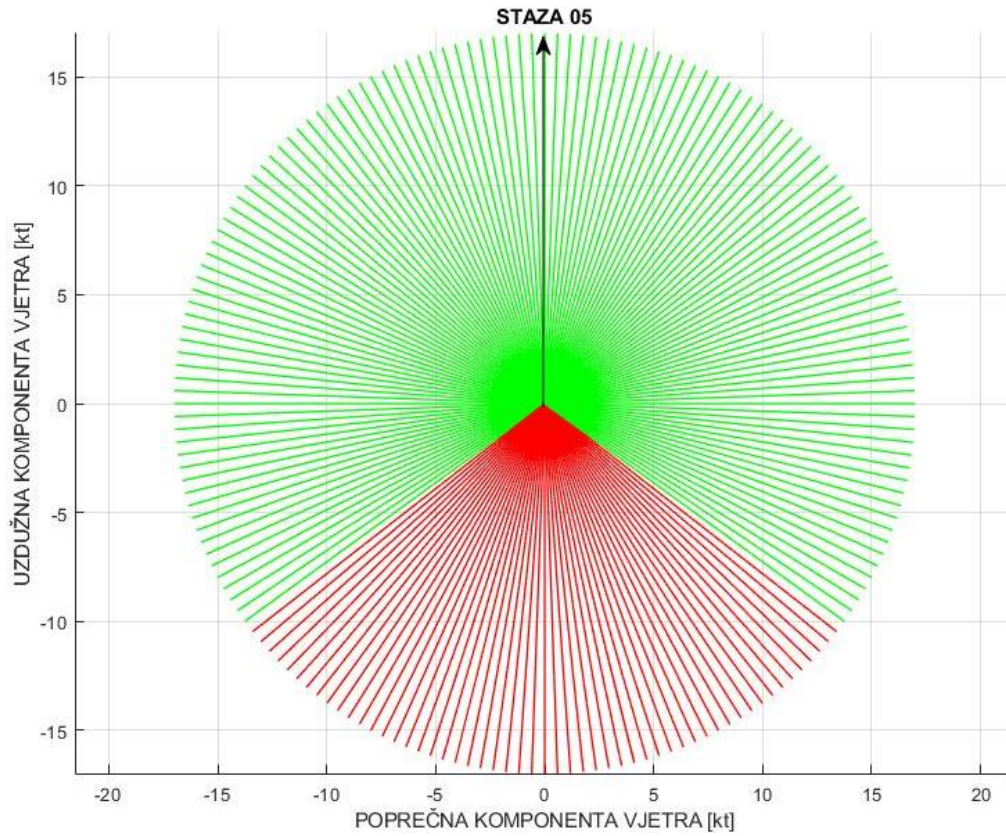
Prilog 37. Stanje piste *MEDIUM TO POOR* , vjetar = 15 kt



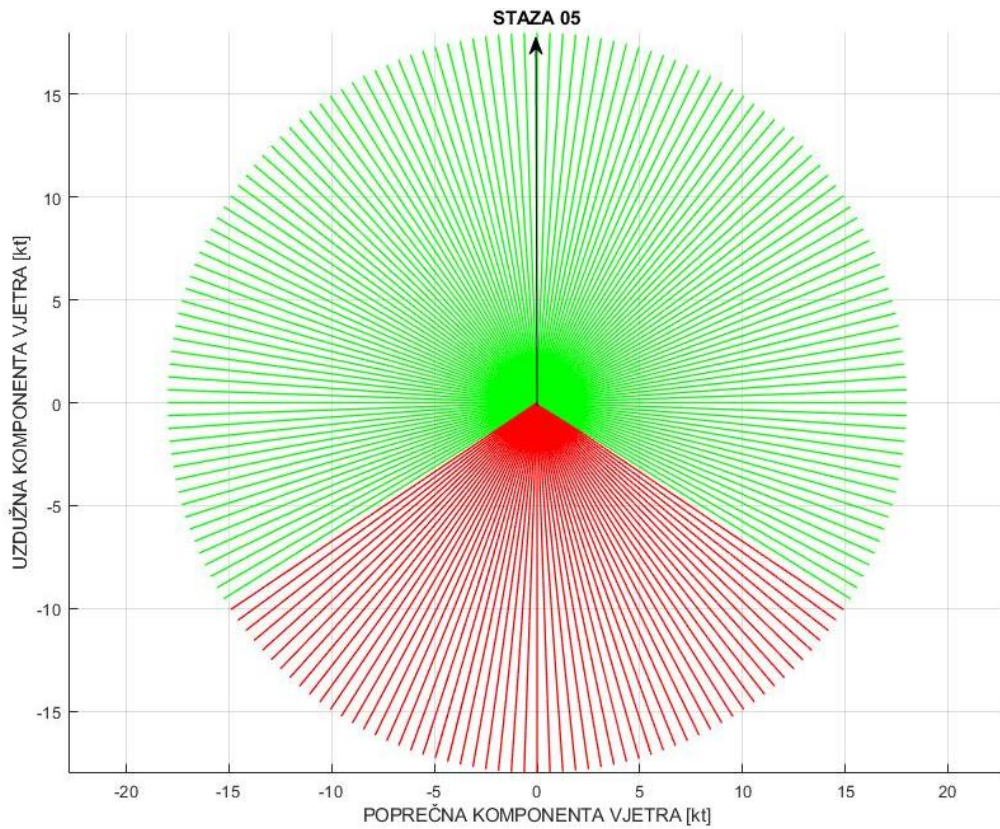
Prilog 38. Stanje piste *MEDIUM TO POOR* , vjetar = 16 kt



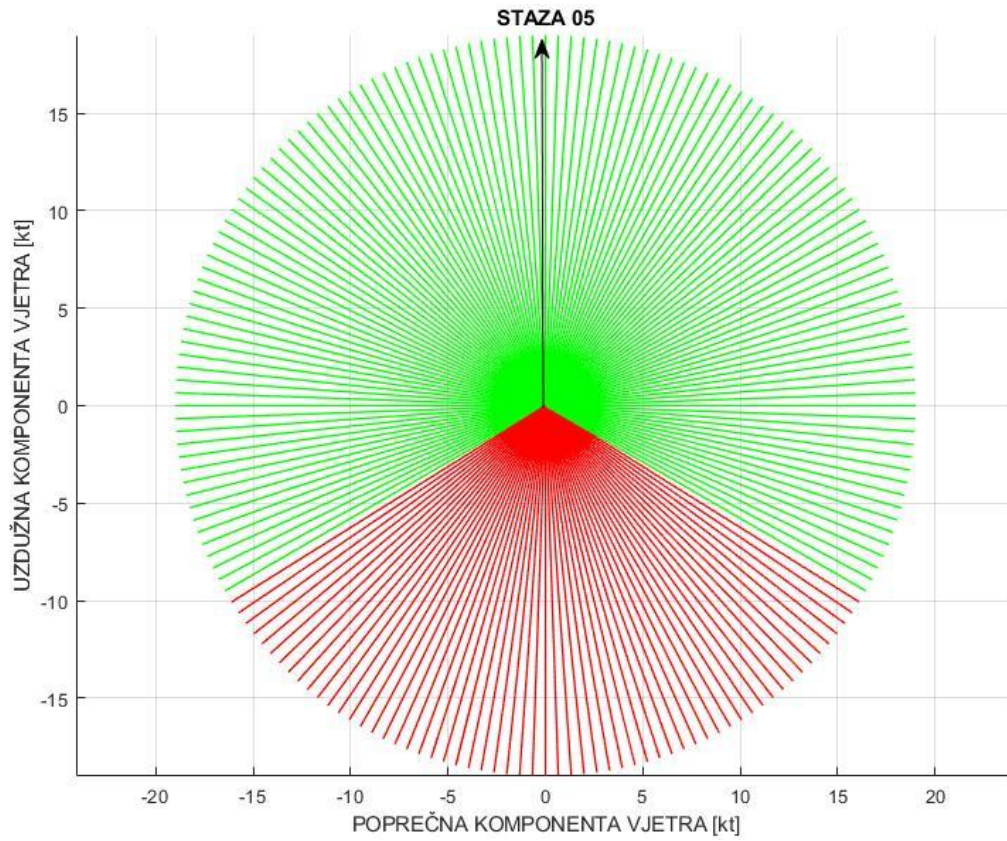
Prilog 39. Stanje piste *MEDIUM TO POOR* , vjetar = 17 kt



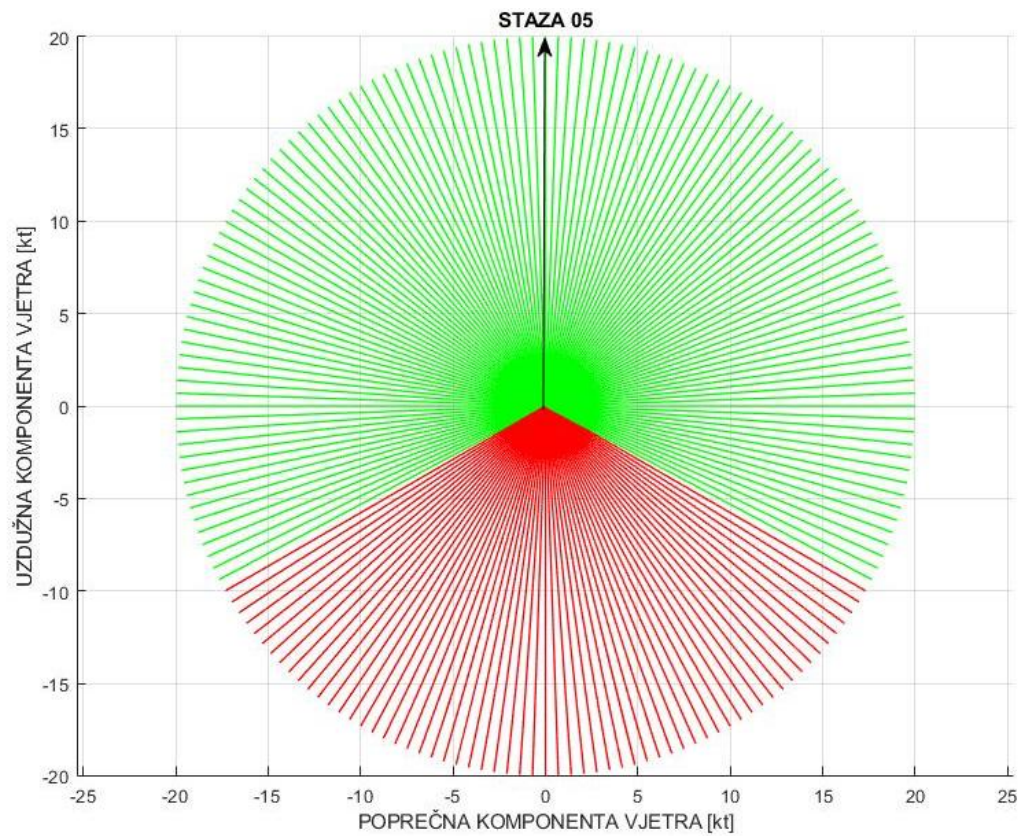
Prilog 40. Stanje piste *MEDIUM TO POOR* , vjetar = 18 kt



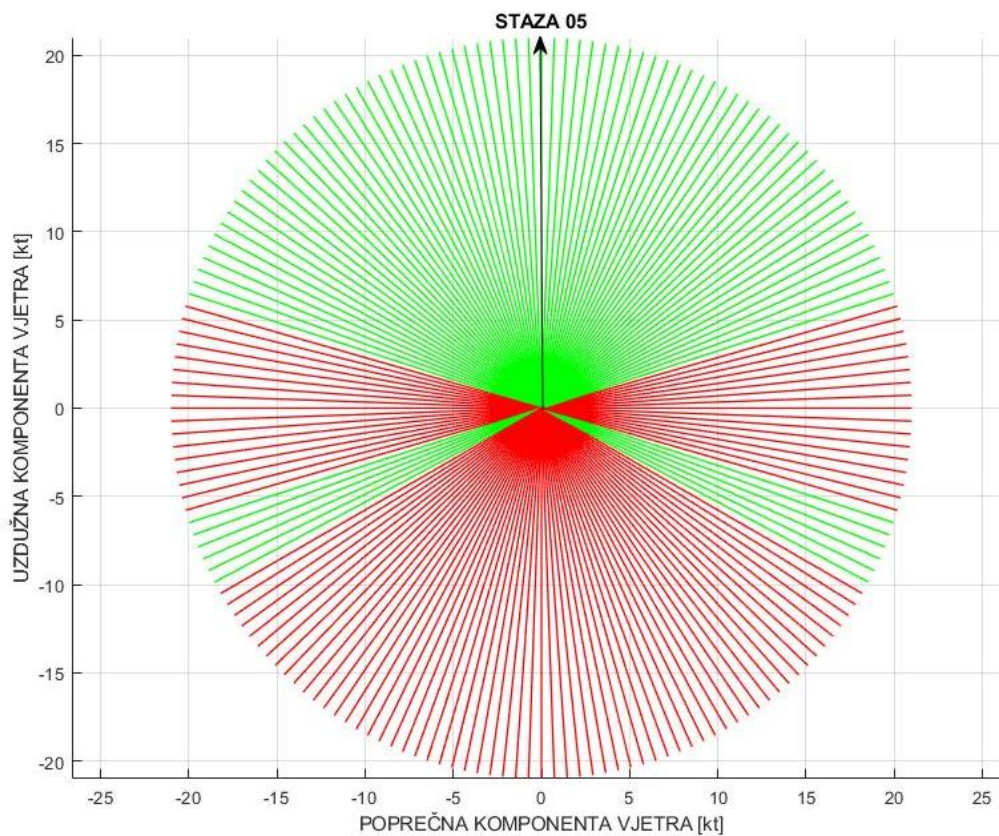
Prilog 41. Stanje piste *MEDIUM TO POOR* , vjetar = 19 kt



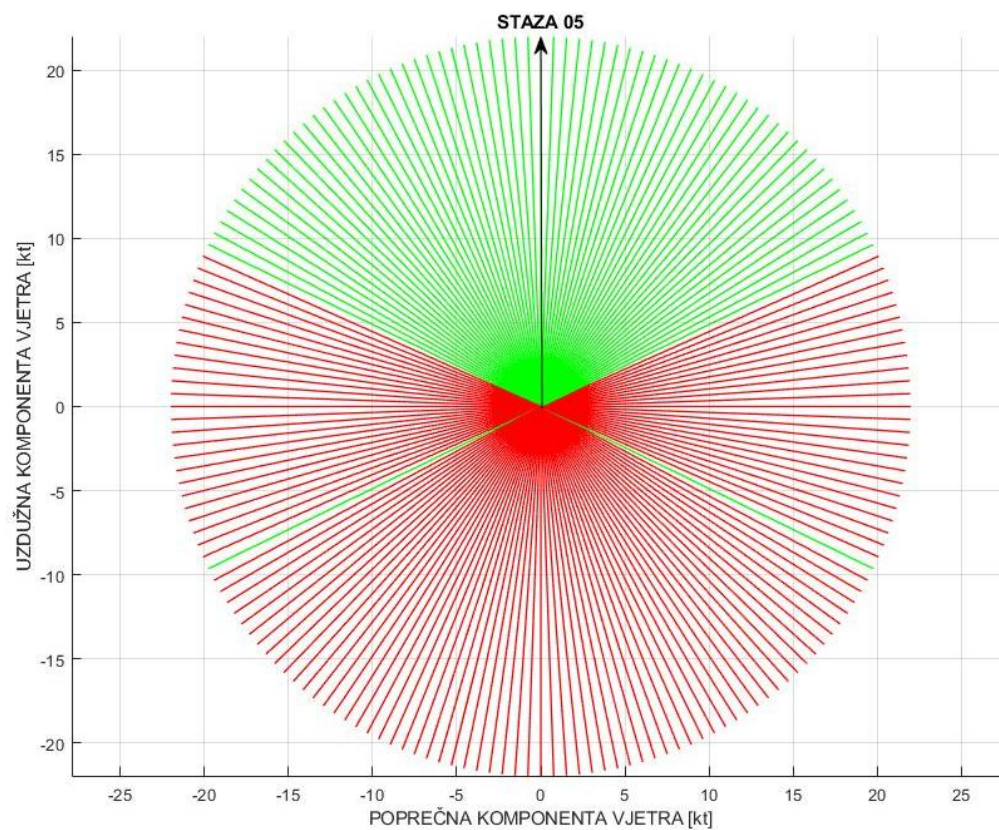
Prilog 42. Stanje piste *MEDIUM TO POOR* , vjetar = 20 kt



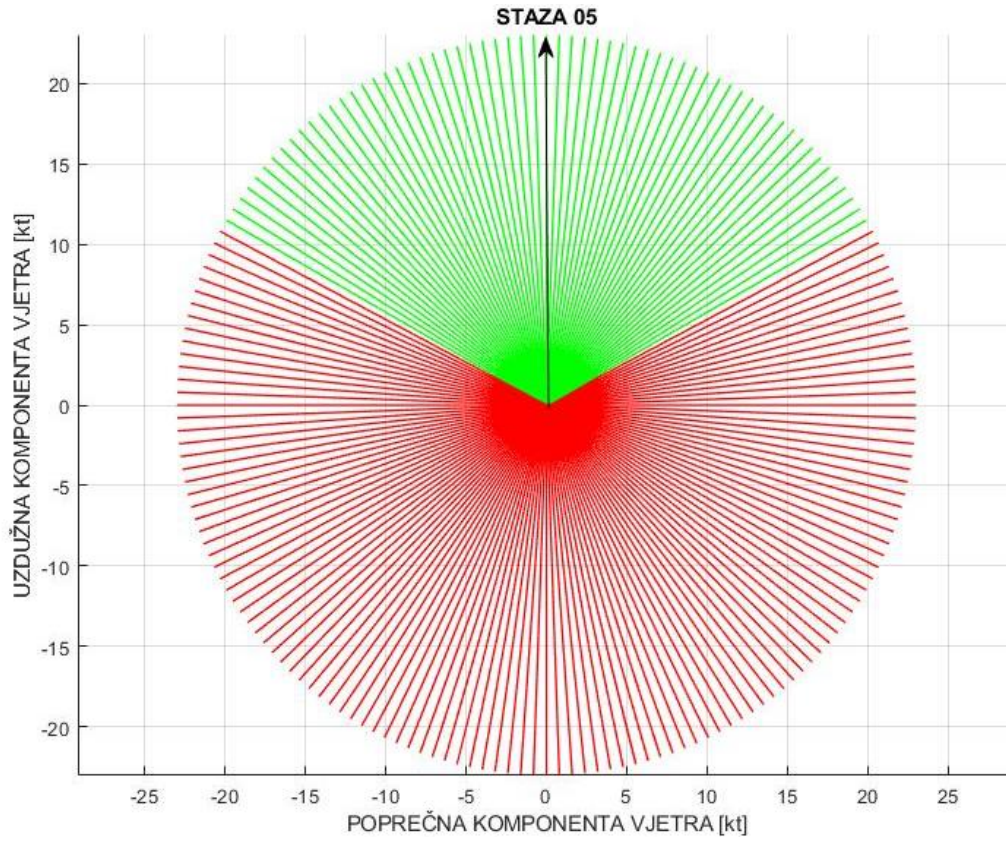
Prilog 43. Stanje piste *MEDIUM TO POOR* , vjetar = 21 kt



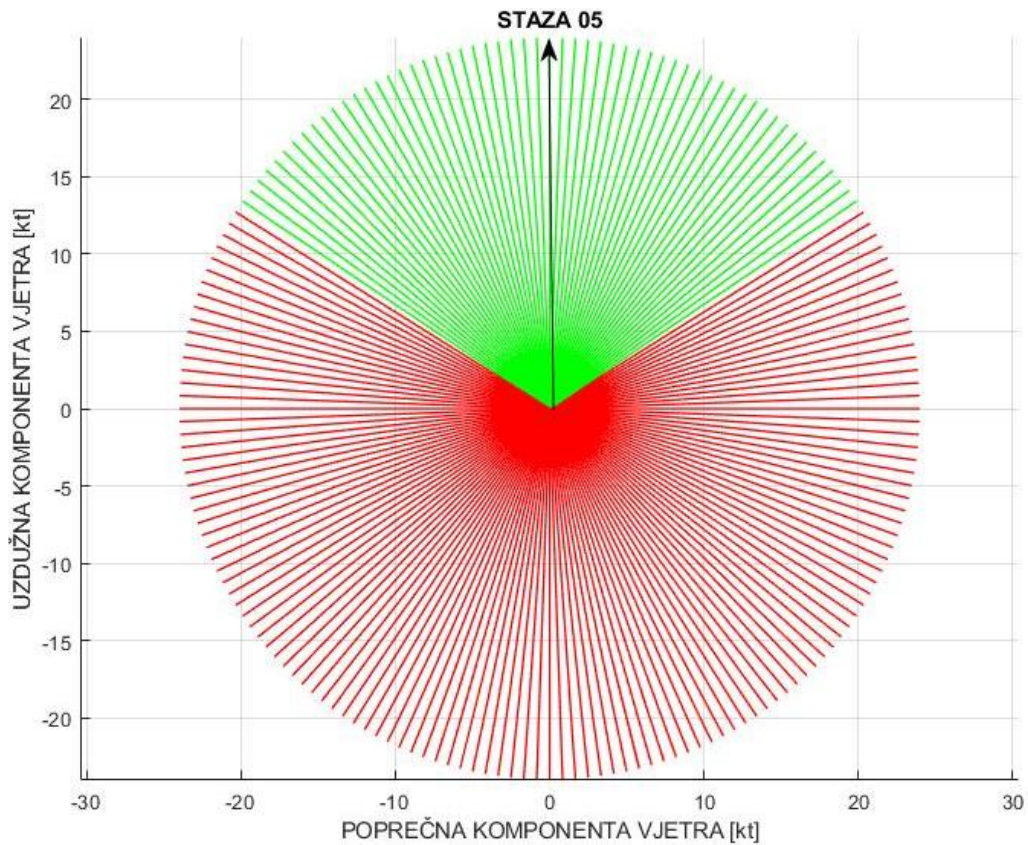
Prilog 44. Stanje piste *MEDIUM TO POOR* , vjetar = 22 kt



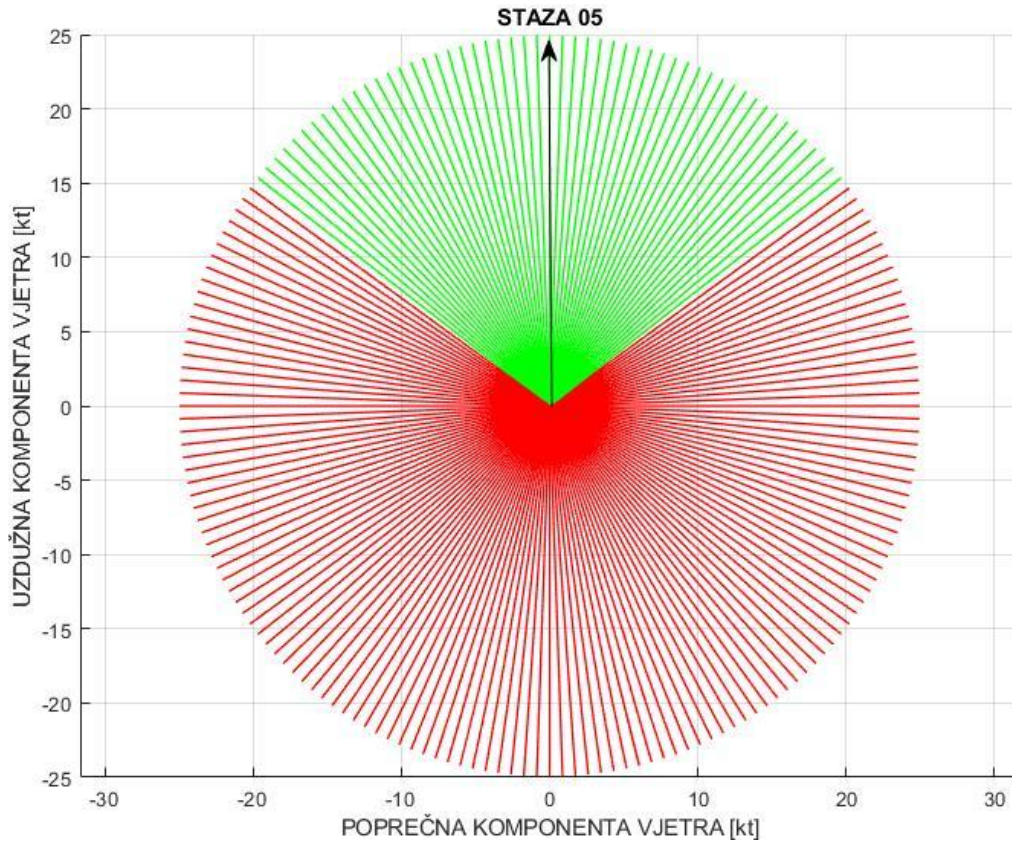
Prilog 45. Stanje piste *MEDIUM TO POOR* , vjetar = 23 kt



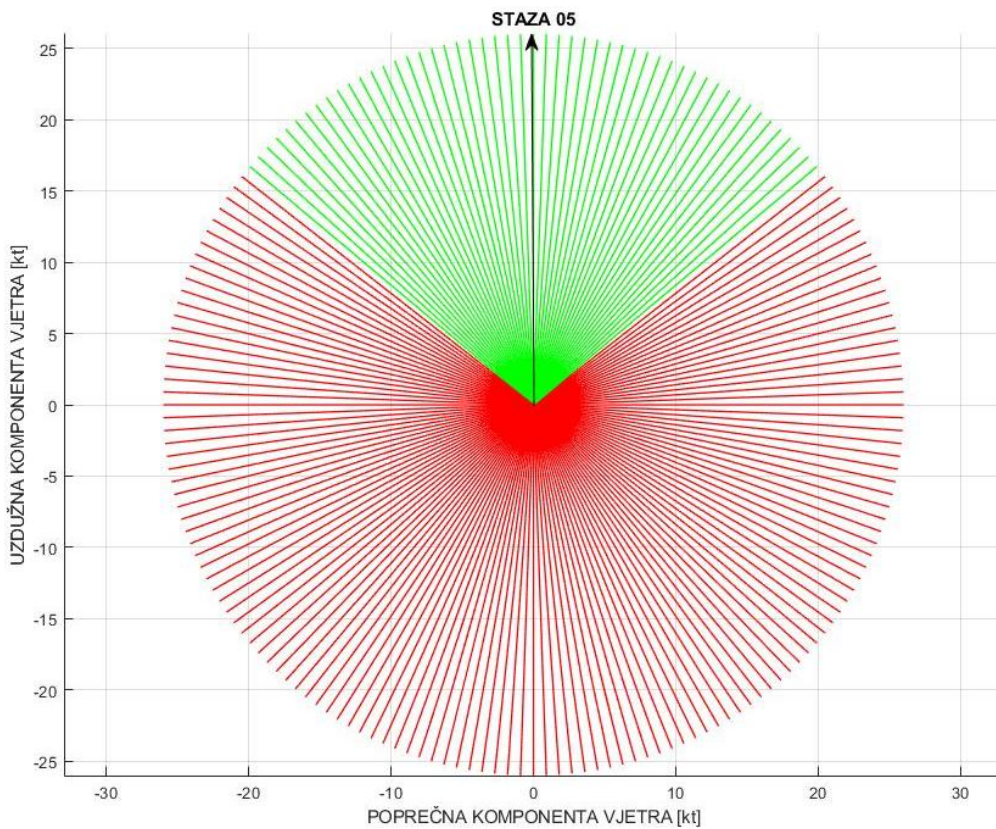
Prilog 46. Stanje piste *MEDIUM TO POOR* , vjetar = 24 kt



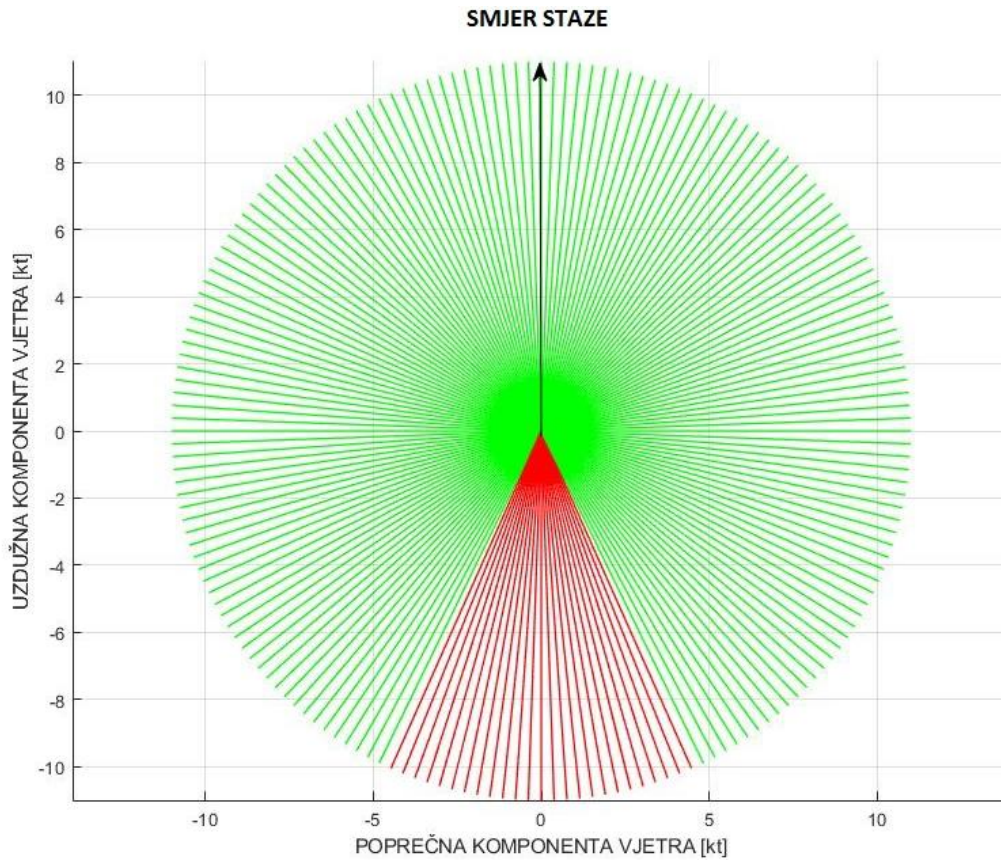
Prilog 47. Stanje piste *MEDIUM TO POOR* , vjetar = 25 kt



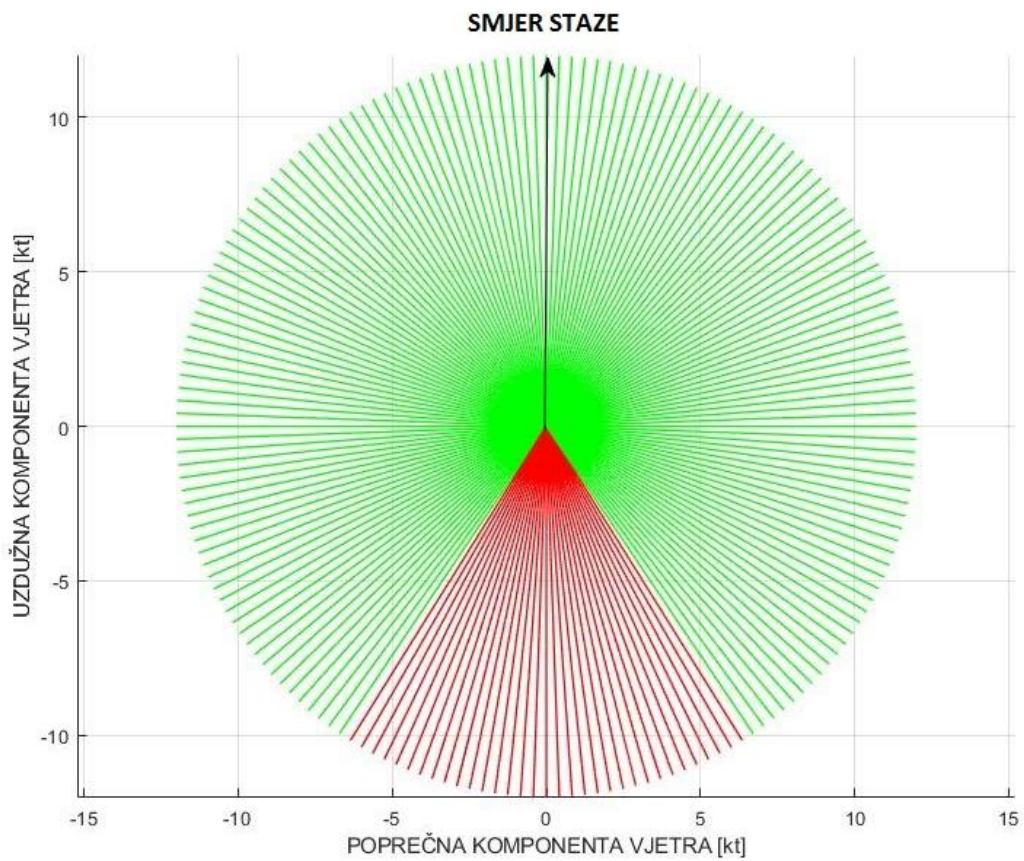
Prilog 48. Stanje piste *MEDIUM TO POOR* , vjetar = 26 kt



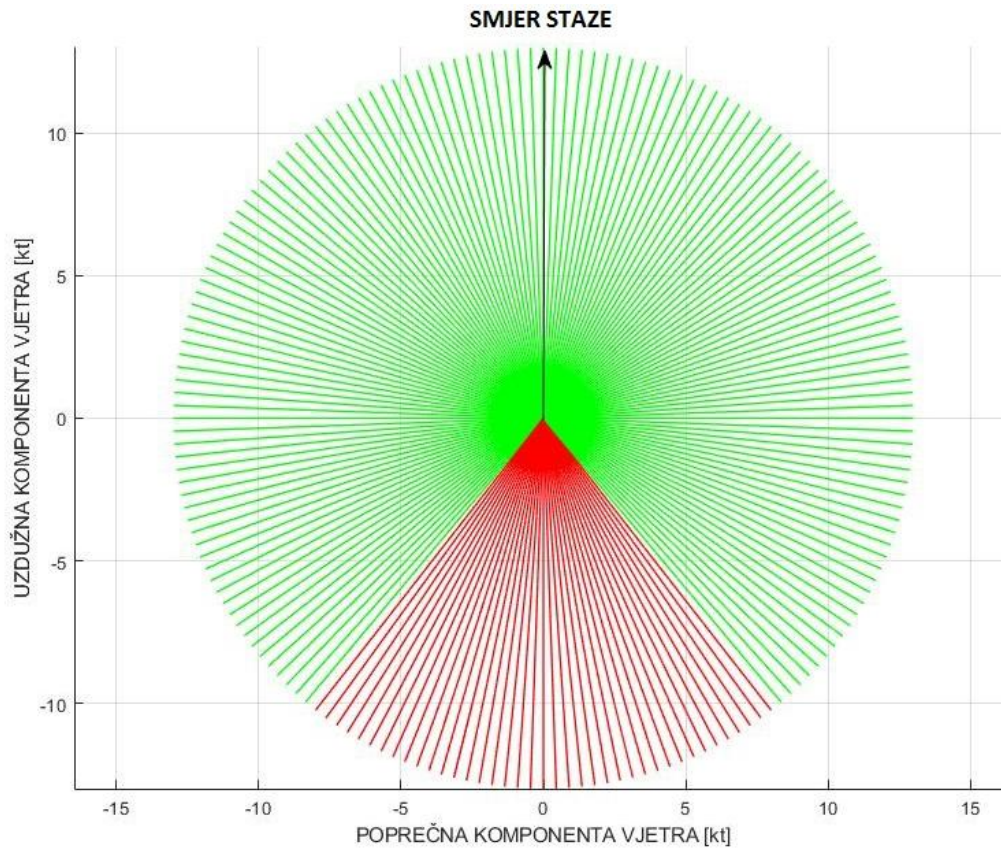
Prilog 49. Stanje piste *POOR* , vjetar = 11 kt



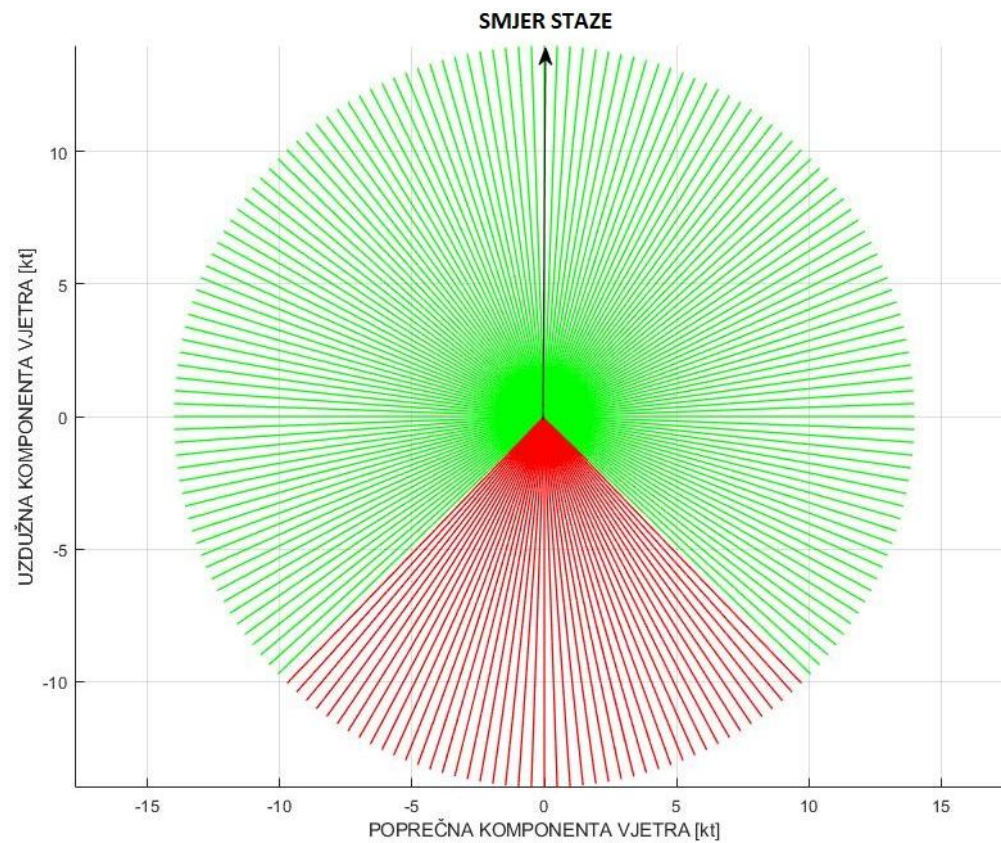
Prilog 50. Stanje piste *POOR* , vjetar = 12 kt



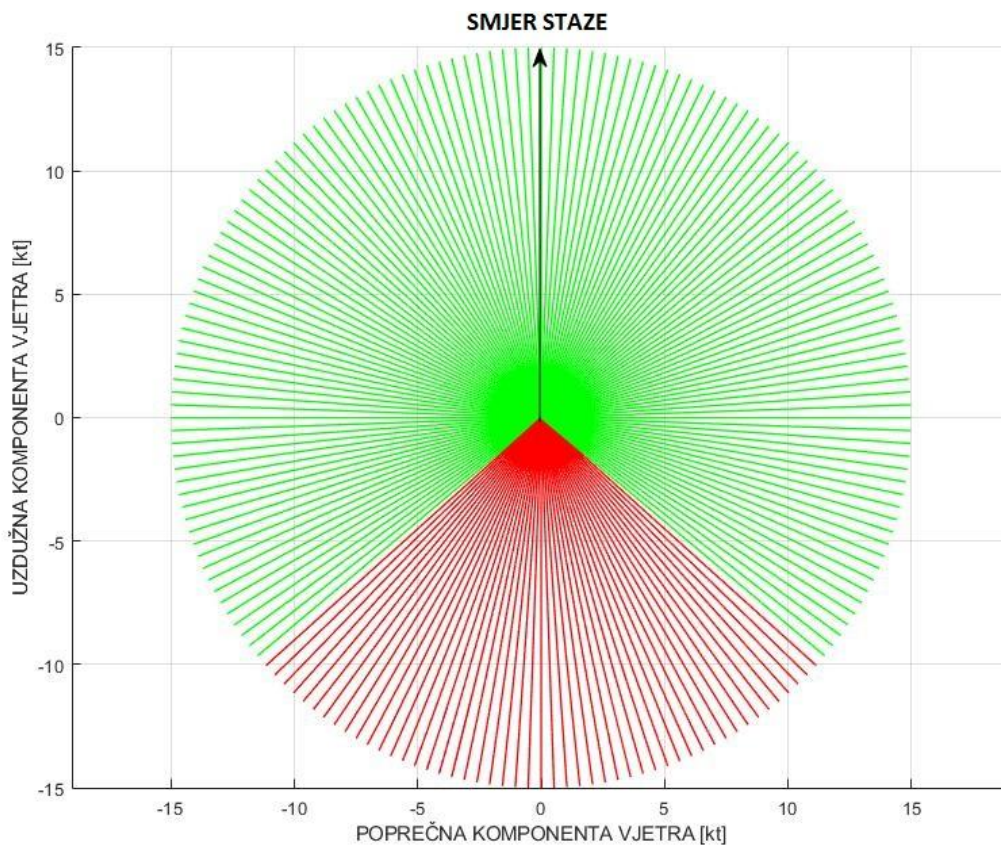
Prilog 51. Stanje piste *POOR* , vjetar = 13 kt



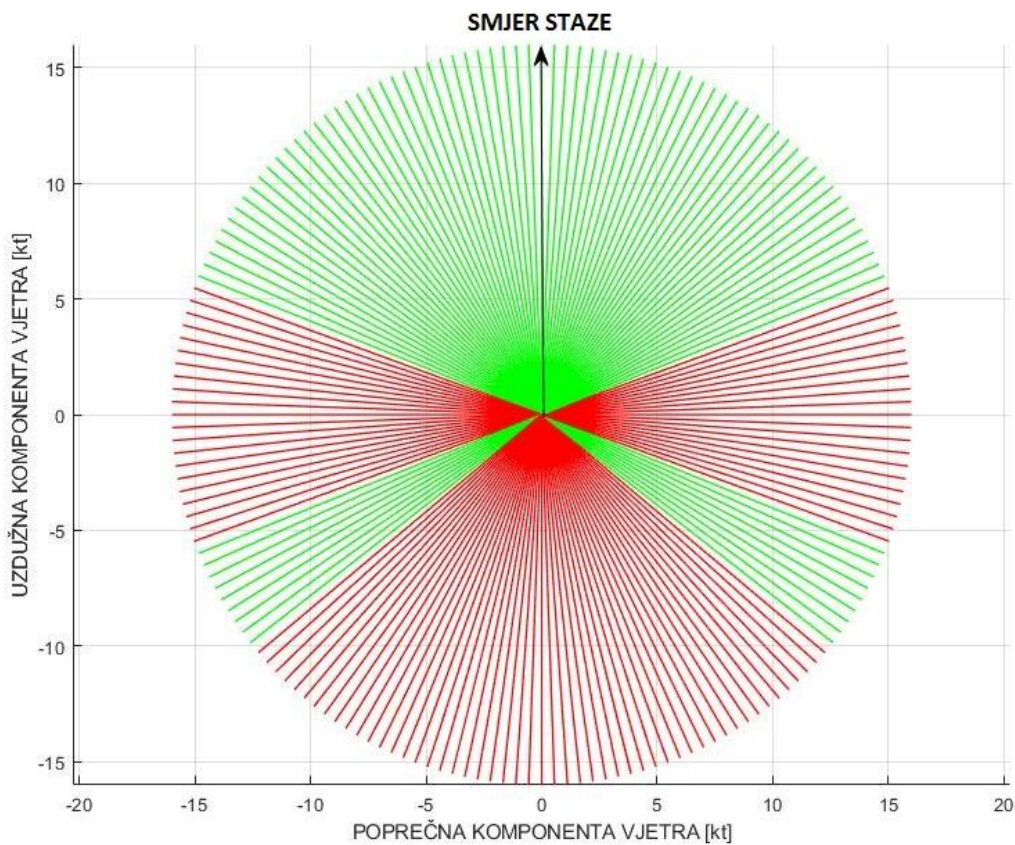
Prilog 52. Stanje piste *POOR* , vjetar = 14 kt



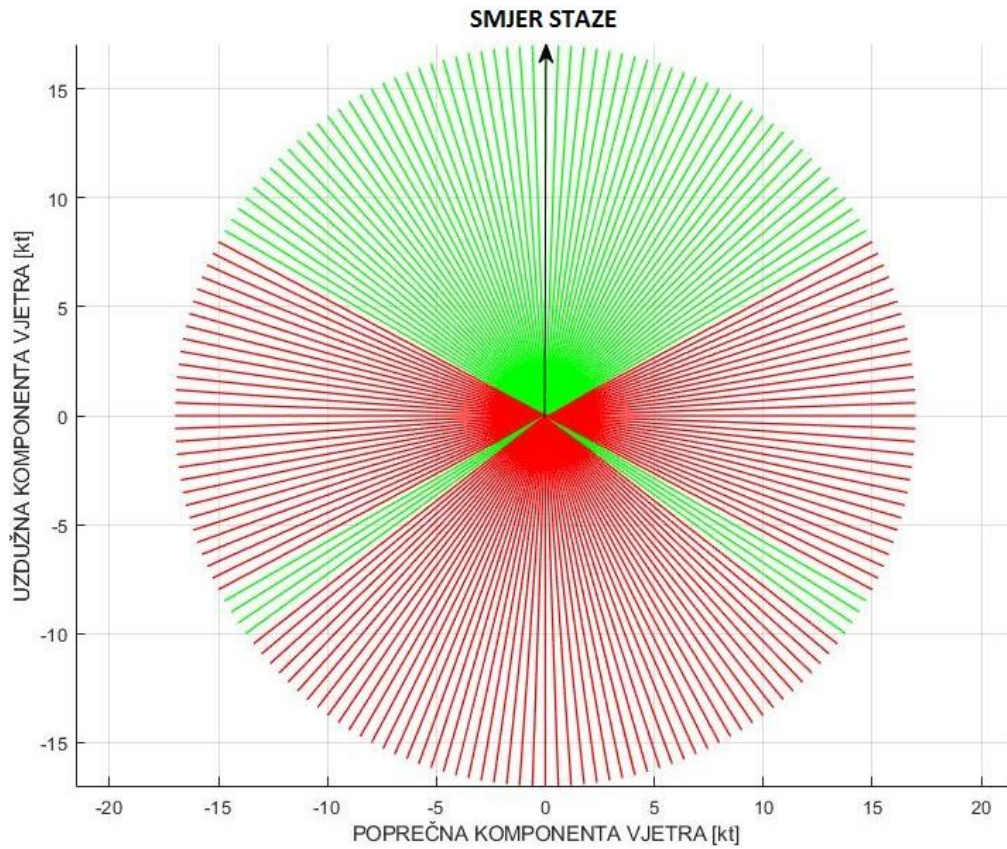
Prilog 53. Stanje piste POOR , vjetar = 15 kt



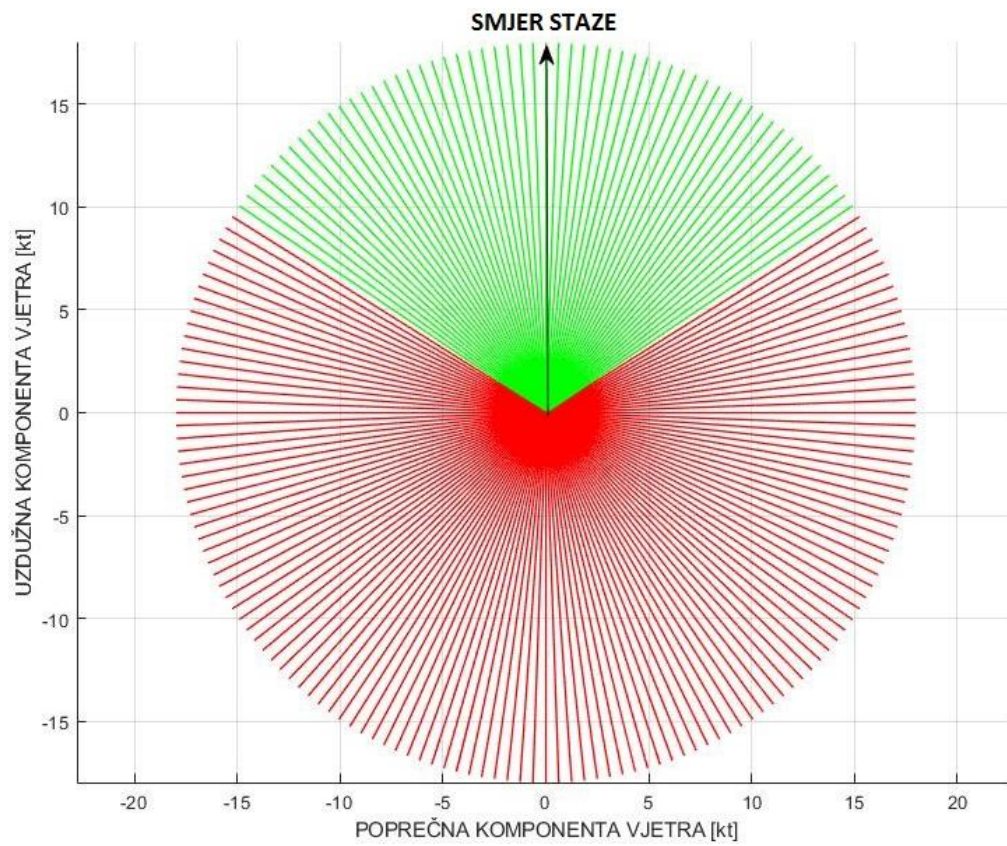
Prilog 54. Stanje piste POOR , vjetar = 16 kt



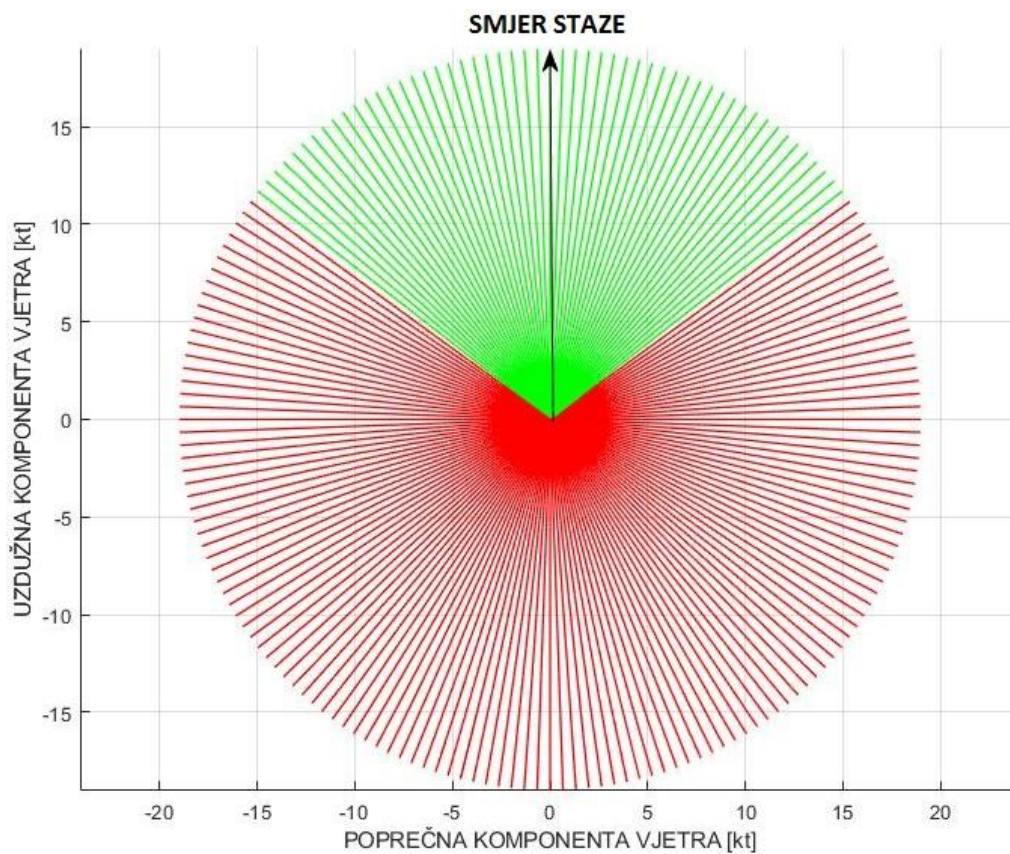
Prilog 55. Stanje piste POOR , vjetar = 17 kt



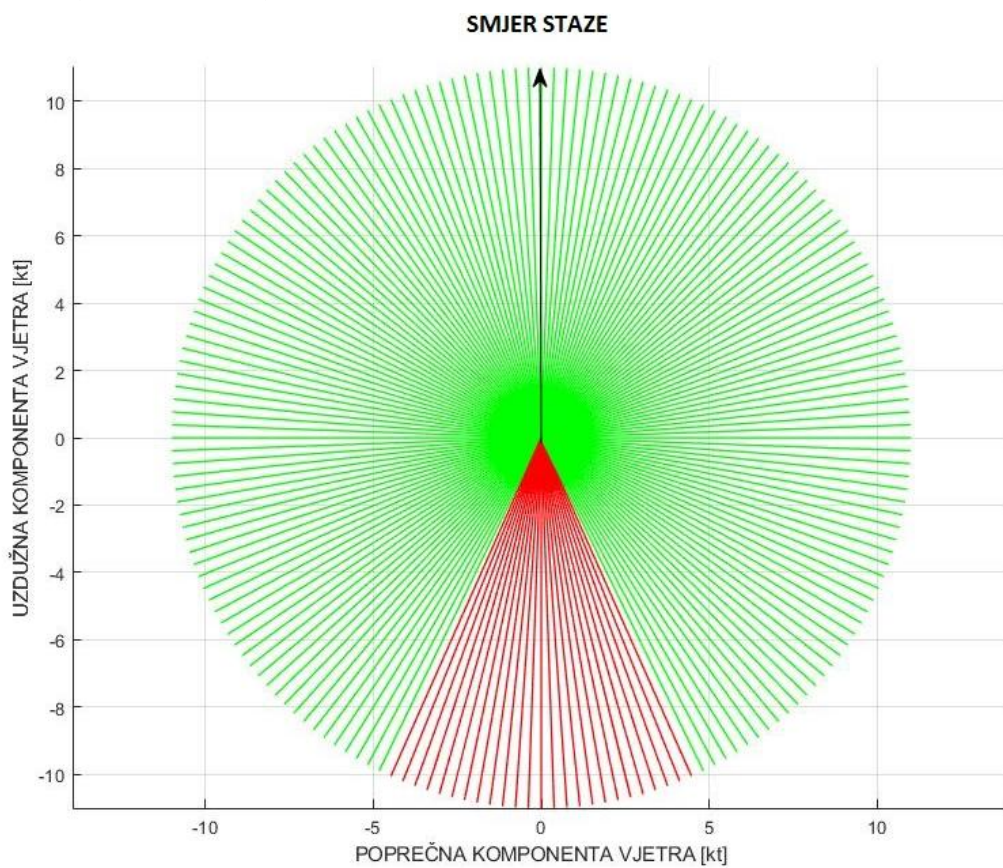
Prilog 56. Stanje piste POOR , vjetar = 18 kt



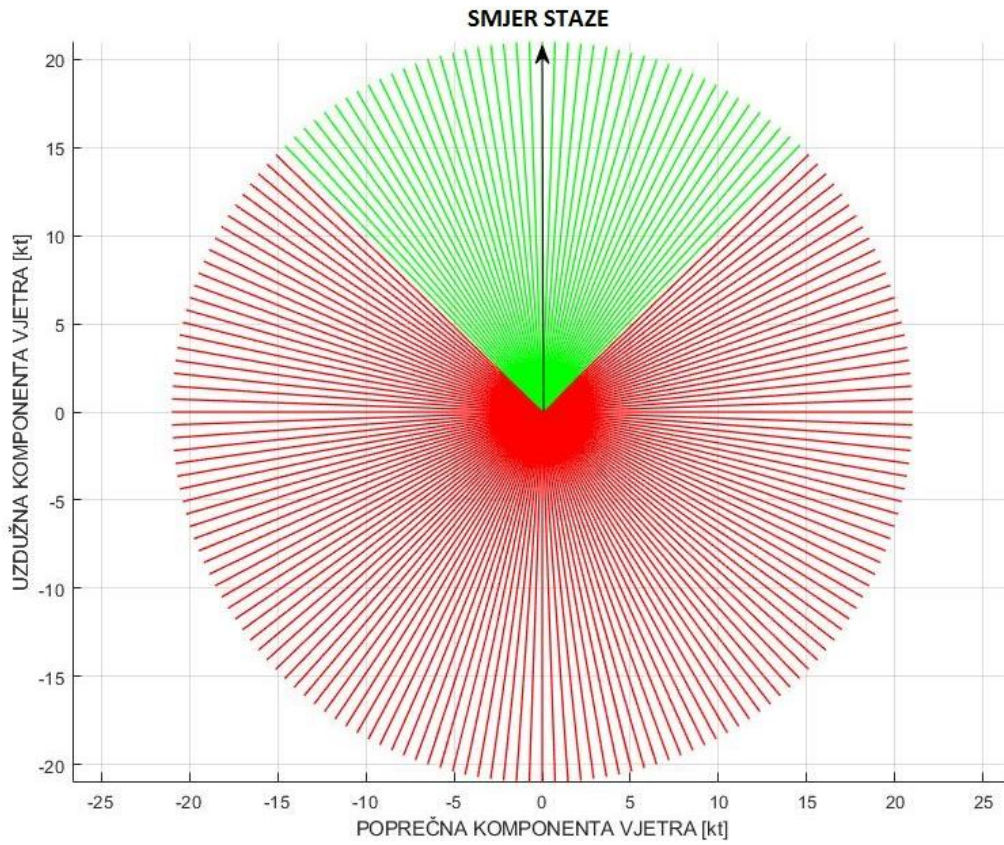
Prilog 57. Stanje piste POOR , vjetar = 19 kt



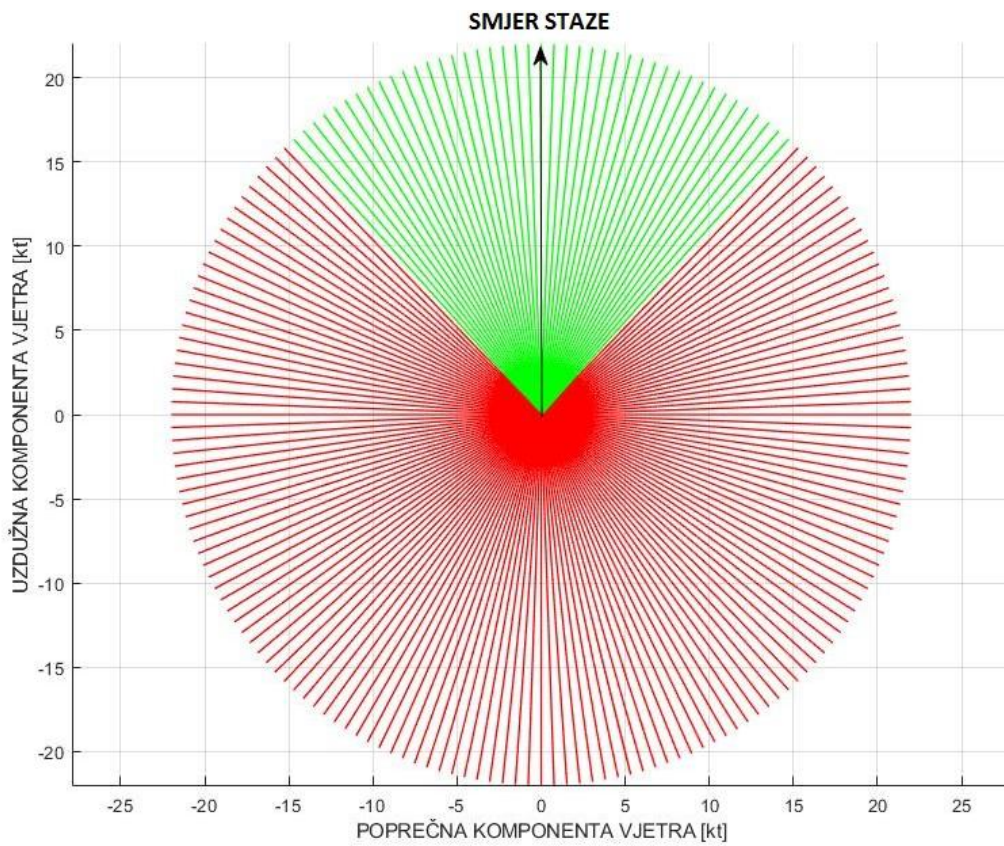
Prilog 58. Stanje piste POOR , vjetar = 20 kt



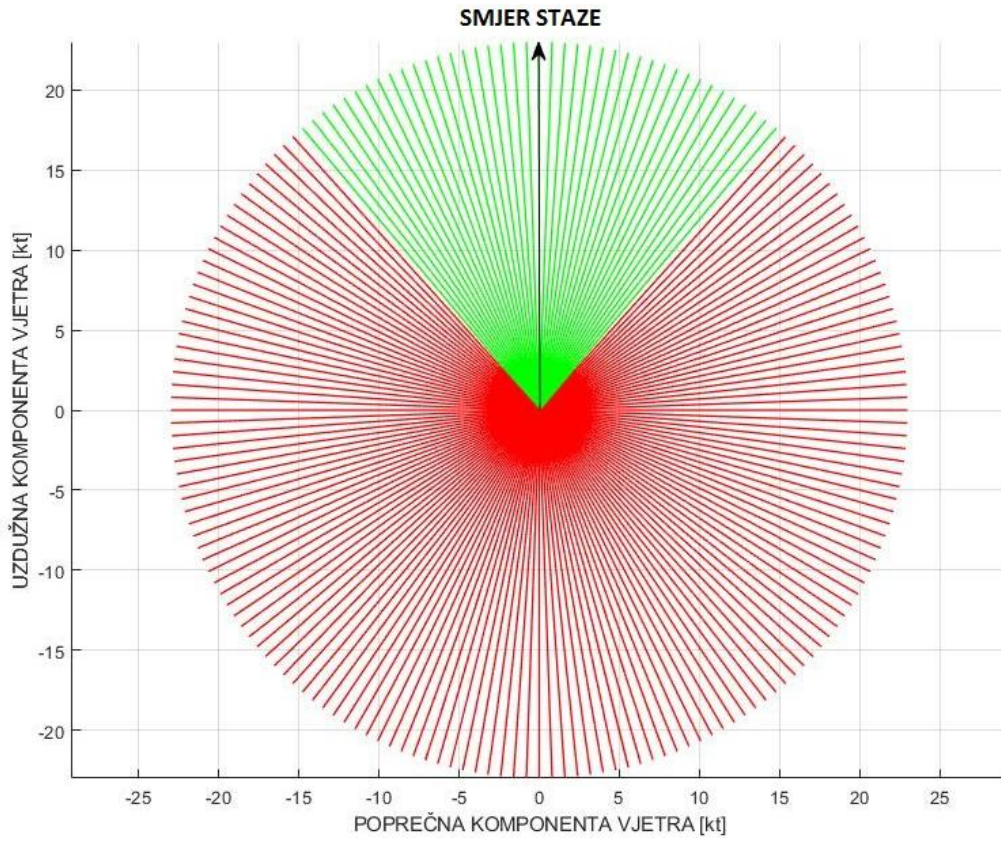
Prilog 59. Stanje piste POOR , vjetar = 21 kt



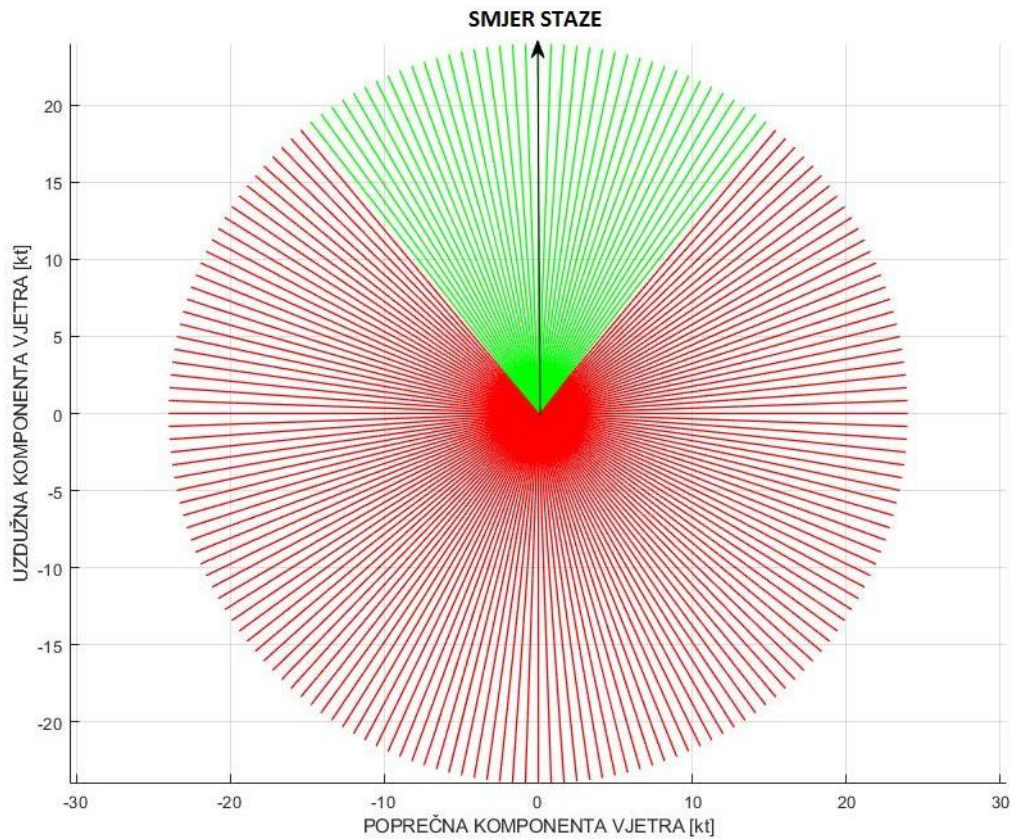
Prilog 60. Stanje piste POOR , vjetar = 22 kt



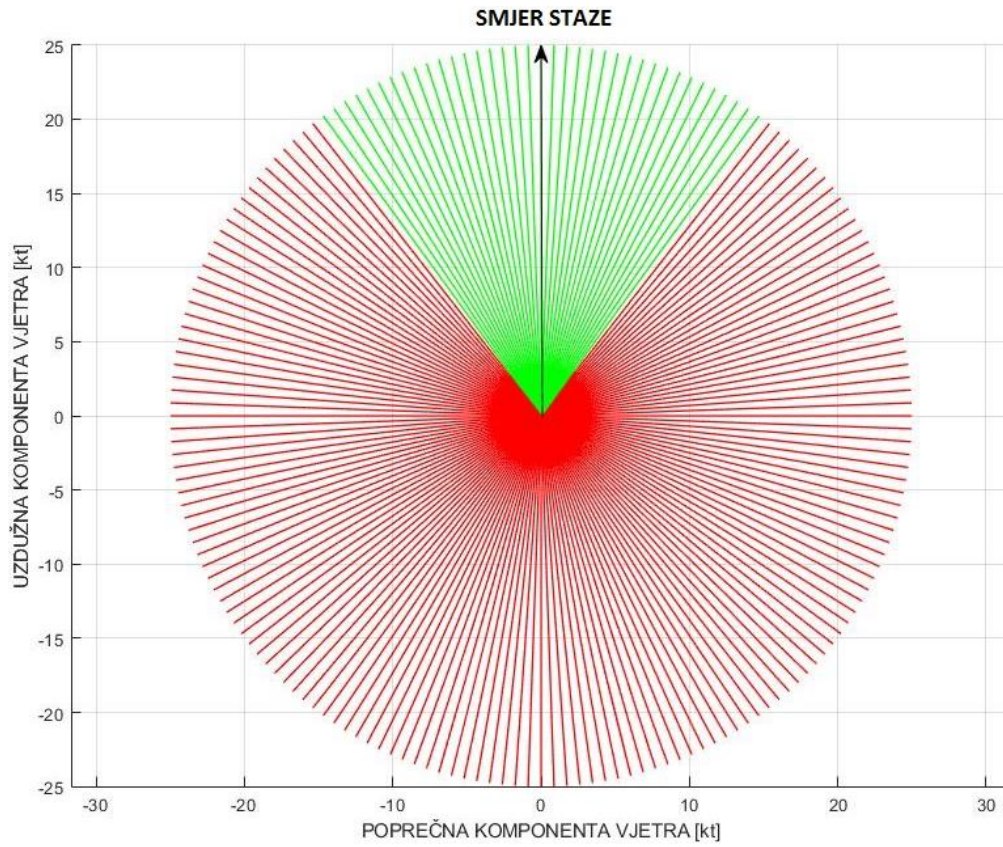
Prilog 61. Stanje piste POOR , vjetar = 23 kt



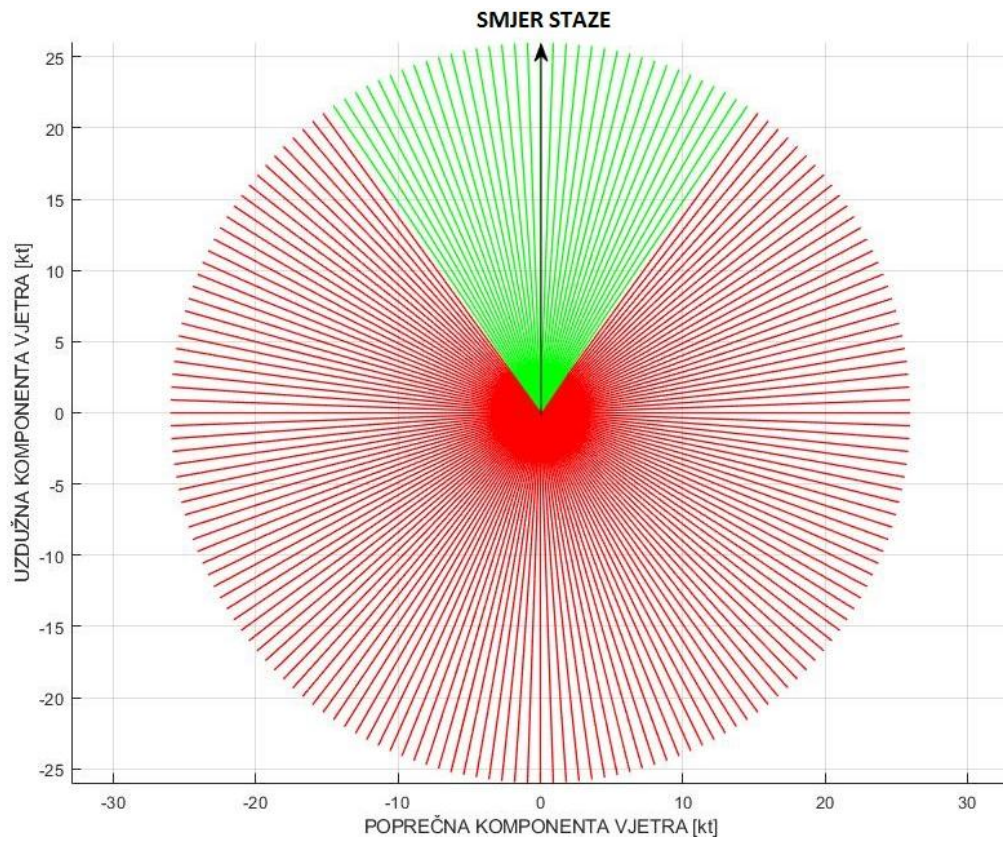
Prilog 62. Stanje piste POOR , vjetar = 24 kt



Prilog 63. Stanje piste *POOR* , vjetar = 25 kt



Prilog 64. Stanje piste *POOR* , vjetar = 26 kt





Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ završni rad
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ završnog rada
pod naslovom _____

Izračun performansi slijetanja aviona na aerodrom s dvije uzletno - sletne staze

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, _____ 23.2.2021 _____

Student/ica:

Karlo Kinčić

(potpis)