

58. SREČANJE MLADIH RAZISKOVALCEV

SLOVENIJE

Vpliv podlage na zavorno pot

Vpliv podlage, pnevmatik in hitrosti na zavorno pot

Raziskovalno področje:

Tehnika ali tehnologija

Raziskovalna naloga

Avtorica:

Arya Štuhec Tivadar

Mentor:

Jure Pikl

Šola: OŠ Bojana Ilicha Maribor

Maribor, april 2024

KAZALO

1	UVOD.....	7
1.1	Namen in cilji raziskave	7
1.2	Predvidevanja	8
1.3	Hipoteze.....	8
2	LEGO GRADNIKI IN NJIHOVA UPORABA.....	9
2.1	Zgodovina LEGO kock	9
2.2	Zbirka LEGO Mindstorms	9
2.3	Sestava LEGO Mindstorms robotov	10
3	SESTAVLJANJE ROBOTA	13
3.1	Oblika in konstrukcija	13
3.2	Programiranje	14
4	PREIZKUŠANJE ZAVORNE POTI	16
4.1	Priprava podlage in merjenje zavorne poti.....	16
4.2	Priprava pnevmatik in merjenje zavorne poti.....	18
4.3	Priprava robotka za vožnjo z različnimi hitrostmi in merjenje zavorne poti na suhi podlagi	19
4.4	Težave pri sestavljanju robotka in izvajanju meritev.....	19
5	MERJENJA IN IZSLEDKI	21
5.1	Gladka površina – modra oznaka.....	21
5.2	Površina, pokrita z mivko – rdeča oznaka.....	22
5.3	Površina, polita z vodo – rumeno – zelena oznaka	22
5.4	Površina, polita z oljem – bela oznaka	23
5.5	Različne površine s pnevmatikami brez profila.....	23
5.6	Vpliv širine pnevmatik na različnih površinah.....	24
5.7	Suha površina z različnimi hitrostmi	25

6	ANALIZA REZULTATOV	26
7	DRUŽBENA ODGOVORNOST.....	30
8	ZAKLJUČEK.....	31
9	VIRI.....	32
9.1	Viri slik.....	32
9.2	Elektronski viri	32

KAZALO SLIK

Slika 1: Logotip kock LEGO Mindstorms (lasten vir, posnetek zaslona)	9
Slika 2: Motor robotka (https://www.brickowl.com/catalog/lego-nxt-electric-motor-53787)	10
Slika 3: Infrardeči senzor robotka (lasten vir)	10
Slika 4: Krmilna enota (lasten vir)	11
Slika 5: LEGO Mindstorms program (lasten vir, posnetek zaslona)	12
Slika 6: Zobniški prenos – v razmerju 1 : 1 (lasten vir)	13
Slika 7: Zobniški prenos – multiplikator (lasten vir)	13
Slika 8: Kolo s pnevmatiko (lasten vir)	13
Slika 9: Sestavljen robot LEGO Mindstorms brez IR senzorja (lasten vir)	14
Slika 10: Sestavljen robot LEGO Mindstorms brez IR senzorja – od strani (lasten vir)	14
Slika 11: Nastavitev motorja in smeri vožnje (lasten vir, posnetek zaslona)	15
Slika 12: Pripravljena površina za merjenje zavorne poti (lasten vir)	16
Slika 13: »Meja« na kateri se je robot začel ustavljati (lasten vir)	17
Slika 14: Površina pokrita z mivko (lasten vir)	18
Slika 15: Površina pokrita z oljem (lasten vir)	18
Slika 16: Primerjava profilov pnevmatik	19
Slika 17: Merjenje na gladki površini (lasten vir)	21
Slika 18: Merjenje na površini posuti z mivko (lasten vir)	22
Slika 19: Merjenje na površini politi z vodo (lasten vir)	22
Slika 20: Merjenje na površini politi z oljem (lasten vir)	23

KAZALO TABEL

Tabela 1: Rezultati meritev na gladki površini	21
Tabela 2: Rezultati meritev na površini posuti z mivko	22
Tabela 3: Rezultati meritev na površini politi z vodo	22
Tabela 4: Rezultati meritev na površini politi z oljem	23

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Primerjava zavorne poti na različnih podlagah ter z različnimi profili gum	23
Graf 2: Primerjava zavorne poti pri različnih širinah pnevmatik.....	24
Graf 3: Primerjava zavorne poti pri različnih hitrostih.....	25
Graf 4: Primerjava zavorne poti robota na različnih podlagah pri enakih končnih hitrostih....	27

Povzetek

Raziskovalna naloga se osredotoča na vpliv različnih podlag, različnih profilov in širin pnevmatik ter hitrosti vožnje na zavorno pot robota, izdelanega iz LEGO Mindstorms komponent. Doma sem sestavila in sprogramirala testnega robota, nato pa v šoli pripravila različne podlage, na katerih sem merila zavorno pot. Spreminjala sem tudi pnevmatike z različnimi širinami in profili.

Podlage so podobne temu, s čimer se kot navdušena 12-letna kolesarka srečujem na vozišču – suha in mokra površina, peščena ter mastna (oljna) površina; pnevmatike pa so takšne, kot jih uporabljam na svojih kolesih – široke, z grobim profilom ter ozke brez profila. Ker se s cestnim kolesom po navadi vozim hitreje kot z gorskim, sem v nalogi preverjala tudi vpliv hitrosti na zavorno pot.

V praktičnem delu naloge sem opisala celoten postopek od izdelave in programiranja robotka do merjenja zavorne poti.

Pred začetkom izvajanja meritev sem predvidevala, da bo najkrajša zavorna pot na čisti, suhi površini, pri pnevmatikah s profilom in nizko hitrostjo, najdaljša pa na mokri podlagi.

Meritve so pokazale, da se robot na vsaki podlagi obnaša drugače. Najhitreje se ustavi pri nizki hitrosti na gladki, čisti površini s pnevmatikami s profilom, medtem ko se na ostalih podlagah, v odvisnosti od hitrosti in oblike pnevmatike, zavorna pot podaljšuje. To pomeni, da imajo podlaga, pnevmatike ter hitrost velik vpliv na zavorno pot, kar je nadvse pomembno ne zgolj zame kot kolesarko, temveč za varnost vseh udeležencev v prometu.

Ključne besede: LEGO, zavorna pot, podlaga, hitrost, pnevmatika, promet

Zahvala

Zahvaljujem se staršema za vso podporo in vzpodbudo pri raziskovanju ter mentorju Juretu Piklu, ki me je pri nalogi usmerjal, mi svetoval in mi je bil vedno pripravljen pomagati.

1 UVOD

Rada kolesarim.

Večkrat sem že kolesarila tudi po dežju, zato vem, da je na mokri podlagi težje zavirati kot na suhi. Težje je zavirati tudi na pesku, travi in listju. Prav tako sem že ugotovila, da se z gorskim kolesom praviloma ustavim hitreje kot s cestnim kolesom (»specialko«).

Da bi mi bilo povsem jasno, kakšna je povezava med podlago, hitrostjo in pnevmatikami, sem želela praktično preizkusiti, kako vsi ti dejavniki vplivajo na zavorno pot, to pomeni kakšno razdaljo prevozimo, preden se popolnoma ustavimo. Moje gorsko kolo ima široke pnevmatike z izrazitim profilom, cestno kolo pa ima ožje in gladke pnevmatike. Običajno se s »specialko« podam na daljše poti, kjer med vožnjo dosegam večje hitrosti, z gorskim kolesom pa se vozim po makadamskih in gozdnih poteh.

Da se ne bi poškodovala, sem se odločila, da bo vse te pogoje namesto mene preizkušal robot.

Za raziskavo sem uporabljala LEGO Mindstorms kocke, ki jih imamo v šoli.

Najprej sem se osredotočila na sestavljanje in programiranje robota ter nato poskusila raziskati vpliv različnih podlag, hitrosti in profilov pnevmatik na njegovo zavorno pot.

1.1 Namen in cilji raziskave

V nalogi sem se ukvarjala z vplivom različnih podlag, pnevmatik in hitrosti na zavorno pot LEGO robotka. Raziskovalno delo je zajemalo preizkusne vožnje robotka ter merjenje in primerjave poti, ki jih je robot opravil od začetka zaviranja do popolne ustavitve. Osredotočila sem se na različne površine, čim bolj podobne tistim na cesti ali kolesarski stezi: gladka površina (linolej), ki je v raziskovalni nalogi predstavljal čisto asfaltno površino; voda, mivka in olje pa so snovi, ki jih pogosto najdemo na cestišču ali kolesarski stezi.

Pri raziskovanju sem se posvetila tudi preizkušanju zavorne poti, kadar je imel robot ozke pnevmatike ter primerjavi različnih profilov pnevmatik. Ugotavljala sem, kako se robot obnaša na različnih podlagah, vpliv širine pnevmatik ter vpliv profila pnevmatik na zavorno pot na različnih podlagah (čista, suha podlaga, peščena podlaga ter mokra podlaga).

Ob vsem tem me je zanimal tudi vpliv hitrosti na zavorno pot. Hitrost sem regulirala z jakostjo motorja in sicer 100%, 75% ter 50%, kar se je odražalo v hitrosti robotka pred zaviranjem.

Temo raziskovalne naloge sem izbrala, ker želim biti varna udeleženka v prometu in bi rada vsaj približno predvidevala, kdaj moram začeti zavirati na neidealnem vozišču, kjer je cesta lahko umazana z mivko ali peskom, mokra, mastna... Prav tako je razlika, kadar uporabljam različna kolesa – za daljše poti t.i. »specialko«, ki ima zelo ozke, gladke pnevmatike oz. gorsko kolo, ki ga uporabljam za izlete v gozd ali na travnik, ki pa ima širše, »narebrane« pnevmatike. Namen te naloge je praktično preučiti vpliv podlage, širine in profila pnevmatik ter hitrosti na zavorno pot.

Pri pregledu objav na spletu in preletu v COBISS-u sem našla nekaj podobnih raziskav in člankov na to temo. To so večinoma spletni članki, namenjeni oglaševanju pnevmatik.

1.2 Predvidevanja

Moja raziskovalna naloga temelji na poskusih. Pri tem se bom naučila (novih) metod raziskovanja. Naučila se bom tudi pravilno urejati in analizirati pridobljene podatke ter jih pravilno predstaviti.

1.3 Hipoteze

Raziskovala sem dejavnike, ki vplivajo na zavorno pot gibajočega se telesa. Glede na moje izkušnje in predvidevanja sem postavila šest različnih hipotez.

Prva hipoteza: Zavorna pot robota se razlikuje glede na vrsto podlage.

Druga hipoteza: Na gladki površini je zavorna pot najkrajša, najdaljša pa je na podlagi, premazani z oljem.

Tretja hipoteza: Najdaljša zavorna pot bo manj kot dvakrat daljša od najkrajše zavorne poti.

Četrta hipoteza: Zavorna pot na različnih površinah bo daljša, če bodo pnevmatike brez profila.

Peta hipoteza: Zavorna pot na suhi površini bo manjša, če bo hitrost »vozila« manjša.

Šesta hipoteza: Dvojna širina pnevmatik bo zavorno pot prepolovila.

2 LEGO GRADNIKI IN NJIHOVA UPORABA

2.1 Zgodovina LEGO kock

LEGO kocke obožujejo milijoni otrok in odraslih po vsem svetu. Njihova zanimiva zgodovina, sega v leto 1932, ko je mizar Ole Kirk Christiansen ustanovil majhno podjetje v Billundu na Danskem. Na začetku je izdeloval le pohištvo, kasneje pa še lesene igrače in gospodinjske predmete.

Leta 1934 je svoje podjetje poimenoval LEGO. Ime »LEGO« izhaja iz danskih besed »leg godt«, kar pomeni »dobro se igrati«.

Kasneje je podjetje začelo izdelovati plastične igrače, šele leta 1958 pa je nastala slavna LEGO kocka, kot jo poznamo danes.

LEGO kocke so se kmalu uveljavile po vsej Evropi in pred skoraj 60 leti je bil v Billundu odprt celo zabaviščni park LEGOLAND.

Zanimivo je, da je osnovna LEGO kocka ostala enaka vse od svojega začetka [1, 8].

2.2 Zbirka LEGO Mindstorms



Slika 1: Logotip kock LEGO Mindstorms (lasten vir, posnetek zaslona)

LEGO Mindstorms so LEGO kocke oziroma kompleti, ki imajo možnost programiranja. Z njimi lahko sestavljamo različne robote, ki jih lahko sprogramiramo za opravljanje najrazličnejših nalog. Od svoje prve izvedenke so doživeli več različic z vse večjo zahtevnostjo. Izdelki LEGO Mindstorms se poleg domače uporabe pogosto uporabljajo v šolah in na tekmovanjih iz robotike.

Ciljna skupina za LEGO Mindstorms so sicer otroci, vendar je veliko ljubiteljev Mindstormsov tudi odraslih. Čeprav je bil LEGO Mindstorms prvotno zasnovan in predstavljen kot orodje za izobraževalne namene, je postal prvi domači komplet za robotiko, ki je na voljo širši množici [2].

2.3 Sestava LEGO Mindstorms robotov

Roboti LEGO Mindstorms so običajno sestavljeni iz različnih sestavnih delov, ki skupaj s pametno kocko tvorijo robota. Osnovni deli robota LEGO Mindstorms vključujejo:

- **kocke in elemente za sestavljanje:** v kompletih LEGO Mindstorms so na voljo različne LEGO krmilne enote, gredi, zobniki in drugi gradniki, ki jih lahko uporabimo za gradnjo robota,
- **motorji:** v kompletih je eden ali več električnih servomotorjev, ki zagotavljajo gibanje robota. Ti motorji se lahko uporabljajo za pogon koles, premikanje rok ali izvajanje drugih dejanj (slika 2) [3],



Slika 2: Motor robotka (<https://www.brickowl.com/catalog/lego-nxt-electric-motor-53787>)

- **različni senzorji**, ki robotu omogočajo zaznavanje okolice:
 - senzor za dotik: zaznava fizični stik ozziroma dotik,
 - barvni senzor: prepozna barve,
 - ultrazvočni senzor: meri razdalje z zvočnimi valovi,
 - žiroskopski senzor: meri vrtenje in orientacijo,
 - infrardeči senzor: zaznava odboj svetlobe (slika 3),
 - mikrofon – senzor za zvok [3],



Slika 3: Infrardeči senzor robotka (lasten vir)

- **krmilna enota:** osrednja procesna enota predstavlja t.i. »možgane« robota (slika 4). Ta enota vsebuje mikrokrmilnik, ki se povezuje z motorji in senzorji. Uporabniki ga lahko programirajo za nadzor robotovega obnašanja [3],

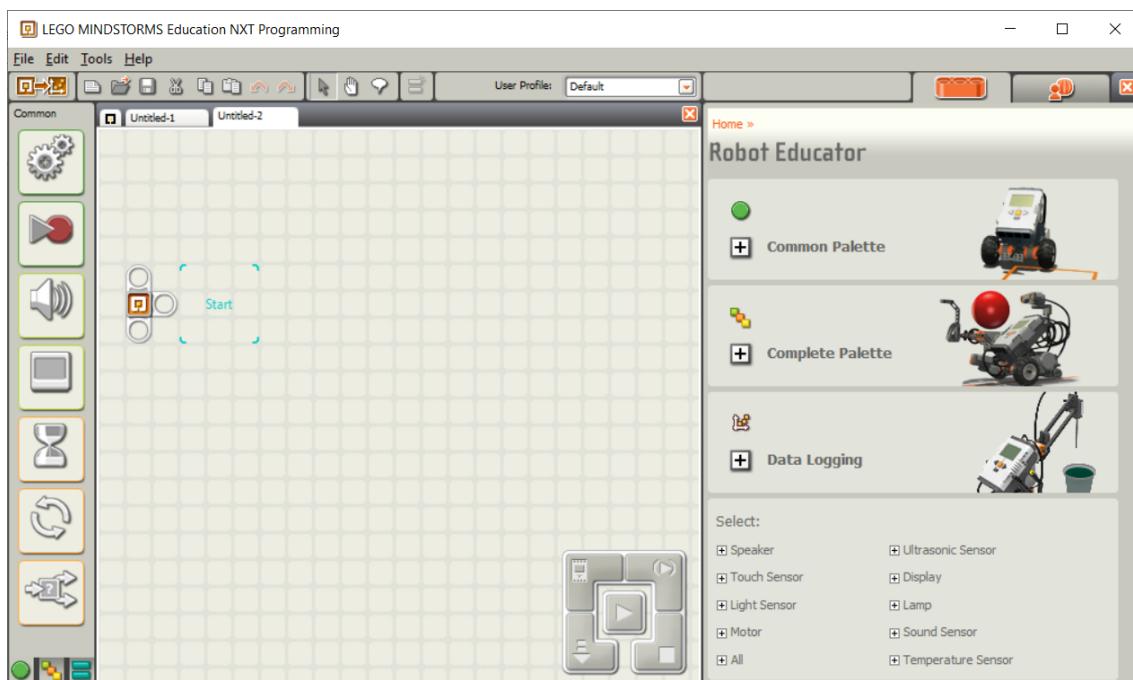


Slika 4: Krmilna enota (lasten vir)

- **kabli in priključki:** za povezavo motorjev, senzorjev in drugih komponent z nadzorno enoto so na voljo kabli RJ12 (telefonski kabel),
- **programska oprema:** uporabnikom omogoča ustvarjanje in nalaganje programov v robota – blokovno programiranje, ki temelji na programskem jeziku »C« (slika 5),
- **vir energije:** roboti LEGO Mindstorms se napajajo z baterijami AA ali priloženo baterijo,
- **kolesa in pnevmatike:** odvisno od zasnove robota so lahko vključena kolesa in pnevmatike različnih dimenzij in trdot, ki robotu omogočajo gibanje [3].

Obstaja več vrst robotov, ki so v glavnem namenjeni za zabavo. Sestavni deli uporabnikom omogočajo izdelavo najrazličnejših robotov - od preprostih robotov na kolesih do zapletenejših, zahtevnejših robotov, opremljenih z več senzorji. Platforma LEGO Mindstorms je zasnovana tako, da je dostopna uporabnikom z različnim znanjem in izkušnjami, zato je priljubljena izbira tako za izobraževalne namene kot tudi za ljubitelje robotike.

Aplikacija LEGO® MINDSTORMS® je namenjena prav programiranju teh LEGO kock [3].



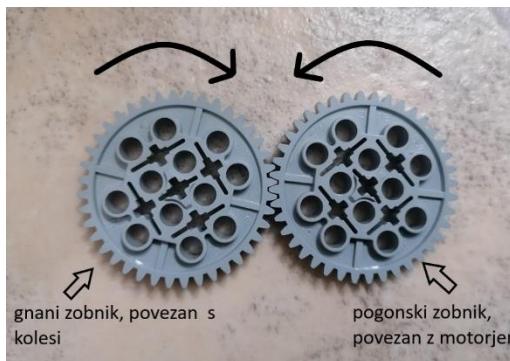
Slika 5: LEGO Mindstorms program (lasten vir, posnetek zaslona)

3 SESTAVLJANJE ROBOTA

3.1 Oblika in konstrukcija

Prvi korak raziskovalne naloge je bil sestavljanje robota. Sestavila sem ga doma, saj je bilo sestavljanje in programiranje precej zahtevno in dolgotrajno. Robot je zasnovan tako, da se je peljal čim bolj naravnost in čim hitreje. Za izdelavo robota sem poleg klasičnih sestavnih gradnikov uporabila še:

- en motor za pogon robota (da robot ni zavijal in ni imel odvečne teže),
- en manjši in en večji zobnik, za zobniški prenos (multiplikator), s katerim je robot dosegel večjo hitrost. Zobniški prenos v razmerju 1 : 1 je prikazan na sliki 6, multiplikator je prikazan na sliki 7, kjer je večji zobnik pogonski del, manjši pa gnani del,



Slika 6: Zobniški prenos – v razmerju 1 : 1
(lasten vir)



Slika 7: Zobniški prenos – multiplikator (lasten vir)

- kolesa z globino profila 0,6 mm, širina profila 4 mm. Na sliki 8 je označena višina profila pnevmatike, ki sem jo izmerila s kljunastim merilom,



Slika 8: Kolo s pnevmatiko (lasten vir)

- krmilno enoto (*slika 4*),

- infrardeč senzor, ki je omogočil ustavljanje robota (robot se je vedno začel ustavljati na istem mestu) - (*slika 3*).



Slika 9: Sestavljen robot LEGO Mindstorms brez IR senzorja (lasten vir)



Slika 10: Sestavljen robot LEGO Mindstorms brez IR senzorja – od strani (lasten vir)

3.2 Programiranje

Programiranje je učenje računalnika, da opravlja naloge. Ko pišemo program, ustvarjamo ukaze, ki povedo računalniku, kaj naj stori [4].

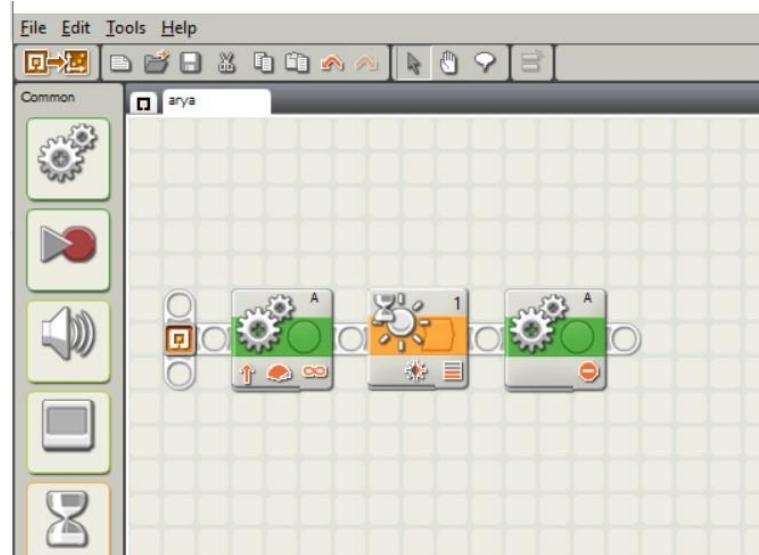
Pri programiranju uporabljamo poseben jezik, ki ga računalnik lahko razume. Kot da bi se z računalnikom pogovarjali v njegovem jeziku.

Programi so sestavljeni iz različnih vrst ukazov. Računalniku lahko na primer z enim ukazom naročimo naj izpiše nekaj besed, z drugim mu lahko naročimo, naj izvede matematične operacije ali nekaj popolnoma drugega.

Programiranje je kot sestavljanje ugank. Vsak ukaz mora biti napisan pravilno, da računalnik razume, kaj želimo od njega. Če naredimo napako, lahko program deluje napačno ali sploh ne deluje [5].

Program, ki sem ga napisala za potrebe raziskovane naloge, ima enostavno logiko: Pelji se naprej toliko časa, dokler ne zapelješ na belo črto. Takrat se ustavi. Moč na motorju A sem nastavila na 100 % in čas vrtenja na neskončno. Na vhodu 1 sem dodala infrardeči senzor, ki je zaznal spremembo v odboju svetlobe. Mejno vrednost odboja svetlobe sem določila tako, da sem izmerila odboj svetlobe na linoleju in na beli črti. Izmerjeni vrednosti sem seštela in delila z dve. Tako da sem dobila povprečno vrednost 68 %, ki sem jo uporabila za mejno vrednost. Na koncu sem dodala še ukaz naj se motor A ustavi. Slika 11 prikazuje program, ki sem ga uporabila za vožnjo robota. Pri tem sem morala paziti, da je bila izbrana funkcija »brake« in ne

»coast« Ukaza se razlikujeta v tem, da »brake« blokira motor, »coast« pa preneha poganjati motor.



Slika 11: Nastavitev motorja in smeri vožnje (lasten vir, posnetek zaslona)

4 PREIZKUŠANJE ZAVORNE POTI

4.1 Priprava podlage in merjenje zavorne poti

Zavorna pot je razdalja, ki jo telo opravi od trenutka zaviranja do njegove zaustavitve [10]. Ta razdalja je daljša, če je oprijem med pnevmatiko ter podlago manjši in obratno. Oprijem je fizični stik med dvema površinama, ki omogoča, da ti površini ne drsita oziroma se ne ločujeta med seboj [7]. Na zavorno pot in oprijem vpliva več dejavnikov: material, velikost in profil pnevmatik, hitrost, naklon podlage, teža predmeta in podlaga. V nalogi sem raziskovala vpliv podlage, pnevmatik (profil in širina) ter hitrosti na zavorno pot.

Zavorne poti sem merila na površinah, ki so podobne tistim, s katerimi se srečujemo vsakodnevno (pesek, mokra cesta, razlito olje in suha cesta). Za poskuse sem izbrala:

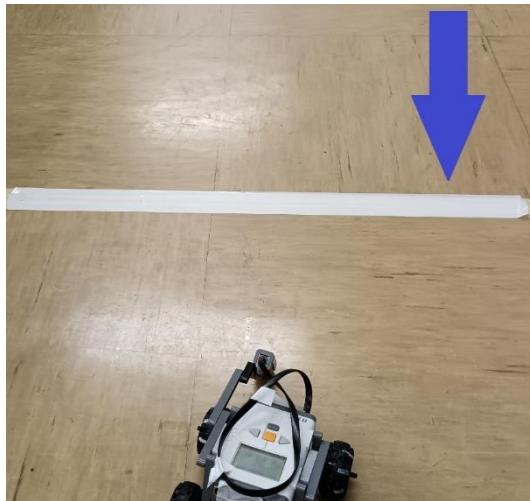
- gladko površino (linolej),
- mivko na linoleju,
- vodo na linoleju,
- jedilno olje na linoleju.

Na sliki 12 je prikazana ravna, gladka površina, ki sem jo najprej dobro očistila nato pa sem na njej določila »mejo«, na kateri se je robot začel ustavljati. Za mejo sem uporabila bel samolepilni trak širine 5 cm. Trak bele barve sem izbrala zato, da je bil kontrast med linolejem in mejo dovolj očiten. Namesto belega traku bi lahko uporabila tudi trak črne barve. Razlika v odboju svetlobe je bila nujna za pravilno delovanje IR senzorja.



Slika 12: Pripravljena površina za merjenje zavorne poti (lasten vir)

Na drugi strani meje določene z lepilnim trakom sem pripravila omenjene podlage (pogoje). Tudi to površino sem prej do suhega pobrisala s čisto krpo, da na njej ni bilo nobenih ostankov čistila ali vode. Območje za mejo je prikazan z modro puščico na sliki 13.



Slika 13: »Meja« na kateri se je robot začel ustavljati (lasten vir)

Robot se je do začetka meritne površine (to je do bele črte ozziroma meje) vedno premikal z enako hitrostjo, ker je bila površina in razdalja do belega traku ves čas enaka. Tudi za to podlago sem morala poskrbeti, da je ostala ves čas čista in suha.

Zavorno pot robotka sem merila od belega traku do njegove popolne zaustavitve. Odločila sem se, da točko kjer se robot ustavi označim pri sprednji levi osi. Za vsako različno podlago sem uporabila drugo barvo lepilnega traku: modro, rdečo, rumeno-zeleno in belo.

Pri merjenju in lepljenju papirčkov je prihajalo do napak, saj je bilo mesto osi določeno na podlagi mojega opazovanja s prostim očesom. Ker tovrstno merjenje ni natančno, sem rezultate pri analizi zaokrožila na 0,5 cm natančno.

Za prvi poskus sem izbrala suho podlago. Po vsaki vožnji sem označila mesto, kjer se je ustavilo sprednje levo kolo. Da bi bile meritve čim bolj natančne in zanesljive, sem vožnje ponovila še devetkrat. Vseh deset oznak, prilepljenih na suhi podlagi, se vidi na sliki 16.

Za drugo merjenje sem površino za belim trakom posula z mivko, kar prikazuje slika 14. Mivko sem izbrala zato, ker bi bil pravi pesek prevelik za velikost koles mojega LEGO robota. Na tako pripravljeni peščeni podlagi je robot opravil novih deset voženj. Tokrat sem mesto ustavljanja

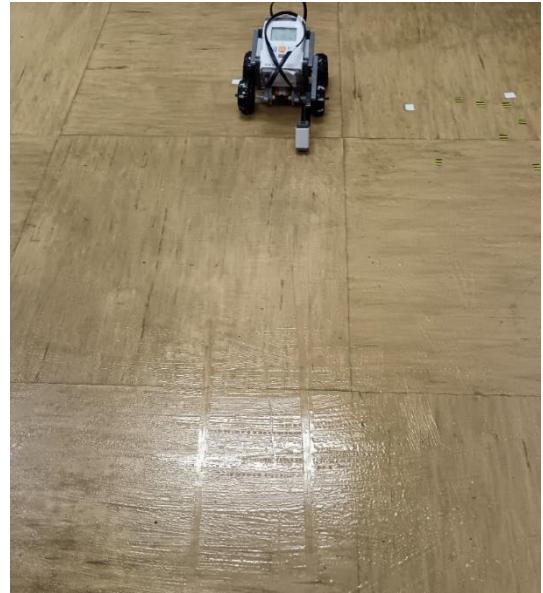
označila z rdečim trakom. Oznake iz prvega testiranja (moder trak) sem pustila prilepljene na tleh zato, da sem lahko videla razliko v zavorni poti. To se tudi dobro vidi na sliki 14.

Za tretje testiranje sem površino temeljito očistila. Nato sem podlago poškropila z vodo iz pipe. Zavorne poti tega merjenja sem označila z rumeno-zelenimi trakovi. Tudi tokrat sem naredila deset voženj (slika 18).

Za četrto merjenje sem na površini pustila vodo od prejšnjega merjenja in nanjo polila nekaj jedilnega olja. Celotno merilno območje sem razmazala s čopičem, da sta se voda in olje razporedila čim bolj enakomerno. Vodo sem na površini pustila tudi zato, da so bile razmere kar se da podobne tistim, s katerimi se srečujem na cesti, kadar me med kolesarjenjem presenetijo padavine.



Slika 14: Površina pokrita z mivko (lasten vir)



Slika 15: Površina pokrita z oljem (lasten vir)

4.2 Priprava pnevmatik in merjenje zavorne poti

Naslednja skupina meritev je bila narejena z ozkimi, gladkimi pnevmatikami brez profila, ki sem jih pripravila na tak način, da sem pnevmatike iz prvega testa (ozke s profilom) preleplila z lepilnim trakom (enostranski lepilni trak "duct tape" 3M 1900).



Slika 16: Primerjava profilov pnevmatik

Tretja skupina meritve je bila narejena s širokimi pnevmatikami s profilom. Za te meritve sem uporabila dvojne pnevmatike na vsaki strani pogonske osi (na pogonski osi sta bili tako na levi kot na desni strani po dve pnevmatiki z enakim profilom kot pri prvih meritvah).

4.3 Priprava robotka za vožnjo z različnimi hitrostmi in merjenje zavorne poti na suhi podlagi

Četrta skupina meritve je zajemala meritve zavorne poti na suhi podlagi pri različnih hitrostih vožnje robotka.

Robotka sem pripravila tako, da sem v programu za različne vožnje spremajala jakost motorčka in sicer sem vožnje opravila:

- 100% moč motorčka (hitrost: 1,2 m/s),
- 75% moč motorčka (hitrost: 0,75 m/s),
- 50% moč motorčka (hitrost: 0,3 m/s).

Hitrost sem izračunala tako, da sem merila čas od začetka gibanja do začetka zaustavljanja, nato pa delila prevoženo pot (3m) s celotnim časom.

4.4 Težave pri sestavljanju robotka in izvajanju meritve

Pri izdelavi robotka in merjenju zavorne razdalje sem naletela na številne težave, ki sem jih morala odpraviti, če sem želela doseči čim bolj realne rezultate.

Premajhna hitrost:

Ko sem začela s testnimi vožnjami, sem ugotovila, da ima robot kljub nastavitevi motorja na 100 % premajhno končno hitrost, saj zavorne poti skorajda ni bilo. Po pogovoru z mentorjem sem ugotovila, da robot potrebuje drugačno razmerje med zobniki.

Potrebno ga je bilo razstaviti in ponovno sestaviti. Dodati sem morala zobniški prenos (multiplikator). Robot je zaradi dodanega multiplikatorja dosegal bistveno višjo hitrost.

Pnevmatike:

Med preizkusnimi vožnjami je robot vztrajno zavijal v levo. Najprej sem ugotovila, da so se pnevmatike snele s platišč in da so se pnevmatike drgnile ob nosilec osi. Prvo napako sem odpravila s pravilno namestitvijo pnevmatik na platišča. Drugo sem odpravila s ponovno predelavo nosilca, kjer sem uporabila distančnik, s katerim sem lahko po osi odmaknila kolo od nosilca osi.

Težave z baterijo:

V začetku baterij nisem menjala, zato je robot z njimi odpeljal precej preizkusnih voženj. Ko sem začela z meritvami na suhi podlagi, je proti koncu šestega poskusa robot začel slabeti in se voziti z zmanjšano hitrostjo. Po menjavi baterije sem morala ponoviti od začetka vse poskuse. Da bi se izognila podobnim presenečenjem, sem za vsako podlago uporabila nove baterije (za vsakih 10 meritev nov set baterij). Tako sem zagotovila, da je robot vseh deset voženj, na vseh podlagah, odpeljal z enako končno hitrostjo.

Pesek na osi:

Pri poskusu z mivko, sem opazila, da je robot že po drugi vožnji začel voziti počasneje in zavijati. Vsaka naslednja vožnja je bila še počasnejša in s tem tudi krajša zavorna pot. Po podrobнем pregledu sem ugotovila, da se je os umazala z mivko, kar je povzročilo večje trenje in je zaviralo robota. Problem sem rešila tako, da sem snela kolesa, temeljito sprala os in kolesa, jih dobro posušila ter jih ponovno namestila. Ko sem ponovno začela z meritvami, sem osi po vsaki vožnji očistila s čopičem.

5 MERJENJA IN IZSLEDKI

Če neko meritev večkrat ponovimo, dobimo pri vsaki ponovitvi praviloma nekoliko drugačen rezultat. Možnih je več razlogov: lahko je razlog površnost, zunanje okoliščine, lahko nehote premaknemo merilo ...

Napako, ki se zaradi tega pojavi pri meritvi, imenujemo slučajna napaka. Slučajno napako zmanjšamo tako, da opravimo čim več meritev [6]. Slučajno napako sem zmanjšala tako, da sem na vsaki podlagi izvedla deset meritev.

Dolžino zavorne poti sem izrazila kot povprečno dolžino zavorne poti in \pm absolutne vrednosti $\frac{1}{3}$ najbolj natančnih meritev [9]. Zaradi napak pri merjenju in drugih sistematičnih napak, sem povprečno vrednost in absolutno napako zaokrožila na 0,5 cm.

5.1 Gladka površina – modra oznaka

Tabela 1: Rezultati meritev na gladki površini

št. meritve	zavorna pot (cm)	absolutna napaka
1	22	1,6
2	22	1,6
3	21	0,6
4	18	2,4
5	18	2,4
6	25	4,6
7	21	0,6
8	19	1,4
9	20	0,4
10	18	2,4
\bar{x}	20,4	



Slika 17: Merjenje na gladki površini (lasten vir)

Dolžina zavorne poti na gladki in suhi površini je $20,5 \text{ cm} \pm 1,5 \text{ cm}$, kar lahko zapišemo z:

$$\bar{x} = 20,5 \text{ cm} \pm 1,5 \text{ cm}.$$

5.2 Površina, pokrita z mivko – rdeča oznaka

Tabela 2: Rezultati meritev na površini posuti z mivko

št. meritve	zavorna pot (cm)	absolutna napaka
1	45	1,5
2	74	2,5
3	43	3,5
4	45	1,5
5	46	0,5
6	54	7,5
7	54	7,5
8	53	6,5
9	40	6,5
10	36	10,5
\bar{x}	46,5	



Slika 18: Merjenje na površini posuti z mivko (lasten vir)

Dolžina zavorne poti na površini z mivko je $46,5 \text{ cm} \pm 6,5 \text{ cm}$ oziroma $\bar{x} = 46,5 \text{ cm} \pm 6,5 \text{ cm}$.

5.3 Površina, polita z vodo – rumeno – zelena oznaka

Tabela 3: Rezultati meritev na površini politi z vodo

št. meritve	zavorna pot (cm)	absolutna napaka
1	62	9,9
2	82	10,1
3	63	8,9
4	66	5,9
5	77	5,1
6	83	11,1
7	72	0,1
8	64	7,9
9	81	9,1
10	69	2,9
\bar{x}	71,9	



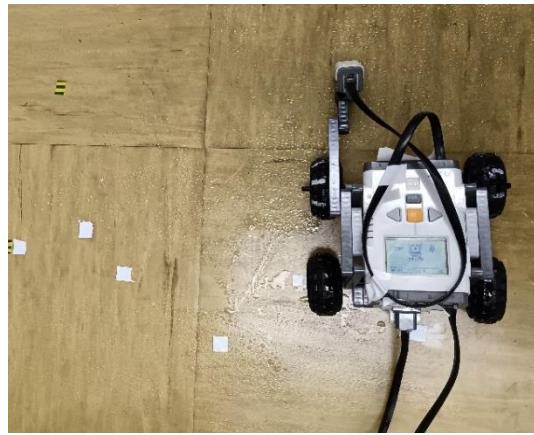
Slika 19: Merjenje na površini politi z vodo (lasten vir)

Dolžina zavorne poti na površini politi z vodo je $72 \text{ cm} \pm 9 \text{ cm}$ oziroma $\bar{x} = 72 \text{ cm} \pm 9 \text{ cm}$.

5.4 Površina, polita z oljem – bela oznaka

Tabela 4: Rezultati meritev na površini politi z oljem

št. meritve	zavorna pot (cm)	absolutna napaka
1	86	1,7
2	88,5	4,2
3	81	3,3
4	85	0,7
5	92	7,7
6	85	0,7
7	81	3,3
8	82,5	1,8
9	77,5	6,8
10	84,5	0,2
\bar{x}	84,3	



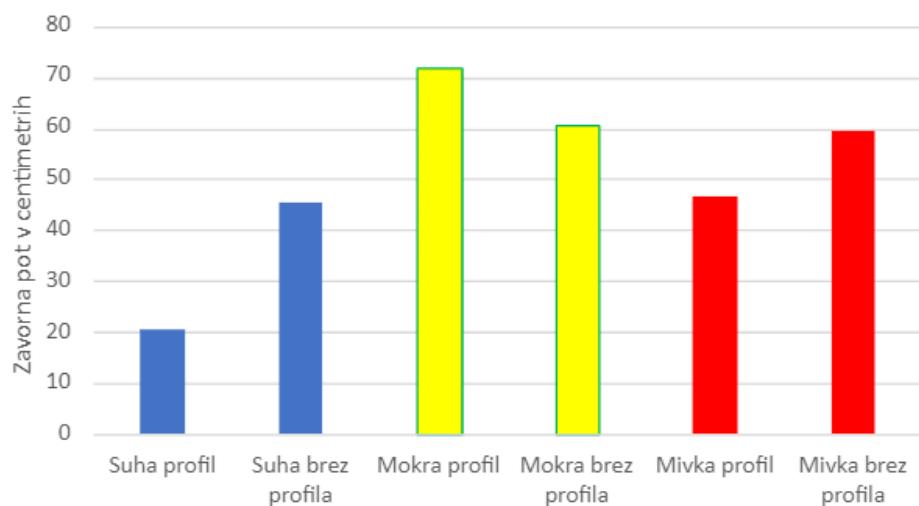
Slika 20: Merjenje na površini politi z oljem (lasten vir)

Dolžina zavorne poti na površini politi z oljem je $84,5 \text{ cm} \pm 3,5 \text{ cm}$ ozziroma $\bar{x} = 84,5 \text{ cm} \pm 3,5 \text{ cm}$.

5.5 Različne površine s pnevmatikami brez profila

Graf 1 prikazuje zavorne poti na suhi in mokri podlagi ter pri podlagi, posuti z mivko pri različnih profili pnevmatik (pnevmatike s profilom, gladke pnevmatike).

Graf 1: Primerjava zavorne poti na različnih podlagah ter z različnimi profili gum



Dolžina zavorne poti na **suhi površini**: pri pnevmatikah s profilom je 20,5 cm, pri pnevmatikah brez profila pa 45,5 cm.

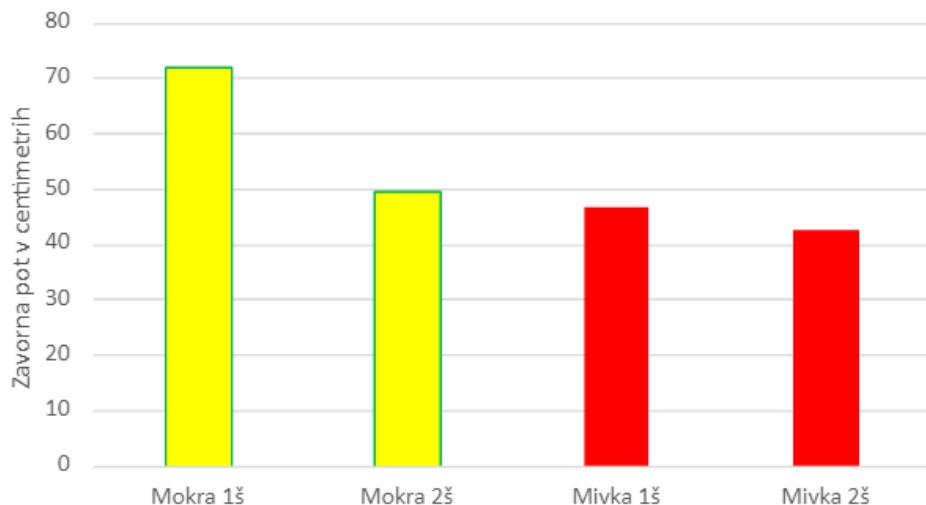
Dolžina zavorne poti na **mokri površini**: pri pnevmatikah s profilom je 72 cm, pri pnevmatikah brez profila 60,5 cm.

Dolžina zavorne poti na **površini, posipani z mivko**: pri pnevmatikah s profilom je 46,5 cm, pri pnevmatikah brez profila pa 59,5 cm.

5.6 Vpliv širine pnevmatik na različnih površinah

Graf 2 prikazuje zavorne poti na mokri podlagi ter peščeni podlagi, pri različnih širinah pnevmatik.

Graf 2: Primerjava zavorne poti pri različnih širinah pnevmatik



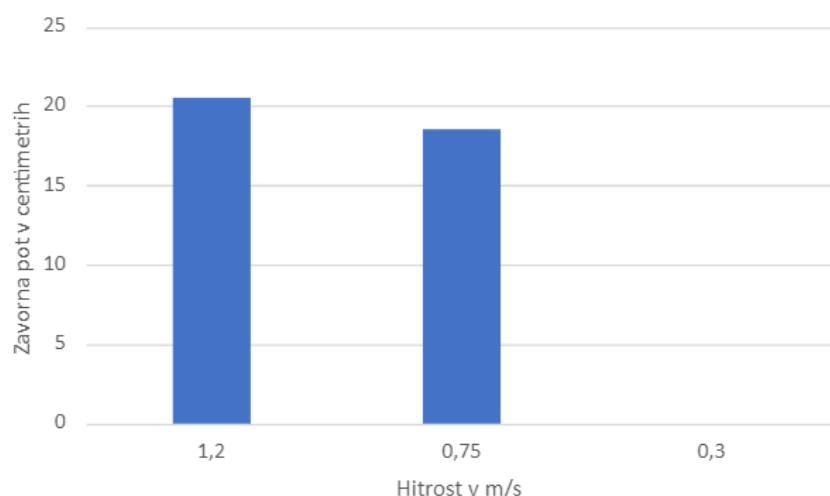
Dolžina zavorne poti na mokri podlagi pri ozkih pnevmatikah s profilom je 72 cm, pri širokih pnevmatikah s profilom pa je 49,5 cm.

Dolžina zavorne poti na peščeni podlagi je pri ozkih pnevmatikah s profilom 46,5 cm, pri širokih pnevmatikah s profilom pa 42,5 cm.

5.7 Suha površina z različnimi hitrostmi

Graf 3 prikazuje zavorno pot na gladki, suhi podlagi pri različnih hitrostih (1,2 m/s, 0,75 m/s, 0,3 m/s).

Graf 3: Primerjava zavorne poti pri različnih hitrostih.



Dolžina zavorne poti na suhi, gladki podlagi je pri hitrosti 1,2 m/s (100% moč motorja) 46,5 cm, pri hitrosti 0,75 m/s (75% moč motorja) 26 cm, pri hitrosti 0,3m/s (50% moč motorja) pa se je robotek takoj ustavil.

6 ANALIZA REZULTATOV

Rezultate vseh meritev sem analizirala in jih med seboj primerjala. Osnovni cilj naloge je ugotoviti, kako vrsta podlage, pnevmatike ter hitrost vplivajo na zavorno pot ozziroma kakšne so razlike v zavorni poti na različnih površinah, pri različnih pnevmatikah in različni hitrosti vozila.

Vse dobljene povprečne vrednosti in absolutne napake sem zaokrožila na 0,5 cm. To sem storila zato, ker moje meritve niso bile na milimeter natančne. Najbolj pogosta napaka pri merjenju je bilo označevanje zavorne poti, saj sem s težavo zlepila lepilni trak na milimeter natančno. Najbolj pogosta napaka pri merjenju je bila označevanje zavorne poti, saj nisem mogla na milimeter natančno zlepiti lepilni trak. Podobno napako sem storila še pri merjenju razdalje zavorne poti.

Glede na to, da so razlike v zavornih poteh velikostnega reda dvajset centimetrov in več, sklepam da lahko napake, velikostnega reda v milimetrih, pri analizi zanemarim.

Gladka površina (linolej):

Povprečna zavorna pot na gladki površini je znašala $20,5 \text{ cm} \pm 1,5 \text{ cm}$. Na gladki površini se je robot izkazal s hitrim in učinkovitim zaviranjem. Zavorna pot je bila najkrajša izmed vseh površin.

Površina, posuta z mivko:

Povprečna zavorna pot robota na površini, posuti z mivko, je znašala $46,5 \text{ cm} \pm 6,5 \text{ cm}$. Mivka na površini je zavorno pot bistveno podaljšala, vendar vseeno manj kot sem pričakovala pred začetkom meritev. Mivka med kolesi in podlago je ustvarila trenje, zato se je robot ustavil prej, kot sem pričakovala.

Površina, polita z vodo:

Povprečna zavorna pot na površini politi z vodo je znašala $72 \text{ cm} \pm 9 \text{ cm}$. Voda na površini je dodatno podaljšala zavorno pot, kar je posledica še zmanjšanega oprijema pnevmatike s tlemi.

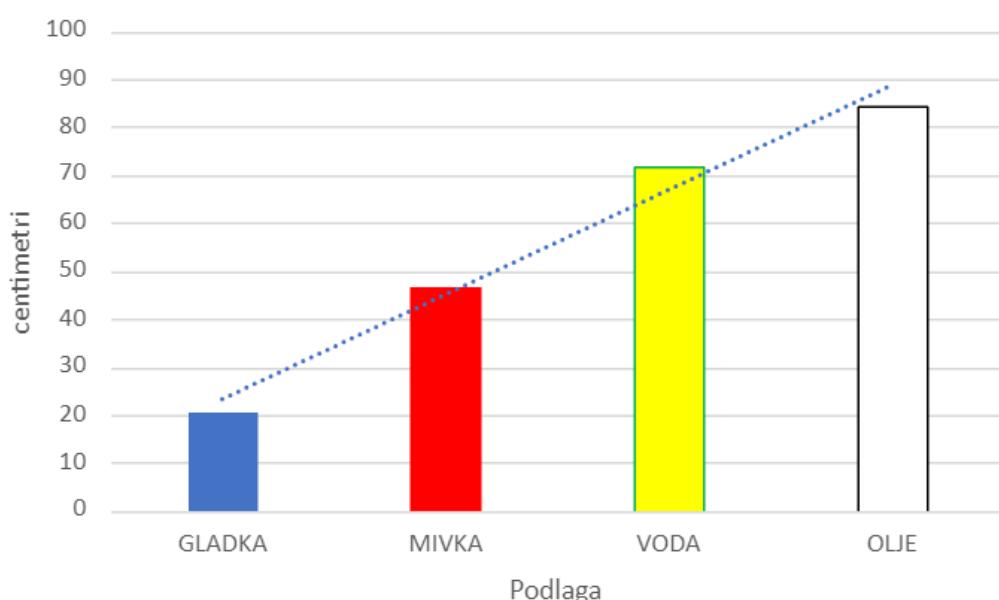
Površina, polita z oljem:

Povprečna zavorna pot na površini politi z oljem je $84,5 \text{ cm} \pm 3 \text{ cm}$.

Olje na podlagi je povzročilo največje podaljšanje zavorne poti, kar kaže na izrazito spolzkost in zato težave pri zaviranju. Do tega je prišlo zato, ker so kolesa skoraj povsem izgubila stik s podlago.

Graf 4 prikazuje izmerjene povprečne zavorne poti na različnih podlagah. Upoštevati moramo, da je bila hitrost v trenutku zaviranja v vseh primerih enaka.

Graf 4: Primerjava zavorne poti robota na različnih podlagah pri enakih končnih hitrostih.



Rezultati meritev kažejo na to, da različne podlage močno vplivajo na zavorno pot robota. Robot se na vsaki podlagi pri zaviranju obnaša drugače. Gladka, čista površina ter širše pnevmatike s profilom omogočajo hitro in učinkovito ustavljanje, medtem ko se zavorna pot podaljša na bolj spolzkih in neenakomernih podlagah ter s slabšim profilom pnevmatik. Posebej izstopa dolga zavorna pot na podlagi, politi z oljem, ki je bila več kot dvakrat daljša od zavorne poti na gladki in suhi podlagi.

Iz primerjave rezultatov jasno vidimo tudi, da imajo pnevmatike s profilom običajno krajšo zavorno pot kot pnevmatike brez profila in sicer na gladki in suhi površini ter na peskasti podlagi. To je posledica boljšega oprijema, kar omogoča večji nadzor nad vozilom med zaviranjem. Čeprav je bilo za pričakovati, da bo zavorna pot na mokri podlagi z gladkimi pnevmatikami daljša od tiste, kjer smo uporabili pnevmatike s profilom, so rezultati meritev

presenetljivo pokazali drugače. To je morebiti posledica načina, kako sem zagotovila gladko pnevmatiko – pnevmatiko sem namreč oblepila z lepilnim trakom in tako umetno povečala stično površino s podlago. Mogoče je tudi, da je krajša zavorna pot posledica materiala lepilnega traku, ki je v kombinaciji z vodo omogočil boljši oprijem.

V tem primeru bom verjela odraslim, izkušenim voznikom in raziskavam strokovnjakov, ki učijo, da je na mokri podlagi verjetnost za zdrs večja, saj pride do t.i. »aquaplaninga«.

Iz zgoraj navedenega lahko sklepamo, da so pnevmatike s profilom bolj primerne za različne vremenske pogoje in površine.

Rezultati meritev kažejo tudi na to, da imajo ozke pnevmatike na mokri podlagi daljšo zavorno pot kot široke pnevmatike. Ta razlika se na površini, posuti z mivko, nekoliko zmanjša, kljub temu pa je očitna, kar kaže na pomembnost upoštevanja cestnih razmer pri izbiri širine pnevmatik, saj široke pnevmatike zmanjšujejo na zavorno pot.

Prav tako na zavorno pot vpliva hitrost – rezultati meritev namreč kažejo, da se zavorna pot vozila povečuje z večanjem hitrosti. To je pričakovano, saj je kinetična energija vozila pri večjih hitrostih večja, kar zahteva več časa za zaviranje.

Pomembno je opozoriti, da majhno povečanje hitrosti lahko bistveno vpliva na zavorno pot.

To poudarja pomen prilagajanja hitrosti vožnje za varno in učinkovito ustavljanje.

Vse zgoraj navedene ugotovitve so pomembne pri praktični uporabi v cestnem prometu, kjer se vsi udeleženci prometa srečujemo z različnimi pogoji na cesti in na kolesarski stezi, uporabljamo vozila z različnimi pnevmatikami, predvsem pa različno hitro vozimo.

Skupaj lahko iz te raziskovalne naloge razumemo, da je izbira ustrezne kombinacije pnevmatik, ki upošteva profil, širino in hitrost, ključnega pomena za varno vožnjo. Prav tako je pomembno upoštevati vremenske pogoje in stanje ceste pri vožnji ter neprestano prilagajati hitrost vožnje dejavnikom na vozišču, s tem pa zagotoviti čim boljšo lastno varnost in varnost drugih udeležencev v prometu.

Pri naslednjih raziskavah bi lahko spremenila razmerje mase in hitrosti robotka v primerjavi s pravimi vozili. Za podlago bi lahko uporabila asfalt. Namesto jedilnega olja bi po površini polila motorno olje, uporabila bi različne velikosti zrn mivke ali peska, spreminjača bi lahko tudi trdoto pnevmatik.

Hipoteza 1: »Zavorna pot robota se razlikuje glede na vrsto podlage« je potrjena.

Hipoteza 2: »Na gladki površini je zavorna pot najkrajša, najdaljša pa je na podlagi, premazani z oljem« je potrjena.

Hipoteza 3: »Najdaljša zavorna pot bo manj kot dvakrat daljša od najkrajše zavorne poti« je zavrnjena.

Hipoteza 4: »Zavorna pot na različnih površinah bo daljša, če bodo pnevmatike brez profila.« je zavrnjena.

Hipoteza 5: »Zavorna pot na suhi površini bo manjša, če bo hitrost »vozila« manjša.« je potrjena

Hipoteza 6: »Dvojna širina pnevmatik bo zavorno pot prepolovila.« je zavrnjena.

7 DRUŽBENA ODGOVORNOST

V raziskovalni nalogi sem uporabljala znanje, pridobljeno v šoli in iz različnih (predvsem spletnih) virov.

Raziskovalna naloga je zanimiva, ker sem se ukvarjala z realnim, vsakdanjim problemom, s katerim se srečujemo vsi udeleženci v prometu. Na enostavnih, kratkih poskusih sem ugotovila, kako pomembna je previdna vožnja, še posebej ob različnih vremenskih razmerah (v dežju, spomladi, ko kolesarske steze še niso očiščene in so polne peska). Zaradi te naloge bom v prihodnje še bolj previdna udeleženka v prometu.

Vse ugotovitve in z njimi povezane napake so rezultat mojega raziskovalnega dela.

8 ZAKLJUČEK

Na osnovi opravljenih preizkusov na različnih podlagah lahko sklepam, da podlaga, pnevmatike in hitrost vožnje močno vplivajo na zavorno pot, ne glede na to, ali gre za vozila zgrajena iz LEGO Mindstorms komponent ali za prava vozila.

Na gladki površini se je robot ustavil najhitreje, kar kaže na odlične pogoje za zaviranje. Zavorna pot se je podaljšala na podlagah, ki niso bile očiščene (površina z mivko, mokra površina). Najdaljšo zavorno pot je imel robot na podlagi, politi z oljem.

Na gladki površini se vozila dobro zaustavlja, kar pomeni, da imajo vozila dobro oprijemljivost s takšno podlago. Nasprotno se zavorna pot podaljša na neenakomernih in spolzkih podlagah, kot sta mivka in voda. Olje na podlagi predstavlja dodaten izviv, saj še dodatno podaljša zavorno pot. Te ugotovitve lahko navežem na ostala vozila v prometu in s tem povezano varnost v prometu, saj podlaga na cestah ni vedno enaka, zelo poredko pa je cestišče povsem čisto.

Profil pnevmatik ima bistven vpliv na zavorno pot vozila, pri čemer pnevmatike s profilom ponujajo boljši oprijem in krajšo zavorno pot na različnih površinah kot pnevmatike brez profila. Širše pnevmatike zagotavljajo boljši oprijem in krajšo zavorno pot na nekaterih površinah, zlasti na mokrih podlagah.

Prav tako bistveno vpliva na zavorno pot vozila hitrost vožnje, pri čemer se zavorna pot povečuje s povečanjem hitrosti. Prilagajanje hitrosti cestnim razmeram je ključno za zmanjšanje tveganja nesreč.

Raziskava o vplivu vseh zgoraj omenjenih dejavnikov na zavorno pot vozila, nam ponuja vpogled v kompleksnost varnosti pri vožnji.

Mislim, da moja raziskovalna naloga o učinkovanju različnih vplivov na zavorno pot lahko pomaga vsem udeležencem v prometu - predvsem mladim - pri izboljšanju razumevanja, kako se obnašajo vozila v različnih okoliščinah. S tem znanjem lahko prilagodimo našo vožnjo, tako da bo čim bolj varna za vse udeležence v prometu.

9 VIRI

9.1 Viri slik

Slika 1: Logotip kock LEGO Mindstorms (lasten vir, posnetek zaslona).....	9
Slika 2: Motor robotka (https://www.brickowl.com/catalog/lego-nxt-electric-motor-53787)	10
Slika 3: Infrardeči senzor robotka (lasten vir)	10
Slika 4: Krmilna enota (lasten vir)	11
Slika 5: LEGO Mindstorms program (lasten vir, posnetek zaslona)	12
Slika 6: Zobniški prenos – v razmerju 1 : 1 (lasten vir).....	13
Slika 7: Zobniški prenos – multiplikator (lasten vir)	13
Slika 8: Kolo s pnevmatiko (lasten vir)	13
Slika 9: Sestavljen robot LEGO Mindstorms brez IR senzorja (lasten vir).....	14
Slika 10: Sestavljen robot LEGO Mindstorms brez IR senzorja – od strani (lasten vir)	14
Slika 11: Nastavitev motorja in smeri vožnje (lasten vir, posnetek zaslona)	15
Slika 12: Pripravljena površina za merjenje zavorne poti (lasten vir)	16
Slika 13: »Meja« na kateri se je robot začel ustavljati (lasten vir)	17
Slika 14: Površina pokrita z mivko (lasten vir)	18
Slika 15: Površina pokrita z oljem (lasten vir).....	18
Slika 16: Primerjava profilov pnevmatik	19
Slika 17: Merjenje na gladki površini (lasten vir)	21
Slika 18: Merjenje na površini posuti z mivko (lasten vir)	22
Slika 19: Merjenje na površini politi z vodo (lasten vir)	22
Slika 20: Merjenje na površini politi z oljem (lasten vir).....	23

9.2 Elektronski viri

- [1]The LEGO Group History <https://www.lego.com/en-us/aboutus/lego-group/the-lego-group-history> (5. 12. 2023)
- [2]https://en.wikipedia.org/wiki/Lego_Mindstorms (5. 12. 2023)
- [3]<https://www.lego.com/en-us/kids/sets/mindstorms/robot-inventor-898658ee976f22f2b66944bdf20b59b1> (5. 12. 2023)
- [4]<http://ikt-projekti.uni-lj.si/RacunalniskoRazmisljjanjeANG.html> (11. 12. 2023)

- [5]https://ucilnica.fri.uni-lj.si/pluginfile.php/48032/mod_resource/content/21/RA-4_Strojni_ukazi_Objava_2023.pdf (13.10. 2023)
- [6]https://ucilnice.arnes.si/pluginfile.php/46569/mod_folder/content/0/Pravila%20za%20ra%C4%8Dunanje%20z%20napakami.pdf?forcedownload=1 (15. 1. 2024)
- [7]https://sl.wikipedia.org/wiki/Aktivni_varnostni_sistemi (13.10. 2023)
- [8]https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_Lego (7. 12. 2023)
- [9]<http://sasa.musiclab.si/fizika/PPT/absolutnaRelativnaNapaka/absolutnaRelativnaNapaka.html> (15. 1. 2024)
- [10]<https://vozimse.si/cpp/zavorna-pot/> (27. 10. 2023)